



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ

INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

BIM A OCEŇOVÁNÍ STAVEB

BIM AND BUILDING COST ESTIMATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Filip Pavka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. VOJTĚCH BIOLEK

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607R038 Management stavebnictví
Pracoviště	Ústav stavební ekonomiky a řízení

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Filip Pavka
Název	BIM a oceňování staveb
Vedoucí práce	Ing. Vojtěch Biolek
Datum zadání	30. 11. 2020
Datum odevzdání	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Tichá, A., Tichý, J., Vysloužil, R.: Rozpočtování a kalkulace ve výstavbě, akademické nakladatelství CERM s.r.o., Brno 2008, ISBN 978-80-7204-587-7.

Marková, L.: Ceny ve stavebnictví, studijní opora VUT FAST Brno 2006.

Maceková, V.: Nauka o pozemních stavbách, studijní opora VUT FAST Brno 2006.

Zlámal, L.: Pozemní stavitelství I, studijní opora VUT FAST Brno 2005.

Příručka BIM pro Investory, kolektiv autorů CzBIM, Vydavatel: Odborná rada pro BIM, z.s., ISBN: 978-80-907251-2-6

BIM pro veřejné zadavatele / Zdeněk Dufek, Pavel Koukal, Petr Fiala, Rudolf Vyhnálek, Josef Remeš, Marek Jedlička, Rostislav Drochytka, Jiří Bydžovský. Praha: Leges, 2018. ISBN:978-80-7502-285-1

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Zadání práce:

- Definice pojmů z oblasti BIM, projektového řízení a oceňování staveb
- Problematika tvorby a ocenění BIM modelu
- Ocenění BIM modelu
- Zhodnocení

Cílem bakalářské práce a požadovaným výstupem je zhodnocení možného přístupu k ocenění BIM modelu.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Vojtěch Biolek
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Hlavním tématem této bakalářské práce je analýza možných přístupů k oceňování stavebních konstrukcí a prvků při použití softwarů podporujících informační modelování staveb, konkrétně software Revit. Úvodní, teoretická část vymezuje a představuje obecnou problematiku BIM. Jsou zde řešeny možné klady a zápory, současný stav implementace a to jak v České republice, tak v zahraničí, životní cyklus stavby společně s jednotlivými účastníky stavebního procesu a jejich vztahy k BIM. V dalších kapitolách je představen současný způsob oceňování stavebních děl a bližší pohled na sestavení výkazu výměr. V praktické části práce je řešena přesnost automaticky vykazovaných hodnot u konstrukcí vodorovných a svislých, se kterou je spojen přístup jejich modelování. Dále je v práci navrhnout způsob získání hodnot pro ostění otvorů pomocí implementace vzorců. Vše je řešeno za účelem efektivnějšího způsobu práce při tvorbě výkazů výměr stavebních děl a přiblížení se alespoň k částečné automatizaci oceňování BIM modelů.

KLÍČOVÁ SLOVA

BIM, Autodesk Revit, IFC, průmysl 4.0, oceňování, rozpočet, výkaz výměr, množství, cena, model, software, informační modelování, životní cyklus stavby

ABSTRACT

The main topic of the bachelor thesis is analyses of possible approaches to the cost estimation of construction and buildings parts in software that supports building information modelling, particularly software Revit. In the introductory, it describes a general definition of BIM and the whole problematics in general. Therefore, in the particular parts, the thesis is focused on the advantages and disadvantages of BIM together with the level of implementation in the Czech Republic as well as in foreign countries. Furthermore, it relates to construction stakeholders and their relationship with BIM. Through next chapters, there are introduced current methods of cost estimation and quantity takeoff. The practical section deals with the methods of modelling construction parts and their accuracy. Plus that, there is a description of how to get values for window sill and jamb to the quantity takeoff, even though it is not an implemented function in software. As the main result of this work is to find more effective ways and simplify the process of budgeting.

KEYWORDS

BIM, Autodesk Revit, IFC, industry 4.0, valuation, budget, quantity takeoff, quantity, cost, model, software, information modeling, building life cycle

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Filip Pavka *BIM a oceňování staveb*. Brno, 2021. 62 s., 10 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Vojtěch Biolek

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *BIM a oceňování staveb* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 22. 5. 2021

Filip Pavka
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *BIM a oceňování staveb* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2021

Filip Pavka
autor práce

Obsah

1	Úvod	9
2	BIM – Informační model budov	10
2.1	Základy koncepce BIM	10
2.1.1	Definice pojmu BIM	10
2.1.2	Současné a budoucí využití	11
2.2	BIM v životním cyklu stavby	12
2.3	Přínosy BIM	14
2.4	Aktuální stav implementace BIM	16
2.4.1	Stav v České republice	16
2.4.2	Stav ve vybraných zemích EU	17
2.4.3	Stavebnictví 4.0	18
2.5	Zainteresané strany stavebního procesu	19
2.5.1	Investor	20
2.5.2	Autor projektu	21
2.5.3	Dodavatel	22
2.5.4	Ostatní účastníci	23
2.6	Vybrané aspekty informačního modelování	24
2.6.1	Úrovně BIM	24
2.6.2	Dimenze	25
2.6.3	Podrobnost modelu (LOD)	27
2.6.4	Datový formát a výměna informací	29
3	Rozpočtování ve výstavbě	30
3.1	Klasický postup rozpočtování	31
3.1.1	Výkaz výměr	31
3.2	Rozpočtování a BIM	32
4	Návrh a tvorba výkazu stavebních prvků a konstrukcí	33
4.1	Svislé konstrukce	34
4.1.1	Tvorba podkladů	35
4.1.2	Způsoby modelování	36
4.1.3	Zhodnocení	39
4.2	Vodorovné konstrukce	39

4.2.1	Tvorba podkladů.....	39
4.2.2	Způsob modelování.....	40
4.2.3	Zhodnocení	46
4.3	Ostění, nadpraží a parapet	46
4.3.1	Tvorba podkladů.....	46
4.3.2	Způsob implementace	48
4.3.3	Zhodnocení	53
5	Závěr	54
6	Seznam použitých zdrojů.....	56
7	Seznam použitých zkratk.....	58
8	Seznam obrázků.....	59
9	Seznam tabulek.....	61
10	Seznam příloh	62

1 Úvod

V posledních letech se společnost shledává s velkými technologickými inovacemi a v průmyslových odvětvích tomu není jinak. Průmysl již plně prošel třemi revolucemi, které přispěly k jeho zvýšení výkonu produkce, a nyní je na řadě čtvrtá. I přes to, že stavebnictví patří poměrně ke konzervativnímu a méně inovativnímu oboru, nyní by mohla nastat změna.

Od ručního rýsování se postupně přešlo na klasické 2D projektování v počítačových softwarech. V dnešní době s výkonností počítačové techniky a nástupem umělé inteligence vznikají 3D modelovací softwary, které možnosti klasického rýsování mnohonásobně převyšují. V tomto smyslu se zmiňuje technologie BIM (Building Information Modeling), která sebou přináší novou podobu projektového myšlení. Ve speciálních softwarech lze vytvářet do detailu totožné dvojníky budoucích staveb a plnit je informacemi. Tyto informace obsahují jak data geometrická, tedy jak daný prvek či stavba vypadá, tak i data negeometrická. Negeometrická data jsou věci, která je nová oproti klasickým způsobům projekce. Tyto data mohou obsahovat například konstrukční, materiálové a užitné vlastnosti, jednotkovou cenu, harmonogram kontrol a výměn, investiční a provozní náklady a další. Tímto způsobem lze vytvořit model skutečného objektu, který slouží nejen při navrhování a provádění stavby, ale rovněž při jejím provozování a udržování.

Stěžejní otázkou této bakalářské práce je, zda je možné považovat automaticky generované výkazy výměr za správné a zda je jejich použití pro budoucí automatizaci oceňování staveb použitelné? První polovina práce obsahuje teoretickou část, která rozebírá definici pojmu BIM a snaží se o její vysvětlení čtenáři. Společně s tímto tématem je rozebrána problematika tvorby výkazu výměr a sestavení rozpočtu. Dále je přiblížen způsob automatického vykazování hodnot a propojení BIM modelu s cenovou soustavou. V druhé části je autorem odzkoušena přesnost vykazovaných hodnot pro vodorovné a svislé konstrukce a s tím spojené způsoby jejich modelování v softwaru Revit. Vše je odzkoušeno na jednoduchých tvarech pro pochopení problematiky chybných a správných hodnot, které software bere v úvahu při výpočtech. Na závěr je představen způsob vykázání ploch rovného a šikmého ostění pro okenní otvory, které ze softwaru nelze stanovit na základě předdefinovaných funkcí.

2 BIM – Informační model budov

2.1 Základy koncepce BIM

Většina z nás se již několikrát s pojmem BIM setkala. Každý však tento pojem chápe trochu jinak a to díky poměrně špatné informovanosti jak mezi akademickou tak i podnikatelskou sférou společnosti. Mnozí se mohou stále chybně domnívat, že jde především o proces modelování ve 3D, tedy o pouhou změnu dimenze oproti dosavadnímu 2D projektování. Nebo pouze o jakýsi přechod z 2D softwaru na 3D. Tyto názory však nejsou plně správné.

V této kapitole je proto rozebrán a vysvětlen zásadní koncept tohoto projektového smýšlení.

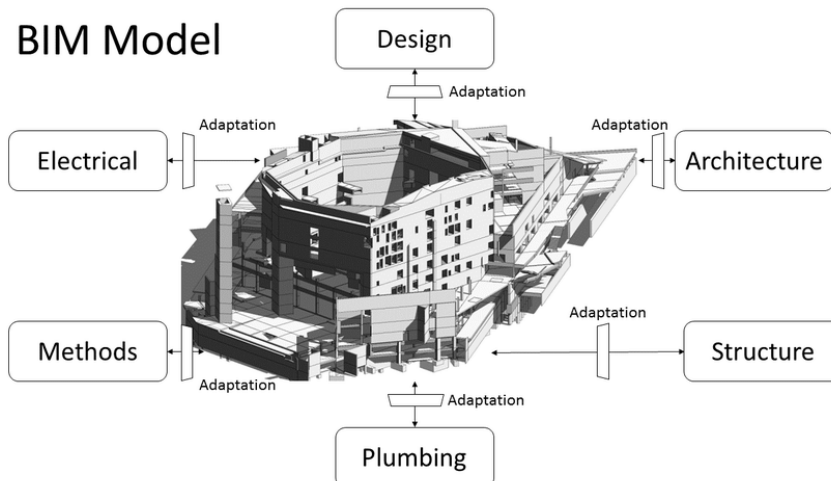
2.1.1 Definice pojmu BIM

Prvně je dobré přiblížit samotný pojem BIM (Building Information Modeling) neboli informační model budov. V zásadě jde o 3D digitální model budovy, který by měl obsahovat důležité informace, které by měly být využívány po celou dobu životnosti stavby a neustále aktualizovány. Lze si tedy představit informační databázi, která obsahuje data od začátku, tedy od prvotního návrhu přes výstavbu, správu až po demolici objektu. V tomto procesu je obsažen i proces rekonstrukce či ekologické likvidace stavebního materiálu a opětovné přípravy staveniště pro budoucí stavbu.

Jedna z definic zní například takto:

„Building Information Modelling je proces vytváření a správy informací o stavebním projektu v průběhu jeho životního cyklu. Jedním z klíčových výstupů tohoto procesu je informační model budovy, který je digitálním popisem každého aspektu budované stavby. Tento model vychází z informací společně shromážděných a aktualizovaných v klíčových fázích projektu. Tvorba digitálního informačního modelu budovy umožňuje těm, kteří jakkoli vstupují do životního procesu budovy, optimalizovat jejich činnost, což má za výsledek vyšší hodnotu celé životnosti stavby.“ [1]

Jak je zmíněno v předchozí citaci, do informační databáze přispívají všichni účastníci stavebního procesu svým dílem a specializací. Vytvářejí, sdílejí a prohlížejí data, která jsou potřeba pro jejich specifický díl práce. Pro dosažení optimálního řešení, je potřeba aby žádný z účastníků neodmítal používat model nebo nezatajoval důležité informace. Model by však neměl být zasycen zbytečnými informacemi, ale pouze těmi, co jsou dostatečně relevantní pro další uživatele. Zásadní výhodou tohoto způsobu spolupráce je eliminace ztráty dat a rychlý přístup prakticky kdekoliv.

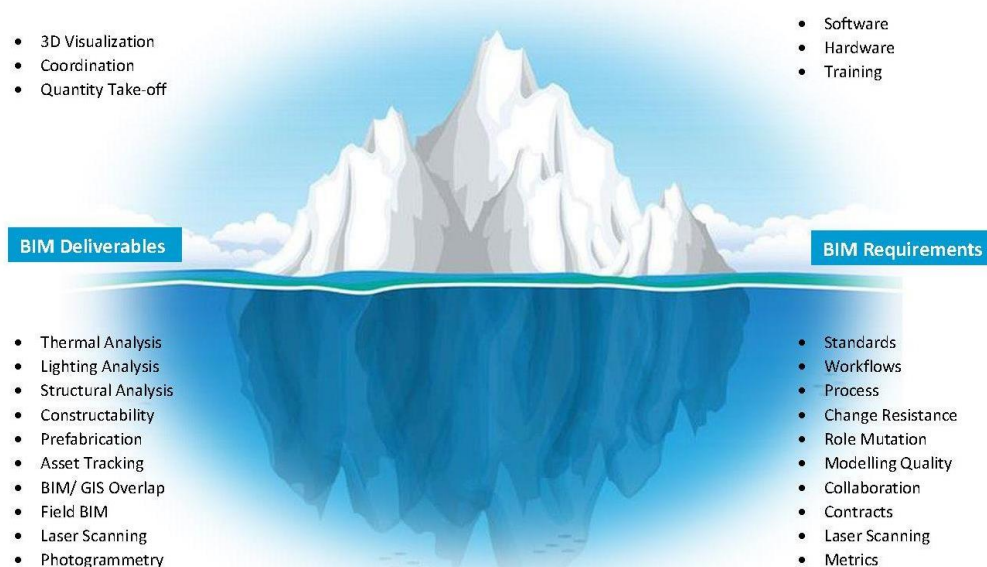


Obrázek 1 - Definice BIM [2]

Pokud se vrátíme ke zkratce BIM, její první písmeno B stojí za slovem Building, tedy budova. Jak by se mohlo podle překladu zdát, nejde pouze o samotné budovy, na které se pojem stahuje. Více vystihující by byl obecný pojem stavba nebo také stavební proces pro jakoukoliv stavbu. Z toho lze odvodit, že využití BIM je jak pro pozemní stavby, vodohospodářské tak i dopravní stavitelství.

2.1.2 Současné a budoucí využití

Informační modelování budov je poměrně mladý a stále se vyvíjející proces. Proto je BIM potřeba vnímat spíše jako koncept, přístup či způsob myšlení nad stavebním projektem s využitím současných technologií. K tomuto konceptu a vizi se dá různými způsoby blížit. Nelze určit, kdy a za jakých podmínek má BIM stav úplnosti a dokonalosti, takového stavu nelze ani dosáhnout. [3]



Obrázek 2 - Potenciál technologie BIM [4]

Na obrázku 2 je popsáno pomocí klíčových slov, co od BIM lze očekávat a co dnes už známe. Zde je BIM zobrazován jako ledovec, kde je odkryta pouze menší vrchní část. Větší část ledovce je stále schovaná pod vodou a nelze ji zatím plně využívat. Tato skrytá část představuje budoucí potenciál tohoto systému a případné benefity jeho užívání.

Dále lze obrázek 2 rozdělit do dvou vertikálních částí. Nalevo jsou výstupy a na pravé straně požadavky pro jejich dosáhnoutí. Jako požadavky musí prvně vzniknout standardizace, pracovní postupy a jednotlivé metodiky tvorby modelu. Na tomto základě pak lze provádět s modelem rozsáhlé analýzy a výpočty. Jednou z vizí, které nejsou zatím dotaženy do úplných dokonalostí, jsou analýzy tepla či osvětlení, které se dají dále využít pro udržitelné stavebnictví či certifikace budov (BREEAM, LEED atd.). [5] Za další užitečné výstupy lze považovat statické posouzení či propojení s GIS systémy pro potřeby územního plánování. [6] BIM lze považovat jako formu digitalizace stavebnictví, kterou bude možné propojit s dalšími sektory a budovat virtuální svět. V tomto světě poté lze simulovat a analyzovat data, které nám pomohou usnadnit život.

2.2 BIM v životním cyklu stavby

Každou stavbu před její realizací je potřeba zhodnotit a posoudit její životnost. Životní cyklus stavby se dělí do 4 hlavních samostatných fází s jednotlivými podkategoriemi. Tyto fáze nazýváme jako předinvestiční, investiční, provozní a likvidační.



Obrázek 3 - Fáze životního cyklu stavby [7]

U většiny dnešních modelů projekce výstavby je funkce projektové dokumentace omezena pouze na časovou osu do fáze realizace. Lze tedy říci, že projektová dokumentace, i když má poměrně náročný a zdlouhavý proces vytváření, tak její funkce je velice krátká. U procesu BIM projektování je tomu jinak. V každé části by měly být do modelu přidávány relevantní informace pro danou část životního cyklu. To znamená, že i po ukončení investiční fáze by měl být model nadále používán k funkci facility managementu či pro likvidaci stavby.

Fáze Investiční

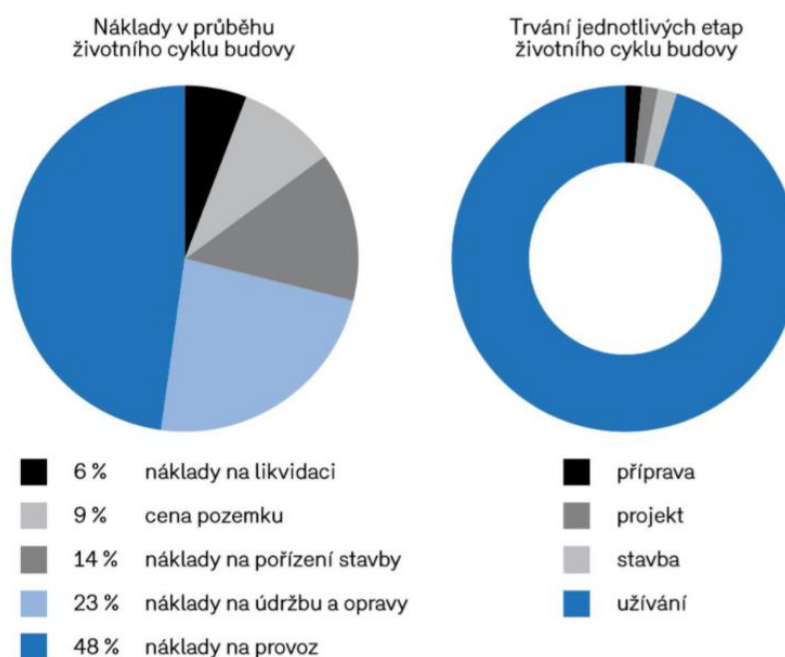
Pokud přeskočíme proces předinvestiční, který se zabývá ekonomickou efektivností jednotlivých variant projektu, dostáváme se k fázi investiční. Fáze investiční pak obsahuje zpravidla etapu návrhu a realizace.

Při zpracování projektové dokumentace je potřeba se vypořádat s požadavky na prostorové uspořádání stavby, technické omezení a dodržení nákladů. Toto vše je dále závislé na časových potřebách investora a zhotovitele. Pokud je model tvořen pomocí BIM, může dojít k usnadnění tvorby časového harmonogramu, cenových podkladů či jejich následných změn. Tyto změny často přicházejí v průběhu zpracování projektové dokumentace ze strany investora. V případě používání klasických projekčních metod může dojít ke kritickému narušení již hotových harmonogramů a navýšení celkové ceny.

V etapě realizace model poskytuje aktuální informace o postupu stavebních prací, prostavěnosti materiálu a nabíhajících nákladech. Investor může tyto údaje dále používat pro zpřesňování budoucích odhadů a tvorbu harmonogramů. Ve výsledku BIM vede k úspoře celkových nákladů stavby z důvodu snížení administrativních a režijních nákladů a nákladů na vícepráce. [8]

Fáze provozní

Po ukončení investiční fáze je na řadě fáze provozování. Jak je zobrazeno na obrázku 4, tak z ekonomického hlediska je období užívání stavby tím nejnáročnějším a tvoří největší část celkových nákladů v období životnosti stavby. Dále jednu třetinu tvoří náklady na správu a údržbu objektu.



Obrázek 4 – Náklady v průběhu životního cyklu budov a délka trvání etap [9]

Stavba se skládá z jednotlivých prvků s rozdílnou časovou životností, je nutné, je v průběhu kontrolovat a měnit. Pokud mluvíme o budovách, často jde o povrchové úpravy stěn (omítky, obklady, nátěry), podlahy, výplně otvorů či izolační vrstvy. Tento proces lze usnadnit pomocí vykazování přes atributové tabulky pro jednotlivé skupiny prvků. Lze tedy snadno zjistit skladební rozměry, množství či materiál. Tyto výstupy lze použít při rekonstrukci nebo změně funkce objektu, kde mohou sloužit jako podklady pro nacenění.

Fáze likvidační

V závěrečné fázi stavby lze u BIM modelu využít informace o zabudovaných materiálech a jejich lokalitě. Je tedy možné pro jednotlivé materiály vykázat jejich objem a zajistit co nejekologičtější likvidaci. V zásadě tedy slouží pro efektivní likvidaci samotného objektu a pro přípravu budoucího staveniště.

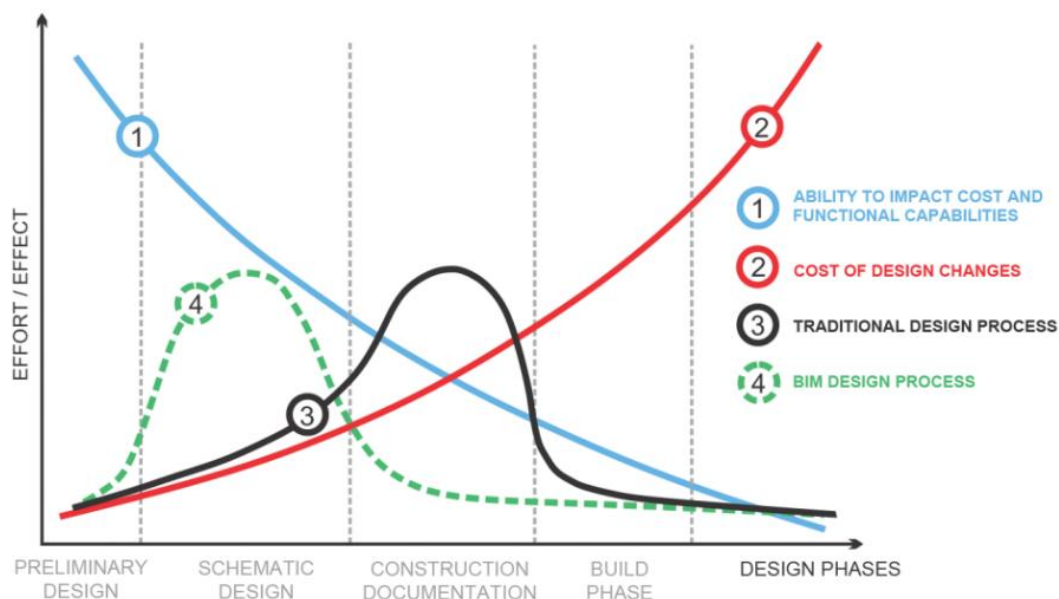
2.3 Přínosy BIM

Jak již z předchozího textu vyplývá, BIM má v sobě velké množství výhod. Proces výstavby a projektování, může být tímto urychlen a zjednodušen, nebo se může zkomplikovat. Vždy by měla být položena otázka, zda nám to proces opravdu ulehčí a získáme tím dané výhody či naopak. Z hlediska implementace je začátek vždy náročný, a to jak časově, tak i finančně. Samotný proces se musí nejprve zaběhnout a pak může docházet ke konkrétnímu vylepšení. Proto není dobré, mít příliš vysoké očekávání a idealistické představy. Pro lepší orientaci jsou přiblíženy některé přínosy BIM.

Přínosy z hlediska financí

I když se může proces zdát na první pohled zbytečně obsáhlý a nákladný, v průběhu delšího časového horizontu je tomu opačně. Při používání kvalitního BIM modelu s využíváním dat a parametrů, je možné dosáhnout vyšší efektivitu práce. Lepší koordinace a přesnější plánovací podklady mohou zapříčinit časové prodlevy a nejasnosti v dotazování, které jsou způsobeny kolizemi v projektové dokumentaci napříč profesemi.

Z hlediska nákladů v provozní fázi stavby, které byly zmíněny v předchozí kapitole, jsou zde také přínosy z celého projektu. Z průzkumu Stanford University, která hodnotila 32 různých projektů využívajících metodu BIM, vyplývají následující poznatky. Při odhadu plánovaných nákladů byla odchylka 3 %, což snižuje riziko investora. Až 10 %, z hodnoty projektu, představovaly úspory vyloučením chyb z důvodu nedostatečné koordinace profesí a celý proces probíhal kratší dobu. [10]



Obrázek 5 – Vliv plánování na cenu v jednotlivých fázích projektu [11]

Diagram na obrázku 5 znázorňuje, že čím je pokročilejší stádium projektu, tím je složitější ovlivnit výšku nákladů. Zde je BIM levnější oproti klasickému postupu. Jak křivka ukazuje, cena změn roste s přibývajícím časem projektu. Tedy pokud dojde k případným nejasnostem v projektové dokumentaci v procesu realizace, změny budou dražší, než kdyby se včas odhalily. Tomuto by měl informační model zabránit.

Jak je znázorněno na obrázku 5, tak těžiště objemu prací oproti tradičnímu plánování je posunuto do dřívější fáze. Tento jev může investora mást a zprvu působit jako dražší. Z tohoto důvodu je potřeba k projektu přistupovat jako k celku. Nelze uvažovat pouze o jednotlivé části. Pokud je tedy model kvalitně vytvořen a zanalyzován, mělo by dalšímu prodražení z hlediska návrhu být zabráněno. Nelze však uvažovat o 100% zabránění kolizí a dosažení dokonalosti. Jde spíše o jakýsi proces automatizace a zjednodušení, kterého lze dosáhnout za kratší dobu. Takto vytvořený model je dobré dále konzultovat s investorem před samotnou realizací a vyhnout se tak dalším změnám.

Efektivita a komunikace

Co se týče efektivity, tak většina procesů byla zmíněna již v předchozím textu. Celkové zvýšení efektivity šetří čas a s tím spojené finance. Dobře namodelované dvojče provází stavbu po celou dobu její životnosti a lze ho efektivně využívat jak ve fázi provozní, tak i likvidační.

Celý model je v průběhu tvorby aktualizován na sdíleném uložšti (CDE). Na toto uložště mají přístup všichni účastníci a mohou model prohlížet v reálném čase. Veškeré úpravy jsou zaznamenány a aktualizovány všem stranám. Tímto by mělo být zabráněno kolizím a nedorozuměním mezi jednotlivými profesemi.

Export projektové dokumentace, která je jednoduše generována s pomocí softwaru, urychluje celkový proces. Firmy, které využívají BIM delší dobu, odhadují zvýšení efektivity práce o 10-30 %, pro stupně PD. [6]

Přínosy z hlediska modelu

Samotný model nabízí možnosti provádět variaci různých analýz a vizualizací. Na základě parametrů obsažených v modelu lze simulovat tepelné či světelné analýzy. Už se objevují i softwary, které za pomoci AI (Artificial Intelligence), tedy strojového učení, nabízí optimalizace návrhu dispozice prostoru budovy nebo nosného systému. Data lze dále používat na plánování a vykazování informací o jednotlivých prvcích či tvorbu časových harmonogramů. Tento způsob eliminuje chyby způsobené lidským faktorem.

Po přidání informací o materiálu lze vytvářet kvalitní vizualizace. Takovéto projekty lze posléze procházet přes virtuální realitu nebo generovat krátká videa. Uplatnění lze zařadit do oblasti marketingu který využívají převážně developerské společnosti. [6]

2.4 Aktuální stav implementace BIM

2.4.1 Stav v České republice

Zprvu mezi firmami nebyl o BIM moc zájem, ale jak roky přibývaly, tak s nimi i partneři neziskových organizací zabývající se BIM. Státní orgány si uvědomily kladné přínosy, které tato koncepce přináší a začaly ji podporovat. I když ve světě pojem BIM je známější již delší dobu, v České republice se začal objevovat od roku 2011. V tomto roce byla založena nezisková společnost Odborná rada pro BIM (czBIM). Její úkol byl začít připravovat české stavebnictví na integraci tohoto systému a vzdělávat o něm. Po několika letech se objevuje s iniciací vlády státní příspěvková organizace Odbor koncepce BIM. Vznik této organizace byl podmíněn usnesením vlády z roku 2016, v souvislosti s konkurenceschopností a růstem ekonomiky ČR. S tímto konceptem se objevuje první zmínka o úpravě legislativy pro rok 2022 s povinností použití BIM pro státní nadlimitní zakázky. Což znamená pro zakázky na stavební práce přes 137 mil. Kč. [7]

Byl stanoven a vládou schválen plán na dobu 4 let. Každý rok obsahuje zásadní body, které je nutné vypracovat a v koncepci obsáhnout. Jako hlavní výstupní dokumenty lze považovat samotné koncepty, metodiky a standardy, bez kterých by proces nebylo možné vykonávat. Další důležitou částí jsou vzorové projekty, které lze posuzovat a zkoumat, zda u nich BIM smysl má či nikoli. Na těchto základech jsou poté vydávány další dokumenty a doporučení jako např. modely spolupráce či doporučení pro výměnu dat. V neposlední řadě jde také o legislativní úpravy zákonů a smluv mezi zapojenými stranami. Takto připravené

dokumenty je nutné dále šířit mezi veřejností i na akademické půdě, za účelem vzdělávání nastupující generace.

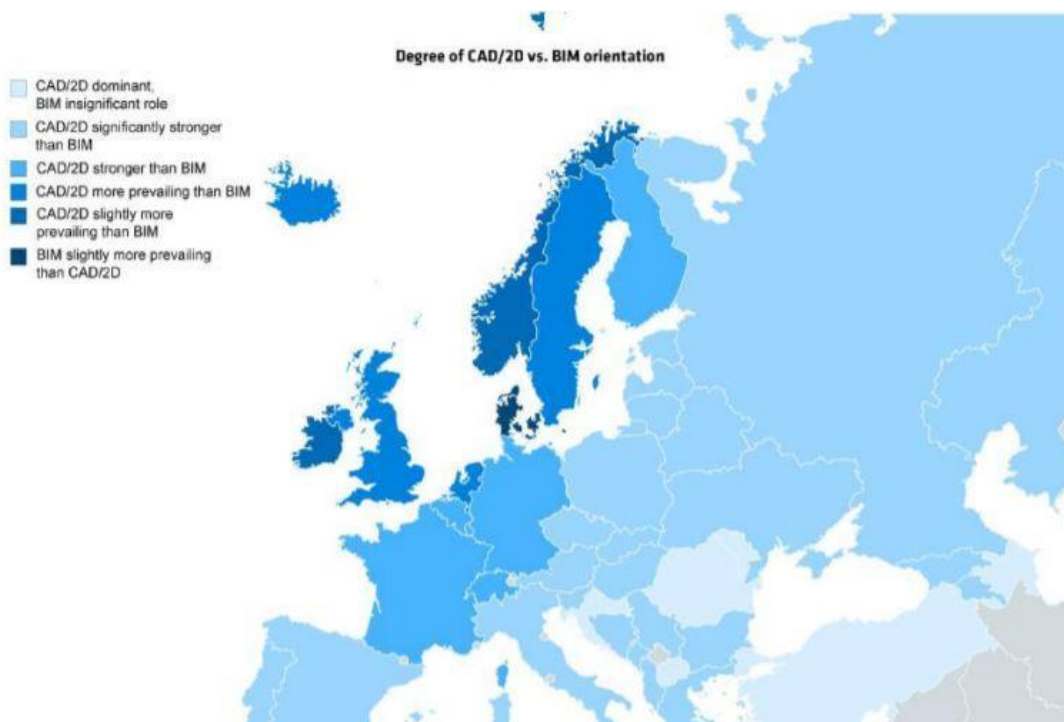
V současnosti to vypadá že i když koncepce byla stanovena na rok 2022, což je za necelý rok, k jejímu dodržení nedojde. Stále nejsou příliš definovány případné postupy zavedení. Nicméně ze strany soukromého sektoru je standardizace chápána pozitivně, a tak se snaží činit reálné kroky, abychom jsme se jí co nejdříve přiblížili a bylo možné začít BIM používat plně v praxi. [7]

2.4.2 Stav ve vybraných zemích EU

I přes to, že se o BIM v České republice začalo více hovořit až po roce 2011, některé země mají výrazný náskok. Především zde mluvíme o severských zemích evropské unie. Jako první s implementací začalo Finsko v roce 2001, kde vláda iniciovala zavedení BIM pro rok 2012. Primární myšlenka byla, zlepšit monitorování a správu veřejného majetku, a proto byla koncepce orientována na budovy státní správy. Později v roce 2015 se model začal přenášet i do infrastruktury jako součást plánu digitalizace dopravy. Tento trend byl následován dalšími skandinávskými zeměmi Norskem a Dánskem. Zde k tomu obě země přistupovali podobně a vláda zavedla v roce 2010 povinnost použití BIM pro veřejné zakázky od konkrétních vstupních cen. Následně se přidala i Velká Británie, která iniciovala vznik centra pro Digital Built Britain. Což je státní organizace, která se zabývá využitím informačních modelů a relevantností obsažených informací, za účelem následného propojení modelů a vytvoření digitálních dvojčat měst či dopravních infrastruktur. [11]

S přírůstkem ostatních zemí, které si uvědomovaly přínosy informačního modelování a nutnou změnu stavebního sektoru, se i sama Evropská unie zapojila do digitalizace stavebnictví. Stavebnictví je pro ekonomiky jednotlivých zemí strategicky významné, pokud jde o výstupy, tvorbu pracovních míst a realizaci výstavby a údržbu vytvořeného prostředí. Hrubý produkt evropského stavebnictví činí 1,3 bilionu EUR, což představuje 9 % HDP regionu a evropské stavebnictví zaměstnává více než 18 milionů lidí, přičemž 95 % z nich je zaměstnáno v malých a středních podnicích. Jedná se však o jedno z nejméně digitalizovaných odvětví se stagnující nebo klesající mírou produktivity. Roční míra produktivity tohoto odvětví se za posledních dvacet let zvýšila pouze o 1 %. [11] Tyto důvody předcházely vzniku skupiny EU BIM Task Group. Cílem bylo prozkoumat a představit informační modelování za účelem podpořit členské země v digitalizaci. Vznikla tedy příručka, která představuje benefity využití této technologie v malých a středních podnicích. Avšak nelze tuto příručku vnímat jako technickou, tedy soupis norem, technologie informačního modelování budov či jeho použití. Jde spíše o dokument poukazující na využití, který především vybízí k používání za účelem širší nabídky přínosů v rámci celého dodavatelského řetězce. Tento dokument je určen do řad státní správy a pro

klienty veřejného sektoru ve stavebnictví, tedy aby došlo k poskytnutí nezbytné vůdčí úlohy státu pro tento dodavatelský řetězec v rámci odvětví.



Obrázek 6 - Implementace BIM v zemích Evropské unie [11]

Na obrázku 6 lze vidět hloubku integrace systému BIM v porovnání s použitím projekčního 2D CAD systému. Tmavá barva nám znázorňuje převahu BIM nad CAD a světle modrá zase opačně. I přes poměrně krátkou dobu, co je implementace iniciována, vypadá využití poměrně vyrovnaně. Tak doufejme, že i u nás se vývoj nezasekne a poměr se časem změní.

2.4.3 Stavebnictví 4.0

Průmysl již prošel třemi revolucemi a nyní je na řadě čtvrtá. Vše začalo již v 18. století s využitím páry a vzniku továren. Druhá průmyslová revoluce byla spojena především s masovou produkcí a elektrickou energií. Třetí revoluce, ve které se stále nacházíme, přišla v druhé polovině 20. století a je spojena s automatizací výroby za pomoci počítačů a elektroniky obecně. Následující 4. průmyslová revoluce se již pomalu blíží a měla by obsahovat zásadní digitalizaci spojené například s internetem věcí či kyber-fyzické počítačové systémy. [12]

Ke stavebnictví se příliš inovací v průběhu těchto třech revolucí nedostalo v porovnání s ostatními odvětvími průmyslu. U té poslední by tomu mělo být jinak, nazýváme ji Stavebnictví 4.0. V roce 2015 je tento pojem stavebnictví 4.0 použit ministerstvem průmyslu a obchodu (MPO) za účelem udržitelnosti konkurenceschopnosti českého stavebního trhu. [7] Někdo by se mohl domnívat, že jde pouze o implementaci BIM, což je chybná představa. Jde o plnou

digitalizaci, jak na úrovni software, tak i hardware. Zapojení kyberneticko-fyzikálních systémů, ve kterých je mechanismus řízen nebo monitorován pomocí počítačových algoritmů. Tedy ideálně dojde k robotizaci výroby, správy, údržby a recyklace staveb. Jednou z podmínek je však rekonstrukce legislativy a dostatečný zájem soukromé sféry o inovace. Dále lze očekávat změny ve vyřizování územního řízení, které by mohlo být digitalizováno společně s jednotným geoportálem územního plánování. Robotická výroba také začíná být využívána společně s aditivními technologiemi, s čím souvisí možnost použití nových tvarů a materiálu.

Lze očekávat výrazné změny, a to jak v jednotlivých procesech, tak i myšlení, které se budou muset naučit další generace. Dle současného trendu lze definovat dvě základní tendence. První je tendence „smart“, ta vyplývá z předchozího paragrafu, kdy jde o digitalizaci a maximální efektivnost jednotlivých procesů. Druhá se nazývá „green“, a jak název napovídá, jde o opatření směřující k udržitelnosti rozvoje společnosti. S tímto pojmem lze spojit energetickou optimalizaci vzniku a provozu stavby, minimalizaci a recyklaci stavebních materiálů či celkový dopad na naše prostředí.

Jako další milník pro přiblížení se Stavebnictví 4.0 je důležité mít nadefinovanou jednotnou strukturu sdílených datových formátů. Nově Česká agentura pro standardizaci prosadila vznik otevřeného rozpočtového formátu (ORF), který bude vznikat v následujících letech s podporou nejvýznamnějších společností z tohoto odvětví na českém trhu. ORF bude součástí již celostátně podporovaného formátu IFC pro digitální modely staveb, o kterém je zmínka v následujících kapitolách. Zapojené strany se zavázaly k tvorbě společného formátu pro přenos informací z rozpočtů, aniž by byla potřeba modelů či konkrétního software. [13] Jinak řečeno, tento formát bude jednoduše přenášet obsah rozpočtu mezi jednotlivými profesemi bez ohledu na použitý software. Již dnes jsou používány digitální data o jednotlivých stavbách během životního cyklu, ale poměrně často dochází ke ztrátě některých informací. Jednotlivé softwary mezi sebou často nekomunikují a přesuny dat do potřebných formátů jsou často spojeny s převáděním do Excelu a poté dále. Cílem koncepce je tedy sjednotit strukturu dat prostřednictvím Datového standardu staveb (DSS).

2.5 Zainteresané strany stavebního procesu

Příprava stavby, její realizace a uvedení do provozu je spojeno s řadou subjektů, které přispívají určitým dílem. V tomto celém procesu rozeznáváme účastníky výstavby, kde výslednicí jejich snažení je dobře připravená, kvalitně provedená a včas dokončená stavba s uživatelsky přijatelnou funkcí. I přes společný výsledek, zájmy účastníků jsou často protichůdné a dochází ke konfliktu zájmů, z toho důvodu jsou jejich vztahy upravovány řadou předpisů (občanský zákoník,

stavební zákon atd. a obchodními smlouvami. Účastníky výstavby lze rozdělit do skupin podle jejich role v procesu.

Přímí účastníci

Jejich vztahy jsou navzájem provázány obchodními smlouvami, konkrétně jde o:

- Investor (stavebník nebo často i budoucí uživatel stavby)
- Autor projektu (projektant, architekt, TZB projektant, statik)
- Zhotovitel stavby (dodavatel stavby)
- Ostatní účastníci (rozpočtář, facility management)

Nepřímí účastníci

- Státní správa (Stavební úřady, správní úřady, které hájí veřejný zájem: povolují, dohlížejí a kolaudují)
- Banky (financování)

Dále jsou popsáni pouze přímí účastníci výstavby a jaký dopad pro ně bude mít používání technologie informačního modelování.

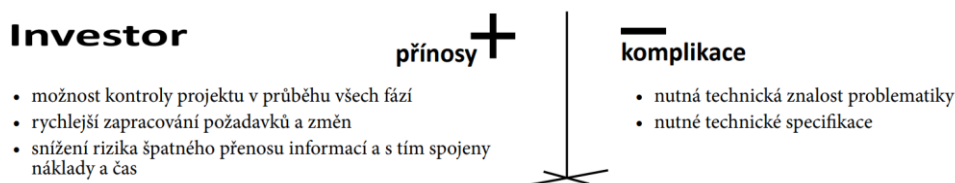
2.5.1 Investor

První účastník, který celý stavební proces iniciuje za účelem realizace investičního záměru. Může jím být jak fyzická, tak i právnická osoba. Investor se dále může nazývat jako vlastník, objednatel, developer, stavebník, zadavatel či kupující. Terminologie se odvíjí od prostředí, ve kterém se projekt realizuje. V soukromém sektoru je pro investora obvykle důvodem realizace projektu dosažení zisku. Naproti tomu v sektoru veřejném může být cílem zajištění potřeb veřejnosti. [14] Financování je zajištěno formou vlastního kapitálu, cizího kapitálu nebo často formou kombinace obou variant. K rozsáhlosti úkolů, které musí investor zařídit, si najímá na pomoc další subjekty. Tyto subjekty pak například zajišťují celkovou přípravu a realizaci stavby, až po samotný prodej díla. Na mysli jsou profese jako projektový manažer, technický dozor, kontrola kvality nebo realitní makléř.

Investor definuje počáteční zadání a specifikaci projektu, může se tedy rozhodnout pro zpracování projektu pomocí metodiky BIM. To může mít přínosy typu snadnější a přesnější kontroly průběžného stavu návrhu. Jelikož jsou data v průběhu projektu neustále zpřesňována a aktualizována, je možné z nich zpracovat posudky a kontrolní analýzy bez nutnosti tvořit nové analytické modely.

Je důležité brát v úvahu, že tento způsob návrhu je náročnější a projeví se v navýšení ceny v prvních fázích projektu. Výsledkem je však kvalitní návrh,

který povede k úspoře během realizace a provozu stavby. Jinými slovy, lze předejít vícepracím a zajistit lepší optimalizaci celého provozu stavby.



Obrázek 7 - Přínosy a komplikace z hlediska investora

2.5.2 Autor projektu

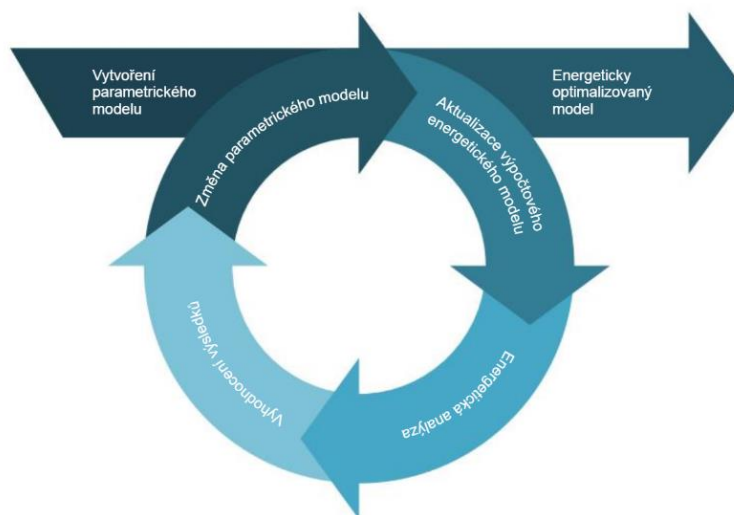
Každý stavební projekt si vyžaduje projektovou dokumentaci v několika stupních. Projektovou dokumentaci zpracovává projektant, architekt, technik, inženýr či dodavatel projektové dokumentace. Tento subjekt může být jak právnická, tak fyzická osoba. Projektování patří mezi odborné činnosti ve výstavbě, a proto je třeba oprávnění neboli autorizace dle zákona 360/1992 Sb. Existují však i výjimky, které lze najít ve stavebním zákoně. [14] Projektant odpovídá jak za správnost projektové dokumentace, tak i za potřebné průzkumy, které projekt vyžaduje. Dalším úkolem projektanta může být kontrola realizace na základě projektové dokumentace, tedy autorský dozor.

Jedním z motivačních faktorů pro použití metodiky BIM je eliminace chyb. Díky 3D modelu stavba vzniká ve virtuálním světě a je snadnější si představit některá kritická místa a tím vyloučit chyby s nimi spojené. Většinou jde o napojení potrubí či zásahy do nosných konstrukcí. Pokud se takové chyby odhalí až v průběhu realizace, často dochází k navýšení ceny, za kterou nesou odpovědnost projektanti.

Celkový proces projekce začíná u architekta, který zpracuje předběžný návrh na přání investora. BIM umožňuje vyhodnocení více množství řešení v rámci jednoho modelu, což zefektivní proces koncepčních řešení. Takto vypracovaný a schválený 3D model putuje dále k projektantovi pro vypracování dalších stavebních stupňů. Do modelu jsou přidávány všechny podstatné informace a dochází k optimalizaci geometrie stavby. Tímto způsobem by mělo být zapříčiněno prostorového nepochopení modelu. Projektant model podrobí analýze proveditelnosti, přidá specifické vlastnosti jednotlivých prvků a vyřeší detaily. Výkresy jsou poté generovány automaticky, je tedy možné vytvářet mnoho řezů a pohledů na pár kliknutí.

S jednotlivými stupni projektové dokumentace souvisí podrobnost obsažených informací v modelu. Model základního stupně (základní model), tedy pro stavební povolení, se dále doplňuje o podrobnější prvky. Může jít například o kotvení jednotlivých prvků krovů, či prvky oplechování. Tyto informace nejsou však

důležité pro všechno uživatele modelu, a proto jsou regulovány pomocí úrovně podrobnosti neboli Level of Detail (LOD).



Obrázek 8 - Energetická optimalizace BIM modelu [6]

Co se týče projektové části TZB, za pomoci modelu BIM, lze dosáhnout optimalizace energetického provozu a vnitřní kvality budovy. Jak je znázorněno na obrázku 8, jde o parametrický model, který lze optimalizovat na základě změn jednotlivých parametrů, materiálů a dalších aspektů. Je možné porovnat více možností návrhů na základě předdefinovaných aspektů.

Architekt

- pohodlnější nástroj pro práci
- snadnější modifikace návrhu na základě požadavků klienta, statika atd.
- snadné vytváření variant

Projektant

- plynulý přechod od koncepčního modelu ke specifickému
- snadnější komunikace jak s architektem tak klientem
- snadnější zapracování změn

Projektant TZB

- snadnější komunikace nad jedním modelem s ostatními účastníky
- tvorba analytických modelů a variantních řešení
- snadnější zapracování změn

přínosy +

komplikace

- zajištění kompatibilní komunikace s ostatními účastníky
- nutnost zajištění kompatibilní komunikace s ostatními účastníky
- neochota přizpůsobit tvorbu modelu smluveným pravidlům
- nutnost zajištění kompatibilní komunikace s ostatními účastníky
- zatím limitovaný počet databází výrobků (knihovny produktů)

Obrázek 9 - Přínosy a komplikace z hlediska autorů projektu

2.5.3 Dodavatel

Dodavatel vykonává stavební práce, dodává materiál, či služby. Může být fyzická i právnická osoba. Dodavatel uzavírá s investorem smluvní vztah, ve kterém se zavazuje, že zhotoví stavební dílo. Odpovídá zejména za kvalitu, rozsah a zhotovení v dohodnutém termínu. [14] Dodavatele dále dělíme podle jejich odpovědnosti za provedenou práci na vyššího dodavatele a subdodavatele, neboli nižší dodavatele. V prvním případě odpovídá vyšší dodavatel investorovi

za dodávky vlastní i cizí, tedy jako za úplnou dodávku. U subdodavatele je to jinak, není v přímém vztahu s investorem, ale odpovídá za kvalitu, včasné dodání a rozsah provedeného díla vyššímu dodavateli.

Při použití metodiky BIM je role dodavatele klíčová, pokud má být model používán dále pro správu a údržbu nemovitosti. Zde se dodavatel dostává do dvou pozic z hlediska toku informací. První je jako uživatel a druhá jako spoluautor. Do modelu přidává aktuální informace podle skutečného stavu a přidaných výrobků, které jsou na stavbě použity. Jen tímto způsobem se může stát dokumentace dostatečně spolehlivá k dalšímu využití.



Obrázek 10 - Přínosy a komplikace z hlediska dodavatele

2.5.4 Ostatní účastníci

Rozpočtář

Rozpočtář staveb na základě výkresové dokumentace stavby či její části sestavuje výčet všech nákladů, které vznikají v souvislosti se stavební činností. Tyto náklady oceňuje a zařazuje do stanovených skupin, tak aby byly srozumitelné a přehledné pro všechny účastníky procesu návrhu staveb. Rozpočtování obsahuje dvě základní činnosti, a to sestavení výkazu výměr a následně jeho ocenění.

Rozpočtáři jsou do procesu informačního modelování zapojeni již během počáteční fáze projektu. Jde zde o proces, ze kterého lze generovat výkazy výměr a cenové odhady již od prvotních studií proveditelnosti. Dále lze zjišťovat vliv nákladových změn víceprací a hodnotit cenové dopady projektových změn v čase.

Dle průzkumů hodnotí sami rozpočtáři jako největší výhodu efektivnější využití svého pracovního času. Nemusí věnovat tolik času manuálním výpočtům a mohou se tak soustředit na důležitější činnosti, které spočívají právě v přidané hodnotě oceňování. [6]

Facility manager

Na konci toho řetězce užívání informací a modelu se nachází facility manager. Pokud si model prošel celým procesem jako informační model, tak může být bohatým zdrojem informací. Tyto informace jsou především využívány na optimalizaci provozu staveb a jejich rekonstrukci či likvidaci. Náklady na provoz staveb jsou často opomíjeny i přes to, že překračují náklady na návrh

a výstavbu. Jinak je tomu ve veřejném sektoru, kdy jakožto největší správce majetku je vláda, která iniciuje takovéto využití informačních modelů s vidinou efektivního provozu staveb.

Rozpočtář

- rychlá klasifikace jednotlivých stavebních prvků díky jejich vizualizaci v modelu
- automaticky generované výkazy výměr
- možnost tvorby nákladových variant pro rozhodování

Facility manager

- jednoduché vykazování stavebních elementů, ploch, atd.
- aktuální model budovy naplněný informacemi o jednotlivých stavebních elementech s informacemi o životnosti a údržbě

přínosy +

komplikace

- nutnost propojení modelu s jednotnou cenovou soustavou

- nutná technická znalost problematiky
- nutnost pořízení softwaru

Obrázek 11 - Přínosy a komplikace z hlediska rozpočtáře a facility manažera

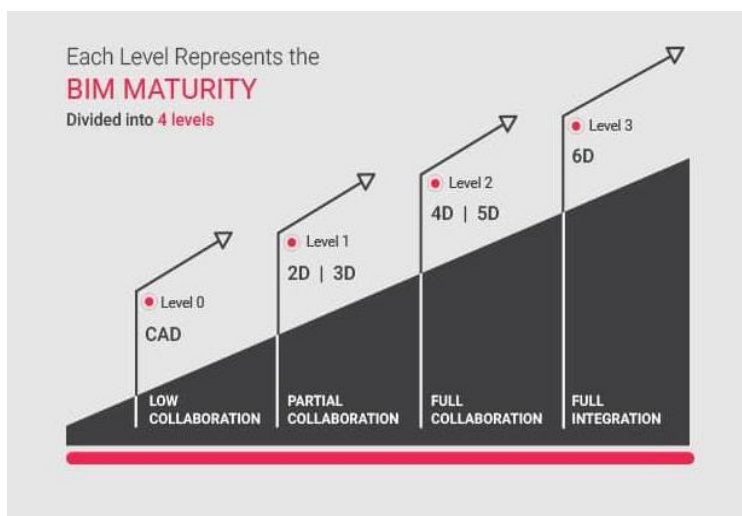
2.6 Vybrané aspekty informačního modelování

Celý proces informačního modelování je složen z jednotlivých aspektů, které umožňují dění všech procesů. Na následujících stranách jsou přiblíženy některé tyto aspekty informačního modelování.

2.6.1 Úrovně BIM

Kvůli snadnější identifikaci úrovně implementace BIM v společnostech a u jednotlivých projektů vznikly definice takzvaných úrovní BIM (neboli Levels of BIM). Tyto definice neobsahují konkrétní slova, ale jejich širší význam je charakterizován. Jejich využití v praxi může být například takové, že Velká Británie zavedla povinnost úrovně 2 pro veřejné zakázky. Tímto nařízením si vláda slibuje snížení stavebního odpadu až o 20 %. [15]

Rozsah úrovní je stanoven na stupnici od 0 do 3 a jejich definice je následující.



Obrázek 12 - Úrovně implementace BIM [15]

Level 0 BIM

Nultá úroveň je už v dnešní době používána pouze ojediněle. Jde o projekty, při kterých je dosahováno nulové kolaborace. Výstupy této úrovně jsou 2D CAD výkresy v papírové nebo elektronické podobě. Tyto výkresy jsou používány převážně ve fázi realizace.

Level 1 BIM

Úroveň jedna zahrnuje jak 3D tak 2D tvorbu výkresů. 3D výkresy jsou používány především pro tvorbu koncepčních řešení, ve většině případů jde o architektonické návrhy. Klasické 2D výkresy jsou používány pro schvalovací řízení a získání povolení a dále jako projektová dokumentace pro realizaci. Zde se vyskytuje pouze částečná spolupráce mezi účastníky procesu, kdy si každý vytváří a upravuje svoje vlastní data. Pokud dochází ke sdílení dat, děje se to elektronicky přes sdílené úložiště (CDE Common Data Environment), které je spravováno dodavatelem.

Aby takový model spolupráce mohl vzniknout, je nutné stanovit role a odpovědnosti. Dále je potřeba přijmout společné datové úložiště a zavést hierarchii sdílených informací.

Level 2 BIM

Druhá úroveň je charakterizována spoluprací, kdy každý zapojený pracuje na svém vlastním 3D modelu a sdílí důležité informace s ostatními. Tyto sdílené informace jsou nahrávány do modelu jako externí. Musí být však dodržen jednotný formát (většinou jde o IFC nebo COBie). Tyto činnosti však nejsou plně propojeny a zautomatizovány. Vše je tedy omezeno na vlastní model každého uživatele a pouhé sdílení informací. Aby vše fungovalo je stanoven BIM Execution Plan (BEP), tedy doporučené prováděcí postupy procesu tvorby a zadávání informačního modelu, kterými by se měli všichni uživatelé řídit.

Level 3 BIM

Zatím nejvyšší úroveň, která je charakterizována plně otevřeným přístupem v procesu vytváření informačního modelu. Všichni účastníci využívají jeden sdílený model, který mohou zároveň jak prohlížet, tak upravovat v reálném čase, což eliminuje změny v konfliktu informací.

Vše je založeno na jednotných mezinárodních standardech IFC formátu, kde jediný server obsahuje všechny data projektu.

2.6.2 Dimenze

Projekt může být tvořen v několika dimenzích. Klasickým způsobem známe dimenze obsahující nějakou geometrii, tedy 2D a 3D. Na rozdíl od 2D, kdy data

existují pouze ve dvou rovinách, 3D umožňuje pracovat v prostoru. Půdorysy jsou doplněny o výšky a hovoří se spíše o modelování než rýsování. Dále informační model budovy obsahuje negeometrické informace, mezi ně především patří 4. a 5. dimenze. Vyšší dimenze zatím nejsou plně definovány, proto se někdy jejich označení zaměňují.



Obrázek 13 - Dimenze informačního modelování staveb [4]

4D – Čas

Plánování ve stavebnictví představuje rozvržení projektu v čase a prostoru. Zde jde o rozšíření 3D modelu a jeho objektů o parametr času. Což může vést k vizualizaci projektového plánu v čase. Tímto se snáze eviduje koordinace činností nebo třeba plán logistiky na staveništi.

Naprojektovaný model s informací o 4. rozměru se propojí se speciálním softwarem, ve kterém je možné generovat posloupnost výstavby jednotlivých prvků či celé stavby. Takovéto harmonogramy poskytují informace kdy, kde a jak dlouho to bude trvat umístit daný element.

5D – Cena

Pokud je ke 4 dimenzi přidána další proměnná a to cena, dostaneme 5D. Jde opět o propojení grafických a negrafických informací na CDE uložisti. Jednotlivým prvků je přiřazena nákladová položka. Z takových dat pak lze generovat informace o celkových, provozních, nebo mzdových nákladech. Pro investory i zhotovitele jde o velice efektivní nástroj na kontrolu toků peněz v čase. Snadno mohou zjistit prostavěnost materiálu a aktuální průběh projektu.

Klasifikace pro oceňování je založena na jiných principech než práce projektanta. Ke sladění těchto přístupů je třeba kompromisů z obou stran. Jako řešení se jeví vytvoření jednotné objektové knihovny, kdy by cena byla jedním z parametrů objektu. Tento způsob lze aplikovat na omezené množství objektů, nikoli však pro podrobné položkové rozpočty. [6] Tuto problematiku si uvědomuje i vláda, která iniciovala vývoj otevřeného rozpočtového formátu (ORF)

6D, 7D a vyšší





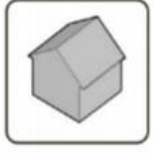
6. a 7. dimenze bývají často zaměňovány, což je způsobeno nedostatečným zažitím v praxi. Může jít o správu budovy neboli facility management. Zde jsou obsažena data o zabudovaných prvcích, technických zařízeních nebo přístrojích, které nám sdělí jejich životnost nebo potřebnou revizi. Na takovýto model je možné navázat měřicí hardware a software který pomocí senzorů ovládá naprogramované prvky. Mluvíme například o regulaci vzduchu a vlhkosti v prostředí inteligentní budovy.

Druhý pojem je udržitelnost. Za pomoci dat lze generovat analýzy o spotřebě energie v provozní fázi nebo dopad projektu na životní prostředí. Zde je budoucí využití například při dnešní certifikaci udržitelnosti budov (LEED, BREEAM, atd ...). O vyšších dimenzích se zatím pouze hovoří a lze si zatím pouze představit s čím dalším by bylo možné BIM propojit.

2.6.3 Podrobnost modelu (LOD)

Jak u klasických tištěných výkresů definujeme jejich podrobnost obsahu pomocí měřítka, tak u BIM k tomu slouží označení LOD. Pomocí této zkratky definujeme propracovanost, podrobnost modelování, kterou je nutné dodržet pro další využití modelu. Zkratka LOD byla původně definována jako Level of Detail, což mohlo být mnohdy zavádějící, že jde pouze o grafickou rozpracovanost elementů. Později se slova abreviace změnila na Level of Development, neboli stupeň propracovanosti, aby význam vystihoval i hodnotu implementovaných informací.

Jinými slovy, pojem lze popsat jako doporučení, které umožňuje odborníkům ve stavební praxi přesně specifikovat a jasně naformulovat danou spolehlivost informačního modelu stavby v různých fázích návrhu, dá se říct, že LOD je v podstatě jakýmsi měřítkem, jak zaimplementované informace reprezentují daný BIM element. Grafický vzhled je jen jedna část informace o daném elementu a obvykle je považována za nejméně důležitou. Dodavatel daného BIM elementu nepotřebuje přesně vědět, jak daný objekt vypadá, nebo kde přesně bude v informačním modelu osazen, ale potřebuje vědět název výrobce a číslo modelu, popřípadě znát konkrétní rozměry. [16]

		Relevantní stupeň dokumentace	Způsob ocenění, účel
LOD 100		STS - Studie stavby	Rozpočtové ukazatele stavebních objektů, RUSO
LOD 200		DUR - Dokumentace pro územní rozhodnutí	Stručný rozpočet s agregovanými položkami (RYRO)
LOD 300		DSP - Dokumentace pro stavební povolení	Podrobný položkový rozpočet - standardní cenové soustavy
LOD 400		DPS - Dokumentace pro provádění stavby	Nabídkové a výrobní kalkulace
LOD 500		DSPS - Dokumentace skutečného provedení stavby	Data pro správu budovy - facility management

Obrázek 14 - Podrobnost modelu na základě jednotlivých označení LOD [16]

LOD 100

V tomto stupni propracovanosti hovoříme o konceptu projektu. Nelze stanovit počet elementů nebo jejich přesný tvar. Na druhou stranu, lze přesně určit hodnoty jako plocha, objem, lokace či orientace. Můžeme si představit zasazení hrubého modelu do terénu, ze kterého vyplývá že se zde nachází objekt. S tím také souvisí určení orientačního odhadu ceny díla podle typu a účelu výstavby.

LOD 200

Ve formě LOD 200 již model obsahuje dílčí stavební elementy, které představují funkční systémy. Informace z předchozího stupně doplní informace o rozměrech a množství. Dozvíme se tedy, že je zde objekt o konkrétních rozměrech, který je složen z několika elementů. Ke geometrickým informacím lze přidat i negeometrické. V tomto stupni lze zobrazovat jednotlivé stavební elementy zvlášť a analyzovat je. Z hlediska využití je takovýto model dostačující pro vypracování dokumentace pro územní rozhodnutí.

LOD 300

V této podobě dochází k plnohodnotné identifikaci stavebních elementů. Návrh se stává poměrně detailní. Prvky jsou reprezentovány konkrétními typy konstrukcí s přesnými rozměry, množstvím tvarem a umístěním v modelu. Lze tedy například určit, že jde o nosnou monolitickou zeď z betonu s konkrétním označením. Využití modelu je dostačující pro použití na dokumentaci pro stavební povolení. Co se rozpočtování týče, lze sestavit podrobný položkový rozpočet.

LOD 400

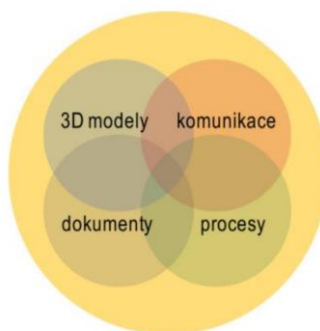
V této úrovni jde především o konkretizaci výrobků. Jsou přidány informace o výrobcích daných elementů a dále hlavně negeometrické data. Pokud by jsme zůstali u příkladu monolitické zdi, jde o specifikaci výztuže, která obsahuje profily, jejich průměry, procento vyztužení, materiál atd. Model je dostačující jako dokumentace pro provádění stavby. Pro ocenění lze zařadit nabídky a výrobní kalkulace konkrétních dodavatelů.

LOD 500

Při nejvyšší úrovni propracovanosti modelu jde o přesné digitální dvojče reálného objektu. Stavební elementy jsou vymodelovány tak, jak byly realizovány s přesnými charakteristikami z hlediska prostorového i popisného. Model v této podrobnosti může být využíván pro správu budovy. [6] Z toho vyplývá, že model je dostačující pro generaci dokumentace skutečného provedení stavby.

2.6.4 Datový formát a výměna informací

V odvětví, jako je stavebnictví, se i na projektech malého rozsahu většinou podílí několik společností a lidí, kteří mezi sebou musí komunikovat. Pokud má být výměna informací účinná, je třeba identifikovat oblasti výměny dat, jejich strukturu, podrobnost a technické aspekty jako je sdílený model, přístup k modelu, rozdělení zodpovědnosti a podobně. [6]



Obrázek 15 - Obsažená data BIM projektu [7]

V této souvislosti je nutné zmínit datový formát. Existuje pouze jeden mezinárodně uznávaný a to je IFC (Industrial Foundation Classes), který slouží jako výměnná platforma pro přenos modelu BIM a jeho informací. Jeho obsahem jsou jak grafické znázornění, tak data jednotlivých prvků. Formát je neustále vyvíjen organizací BuildingSmart, která si dává za cíl, aby jeho využití bylo pro co nejširší spektrum uživatelů. Hlavním cílem je přenos dat s minimální ztrátou.

Na trhu se objevuje široká nabídka softwaru, které umožňují práci s BIM. I přes to, že podporují export a import tohoto formátu, nastává zde problém. Každý program pracuje na jiném principu modelování, a proto není možné přenést chování jednotlivých prvků napříč aplikacemi. Jinými slovy, grafická podoba prvku s informacemi se přenesou, ale její editace již může být problémová. Proto je dobré model ve formátu IFC používat převážně jako prostorovou referenci. Například architekt obdrží projekt technického zařízení, díky kterému zjistí, kde jsou v budově různé rozvody technických sítí. V současné době je zatím spolehlivější při další editaci dat pracovat s nativními formáty daných softwarů než IFC formátem samotným. Vše se však odvíjí od zkušeností a zdatnosti uživatelů.

Pro efektivnější využívání a transfer dat je nutné před exportem stanovit, k čemu budou data primárně sloužit. K tomuto účelu je definována MVD (Model View Definition) něco jako podmnožina IFC formátu nebo jeho hlubší specifikace. Česky lze zkratku přeložit jako definici pohledu na model, která definuje úroveň detailu, množství obsažených informací a účelu použití. [16] Například pro požární posouzení je nutné zachovat atribut s informací o požární odolnosti, zatímco některé další atributy jsou naprosto irelevantní.

Nejčastěji používané MVD [17]:

IFC 2x3 Coordination View 2.0 - je určen pro koordinaci mezi architektem, projektantem TZB a statikem během fáze návrhu stavby. Cílem je umožnit sdílet informace o budově mezi hlavními disciplínami z hlediska koordinace.

IFC4 Reference View - je určen pro využití jako externí reference a nepředpokládá se jejich zpětný export do výchozí aplikace, např. pro kontrolu kolizí, výkazy nebo pro simulaci výstavby.

IFC4 Design Transfer View - je určen pro všechny případy, kde se předpokládá další editace modelu. Obsahuje parametry z disciplín. Slouží např. pro předání modelu pro další práci nebo k archivaci

3 Rozpočtování ve výstavbě

Rozpočtování souvisí se stanovením předběžné ceny za budoucí provedenou práci. Je tedy důležité, aby ji prováděli dostatečně kvalifikovaní rozpočtáři, kteří

ví, co dělají. Jedním z požadovaných výstupů této práce je rozpočet. Pojmem rozpočet se rozumí podklad pro sestavení ceny produktu nebo služby. Ve stavebnictví jsou to ceny stavebních prací, materiálů a objektů, které se navrhuje podle zadaných kritérií objednatele. [18]

Přesnost stanovené ceny, která je obsažena v obchodní smlouvě, musí být co nejvyšší, aby nedošlo k případným nesrovnalostem při zpětném vyúčtování. Příliš nízká cena může uškodit zhotoviteli, ve formě neočekávaných budoucích nákladů. Naopak příliš vysoká může uškodit investorovi a zabránit mu získání zakázky.

Jde tedy o vztah objednatele a zhotovitele. Zhotovitel sestavuje rozpočet na základě svých potřeb, aby jeho náklady byly plně pokryty a přinesly mu požadovaný zisk. Na straně druhé, objednatel zajímá, kolik a za co bude konkrétně platit

3.1 Klasický postup rozpočtování

Pro každé stavební dílo musí vzniknout rozpočet, který určuje jeho cenu. Tento odhad vzniká již během prvotních studií, které určí typ stavby a její celkové objemy. Tyto objemy jsou následně násobeny rozpočtovými ukazateli. V dalších fázích projektu a to investičních, se vypracovává přesnější a detailnější položkový rozpočet na základě vypracované projektové dokumentace a technické zprávy projektu. Ten považujeme za nejpodrobnější a jeho přesnost především závisí na výkazu výměr. Jako další máme souhrnný rozpočet, který obsahuje veškeré náklady spojené s investicí. Jsou to náklady na přípravu stavby, realizaci a uvedení do provozu. Pokud jde stavba do výběrového řízení pro zhotovitele, sestavuje se slepý rozpočet, který je vyplněn cenami zhotovitele a zaslán zpět jako nabídková cena.

Po sestavení výkazu výměr, dojde k jeho ocenění za pomoci cenových soustav. Jde o komerční softwary s aktualizovanou cenovou databází založenou na statisticky aktualizovaných cenách. Jednotlivé položky jsou zatříděny dle klasifikace TSKP a je jim přiřazena jednotná a celková cena. Tyto ceny položek jsou kalkulované za obecných (běžných) kvalitativních a kvantitativních podmínek. Proto je nutné výši jednotkových cen s ohledem na různá ovlivňující hlediska ověřit a ceny upravit na podmínky konkrétního projektu a konkrétního dodavatele. Takto připravené podklady pak slouží pro přípravu a řízení stavebních zakázek.

3.1.1 Výkaz výměr

Dle zákona o veřejných zakázkách je znění výkazu výměr stanoveno následovně: „vymezení množství stavebních prací, konstrukcí, dodávek nebo služeb s uvedením postupu výpočtu celkového množství položek soupisu prací“.

Jak bylo již výše zmíněno, jeho přesnost je nutná, protože slouží jako výchozí dokument pro stanovení ceny. Dále během výstavby může být použit pro ekonomické řízení, stanovení prostavěnosti, či pro kontrolu provedených prací. V neposlední řadě je možné jej využít při stanovení nákladů pro rekonstrukci v provozní fázi stavby.

Manuální tvorba výkazu

V dnešní době stále nejrozšířenější způsob sestavení výkazu výměr. Jde o tradiční, manuální způsob výkazů, kde rozpočtář počítá jednotlivé výkazy z 2D projektové dokumentace. Tento způsob je časově velice náročný, a i přes dobře zpracovanou dokumentaci a technickou zprávu, je zde vysoká pravděpodobnost chyby lidského faktoru, u složitějších konstrukcí nemluvě.

I zkušený rozpočtář se často nevyhne dotazování a objasňování zakreslení ze strany projektanta. Dle úrovně integrace spolupráce v projektech, které byly představeny v předchozí kapitole, jde o úroveň BIM 0.

Tvorba výkazu výměr z 3D modelu

Pokud je projekt zpracováván jako 3D model, lze z něj těžit při sestavování výkazu výměr. Samotný software je schopen vytvářet a filtrovat výkazy vybraných prvků ve formě tabulek, které se dají dále exportovat. Zde však nastává otázka jejich přesnosti. Pro dosažení přesnosti vykazovaných prvků, je nutné dodržovat určité zásady tvorby, které jsou rozebrány v následujících kapitolách teoretické části práce.

Druhým problémem je zpracovanost modelu. Některé prvky nemusí být v modelu obsaženy, protože jsou příliš malé nebo je nelze vymodelovat. Jde například o detaily spojů, kde nejsou modelovány šrouby, hmoždinky nebo spojovací hmoty. Vykazování těchto prvků poté závisí na zkušenostech rozpočtáře a popisů vypracovaných projektantem.

V současné době se objevuje kombinace manuálního výpočtu za pomoci 3D modelu. V tomto modelu se přece jen lépe orientuje a není zde potřeba taková dávka představitosti jako je tomu u 2D dokumentace.

3.2 Rozpočtování a BIM

Již v dnešní době existuje velké množství jak externích softwarů, tak plug-in rozšíření, které mají rozdílný přístup k rozpočtování. Stále se vyvíjí a testují nové pohledy na tuto problematiku. Objevují se zde dva rozdílné přístupy k ocenění modelu.

Plug-in aplikace

První je plně integrován do softwaru, ve kterém vzniká samotný model. Jde o aplikace typu plug-in, které slouží jako rozšíření samotného softwaru. Toto rozšíření obsahuje databázi klasifikace stavebních konstrukcí, které jsou navázány na cenovou soustavu stavebních prací a konstrukcí. Vždy po odeslání na cloud jsou danému prvku přiřazeny položky z cenové soustavy. Jednotlivé položky a jejich kalkulační vzorce lze upravovat na datovém úložišti, podle svých potřeb. Projektant tedy po vymodelování daného prvku, například stěny, jen zvolí přesnou specifikaci prvku, tedy cihly pálené s tloušťkou zdiva 400 mm a výměry jsou přebrány z modelu.

Jako výsledek máme model, který je dynamicky oceňován při každé jeho změně. Předběžné ceny jednotlivých variant lze zjistit jednoduše bez nutnosti zdlouhavého exportu dat.

Veškerý proces výpočtů je umístěn na cloud. Jako výměnný formát zde slouží nativní data projektového softwaru (u Revitu .rvt), která zlepšují přesnost výkazů výměr. Tento způsob je používán například firmou RTS.

Externí software

Jako druhým způsob ocenění modelu je přes externí software. Zde je nutné exportovat data do modelu a přenést je, aby mohla být dále zpracovávána. Pro přenos je většinou používán výměnný formát IFC. Jak bylo popsáno výše, problematika výměnného formátu IFC je poměrně komplexní a není v dnešní době tak daleko, aby byl zaručen přesný přenos informací. Přesnost je tedy zaručena doporučeným vstupním formátem externího softwaru.

Celý proces je poměrně zdlouhavější. Pro získání výkazu výměr slouží jeden software a pro klasifikaci konstrukcí a stanovení rozpočtu také jiný. Lze se setkat i s jinými přístupy, kde jednotlivým konstrukcím jsou přiřazovány celkové sendvičové skladby, které jsou stahovány z katalogů výrobců. Zde však narazíme na komerční označení materiálů a nestanovujeme cenu obecně jako tomu bylo u předchozího způsobu.

Který přístup je lepší, zatím těžko říct. S dalším vývojem a testováním se procesy upravují a zatím záleží jen na preferencích pořizovatele.

4 Návrh a tvorba výkazu stavebních prvků a konstrukcí

Výkaz výměr je nepostradatelnou součástí tvorby ceny stavebního díla a jeho přesnost určuje správný odhad. V předchozích kapitolách byly popsány možné

způsoby jeho sestavení, z nichž nejrychlejší je přímo z modelu. Aby tento způsob mohl být aplikován v praxi, měl by být model vytvořen podle jednotlivých zásad.

V následující praktické části jsou přiblíženy některé zásady správné tvorby modelu, aby bylo dosaženo co největší přesnosti při vykazování prvků a materiálů. Konkrétně jde o vykazování výměr pro svislé a vodorovné konstrukce. Dále je představena metoda stanovení hodnot ostění pro okenní otvory s rovnými a šikmými plochami.

Pro snadnější pochopení problematiky jsou zásady demonstrovány na jednoduchých příkladech o základních rozměrech. Vše je modelováno a počítáno v softwaru Revit 2020 od vývojářské firmy Autodesk. Hodnoty jsou oceňovány pomocí rozpočtového softwaru euroCAL od firmy Callida.

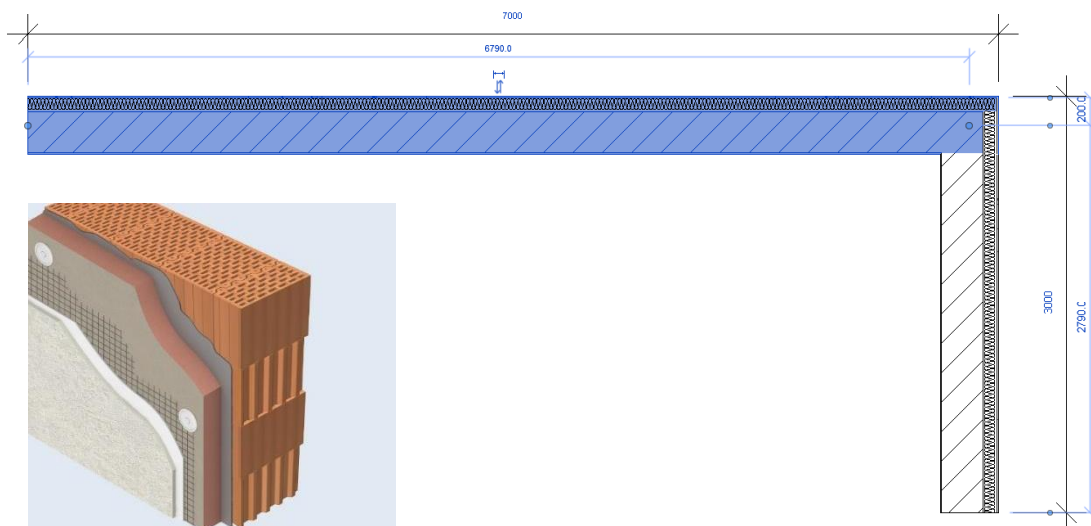
Cílem této práce je přiblížit problematiku tvorby výkazů výměr při rozdílném způsobu modelování. Tato část by mohla sloužit pro začínající uživatele softwaru Revit jako rozšíření jejich vědomostí o způsobech modelování a jejich dopadu na vykazované hodnoty. Z hlediska budoucí, hlubší implementace BIM je důležité, aby proces správného modelování byl plně integrován při projektování staveb a dalo se spolehnout na vykazované hodnoty.

4.1 Svislé konstrukce

Následující kapitola je zaměřena na stěny obvodové. U stěn rozlišujeme mnoho druhů materiálu, z nichž mohou být zhotoveny. K jejich nosné části, téměř pokaždé přidáváme další prvky jako jsou izolace či povrchové úpravy. Abychom získali správné hodnoty pro výkaz výměr, musí být stěny namodelovány správným způsobem.

Pro tento příklad je použito zdivo z keramických tvárnic tloušťky 0,3 m. Z externí strany zdiva je tepelná izolace tloušťky 0,1 m a vnější omítka 0,010 m. Z vnitřní strany je pouze omítka hladká 0,010 m. Výška konstrukce je 3 m. Vnější rozměry konstrukce jsou 7 a 3 m.

Jak je vidět na obrázku 16, skladba obsahuje další materiály jako jsou mechanická kotvení, lepící hmota pro tepelnou izolaci, či výztužná tkanina. Tyto prvky nejsou v modelu modelovány a tudíž ani vykazovány. Jejich výpočet má na starosti rozpočtář, nebo jsou obsaženy v agregovaných položkách cenových soustav.



Obrázek 16 - Axonometrie a půdorys zkoušené skladby zdiva

Jelikož i jednotlivé typy spojů mohou ovlivnit vykazované hodnoty, je zde zvolen tip „Butt“. Tedy delší zedř převažuje ve spojení nad kratší. Tento způsob spojení byl odzkoušen a projevil se jako nejvhodnější pro dosažení největší přesnosti. Jak je na obrázku 16 vidět, Revit měří délku zdiva v ose daného prvku.

4.1.1 Tvorba podkladů

Jako první věc, je založen nový projekt, ve kterém budou konstrukce modelovány. I přes to, že software nabízí některé předdefinované skladby zdiva, pro většinu případů je nutné si specifickou skladbu vytvořit.

Postup je následující. Na kartě „Architecture“ je vybrána libovolná zedř, která je duplikována. Podle zvolených parametrů je nadefinována skladba konstrukce. Materiál v tomto případě nehraje až tak velkou roli, pro lepší orientaci v názvech byl však vytvořen nový. Dále každému materiálu musíme přiřadit jeho funkci v konstrukci. Funkce rozlišujeme jako nosné části, izolace, membrány, substráty a povrchové úpravy. Při tvorbě složitějších spojů lze vybírat jaké funkční části k sobě navazují, proto je důležité správné zařídění.

Dále byly vypnuty tloušťky čar, aby čáry omítek se neslily do jedné a detail vykreslení nastaven na nejjemnější.

Family:	Basic Wall			
Type:	Zdivo keram-300mm			
Total thickness:	420.0			Sample Height: 3000.0
Resistance (R):	3.4127 (m ² *K)/W			
Thermal Mass:	36.60 kJ/K			

Layers					
EXTERIOR SIDE					
	Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material
1	Finish 1 [4]	Omítka EXT	10.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Thermal/Air Layer [3]	Tepelna izolace	100.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Core Boundary	Layers Above Wrap	0.0		
4	Structure [1]	Keramicke tvarnice	300.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Core Boundary	Layers Below Wrap	0.0		
6	Finish 2 [5]	Omítka INT	10.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Obrázek 17 - Skladba zkoušené konstrukce zdiva

Jako další věc, je důležité stanovit správné hodnoty, ze kterých se bude vycházet při porovnání výsledků. Zde byl zhotoven ruční výpočet definované stěny. Pro přehlednost byly výsledky shrnuty do následující tabulky 1.

Tabulka 1 - Ruční výpočet skutečných rozměrů zkoušené skladby zdiva

Skutečné rozměry

Delší stěna	Délka [m]	Šířka [m]	Výška [m]	Plocha [m ²]	Objem [m ³]
Omítka EXT	7,00	0,01	3,00	21,00	0,21
Tepelná izolace	6,99	0,10	3,00	20,97	2,10
Keramické tvárnice	6,89	0,30	3,00	20,67	6,20
Omítka INT	6,59	0,01	3,00	19,77	0,20

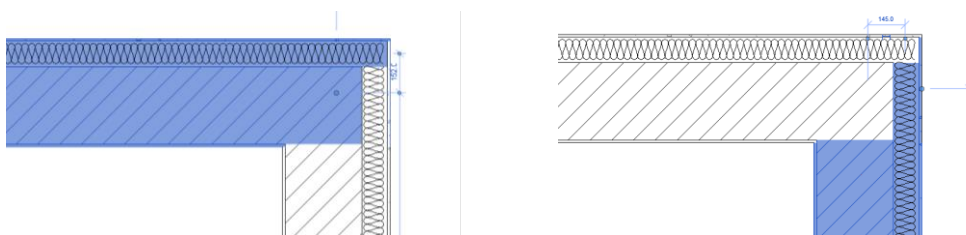
Kratší stěna	Délka [m]	Šířka [m]	Výška [m]	Plocha [m ²]	Objem [m ³]
Omítka EXT	2,99	0,01	3,00	8,97	0,09
Tepelná izolace	2,89	0,10	3,00	8,67	0,87
Keramické tvárnice	2,59	0,30	3,00	7,77	2,33
Omítka INT	2,58	0,01	3,00	7,74	0,08

4.1.2 Způsoby modelování

Obecně platí, že by se konstrukce měli modelovat tak, jak jsou stavěny, tedy konstrukce po konstrukci. Takto zhotovený model je vhodný pro použití při 4D a 5D fázi projektování. V softwaru Revit je více možností, jak svislé konstrukce modelovat, bude však dosažen stejný výsledek vykazovaných hodnot?

Sendvičová stěna jako celek

Prvním způsobem je vymodelování stěny jako jednotné konstrukce. Vytvořenou skladbu stěny vymodelujeme podle zadaných rozměrů, tedy 7 a 3 m s výškou 3 m. Pro získání výkazů výměr byl použit výkaz materiálu neboli „Material Takeoff“, který je na kartě pohledy. Jako kategorií je nutné zvolit stěny, tedy „Wall“.



Obrázek 18 – Chování stěn modelovaných jednou konstrukcí

Zde platí, že každý materiál z důvodu spojení v rohu, by měl mít rozdílné hodnoty ploch a objemů. Níže zmíněná tabulka ukazuje, že tomu tak není. Když porovnáme tyto rozměry z ručně vypočtenými hodnotami, je vidět, že výpočet z Revitu je nesprávný.

Pokud je přihlédnuto k celkovým cenám skladeb, které byly sestaveny na základě vykázaných hodnot, tak rozdíly jsou minimální. Nutno však brát

v potaz, že v tomto případě jde o jednoduchou konstrukci a společně s délkou a složitostí se rozdíly budou jen prohlubovat. Podrobný rozpočet pro ocenění jednotlivých skladeb je přiložen v příloze č.1 a č.2.

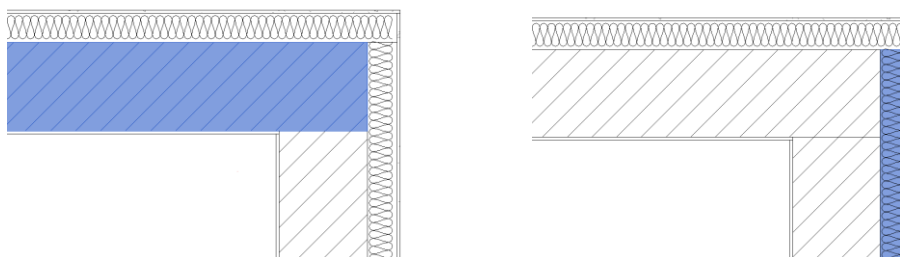
Tabulka 2 – Porovnání vykazovaných hodnot a hodnot skutečných pro konstrukci modelovanou jako celek

Výkaz	Revit	Ruční výpočet	
Delší stěna	Plocha [m2]	Plocha [m2]	Rozdíl [%]
Omítka EXT	21,00	21,00	0,00
Tepelná izolace	21,00	20,97	0,14
Keramické tvárnice	21,00	20,67	1,60
Omítka INT	21,00	19,77	6,22
Kratší stěna	Plocha [m2]	Plocha [m2]	Rozdíl [%]
Omítka EXT	7,74	8,97	13,71
Tepelná izolace	7,74	8,67	10,73
Keramické tvárnice	7,74	7,77	0,39
Omítka INT	7,74	7,74	0,00
Celková cena [Kč]	87 047	87 264	
Rozdíl cen [Kč]	217		
Rozdíl [%]	0,25		

Primární příčina vychází z délky, kterou Revit uvažuje pro dané prvky. U stěny, která je modelována jako celek je brána pouze jedna délka pro všechny obsažené vrstvy. Tato délka závisí na typu spoje a je vedena osou prvku. Jelikož delší stěna ve spoji převažuje, je zde uvažována délka 7 m. U kratší stěny délka 2,58 m, což je délka od volného konce po počátek vnitřní omítky delší zdi v rohu spoje neboli délka vnitřní omítky u kratší zdi.

Sendvičová stěna s rozložením

Druhá možnost, co se týče rychlosti modelování, je téměř stejná jako ta první. Způsob vytvoření stěny je stejný, jen s rozdílem, že dojde k rozložení stěny na jednotlivé části. Tohoto rozložení je dosaženo pomocí funkce „Create Parts“. Jak je na spodním obrázku vidět, jednotlivé vrstvy stěn byly rozděleny na prvky. Na základě dřívějších zjištění vyplývá, že délky budou měřeny jako jednotlivé osy pro každou vrstvu zvlášť.



Obrázek 19 - Chování stěn po rozložení konstrukce

Spojení je zde možné definovat pro každou vrstvu zvlášť. U tohoto příkladu byl zachován stejný spoj jako u předchozího. Pro získání hodnot je použit opět „Material Takeoff“ ale kategorie je zvolena „Parts“. Pokud bychom zvolili kategorii „Walls“, dostali bychom stejné hodnoty jako tomu bylo u minulého příkladu.

Tabulka 3 - Porovnání vykazovaných hodnot a hodnot skutečných pro rozloženou konstrukci

Výkaz	Revit	Ruční výpočet	
Delší stěna	Plocha [m2]	Plocha [m2]	Rozdíl [%]
Omítka EXT	21,00	21,00	0,00
Tepelná izolace	20,97	20,97	0,00
Keramické tvárnice	20,67	20,67	0,00
Omítka INT	19,77	19,77	0,00
Kratší stěna	Plocha [m2]	Plocha [m2]	Rozdíl [%]
Omítka EXT	8,97	8,97	0,00
Tepelná izolace	8,67	8,67	0,00
Keramické tvárnice	7,77	7,77	0,00
Omítka INT	7,74	7,74	0,00

Výsledný výkaz představuje tabulka 3. Zde je patrné, že výsledek je naprosto totožný s ručním výpočtem. Tento způsob je tedy vhodný u takto jednoduché konstrukce.

Avšak problém u této metody modelování nastává, pokud dělení na části „Parts“ používáme pro více druhů konstrukcí. To znamená, pokud by došlo k rozdělení jak vodorovných, tak svislých konstrukcí na části, při tvorbě výkazu se vytvoří velké množství položek, což může vést k nepřehlednosti. Například v obou konstrukcích je obsažena tepelná izolace. Do výkazu se propíše dvěma položkami a to jednou pro vodorovné a jednou pro svislé konstrukce. Výkaz však nelze třídit, či filtrovat na základě polohy parametrů, proto je tato metoda poměrně neúčinná pro složitější konstrukce.

Jednotlivé vrstvy

Jako poslední způsob je modelování každé vrstvy zvlášť. Tento způsob je poměrně nepraktický z hlediska zdlouhavosti modelování. Co se týče vykazování, je naprosto přesný jako ruční výpočet. Tento způsob je běžně používán v praxi, protože je poměrně spolehlivý a lze poté s modelem dále pracovat. Z modelu lze vyfiltrovat jednotlivé prvky či vrstvy podle zadaných parametrů, například je možné vyfiltrovat prvky obsažené v hrubé stavbě, kdy dojde ke skrytí omítek, izolací atd.

Výkaz pro tento způsob získáme stejným způsobem jako u prvního příkladu. Tedy přes „Material Takeoff“ a kategorii „Wall“. Jak na počátku byla založena nová skladba stěny, tak teď je nutné udělat to stejné jen pro každou vrstvu zvlášť.

Jedna stěna bude obsahovat pouze omítku, druhá stěna bude tvořena izolací atd. Tímto opět docílíme, že délka a výška pro výpočet se bude uvažovat v ose každého prvku.

Jako další problém při tomto způsobu se pak jeví vkládání otvorů, jako jsou dveře a okna. Otvor se vytvoří pouze do jedné vrstvy a do ostatních musí být manuálně vyříznut.

4.1.3 Zhodnocení

Na základě představených řešení, lze usoudit, že nejvhodnější přístup je modelovat stěny jako sendvičové konstrukce a následně je rozložit. Avšak, vždy by měla být soustředěna pozornost při tvorbě skladby stěny, aby jednotlivé vrstvy byly správně zařazeny podle funkce. Při tvorbě složitějších spojů lze vybírat jaké funkční části se mezi sebou mají provázat, což někdy může způsobovat chyby ve výpočtech. Tento způsob lze použít pouze pokud rozkládáme na části jeden typ konstrukcí, v tomto případě svislé.

Dále je nutné brát v potaz použití správného výkazu. V tomto případě jde o výkaz materiálu s prvky, označené jako „Parts“. Za takových to podmínek se lze na výkazy spolehnout bez ohledu.

U složitějších objektů je dobré zachovat způsob modelování jednotlivých vrstev i přes zdlouhavost modelování. Tento způsob je ověřený a v praxi používaný. Na modelu je zprvu stráveno více času, avšak tento čas může být ušetřen při další práci s modelem. Jako výkaz zde volíme výkaz materiálu a vybíráme jednotlivé druhy konstrukcí.

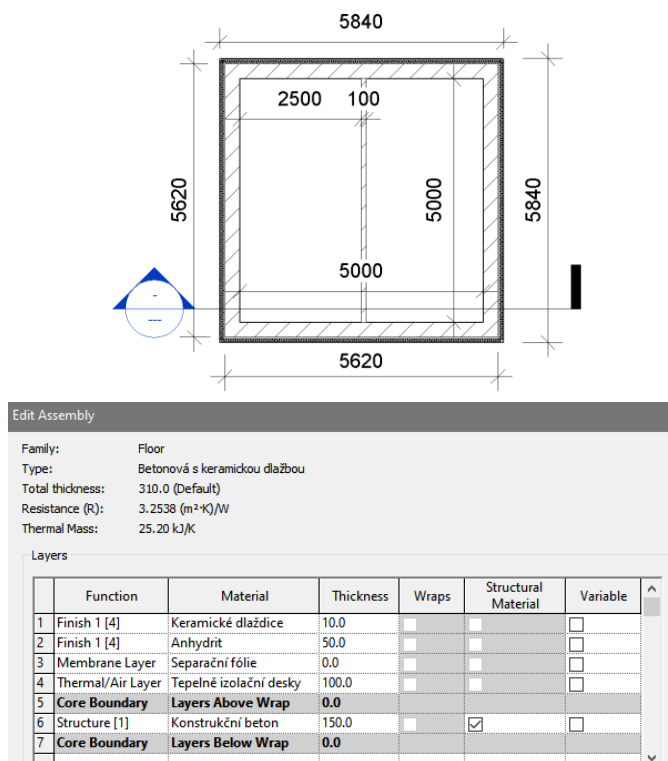
4.2 Vodorovné konstrukce

S problematikou správného modelování jsou spojeny i konstrukce vodorovné. Tyto konstrukce, především podlahové a stropní navazují na konstrukce svislé. Zde však nastává obvyklý problém při tvorbě výkazů, který souvisí s napojováním konstrukcí a dochází k nepřesnostem. Pro získání přesného výkazu ploch a objemů jednotlivých materiálů vodorovných konstrukcí je však nutné dodržet jednotlivé zásady.

4.2.1 Tvorba podkladů

Nejprve je nutné definovat příklad, na kterém budou metody odzkoušeny. Půjde o čtvercový půdorys s vnitřními rozměry 5 m. Tloušťka zdiva včetně omítek se uvažuje 420 mm se skladbou totožnou jako v předchozí kapitole. Dále je vložena příčka z jedné strany o tloušťce 100 mm. Jak je z obrázku 20 vidět, vnější rozměry nosné části zdiva jsou 5,62 m.

Skladba podlahy je stejná jako je uvedeno na obrázku 20. Předpokládá se konstrukce v nadzemním podlaží, tudíž nemá kontakt se zemínou. Její celková tloušťka je 310 mm.



Obrázek 20 - Zadání zkušného příkladu pro vodorovné konstrukce

Jako další je nutné stanovit správné hodnoty vykazovaných materiálů. Pro přehlednost byl výpočet společně s výsledky shrnut do tabulky 4.

Tabulka 4 - Ruční výpočet skutečných rozměrů skladby stropní konstrukce s podlahou

Skutečné rozměry

Vrstvy	Délka [m]	Šířka [m]	Tloušťka [m]	Plocha [m ²]	Objem [m ³]
Keramické dlaždice	5,00	5,00	0,01	24,50	0,25
Anhydrit	5,00	5,00	0,05	24,50	1,23
Separační fólie	5,00	5,00	0,00	24,50	0,00
Tepelně izolační desky	5,00	5,00	0,10	24,50	2,45
Konstrukční beton	5,62	5,62	0,15	31,58	4,74
Příčka*	5,00	0,10	-	-0,50	-

*Plocha příčky byla odečtena u všech vrstev kromě konstrukčního betonu.

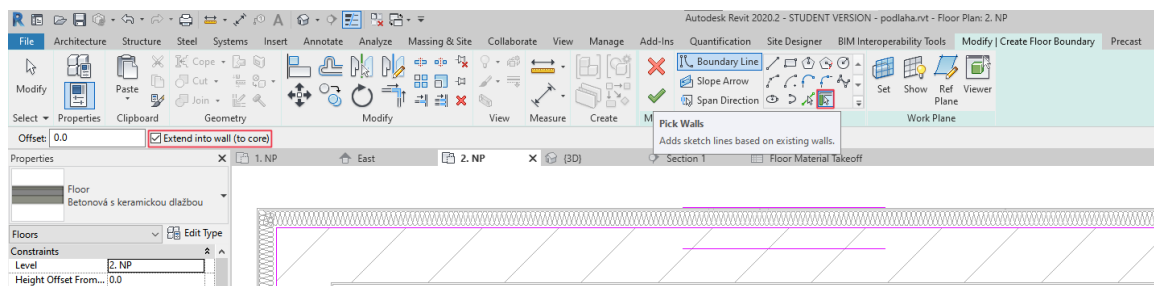
4.2.2 Způsob modelování

Modelování vodorovných konstrukcí se dá provádět více způsoby. Někdy záleží na dalším použití modelu a někdy na dané preferenci projektanta. V této kapitole jsou autorem vyzkoušeny dva způsoby modelování svislých konstrukcí a jejich dopad na vykazované hodnoty.

Konstrukce jako celek

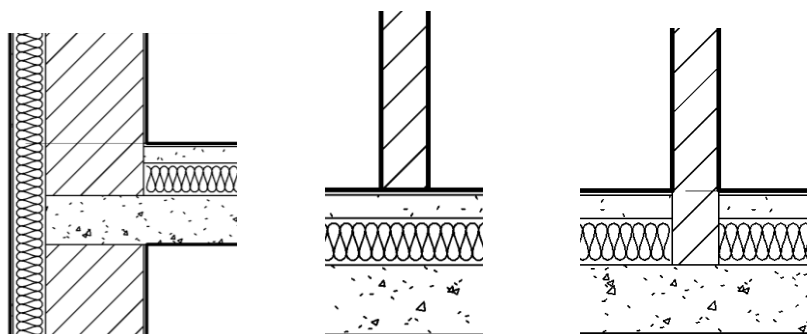
Jako první možnost byla zvolena konstrukce jako celek. V pohledových oknech je zvolen půdorys 2. NP. Na horní kartě „Architecture“ je zakliknuta možnost podlahy, tedy „Floor“. Je vybrána libovolná skladba podlahy z předdefinovaného seznamu. Tato podlaha je duplikována, přejmenována a lze začít editovat její skladbu. Postupně jsou vloženy všechny vrstvy tak, aby byly totožné se skladbou na horním obrázku 20. Je nutné zachovat nosnou vrstvu uprostřed označení „Core Boundary“ aby došlo k následnému propojení.

Při vkládání podlahy do 2. NP byla použita funkce pro vybrání stěn neboli „Pick Walls“ a u ní zapnuto „Extend into wall (to core)“, což způsobí že stěnou projde pouze nosná vrstva. Tento postup je znázorněn na spodním obrázku 21 pomocí červeného zvýraznění. Tímto nástrojem po kliknutí na stěnu je vybrána externí hrana nosné části stěny, což znázorňuje, kam až bude nosná část podlahy/stropu zasahovat.



Obrázek 21 - Způsob definování hranic pro umístění stropní desky

Pro snadnější kontrolu usazení stropní desky je dobré vytvořit řez. Jeho zobrazení představuje spodní obrázek 22. Napojení obvodové zdivo a stropní konstrukce proběhlo správně. U napojení příčky tomu tak není. Proto je zde nutné na horní kartě v záložce „Modify“ zvolit nástroj „Join Geometry“ a kliknout na příčku a část podlahy. Tímto nástrojem dojde k připojení příčky k nosné části stropní desky.



Obrázek 22 - Příklady napojení konstrukčních částí v softwaru Revit při použití jednotné konstrukce

Nyní lze přejít k vykazování materiálu. Pro výkaz je použit výkaz materiálu s kategorie „Floor“. Pro lepší znázornění chyby, kterou Revit při výkazu působí,

jsou vytvořeny dvě výkazové tabulky. Jedna obsahuje hodnoty bez přidané příčky a druhá ji naopak zahrnuje.

Tabulka 5 - Výkaz hodnot ze softwaru Revit pro vodorovnou konstrukci bez a s obsaženou příčkou

Bez příčky			S příčkou		
Materiál	Plocha mat.	Objem mat.	Materiál	Plocha mat.	Objem mat.
Tepelně izolační desky	31.58 m ²	3.16 m ³	Tepelně izolační desky	31.58 m ²	3.16 m ³
Keramické dlaždice	31.58 m ²	0.32 m ³	Keramické dlaždice	31.58 m ²	0.32 m ³
Separáční fólie	31.58 m ²	0.00 m ³	Separáční fólie	31.58 m ²	0.00 m ³
Anhydrit	31.58 m ²	1.58 m ³	Anhydrit	31.58 m ²	1.58 m ³
Konstrukční beton	31.58 m ²	4.74 m ³	Konstrukční beton	31.58 m ²	4.74 m ³

Jak je vidět v horních tabulkách 5. Hodnoty jsou naprosto totožné a to bez ohledu, zda jsou na stropní konstrukci obsaženy konstrukce další, v tomto případě zdivo tloušťky 100 mm. Revit tedy ve výpočtu neodečítá přidané konstrukce ani po manuálním spojení konstrukčních částí.

Další chyba se projevuje při porovnání výsledků s ručním výpočtem. Chybné hodnoty jsou způsobeny špatnými vstupními rozměry, které Revit uvažuje pro výpočet. Pro nosnou i nenosnou část podlahové desky software uvažuje stejné rozměry délky a šířky. V tomto konkrétním případě jde o obě hodnoty ve velikosti 5,62 m. Lze tedy říci, že hodnota konstrukčního betonu je správně, ale všechny ostatní jsou špatně.

Více konstrukcí

Dalším možným způsobem modelování stropní konstrukce s podlahou je použití několika konstrukcí. V tomto případě jde o dvě jednotlivé konstrukce. Rozdělení je stanoveno na základě funkčních částí obsažených vrstev. Celková skladba konstrukce byla zachována stejná pro porovnání vykazovaných hodnot.

První konstrukce obsahuje pouze prvky konstrukční, jde tedy jen o vrstvu konstrukčního betonu. Druhá konstrukce obsahuje zbylé vrstvy. Celkové rozdělení a skladba vrstev je znázorněna na obrázku 23.

Family:	Floor	Family:	Floor
Type:	Betonová s keramikou dlažbou-konstrukční část	Type:	Keramická dlažba- nášlapná vrstva
Total thickness:	150.0 (Default)	Total thickness:	160.0 (Default)
Resistance (R):	0.1434 (m²K)/W	Resistance (R):	3.1104 (m²K)/W
Thermal Mass:	21.06 kJ/K	Thermal Mass:	4.15 kJ/K

Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material
1 Core Boundary	Layers Above Wrap	0.0		
2 Structure [1]	Konstrukční beton	150.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3 Core Boundary	Layers Below Wrap	0.0		

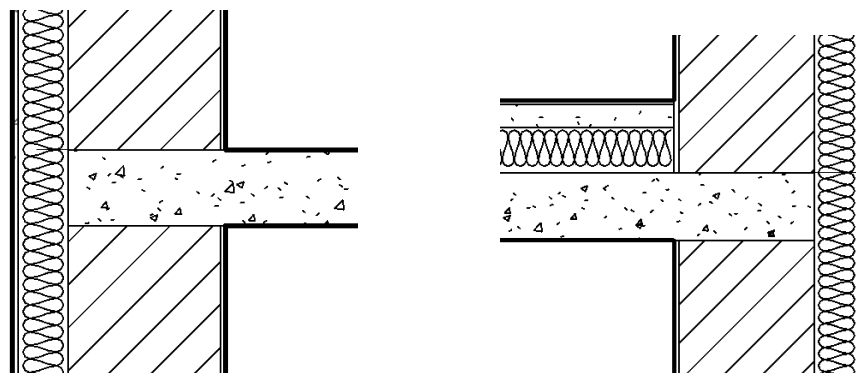
Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material
1 Finish 1 [4]	Keramické dlaždice	10.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Finish 1 [4]	Anhydrit	50.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Membrane Layer	SeparáčnÍ fólie	0.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Core Boundary	Layers Above Wrap	0.0		
5 Thermal/Air Layer [3]	Tepelné izolační de	100.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Core Boundary	Layers Below Wrap	0.0		

Obrázek 23 - Příkladné rozdělení vrstev do dvou konstrukcí

Postup vytváření skladeb je téměř totožný. Nejprve je rozkliknuta již hotová skladba. Následně je duplikována a pomocí editace vrstev jsou vymazány ty, které nejsou žádoucí. Pro první konstrukci nosných prvků je ponechána pouze vrstva konstrukčního betonu. Zbytek je vymazán. Tímto způsobem je vytvořena i další konstrukce, jen je odstraněna vrstva konstrukčního betonu.

Vkládána je nejprve vrstva nosná. Je použit nástroj přes výběr stěn, „Pick Walls“. Pro vkládání byly vybrány obvodové konstrukce. Při vkládání druhé konstrukce jsou vybrány obvodové hrany místností. Jde tedy o vnitřní strany obvodových stěn a příčky. Po vymodelování celou konstrukci odsadíme o výšku konstrukčního betonu, tedy 150 mm.

Nakonec je nutné přezkontrolovat, zda byly nosné vrstvy spojeny, a to jak pro obvodové stěny, tak příčku. Dále je nutné spojit obě pokládání konstrukce k sobě, aby došlo ke správnému vykreslení tloušťky čar.



Obrázek 24 - Příklady napojení konstrukčních částí při použití více konstrukcí při modelování

Pro vytvoření výkazu výměr byl použit stejný postup jako u předchozího příkladu. Jde tedy o výkaz materiálu pro kategorii podlaha. Tento výkaz je zobrazen tabulkou 6.

Tabulka 6 - Výkaz hodnot ze softwaru Revit pro vodorovnou konstrukci modelovanou dvěma částmi

Výkaz		
Materiál	Plocha mat.	Objem mat.
Konstrukční beton	31.58 m ²	4.74 m ³
Tepelně izolační desky	24.50 m ²	2.45 m ³
Keramické dlaždice	24.50 m ²	0.25 m ³
Separáční fólie	24.50 m ²	0.00 m ³
Anhydrit	24.50 m ²	1.23 m ³

Při porovnání s ručním výkazem, jsou hodnoty naprosto totožné. Rozměry pro výpočet konstrukčního betonu jsou uvažovány jako vnější hrany konstrukčních částí obvodových stěn, tedy 5,62 m. U nenosných vrstev je odečtena půdorysná plocha příčky a rozměry jsou uvažovány jako vnitřní hrany obvodových stěn. Tento postup lze považovat za přesný pro získání výkazových hodnot.

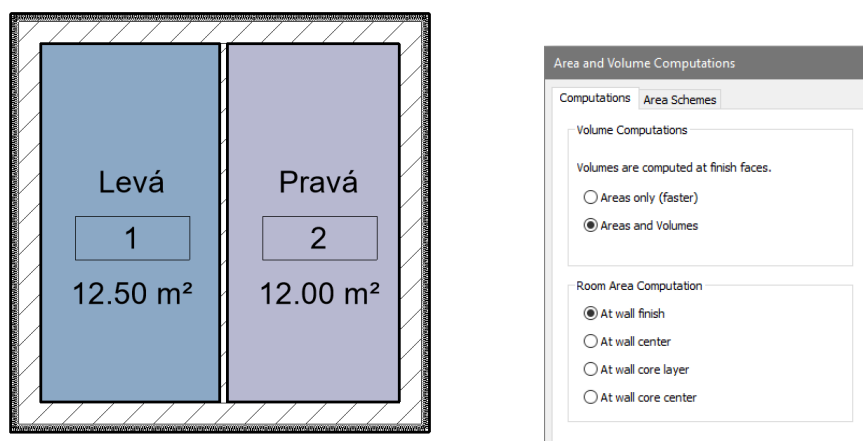
Další možnosti

Pokud by nebylo požadováno vykazování přesných hodnot jmenovitě a automaticky pro jednotlivé materiály, je zde možné použít další způsoby. Jedním z nich je přes legendu místností.

Skladba konstrukce je uvažována stále stejná. Podlahový prvek je namodelován jednou konstrukcí jako tomu bylo v prvním případě této kapitoly. Způsob je naprosto totožný včetně získání výkazu pro konstrukční prvky obsažené ve skladbě.

Pokud vycházíme z předchozího zjištění, software uvažuje jako vstupní hodnoty vnější hrany konstrukční části obvodového zdiva. Za správné hodnoty lze považovat pouze ty, které souvisí s konstrukční částí stropní/podlahové konstrukce. V tomto případě jde o vrstvu konstrukčního betonu. Tyto hodnoty jsou získány pomocí výkazu materiálu a vybráním kategorie podlaha.

Aby bylo možné vykázat hodnoty dalších vrstev, například nášlapné vrstvy, je nutné správně definovat plochy místností. Na kartě „Architecture“ je zvolena možnost „Room“ a jsou umístěny obě místnosti a jejich označení. Pro jistotu je dobré zkontrolovat, jaké rozměry se pro výpočet plochy uvažují. K tomu je zvolena funkce „Area and Volume Computations“. Zde je možné vybrat jaká část stěny určuje hranici místností. Pro tento příklad je nutné zvolit od konce stěny neboli „at wall finish“. Hodnoty plochy a objemu je možné zobrazit jak v samostatných místnostech, tak vytvořením výkazu místností.



Obrázek 25 - Příkladné definování hranic místností a nastavení parametrů pro výpočet

Výkaz místností se vytvoří přes kartu pohledy a na ní možnost „Schedule/Quantities“ a zvolit kategorii „Room“. Tímto způsobem tedy získáme přesné hodnoty ploch, které musí být dále manuálně přepsány k odpovídajícím vrstvám a materiálům například do tabulky Excel nebo příslušných rozpočtových softwarů. Hodnoty objemů jednotlivých vrstev musí být opět manuálně vypočteny po převodu ploch do tabulek.

Tento způsob je přesný, ale poněkud zdlouhavý a při přepisu většího objemu dat nelze vyloučit lidský faktor chyby. Lze tedy uvažovat o jakémsi dočasném zjednodušení práce sestavení výkazu výměr před samotnou implementací kompletního řešení.

Výsledky pro všechny tři možné způsoby řešení byly shrnuty do následující tabulky 7. Červené hodnoty představují nepřesný výsledek a zelené opak.

Tabulka 7 - Celkové porovnání jednotlivých výkazů představených metod

Porovnání	Revit			Ruční výpočet
	Konstrukce jako celek	Více konstrukcí	Podle ploch místností	
Vrstvy	Plocha [m2]	Plocha [m2]	Plocha [m2]	Plocha [m2]
Keramické dlaždice	31,58	24,50	24,50	24,50
Anhydrit	31,58	24,50	24,50	24,50
Separační fólie	31,58	24,50	24,50	24,50
Tepelně izolační desky	31,58	24,50	24,50	24,50
Konstrukční beton	31,58	31,58	31,58	31,58
Celková cena [Kč]	103 631	93 212		
Rozdíl cen [Kč]	10 419			
Rozdíl [%]	10,05			

Tabulka 7 také znázorňuje celkovou cenu skladby s oběma uvažovanými hodnotami. U takto malé konstrukce je rozdíl v ceně necelých 11 % což

je poměrně dost. Ocenění jednotlivých prvků skladby je přiloženo v příloze č.3 a č.4.

4.2.3 Zhodnocení

Celkem byly odzkoušeny dvě možnosti modelování stropních konstrukcí a jejich dopad na přesnost výkazu výměr. Ukázalo se, že nejlepším způsobem je rozdělení na dvě části, a to konstrukční a ostatní vrstvy. Tyto dvě konstrukce vložit samostatně, zkontrolovat jejich hranice a napojit na ostatní prvky. Pro výkaz použít funkci výkaz materiálu. U takto definovaných hodnot je možné se spolehnout na jejich přesnost.

Dále byl představen alternativní způsob získání hodnot přes plochy místností. Tento přístup byl však ohodnocen jako zdlouhavý a neefektivní při používání BIM modelu, především při větším objemu dat.

4.3 Ostění, nadpraží a parapet

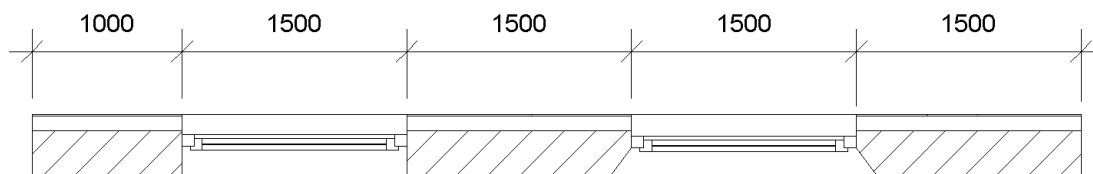
Plochy ostění a parapetu jsou označovány jako vnitřní plochy otvorů ve stěnách, jde tedy o dveřní či okenní ostění. Jejich stanovení může být poměrně zdlouhavá záležitost v závislosti na složitost objektu. U klasických rodinných domů s opakujícími se otvory je to otázka pár minut. Na druhou stranu, u rozsáhlejších objektů je velice snadné se ve výpočtu ztratit a udělat chybu. Tento čas výpočtů se dá však efektivně zkrátit a zároveň eliminovat lidských faktor chyby.

I přes to, že Revit neumí vykazovat plochy ostění a parapetů, lze tuto funkci nadefinovat pro jednotlivé prvky, pomocí vložení vzorců do rodiny prvku. V tomto příkladě je přiblížen jeden z postupů, jak přistupovat k vykazování těchto ploch u okenních otvorů. Avšak ke dveřím otvorům by byla jeho aplikace totožná.

4.3.1 Tvorba podkladů

První okenní otvor je definován jako 1500x1500 mm s výškou od podlahy 800 mm. Tento otvor obsahuje klasické rovné ostění s parapetem na vnější straně.

Druhý otvor je o trochu složitější. Jde o okenní otvor s rozměry 1500x1500 mm z venkovní strany zdiva a výškou 800 mm od podlahy. Z vnitřní strany zdiva, po stranách otvor obsahuje šikmé ostění. Proto jsou zde rozměry 1500x1800 mm. Parapet uvažujeme opět jen z vnější strany otvoru.



Obrázek 26 - Půdorys s okenními otvory

Oba otvory byly vloženy do stejné skladby zdiva, které bylo použito v předchozí kapitole. Jde tedy o zdivo s celkovou tloušťkou 420 mm z keramických cihel, tepelnou izolací a omítkou na obou stranách. Délka zdiva zde není příliš podstatná, ale bylo zvoleno 7 m s výškou 3 m. Oba okenní otvory byly vytvořeny autorem a vycházejí ze základních šablon rodin softwaru Revitu.

Pro ověření správnosti vykazovaných hodnot je nutné provést ruční výpočet ostění a parapetu pro obě varianty. Pro přehlednost byl umístěn výpočet do tabulky pro každý otvor zvlášť. V tabulce 8 jsou obsaženy hodnoty pro otvor s rovným ostěním. Hloubka ostění byla uvažována jako šířka zdiva, tedy 0,42 m.

Tabulka 8 - Ruční výpočet pro otvor s rovným ostěním

Rovné ostění, otvor 1500 x 1500 mm

Označení	Hodnoty	Výpočet	Vzorec
Výška Z [m]	1,50		
Šířka X [m]	1,50		
Hloubka h [m]	0,42		
Tl. omítky T _m [m]	0,01		
Plocha ostění S _o [m ²]	1,26	= 2*(1,50*0,42)	$S_o = 2 \cdot (Z \cdot h)$
Plocha nadpraží S _n [m ²]	0,63	= 1,50*0,42	$S_n = X \cdot h$
Plocha celkem S [m ²]	1,89	=1,26+0,63	$S = S_o + S_n$
Objem omítky V _m [m ³]	0,02	= 1,89*0,01	$V_m = T_m \cdot (S_o + S_n)$
Délka parapetu L _x [m]	1,50	= šířka X	$L_x = X$

Výpočet s šikmým ostěním je poněkud zdouhavější, proto byl rozdělen do dvou tabulek. Dělení bylo zvoleno podle směru umístění. Jak je z obrázku 26 patrné, z venkovní strany je ostění rovné a z vnitřní je po stranách šikmé. Hloubka ostění se zde neuvažovala jako celá šířka zdiva, ale pouze jeho polovina, tedy 0,21 m.

Tabulka 9 - Ruční výpočet pro otvor s šikmým ostěním

Šikmé ostění, vnější otvor 1500 x 1500 mm

Označení	Hodnoty	Výpočet	Vzorec
Výška Z [m]	1,50		
Šířka vně X [m]	1,50		
Hloubka b [m]	0,21		
Tl. omítky T _m [m]	0,01		
Plocha ostění S _{o1} [m ²]	0,63	= 2*(1,50*0,21)	$S_{o1} = 2 \cdot (Z \cdot b)$
Plocha nadpraží S _{n1} [m ²]	0,32	= 1,50*0,21	$S_{n1} = X \cdot b$
Plocha celkem S1 [m ²]	0,95	=0,63+0,32	$S1 = S_{o1} + S_{n1}$
Objem omítky V _{m1} [m ³]	0,01	= 0,95*0,01	$V_{m1} = T_m \cdot S1$
Délka parapetu L _x [m]	1,50	= šířka X	$L_x = X$

Šikmé ostění, vnější otvor 1500 x 1800 mm

Označení	Hodnoty	Výpočet	Vzorec
Výška Z [m]	1,50		
Šířka vnitřní Y [m]	1,80		
Hloubka b [m]	0,21		
Tl. omítky T _m [m]	0,01		
Hloubka šikmá c [m]	0,37	= sqrt((1,50-1,80) ² +0,21 ²)	$c = \sqrt{a^2 + b^2}$
Plocha ostění S _{o2} [m2]	1,10	= 2*(1,50*0,37)	$S_{o2} = 2 \cdot (Z \cdot c)$
Plocha nadpraží S _{n2} [m2]	0,35	= (1,50+1,80)*0,5*0,21	$S_{n2} = \frac{X + Y}{2} \cdot b$
Plocha celkem S2 [m2]	1,45	=1,10+0,35	$S2 = S_{o2} + S_{n2}$
Objem omítky V _{m2} [m3]	0,01	= 1,45*0,01	$V_{m2} = T_m \cdot S2$
Plocha ostění celkem S [m2]	2,39	= 0,95+1,45	$S = S1 + S2$
Objem omítek celkem V [m3]	0,02	= 0,01+0,01	$V = V_{m1} + V_{m2}$

4.3.2 Způsob implementace

K tomu, aby bylo docíleno automatického vykazování hodnot ostění je nutné definovat obecné vzorce. Tyto vzorce budou následně počítat hodnoty automaticky v závislosti na vstupních rozměrech. Tímto docílíme dynamickému vykazování hodnot z modelu.

Pro přehlednost byl výpočet rozdělen opět na rovné a šikmé ostění zvlášť. Postup implementace vzorců je probrán na následujících řádcích.

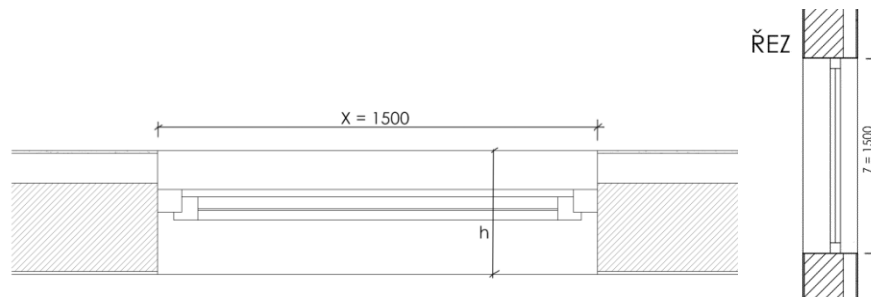
Rovné ostění

Výpočet pro tento typ otvoru je poměrně jednoduchý. Nejdřív je však nutné shrnout postup výpočtu a vzorce které byly použity.

Tabulka 10 - Postup výpočtu pro otvor s rovným ostěním

Rovné ostění, otvor 1500 x 1500 mm

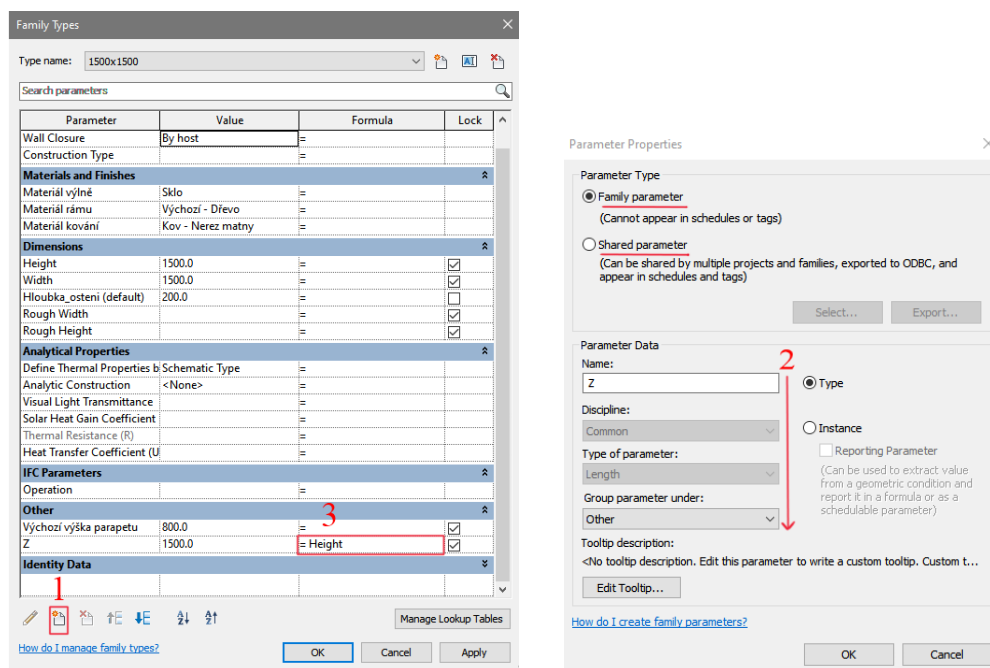
Název	Označení	Vzorec
Výška [m]	Z	
Šířka [m]	X	
Hloubka [m]	h	
Tl. omítky [m]	T _m	
Plocha ostění [m2]	S _o	$S_o = 2 \cdot (Z \cdot h)$
Plocha nadpraží [m2]	S _n	$S_n = X \cdot h$
Plocha celkem [m2]	S	$S = S_o + S_n$
Objem omítky [m3]	V _m	$V_m = T_m \cdot (s_o + S_n)$
Délka parapetu [m]	L _x	$L_x = X$



Obrázek 27 - Půdorys a řez otvoru s rovným ostěním

Pro začátek tvorby, je nutné otevřít editor rodiny prvku. Nejprve je kliknuto na okenní otvor, který byl umístěn do zdiva. Na horní liště je zvolena možnost „Edit Family“. Otevře se okno editoru pro rodinu vybraného prvku. V tomto prostředí na horní liště je vybrán „Family Types“ neboli typy rodiny. Vyskočí okno s vlastnostmi daného prvku. Toto okno obsahuje veškeré parametry, které charakterizují vlastnosti daného prvku rodiny.

Nyní je nutné nadefinovat nové parametry, se kterými se bude dále pracovat. Nejprve se klikne na nový parametr, tedy „New Parameter“, otevře se okno do kterého vypíšeme požadované hodnoty, jako je znázorněno na obrázku 28. Jako příklad je uveden parametr výšky Z. Zprvu je určeno jméno parametru, zde bylo použito označení na základě tabulky 10, tedy Z. Následně je volen typ parametru, který určuje jednotky. Jelikož jde o výšku, je potřeba zachovat metry, proto byla zvolena délka, neboli „Length“. Jako finální nastavíme do jaké skupiny parametrů v seznamu chceme, aby se nový parametr zařídil. V tomto případě byly všechny parametry zařazeny do „Others“. Po potvrzení máme vytvořený nový parametr a okno se zavře.



Obrázek 28 - Postup definování výpočetních parametrů

Jako další je nutné definovat vzorec pro vybraný parametr. Na okně „Family Types“ je několik sloupců. První značí jméno parametru, druhý jeho hodnoty. Ve třetím sloupci „Formula“ lze definovat vzorce, ze kterých jsou hodnoty získávány. V tomto případě, u parametru výšky Z jde pouze o získání hodnoty výšky otvoru, který je vyznačen parametrem „Height“. Toto označení je tedy nutné napsat do sloupce pro vzorec. Celý postup je znázorněn na obrázku 28. Číselná označení znázorňují posloupnost kroků. Tímto způsobem jsou postupně přidány všechny parametry, které jsou potřebné pro výpočet.

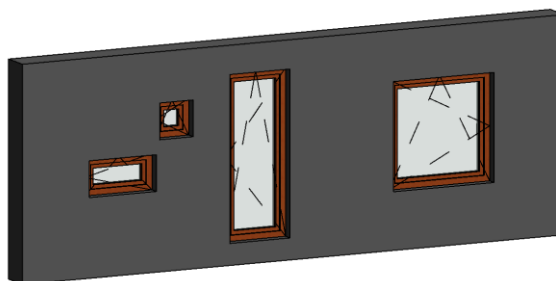
Other			
Výchozí výška parapetu	800.0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
Z	1500.0	= Height	<input checked="" type="checkbox"/>
X	1500.0	= Width	<input checked="" type="checkbox"/>
h	420.0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
Tm	10.0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
So	1.260	= 2 * (Z * h)	
Sn	0.630	= X * h	
S_plocha_osteni	1.890	= So + Sn	
Vm_objem_omitky	0.019	= Tm * S_plocha_osteni	
Lx_delka_parapetu	1500.0	= Width	<input checked="" type="checkbox"/>

Obrázek 29 - Nedefinované parametry potřebné pro výpočet u otvoru s rovným ostěním

Pokud chceme, aby některý z parametrů bylo možné propisat do výkazů výměr, je nutné je sdílet. V tomto příkladě bylo zvoleno, že sdíleným parametrem budou S – celková plocha ostění, Vm – objem omítky a Lx – délka parapetu. Aby toho bylo docíleno, je nutné při vytváření parametru odkliknout „Shared Parameter“.

Ještě před uložením změn je dobré hodnoty zkontrolovat. V tomto případě výsledky jsou totožné s manuálním výpočtem, tudíž je vše v pořádku. Na závěr změny uložíme a editor rodiny zavřeme. Veškeré přidané parametry jsou nyní obsaženy v rodině prvku, tudíž pokud je rodina okna duplikována a pozměněny její rozměry, hodnoty se automaticky přepočítají.

Pro vykazování je nutné použít výkaz množství, neboli „Schedule/Quantities“, který je na kartě pohledy. Zde je nutné zvolit kategorii oken a v seznamu vybrat požadované atributy.



Obrázek 30 - Otvory s rovným ostěním pro ověření funkčnosti vzorců

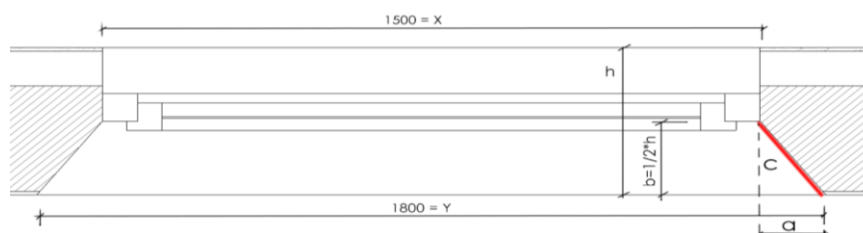
Pro ověření funkčnosti byly vytvořeny čtyři okenní otvory s rozdílnými rozměry a k nim výkazová tabulka. Rozměry okenních otvorů a příslušné hodnoty jsou znázorněny v tabulce 11. Pro ověření správnosti vykazovaných hodnot byl sestaven ruční výpočet, který je uveden v příloze č.5.

Tabulka 11 - Výkaz hodnot softwaru Revit pro ověření funkčnosti vzorců

Rovné ostění					
Název	Z výška	X šířka	S plocha ostění	Vm objem omítky	Lx délka parapetu
Jednokridle_rovne_ostění: 1500x1500	1500	1500	1.89 m ²	0.019 m ³	1500
Jednokridle_rovne_ostění: 2300x900	2300	900	2.31 m ²	0.023 m ³	900
Jednokridle_rovne_ostění: 500x1000	500	1000	0.84 m ²	0.008 m ³	1000
Jednokridle_rovne_ostění: 500x500	500	500	0.63 m ²	0.006 m ³	500

Šikmé ostění

Jak již název napovídá, výpočet zde bude o trochu zdlouhavější. Postup je však totožný jako u rovného ostění.



Obrázek 31 - Půdorys a řez otvoru s šikmým ostěním

Nejprve by bylo dobré představit základní vzorce, které byly použity při implementaci řešení. V tomto případě se výpočet řídí stejným postupem jako tomu bylo u ručního výpočtu. Otvor je rozdělen na vnější a vnitřní část s totožnou hloubkou ostění. Pro vnější část otvoru bylo uvažováno rovné ostění s parapetem a hloubkou b .

Vnitřní část otvoru obsahuje šikmé ostění. Proto je zde nutné nejprve určit hodnotu c jako šikmou hloubku ostění. Tato hodnota je vypočtena podle Pythagorovy věty pro pravoúhlý trojúhelník. Dále je plocha ostění vypočtena jako plocha obdélníku. Plocha nadpraží se rovná ploše rovnoramenného lichoběžníku. Pro stanovení celkové hodnoty ostění a objemu omítek je nutné výsledky z obou částí sečíst dohromady.

Tabulka 12 - Postup výpočtu pro otvor s šikmým ostěním

Šikmé ostění, vnější otvor 1500 x 1500 mm

Název	Označení	Vzorec
Výška [m]	Z	
Šířka vně [m]	X	
Hloubka [m]	b	
Tl. omítky [m]	T_m	
Plocha ostění [m2]	S_{o1}	$S_{o1} = 2 \cdot (Z \cdot b)$
Plocha nadpraží [m2]	S_{n1}	$S_{n1} = X \cdot b$
Plocha celkem [m2]	S1	$S1 = S_{o1} + S_{n1}$
Objem omítky [m3]	V_{m1}	$V_{m1} = T_m \cdot S1$
Délka parapetu [m]	L_x	$L_x = X$

Šikmé ostění, vnitřní otvor 1500 x 1800 mm

Název	Označení	Vzorec
Výška [m]	Z	
Šířka vnitřní [m]	Y	
Hloubka [m]	b	
Tl. omítky [m]	T_m	
Hloubka šikmá [m]	c	$c = \sqrt{a^2 + b^2}$
Plocha ostění [m2]	S_{o2}	$S_{o2} = 2 \cdot (Z \cdot c)$
Plocha nadpraží [m2]	S_{n2}	$S_{n2} = \frac{X + Y}{2} \cdot b$
Plocha celkem [m2]	S2	$S2 = S_{o2} + S_{n2}$
Objem omítky [m3]	V_{m2}	$V_{m2} = T_m \cdot S2$
Plocha celkem [m2]	S	$S = S1 + S2$
Objem om. celkem [m3]	V	$V = V_{m1} + V_{m2}$

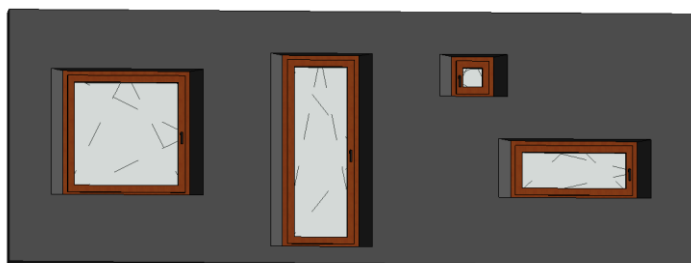
Pro stanovení celkové hodnoty ostění a obejmu omítek je nutné výsledky z obou částí sečíst dohromady.

Forma implementace vzorců je totožná jako u předchozího příkladu. V editoru rodiny prvku byly postupně přidány veškeré obsažené parametry a k nim vypsány vzorce. Výsledek je představen na následujícím obrázku 32.

Other			
Výchozí výška parapetu	800.0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
Z	1500.0	= Height	<input checked="" type="checkbox"/>
X	1500.0	= Width	<input checked="" type="checkbox"/>
Y	1800.0	= Width_iteeriej	<input checked="" type="checkbox"/>
b	210.0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
Tm	10.0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
So1	0.630	= 2 * (Z * b)	
Sn1	0.315	= X * b	
S1_plocha_osteni_EX	0.945	= So1 + Sn1	
Vm1	0.009	= Tm * S1_plocha_osteni_EX	
Lx_delka_parapetu	1500.0	= Width	<input checked="" type="checkbox"/>
c	366.2	= sqrt((X - Y) ^ 2 + (b) ^ 2)	<input checked="" type="checkbox"/>
So2	1.099	= 2 * (Z * c)	
Sn2	0.347	= (X + Y) * b * 0.5	
S2_plocha_osteni_IN	1.445	= So2 + Sn2	
Vm2	0.014	= Tm * S2_plocha_osteni_IN	
S_plocha_osteni	2.390	= S1_plocha_osteni_EX + S2_	
Vm_objem_omitky	0.024	= Vm1 + Vm2	

Obrázek 32 - Nadefinované parametry pro výpočet šikmého ostění

Pokud výsledky porovnáme s ručně vypočtenými hodnotami, zjistíme že jsou stejné. Změny byly tedy uloženy a okenní prvek je připraven pro použití.



Obrázek 33- Otvory s šikmým ostěním pro ověření funkčnosti vzorců

Funkčnost prvku byla otestována na čtyřech rozdílně velkých okenních otvorech s šikmým ostěním. Vnitřní rozměr otvoru se uvažuje vždy o 300 mm širší jak rozměr vnější. Výsledky jsou shrnuty v následující tabulce 13. Pro ověření správnosti vykazovaných hodnot byl sestaven ruční výpočet, který je uveden v příloze č.6.

Tabulka 13 - Výkaz hodnot softwaru Revit pro ověření funkčnosti vzorců

Šikmé ostění							
Název	Z výška	X šířka	S1 vnější	S2 vnitřní	S plocha ostění	Vm objem omítky	Lx délka parapetu
Jednokridle_sikme_oste ni: 2300x900	2300	900	1.16 m ²	1.91 m ²	3.06 m ²	0.031 m ³	900
Jednokridle_sikme_oste ni: 500x500	500	500	0.32 m ²	0.50 m ²	0.82 m ²	0.008 m ³	500
Jednokridle_sikme_oste ni: 700x1500	700	1500	0.61 m ²	0.86 m ²	1.47 m ²	0.015 m ³	1500
Jednokridle_sikme_oste ni: 1500x1500	1500	1500	0.95 m ²	1.45 m ²	2.39 m ²	0.024 m ³	1500

4.3.3 Zhodnocení

I přes to, že Revit neobsahuje předdefinovanou funkci pro získání hodnot ploch ostění, délky parapetů, či plochy nadpraží, lze tyto funkce nadefinovat.

Autorem byl představen a odzkoušen způsob implementace vzorců do rodin prvků. Celý příklad byl odzkoušen na rovném a šikmém ostění okenních otvorů.

Prvotní implementace se může zdát poměrně zdlouhavá, ale se složitostí a rozmanitostí otvorů se jeví tato funkce užitečnější. Veškeré hodnoty jsou následně vykazovány automaticky podle vstupních parametrů jednotlivých objektů. Na základě představeného postupu lze definovat vzorce podle požadovaných tvarů při dosažení stejného využití.

5 Závěr

V úvodní části této práce byla rozebrána problematika informačního modelování budov. Postupně byly vysvětleny samotné myšlenky tohoto směru, hlavní pojmy a definice společně s výhodami a nevýhodami. Byly zmíněny jednotlivé aspekty BIM, jako jsou dimenze či formy výměny informací mezi zapojenými účastníky. Další kapitoly teoretické části práce pojednávaly o problematice oceňování staveb. Byl popsán současný postup stanovení ceny díla a sestavení rozpočtu jak způsobem tradičním, tak pomocí BIM. Dále byl popsán výkaz výměr a představena metoda manuální i automatická z informačního modelu.

V praktické části bylo autorem otestováno, jak získat přesné hodnoty za pomoci správného modelování konstrukcí. Nejprve byly představeny 3 možnosti pro konstrukce svislé, konkrétně stěnu složenou z několika vrstev. Zde se jako nejlepší způsob projevilo modelování konstrukcí po jednotlivých vrstvách, tedy rozdělení na části nosné a nenosné. I když je způsob pracnější, model funguje správně a je vhodnější pro další práci. Modelování stěn pomocí jednotných sendvičových konstrukcí je nepřijatelné pro získání přesných hodnot, protože většinou dochází ke zkreslení rozměrů. Jako třetí bylo odzkoušeno modelování stěn jako celku a následné rozložení na jednotlivé části. U této metody je nutné dát si pozor, pokud je rozloženo více druhů konstrukcí, aby nedošlo k nepřehlednosti položek ve výkaze.

Následně autor zkoušel možnosti modelování vodorovných konstrukcí, v tomto případě stropní desky s podlahou. Zde se jako nejlepší způsob projevilo modelovat desku dvěma částmi a to deskou nosnou a deskou nenosnou. Pokud by byla použita jednotná vrstvená deska, na vykazované hodnoty se nelze spolehnout. Konstrukce vodorovné i svislé byly následně oceněny pro varianty přesných hodnot a hodnot vykazovaných softwarem. I když rozdíly nevyšly příliš velké, je důležité vzít v úvahu, že se složitostí konstrukce se rozdíly budou jen prohlubovat.

Jako poslední byl autorem představen způsob získání ploch pro okenní otvory, pomocí implementace vzorců do rodiny prvku. Vše bylo odzkoušeno pro otvory s rovným a šikmým ostěním. Tento způsob by mohl být zvolen například u rekonstrukcí objektů s velkou rozlišností ostění jako je tomu zvykem u starších budov. Na závěr je dobré mít na paměti, že autor modelu by měl mít vždy svůj jednotný způsob tvorby, který bude dodržovat po celou dobu. Za takovýchto podmínek je možné se na dané hodnoty spolehnout a případně se rozhodnout pro zavedení opravných koeficientů pro některé vykazované položky.

Celá práce seznamuje čtenáře s obecnou problematikou BIM a postupně přechází ke konkrétnějším příkladům jako je oceňování staveb. Vzhledem k rozsahu práce a neustálému vývoji informačního modelování lze tuto práci

považovat za jakýsi úvod do problematiky. Podrobnější prozkoumání propojení BIM a oceňování staveb by mohlo posloužit jako další téma pro závěrečnou práci ještě mnoha studentům a stále by bylo o čem psát. To vše jen značí, že BIM je zatím v počátku a na jeho plné využití si ještě chvíli budeme muset počkat. S tím také souvisí hledání odpovědi na otázku přesnosti a použití automaticky generovaných výkazů. Pokud nebudou stanoveny standardy a přesné postupy, které se budou dodržovat napříč praxí, tak plné implementace BIM nebude nikdy dosaženo.

6 Seznam použitých zdrojů

- [1] NBS. What is Building Information Modelling (BIM)? *theNBS*. [Online] NBS enterprises, 03. Srpen 2016. [Citace: 22. Unor 2021.] <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-building-information-modelling-bim>.
- [2] Hugo Martin, Sylvain Chevallier, Eric Monacelli. Adaptive visualization system for construction building information using saliency. *hal.archives-ouvertes.fr*. [Online] 4. Srpen 2016. [Citace: 20. Březen 2021.] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01351881>. hal-01351881.
- [3] Domanský, Vojtěch. *Analýza možností propojení stavebně-ekonomických software*. Brno : Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky, 2018.
- [4] Sonami, Neha. BIM Power. *bimcommunity.com*. [Online] Zigurat Global Institute of Technology, 16. Květen 2019. [Citace: 22. Březen 2021.] <https://www.bimcommunity.com/news/load/1056/bim-power>.
- [5] MPO, Ministerstvo průmyslu a obchodu. Koncepce zavádění metody BIM v ČR schválena vládou. *mpo.cz*. [Online] 26. Září 2017. [Citace: 19. Březen 2021.] <https://www.mpo.cz/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/koncepce-zavadeni-metody-bim-v-cr-schvalena-vladou--232136/>.
- [6] Matějka, P., Hromada, E., Anisimova, N., Dobiáš, J., Kovář, P., Kozáková, I. *Základy implementace BIM na českém stavebním trhu*. Praha : ČVUT v Praze, 2010. ISBN: 978-80-86590-10-3.
- [7] Vaněk, Petr. Seriál BIM: Projektování, výstavba, správa . *earch.cz*. [Online] 27. Březen 2019. [Citace: 14. Březen 2021.] <https://www.earch.cz/cs/stavitelstvi/serial-bim-projektovani-vystavba-sprava-3-dil>.
- [8] Analytics, Dodge Data. The Business Value of BIM for Infrastructure 2017. *construction.com*. [Online] Dodge Data Analytics, 1. Leden 2017. [Citace: 23. Unor 2021.] <https://www.construction.com/toolkit/reports/the-business-value-of-BIM-for-infrastructure-2017>.
- [9] EU BIM Task Group . Handbook. *eubim.eu*. [Online] EU BIM Task Group, 6. Červenec 2017. [Citace: 26. Únor 2021.] <http://www.eubim.eu/handbook-selection/>.
- [10] Martin, Černý. *BIM příručka*. Praha : Odborná rada pro BIM, 2013. ISBN 978-80-260-5296-á.
- [11] Jaroslava Tománková, Dana Čápková. *Management staveb*. Praha : ČVUT, 2013. ISBN 978-80-86590-12-7.

- [12] McPartland, Richard. BIM Levels explained. *thenbs*. [Online] NBS, 1. 11 2014. [Citace: 17. 3 2021.] <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>.
- [13] Tunka, Lukáš. LOD - Level of Development. *bimfo*. [Online] 14. Duben 2016. [Citace: 17. Březen 2021.] <https://www.bimfo.cz/Aktuality/LOD-Level-Of-Development.aspx>.
- [14] Špalek, Michal. IFC – Industry Foundation Classes. *tzb-info*. [Online] 9. Únor 2020. [Citace: 19. 3 2021.] <https://www.tzb-info.cz/bim-informacni-model-budovy/20192-ifc-industry-foundation-classes>.
- [15] TICHÁ, A., MARKOVÁ, L., PUCHÝŘ, B. *Ceny ve stavebnictví I: Rozpočtování a kalkulace*. Brno : ÚRS Brno,, 1999. ISBN 80-200-0791-1.
- [16] František Kuda, Eva Beránková a kol. *Facility management v technické správě a údržbě budov*. Praha : Professional Publishing, 2012. ISBN 978-80-7431-114-7.

7 Seznam použitých zkratk

BIM	Building Information Modeling
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CAD	Computer-aided Design
CDE	Common Data Environment
ČR	Česká republika
DUR	Dokumentace pro územní rozhodnutí
DSP	Dokumentace pro stavební povolení
DSPS	Dokumentace skutečného provedení stavby
GIS	Geografický informační systém
HSV	Hlavní stavební výroba
IFC	Industry Foundation Classes
LEEN	Leadership in Energy and Environmental Design
LOD	Level of Detail/Development
PSV	Přidružená stavební výroba
SW	Software
TSKP	Třídník stavebních konstrukcí a prací
TZB	Technická zařízení budov

8 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Definice BIM (2)

Obrázek 2 - Potenciál technologie BIM (4)

Obrázek 3 - Fáze životního cyklu stavby (5)

Obrázek 4 – Náklady v průběhu životního cyklu budov a délka trvání etap (7)

Obrázek 5 – Vliv plánování na cenu v jednotlivých fázích projektu (9)

Obrázek 6 - Implementace BIM v zemích Evropské unie (9)

Obrázek 7 - Přínosy a komplikace z hlediska investora

Obrázek 8 - Energetická optimalizace BIM modelu (10)

Obrázek 9 - Přínosy a komplikace z hlediska autorů projektu

Obrázek 10 - Přínosy a komplikace z hlediska dodavatele

Obrázek 11 - Přínosy a komplikace z hlediska rozpočtáře a facility manažera

Obrázek 12 - Úrovně implementace BIM (12)

Obrázek 13 - Dimenze informačního modelování staveb (4)

Obrázek 14 - Podrobnost modelu na základě jednotlivých označení LOD (13)

Obrázek 15 - Obsažená data BIM projektu (5)

Obrázek 16 - Axonometrie a půdorys zkoušené skladby zdiva

Obrázek 17 - Skladba zkoušené konstrukce zdiva

Obrázek 18 – Chování stěn modelovaných jednou konstrukcí

Obrázek 19 - Chování stěn po rozložení konstrukce

Obrázek 20 - Zadání zkoušeného příkladu pro vodorovné konstrukce

Obrázek 21 - Způsob nadefinování hranic pro umístění stropní desky

Obrázek 22 - Příklady napojení konstrukčních částí v softwaru Revit při použití jednotné konstrukce

Obrázek 23 - Příkladné rozdělení vrstev do dvou konstrukcí

Obrázek 24 - Příklady napojení konstrukčních částí při použití více konstrukcí při modelování

Obrázek 25 - Příkladné definování hranic místností a nastavení parametrů pro výpočet

Obrázek 26 - Půdorys s okenními otvory

Obrázek 27 - Půdorys a řez otvoru s rovným ostěním

Obrázek 28 - Postup definování výpočetních parametrů

Obrázek 29 - Nadefinované parametry potřebné pro výpočet u otvoru s rovným ostěním

Obrázek 30 - Otvory s rovným ostěním pro ověření funkčnosti vzorců

Obrázek 31 - Půdorys a řez otvoru s šikmým ostěním

Obrázek 32 - Nadefinované parametry pro výpočet šikmého ostění

Obrázek 33- Otvory s šikmým ostěním pro ověření funkčnosti vzorců

9 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Ruční výpočet skutečných rozměrů zkoušené skladby zdiva

Tabulka 2 – Porovnání vykazovaných hodnot a hodnot skutečných pro konstrukci modelovanou jako celek

Tabulka 3 - Porovnání vykazovaných hodnot a hodnot skutečných pro rozloženou konstrukci

Tabulka 4 - Ruční výpočet skutečných rozměrů skladby stropní konstrukce s podlahou

Tabulka 5 - Výkaz hodnot z softwaru Revit pro vodorovnou konstrukci bez a s obsaženou příčkou

Tabulka 6 - Výkaz hodnot z softwaru Revit pro vodorovnou konstrukci modelovanou dvěma částmi

Tabulka 7 - Celkové porovnání jednotlivých výkazů představených metod

Tabulka 8 - Ruční výpočet pro otvor s rovným ostěním

Tabulka 9 - Ruční výpočet pro otvor s šikmým ostěním

Tabulka 10 - Postup výpočtu pro otvor s rovným ostěním

Tabulka 11 - Výkaz hodnot softwaru Revit pro ověření funkčnosti vzorců

Tabulka 12 - Postup výpočtu pro otvor s šikmým ostěním

Tabulka 13 - Výkaz hodnot softwaru Revit pro ověření funkčnosti vzorců

10 Seznam příloh

Příloha č. 1 - Ocenění skladby pro konstrukce svislé – hodnoty ruční výpočet

Příloha č. 2 - Ocenění skladby pro konstrukce svislé – hodnoty Revit

Příloha č. 3 - Ocenění skladby pro vodorovné konstrukce – hodnoty ruční výpočet

Příloha č. 4 - Ocenění skladby pro vodorovné konstrukce – hodnoty Revit

Příloha č. 5 - Ruční výpočet hodnot pro otvory s rovným ostěním

Příloha č. 6 - Ruční výpočet hodnot pro otvory s šikmým ostěním