

UNIVERZITA PARDUBICE

DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2020

Lukáš Kolář

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

BIM a algoritmické projektování při přípravě projektové dokumentace
dopravních staveb
Bakalářská práce

ZADÁNÍ:

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Lukáš Kolář**
Osobní číslo: **D16701**
Studijní program: **B3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní stavitelství**
Téma práce: **BIM a algoritmické projektování při přípravě projektové dokumentace dopravních staveb**
Zadávací katedra: **Katedra dopravního stavitelství**

Zásady pro vypracování

1. Stanovení cílů a metod práce.
2. Úvod a současný stav v oblasti BIM
3. Specifikace při požadavku BIM
4. Projektová dokumentace a BIM
5. Příklady využití v oblasti dopravního stavitelství
6. Algoritmizace projektování
7. Rizika implementace BIM
8. Vize a budoucnost BIM
9. Závěr

Rozsah pracovní zprávy:

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- BIM Příručka pro investory, kolektiv autorů CzBIM, 2018
- BIM Příručka, Martin Černý a kolektiv, 2013
- BIM NORMY & PŘÍRUČKY, Centrum pro podporu počítačové grafiky
- Martínek, P. Vliv rozšíření modelovacích nástrojů BIM o programovací prostředí na efektivitu práce projektanta, Bakalářská práce, ČVUT Fakulta stavební Praha, 2018
- Designskript Guide a Designskript documentation, [Online] dynamobim.org
- Konference zabývající se tematikou BIM konané v roce 2019
- Dostupné aktuální odborné články, www.bimfo.cz, www.cadstudio.cz, www.revit3dblog.cz, www.czBIM.org
- BIM pro veřejné zadavatele, Zdeněk Dufek, Pavel Koukal, Rudolf Vyháněk, Josef Remeš, Marek Jedlička, Rostislav Drochytka, Jiří Bydžovský, Petr Fiala, 2018, ISBN 978-80-7502-285-1
- BIM Dictionary. [Online] 2018

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Aleš Šmejda, Ph.D.

Katedra dopravního stavitelství

Datum zadání bakalářské práce: **26. října 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2020**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

Ing. Aleš Šmejda, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. října 2019

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 27. 07. 2020

Lukáš Kolář

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu Ing. Aleši Šmejdovi, který je vedoucí této práce, za jeho podporu při volbě tématu a pomoc při jejím vypracování.

ANOTACE

Předmětem této bakalářské práce je ukázka nových možností a nástrojů, jimiž jsou metodika BIM a algoritmické projektování. Přináší také zhodnocení jejich přínosů a vlivů při vypracovávání projektové dokumentace. Součástí práce je shrnutí současného stavu a vývoje projektování. Dále jsou vypracovány názorné ukázky a predikce budoucího vývoje.

KLÍČOVÁ SLOVA

BIM, Metodika BIM, LOD, DSS, 3D, 2D, Algoritmické projektování, Vizuelní programování, skript, BIM specialista, BIM koordinátor, BEP, CDU, EIR

TITLE

BIM and algorithmic design in the preparation of project documentation for traffic infrastructures

ANNOTATION

This bachelor thesis is focused on demonstrating new possibilities and tools, which are BIM and algorithmic designing as well as evaluating their benefits and effects when processing some design documents.

The summary of current state and development of designing is embodied in this thesis too and further some illustrative examples and predictions of future development are processed there too.

KEYWORDS

BIM, BIM methodology, LOD, DSS, 3D, 2D, algorithmic designing, visual designing, script, BIM specialist, BIM coordinator, BEP, CDU, EIR

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK.....	9
TERMINOLOGIE	11
CÍLE A NÁPLŇ PRÁCE	12
ÚVOD.....	13
HISTORIE, VÝVOJ A SOUČASNÝ STAV	16
1. APLIKACE BIM	20
1.1 DEFINICE.....	20
1.2 DATOVÝ STANDARD STAVEB.....	26
1.3 VÝVOJ V LEGISLATIVĚ	29
1.4 VLIV BIM NA PROJEKTOVÁNÍ	33
1.5 SOFTWAREVÁ VÝBAVA A POŽADAVKY	37
1.6 SPOLEČNÉ DATOVÉ PROSTŘEDÍ.....	41
1.7 IMPLEMENTACE BIM A PRACOVNÍCH POSTUPŮ.....	42
1.8 PŘÍPRAVA PROJEKČNÍCH DATABÁZÍ.....	43
1.9 VÝSTUP V ÚROVNI BIM.....	44
1.10 PRAKTICKÁ UKÁZKA, POROVNÁNÍ	46
2. ALGORITMICKÉ PROJEKTOVÁNÍ.....	53
2.1 DEFINICE.....	53
2.2 ROZSAH A ZPŮSOB POUŽÍVÁNÍ	53
2.3 POŽADAVKY NA UŽIVATELE	56
2.4 PŘÍNOS PRO PROJEKCI.....	57
2.5 PRAKTICKÁ UKÁZKA	58
3 VLIV NOVÝCH MOŽNOSTÍ PRO PROJEKTOVÁNÍ STAVEB.....	65
3.1 POZITIVNÍ VLIVY	65
3.2 NEGATIVNÍ VLIVY.....	65
4 BUDOUCÍ VÝVOJ	66
ZÁVĚR	67
POUŽITÁ LITERATURA	69
INTERNETOVÉ ZDROJE.....	70

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

- Obrázek 1: Kreslení v ruce (str. 16)
- Obrázek 2: 2D výkres v AutoCADu (str. 17)
- Obrázek 3: 3D řez mostním tělesem (str. 18)
- Obrázek 4: BIM proces (str. 19)
- Obrázek 5: Porovnání časových nároků metodik (str. 19)
- Obrázek 6: Stupně BIM (str. 22)
- Obrázek 7: Životní cyklus stavby (str. 23)
- Obrázek 8: Definice LOD (str. 24)
- Obrázek 9: BIM ve světě (str. 25)
- Obrázek 10: Fáze SNIM (str. 26)
- Obrázek 11: Definice parametrů prvku na základě skupiny vlastností (str. 28)
- Obrázek 12: Koncept právních úprav (str. 30)
- Obrázek 13: Zastoupení užívání BIM softwarů dle jejich výrobců (str. 39)
- Obrázek 14: Způsob předávání dat, běžná komunikace vs. CDE (str. 41)
- Obrázek 15: Souborová struktura Revit (str. 44)
- Obrázek 16: Formát IFC (str. 45)
- Obrázek 17: 2D výkres (str. 46)
- Obrázek 18: Nosná konstrukce řešeného mostu (str. 47)
- Obrázek 19: Parametry mostovky (str. 47)
- Obrázek 20: Výřez výkazu dveří prováděný v Excelu (str. 50)
- Obrázek 21: Výřez výkazu dveří generovaný z Revitu (str. 51)
- Obrázek 22: Úprava zobrazení za účelem kontroly v Revitu (str. 52)
- Obrázek 23: Ukázka Dynamo skripta (str. 53)
- Obrázek 24: Ukázky uzlů (str. 54)
- Obrázek 25: Podoba uzlu (str. 54)
- Obrázek 26: Zápis příkazu v CodeBlocku (str. 55)
- Obrázek 27: Prostředí Revitu (str. 56)
- Obrázek 28: Výřez z Autocadu – množina textů reprezentující body zaměření (str. 58)

- Obrázek 29: Výřez z Revitu – texty bodů (str. 59)
- Obrázek 30: Ukázka celého skriptu (str. 60)
- Obrázek 31: Bližší ukázka 1. části skriptu (str. 60)
- Obrázek 32: Bližší ukázka 2. části skriptu (str. 60)
- Obrázek 33: Výřez ze skriptu 1 (str. 61)
- Obrázek 34: Výřez ze skriptu 2 (str. 61)
- Obrázek 35: Výřez ze skriptu 3 (str. 62)
- Obrázek 36: Výřez ze skriptu 4 (str. 62)
- Obrázek 37: Výřez ze skriptu 5 (str. 63)
- Obrázek 38: Přehrávač skript (str. 63)
- Obrázek 39: Vytvořený model terénu (str. 64)

Tabulka 1: Stupně BIM (str. 22)

TERMINOLOGIE

BIM	=	informační model stavby
Metodika	=	ucelený soubor postupů a pravidel pro vykonávání činnosti
BIM koordinátor	=	pracovní pozice
Specialista BIM	=	pracovní pozice
Hladiny	=	pracovní nástroj v programu AutoCAD
xREF	=	funkce podložení výkresu v programu AutoCAD
Komponenta	=	prvek modelu
Rodina	=	soubor obsahující komponentu
Parametr	=	informace k danému prvku
Negrafičké informace	=	informace v prvku, které neplynou z geometrického modelu
Datový typ	=	určení, zda se jedná o číslo, textový řetězec či pravdu/nepravdu
Digitální dvojče	=	model stavby zpracovaný metodikou BIM
e-government	=	správa věcí veřejných za využití moderních technologií

BEP	=	realizační plán BIM
EIR	=	informační požadavky objednatele
DSS	=	datový standard stavby
LOD	=	úroveň detailu prvku
CDE	=	společné datové úložiště
FM	=	facility management

CÍLE A NÁPLŇ PRÁCE

Práce obsahuje dvě základní témata. Prvním tématem je aplikace BIM, uvedení jeho problematiky, dopady při zavádění této metodiky do pracovních postupů a praktická ukázka využití při projektování staveb. Druhým tématem je algoritmické projektování. BIM a jeho metodika je známá již delší dobu, avšak jeho aplikace je nyní aktuálním a novým tématem, kterým se musí zabývat projekční kanceláře, stavební firmy a investoři. Z tohoto důvodu a z hlediska mého zaměření v profesním životě, který úzce souvisí s tématem této bakalářské práce, jsem zvolil téma o tomto nástroji a uvedl jeho využitelnost.

Práce si klade za cíl uvést, jak je BIM a jeho postupné zavádění vnímáno z pohledu projektanta. Cílem není rozsáhlý rozbor problematiky BIM, ale zaměření se na části, které jsou důležité při přípravě projektové dokumentace.

Práce je vypracována tak, aby uvedla řešenou problematiku, ukázala zavedení v praxi, rozebrala jeho přínosy, rizika a zhodnotila budoucí vývoj.

ÚVOD

Stavebnictví tvoří jedno ze základních průmyslových odvětví, které má významný vliv na ekonomiku státu, a naopak stav ekonomiky má významný vliv na výstavbu. Investice do dopravních staveb v loňském roce dosáhly 95,6 miliard korun. V letošním roce je plánován rozpočet na 113 miliard korun.¹ Vzhledem k takto vysokým investicím vzniká snaha o zefektivnění vynaložených veřejných financí. Tato snaha se netýká pouze výstavby dopravních, pozemních a inženýrských objektů, ale také jejich provozu a správy. Vzhledem k tomu, že je většina staveb infrastruktury v majetku státu, je tato iniciativa kladně přijímána ve veřejné sféře a také v oblasti soukromých investic. Stavebnictví a celý jeho proces lze považovat za zastaralé v ohledu digitalizace. I přesto, že se veškerá dokumentace zpracovává na PC a v softwarech k tomu určených, je proces předávání informací stále na „papírové“ úrovni. Právě tento přenos s sebou nese ztrátu informací o projektu a snižuje efektivitu výstavby a plánování. Nástrojem pro zefektivnění celého stavebního procesu od návrhu po realizaci a dále ke správě objektů je metodika BIM.

BIM je komplexní metodika, která předepisuje postupy komunikací, zpracování dat a jejich předávání. Lze ji chápat jako digitalizaci stavebnictví, která kombinuje využití 3D modelu a informací obsažených v něm, které jsou striktně přiřazeny k vlastnímu prvku. Dle průzkumů, které byly provedeny v evropských zemích, přináší metodika BIM 20 % úsporu z celkových vynaložených nákladů v průběhu celého životního cyklu stavby. Z těchto 20 % jsou uvažovány 2 % úspory na fázi navrhování, 34 % na fázi realizace a 64 % na správu a údržbu.² Z hlediska fáze navrhování je nutné uvažovat, že dokumentace na úrovni BIM je mnohem podrobnější a propracovanější. Proto je také její cena vyšší, a tak je zapotřebí brát úsporu 2 % v rámci celého projekčního cyklu od studie po dokumentaci skutečného provedení stavby. Kdybychom uvažovali, že již letošní rok budou veškeré stavby zpracovány na úrovni BIM, lze počítat s úsporou 7,2 % z celkových nákladů na návrh a výstavbu, což činí 8,14 miliardy korun. Přepočítáme-li tuto hodnotu na kilometry dálnic, tak, dle údajů Ministerstva dopravy, jeden kilometr dálnic stojí 152 milionů korun, s ohledem na zefektivnění výstavby a projektu ve výši 7,2 % je nová cena jednoho kilometru dálnice 141,1 miliónů korun. Z toho plyne, že lze za stejné množství vynaložených investic vystavět o 57,7 km dálnic více, což

¹ Fond dopravy loni proinvestoval 95,6 miliardy korun. Nejvíce ve své historii. *Česká televize: Ekonomika* [online]. 28.6.2020 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/ekonomika/3128990-fond-dopravy-loni-proinvestoval-956-miliard-korun-nejvic-ve-sve-historii>

² *Koncepce zavádění metody BIM v České republice* [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2017 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/2017/10/Koncepce-zavadeni-metody-BIM-v-CR.pdf>, s.6

můžeme považovat za velice vysoké číslo s ohledem na to, že letošní rok je plánováno otevřít do provozu pouhých 34 kilometrů nových dálnic. Výše uvedené hodnoty úspor a porovnání zohledňovalo pouze uspořené náklady na návrh a realizaci díky metodice BIM, ale dále lze uvažovat úsporu nákladů na provoz, který je předpokládán kolem 12,8 %.

V tomto ohledu je metodika BIM velice atraktivní evoluce stavebnictví, která je v současné době připravována na úrovni státu, aby byla začleněna do legislativy a vyžadována pro veřejné zakázky. BIM je globální pojem a díky dobré informovanosti soukromých stavebníků je zájem o zavádění BIM i v soukromé sféře, která je v současné době napřed v aplikaci BIM. Vzhledem k tomu, že zatím nejsou státem vydané předpisy upravující a definující BIM, musí účastníci projektu definovat vlastní podmínky a standardy metodiky BIM. Mnohdy ale dochází k nejednotné a chybné interpretaci, různým pohledům na řešení metodiky, a nelze je považovat za plnohodnotné BIM projekty.

Vlivem zavádění BIM, využíváním informačních technologií a závislostí na dostupných projekčních softwarech je vytvářen požadavek na zefektivnění práce při vypracovávání projektové dokumentace. Vzhledem k omezenému výběru projekčních programů a také skutečnosti, že veškeré tyto programy nejsou připravovány pro potřeby uživatelů České republiky, ve které máme vlastní předpisy na podobu projektové dokumentace a v budoucnu i předpis na BIM, je zapotřebí upravit projekční programy, nebo je doplnit tak, abychom byli schopni efektivně pracovat a zajistili požadovanou úroveň dokumentace. Dále také nedostatek zkušených projektantů vytváří požadavek na zefektivnění práce a odstranění repetitivních činností. Pro tento účel se v současné době začínají ve větší míře užívat nástroje algoritmického projektování, také nazývané vizuální programování. Tento nástroj umožňuje automatizovat úkony, a provádět tak mnoho operací namísto projektanta. Je vyvinut tak, aby v něm projektanti uměli pracovat na základě pouhých školení a nebyli odkázáni pouze na nástroje, které v rámci software vyvinou programátoři.

Pro zvolené téma jsem se rozhodl z důvodu své pracovní pozice v zaměstnání. Lze říct, že v dnešní době stavební odvětví zažívá rychlý rozvoj v přípravě staveb. Od nástupu IT technologií, 2D a 3D kreslení se o slovo hlásí metodika BIM, která vyžaduje změnu současných pracovních postupů a metodik. Vlivem tohoto vznikají požadavky stavebních společností, jak dodavatelů staveb, tak z oblasti projekce, na nové pracovní pozice jako jsou BIM specialista, či koordinátor BIM, kterou zastávám.

V této práci čerpám především z vlastních zkušeností ze zaměstnání, což je základem celé práce, je jimi řízen i způsob psaní a tematické zaměření. Téma BIM je velice populární a lze k němu najít mnoho materiálů. Většina těchto materiálů se zabývá definicí metodiky BIM a jejím fungováním na teoretické úrovni. V oblasti praktického zavádění BIM nejsou k dispozici ukázky nebo návody, jak přesně aplikovat BIM do konkrétního softwaru a jak se vypořádat se všemi požadavky. V tomto ohledu je zavádění velice náročné a zdlouhavé. Proto je tato práce psaná z druhého úhlu pohledu, tedy ne z pohledu „myšlenky BIM“, nýbrž z pohledu projektové společnosti, která se snaží implementovat BIM do pracovních postupů. Práce je vypracována z pohledu praktického užívání BIM a jeho aplikace, aby měla větší přínos a ukázala BIM i z pohledu praxe, a nebyla tak pouze řešerší bez přidané hodnoty. Proto je většina témat popsána mnou a citace či parafráze používám jen výjimečně. Důležitým podkladem pro tuto práci byl dokument Koncepce zavádění metody BIM v České republice a další dokumenty vydané SDFI. Dále čerpám z aktuálních informací ať už z konferencí s tematikou BIM, nebo z publikací, především v rámci České republiky, jelikož v současné době je BIM ve významném vývoji a své základy nemá pevně ukotvené v legislativě. Mnohdy tak dochází k různým interpretacím, které mají odlišné pohledy na věc.

HISTORIE, VÝVOJ A SOUČASNÝ STAV

Základním požadavkem při vypracovávání dokumentace je přenos myšlenky, studie nebo projektu do ucelené technické dokumentace, v jehož průběhu bude tento projekt dále rozvíjen a upřesňován. Technickou dokumentací rozumíme textovou zprávu, tabulku či výkres.

KRESLENÍ „V RUCE“

Před nástupem informačních technologií byl běžným nástrojem projektanta pauzovací papír a tuš. Tato „manuální“ práce, která vyžadovala, aby každý milimetr tuše na papíru, byl proveden tahem pera, je velice zdlouhavý, a vytvářel tak potřeby pro vysoké kapacity kresličů a pracovních ploch. V pozdějších dobách byly tyto ručně kreslené výkresy hromadně množeny na kopírkách.



Obr. 1: Kreslení v ruce³

³ BIRÁS, Martin. [Kreslení v ruce]. Generativní design. In: *Konference BIM Fórum 2019*. 2019.

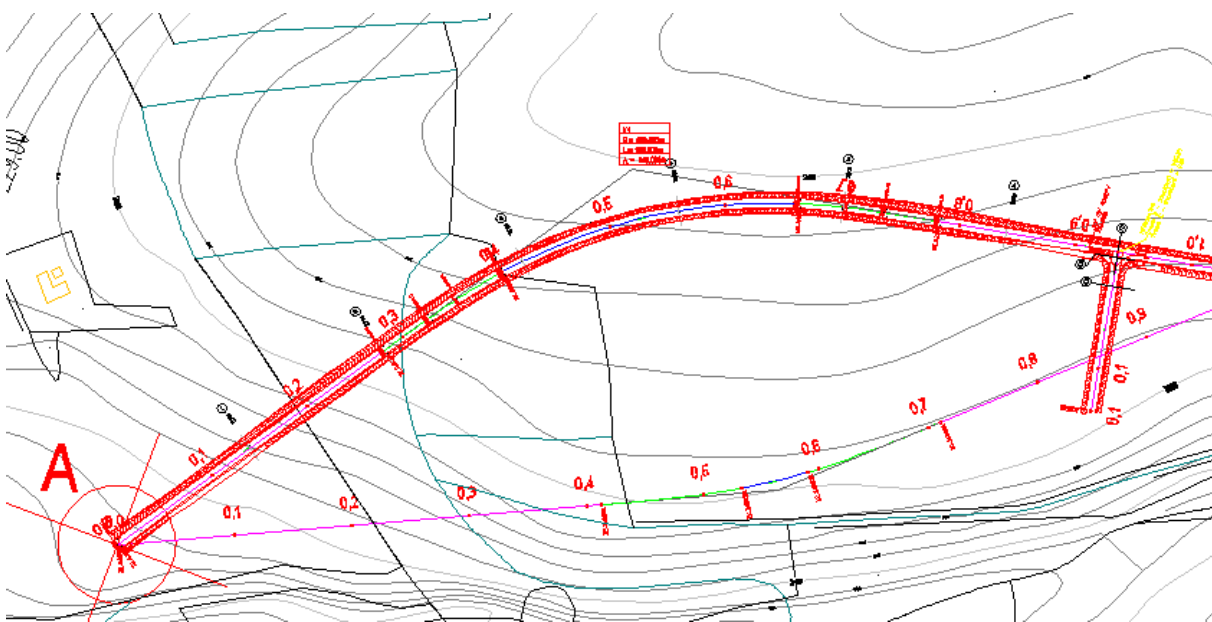
KRESLENÍ NA PC VE 2D

Zásadním přínosem tvorby projektové dokumentace na PC bylo tlačítko ZPĚT. Při kreslení v ruce mnohdy docházelo ke znehodnocení výkresu vlivem chyby či omylu ve smyslu vylití tuše, špatně nakreslených částí či administrativní chyby, například v rozpisce výkresu. Tyto náročné opravy, nebo dokonce kompletní předělávky celého výkresu byly z pracovních postupů odstraněny díky možnosti vracení zpět, či zpětné editaci výkresu.

Dalším zásadním bodem pro práci na PC ve 2D byla možnost vytváření výkresů za pomoci vypínatelných hladin, do kterých byly jednotlivé části výkresu řazeny, a tak jednoduše docházelo k editaci zobrazení – například zákres potrubí TZB do „slepáku“ v určité hladině, a tím jeho oddělení od zbytku kresby a přednastavení jeho zobrazování.

Podstatný přínos dále nastal u možnosti spolupráce na jednotlivých projektech. Tuto možnost přináší funkce xREF, která umožnila podložit kresbu jinou kresbou daného tematického celku v určeném souřadnicovém systému, a tak dosáhnout efektivnější spolupráce. Příkladem bych uvedl spolupráci statika a stavaře, kdy statik v rámci svého DWG souboru vynáší tvary, které si projektant připojí do svého souboru, a tak může rychle upravit svůj výkres, či ověřit shodu projektu.

Práce na PC ve 2D byla velkým milníkem ve vývoji projektování, přinesla mnoho dalších významných funkcí a především změnila způsob vypracovávání projektové dokumentace.



Obr. 2: 2D výkres v AutoCADu⁴

⁴ Zdroj: autor

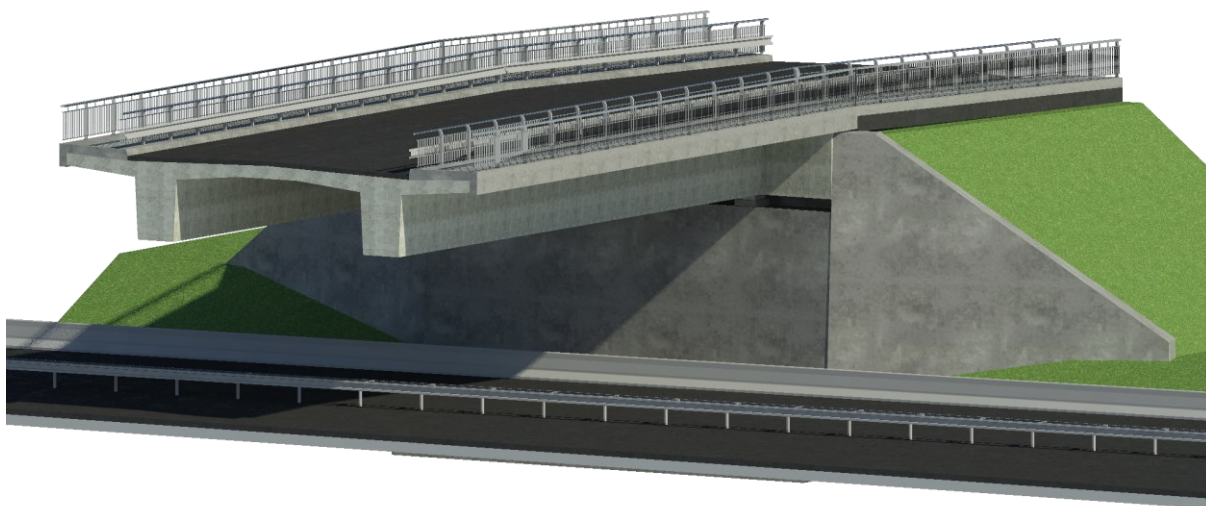
KRESLENÍ VE 3D

Dalším krokem v pokroku při vypracovávání projektové dokumentace byla příprava 3D modelu, na základě kterého jsou generovány 2D výkresy. Základem je v prvních fázích projektu připravit geometrický model ve 3D prostředí, který je dle uživatelského nastavení interpretován do 2D prostředí, kde je doplněn o textové popisky a kóty vztahované k dané 3D geometrii, ze které se následně generují stavební výkresy.

Velkým přínosem 3D modelování je řešení celé geometrie stavebního objektu v rámci projektu ve všech jeho částech, na rozdíl od 2D kreslení, kdy je třetí rozměr řešen pouze ve stanovených řezech. To napomáhá k předcházení kolizních míst v oblastech složitého geometrického řešení, k předcházení kolizí jednotlivých profesí mezi sebou a významným přínosem je také možnost přípravy propagačních materiálů.

Za zmínku také stojí možnost vykazovat množství a rozměry jednotlivých prvků modelu na základě jejich geometrických tvarů. Tyto výkazy slouží nejen pro orientační představu množství pro první odhady cen, ale dokonce při kvalitně zpracovaném projektu zcela nahrazují původní metodiku vykazování výměr, které probíhaly ručním výpočtem a odměřováním z výkresů. Tím je dosaženo významného zefektivnění práce a také umožněno vytvářet dílčí odhady množství v průběhu projektových prací, a nikoliv až na jeho konci.

Kreslení, nebo lépe řečeno modelování ve 3D, je v této době často mylně považováno jako práce v metodice BIM.

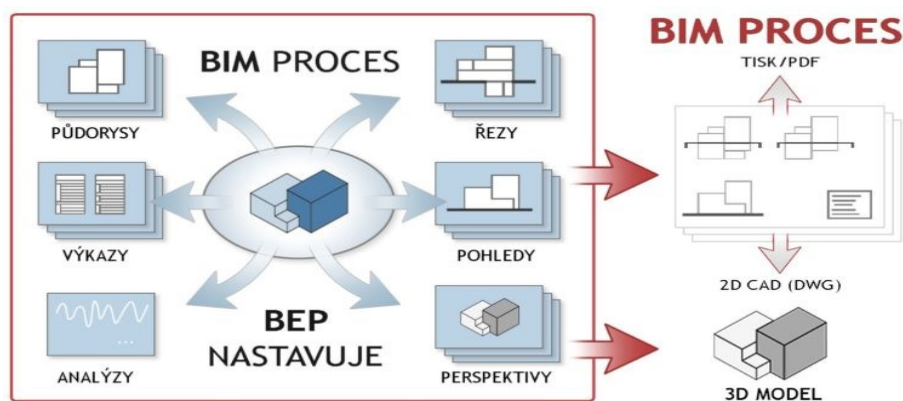


Obr.3: 3D řez mostním tělesem⁵

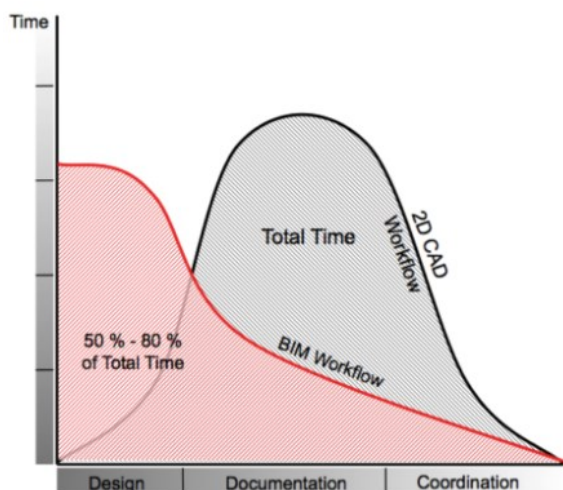
⁵ Zdroj: autor

KRESLENÍ V METODICE BIM

Metodika BIM slučuje práci ve 3D i 2D (například detaily se kreslí stále ve 2D) a připojuje požadavek na specifikaci jednotlivých prvků v rámci modelu. Tyto jednotlivé specifikace bychom dle terminologie softwaru Autodesk REVIT nazvali jako parametry. Na základě těchto parametrů dále pracujeme s BIM modelem a analyzujeme objekt. Parametry mohou obsahovat konstrukční, materiálové a popisné informace, pozice v harmonogramu výstavby, jednotkovou cenu atd., které umožňují s modelem pracovat na dalších úrovních nD. Při práci ve 3D jsou modely popsány pouze určeným charakteristickým znakem či označením, a následně v samostatném dokumentu jako Word a Excel doplněny o popis a specifikace. V toto ohledu se BIM liší především v písmenu I z této zkratky. Více bude vysvětleno v následující kapitole.



Obr. 4: BIM proces⁶



Obr. 5: Porovnání časových nároků metodik⁷

⁶ Cadconsulting s.r.o. Jak zadat projekt s požadavkem na BIM: BIM proces. In: *Cadbim.cz* [online]. 2.4.2019 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://cadbim.cz/jak-zadat-projekt-s-pozadavkem-na-bim/>

⁷ Graphisoft. Open BIM: Why should I switch from CAD to BIM? In: *Graphisoft.hu* [online]. 2020 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: https://www.graphisoft.hu/archicad/open_bim/about_bim/

1. APLIKACE BIM

1.1 DEFINICE

„Building Information Modeling (BIM, informační model budovy) je moderní, inteligentní proces pro tvorbu a správu projektů založený na modelu. Usnadňuje výměnu informací v rámci procesu návrhu projektu, výstavby a používání budovy. Umožňuje tvořit a spravovat projekty pozemních a inženýrských staveb infrastruktury – rychleji, ekonomičtěji a s nižším dopadem na životní prostředí.“⁸

BIM lze chápat jako databázi informací o stavbě, jako proces vytváření a zpracovávání této databáze a její užívání při výstavbě nebo správě budovy, a také jako předpis pravidel. Model BIM obsahuje geometrické prvky, další 3D modely, ať už jednotlivé prvky (např. sloupek, zábradlí), nebo celé celky modelů (např. stavební objekty). Model také obsahuje negrafické údaje, které odkazují a popisují jednotlivé prvky nebo celky. Do BIM dále patří dokumenty, které jsou součástí projektu (např. stavební povolení), výstavby (např. stavební deník, prohlášení o vlastnostech), správy objektu (např. revize, certifikáty). BIM umožňuje navázání těchto dokumentů na konkrétní prvek v modelu.

Hlavní výhody metodiky BIM:

1. Zvýšení produktivity práce

Využívání šablon a BIM knihoven
Automatizace repetitivních úkonů

2. Úspora času

Generování pohledů a řezů ze 3D modelu
Jasná specifikace a předpis pracovních postupů
Generování výkazů množství a výměr

3. Eliminace chyb

Díky koordinacím na úrovni 3D a kompletní znalosti všech prvků lze předcházet chybám při přípravě projektové dokumentace.

Projekt je zpracován ve vyšší podrobnosti a informace jsou obsaženy přímo v něm, lze tak kontrolovat jednotlivé prvky na základě jejich parametrů.

Výkazy množství jsou generovány na základě umístěných 3D modelů.

⁸ Co je BIM - informační model budovy. *Bimfo.cz* [online]. 2020 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Co-je-BIM.aspx>

4. **Kontrola nad celým projektem**

Veškerá data jsou obsažena v jednom celku s možností vzájemného provázání a porovnání, např. provázání harmonogramu či rozpočtu se 3D modelem.

5. **Vyšší konkurenceschopnost**

Možnost nabídnout projekt na úrovni BIM s předpokladem úspory nákladů na celý životní cyklus

Schopnost vypracovat projektovou dokumentaci na vyšší úrovni

6. **Vyšší ziskovost projektů**

Dosažení vyšší efektivity práce a minimalizace chyb

Analýza modelu a optimalizace

7. **Minimalizace ztrát dat**

Za pomoci CDE zajištění platných dat v jakémkoli okamžiku

Předávání dokumentace jako souboru dokumentů BIM a všech jeho částí, nikoliv pouze tištěné výkresy a dokumenty, kdy životnost dat končí předáním dokumentace ve stupni skutečného provedení stavby.⁹

V oboru projektování staveb se jedná především o novou metodiku vypracovávání projektové dokumentace, která se skládá z několika stupňů označovaných jako 7D.¹⁰

Jednotlivé stupně lze definovat obrázkem číslo 6, či následující tabulkou:

Profese	Stupeň BIM	Předmět	Stupeň PD	Popis
Projektant	3D	Digitální dvojče, vizualizace, detekce kolizí	STS DÚR DSP DPS	Stupeň ve fázi přípravy projektové dokumentace na úrovni spolupráce mezi jednotlivými profesemi ve všech stupních dokumentace. Opatření modelu o negrafické informace.
Dodavatel stavby	4D	Časové plánování a sestavování harmonogramů Stanovení etap výstavby	DPS RDS VTD	Za využití 3D modelu plánování výstavby, koordinace pracovních procesů, přesunů a skladování hmot, řízení stavby a dodávek.

⁹ Co je BIM - informační model budovy. *Bimfo.cz* [online]. 2020 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Co-je-BIM.aspx>

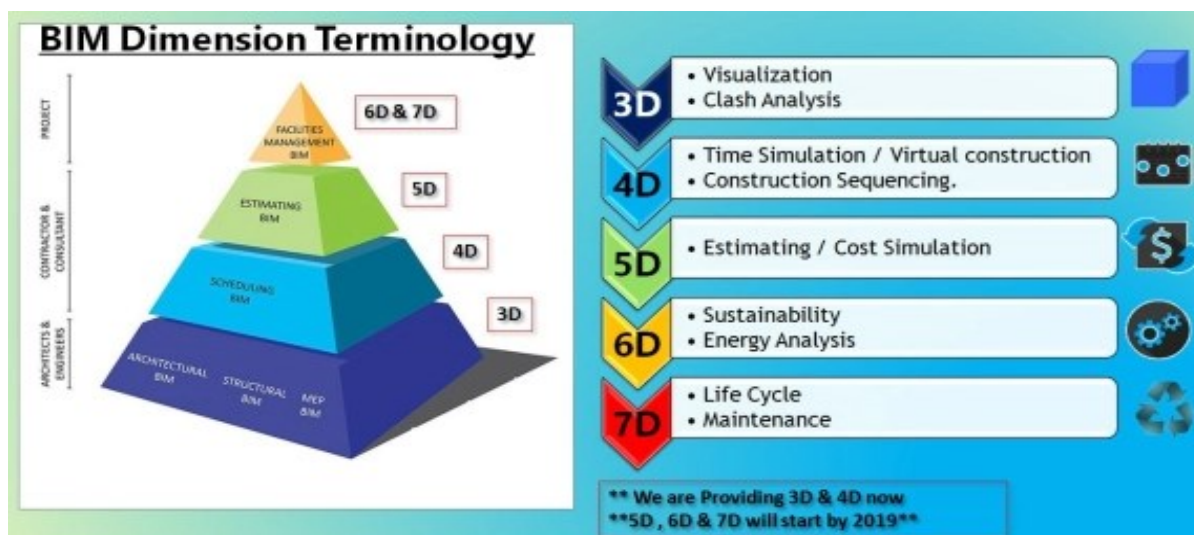
¹⁰ Pozn. vzhledem k nejednotné terminologii je těchto interpretací více.

	5D	Odhad nákladů	DSPS	Na základě 3D modelu a parametrů jednotlivých prvků získávání potřebných výměr, množství a jejich propojení se stavbou.
Správce budovy / majitel	6D	Udržitelnost a analýza nákladů	DSPS FM	Nástroje pro správu a efektivní využití budovy. Podklady pro úpravy a rekonstrukce. Facility management.
	7D	Údržba a životní cyklus		

Tabulka 1: Stupně BIM

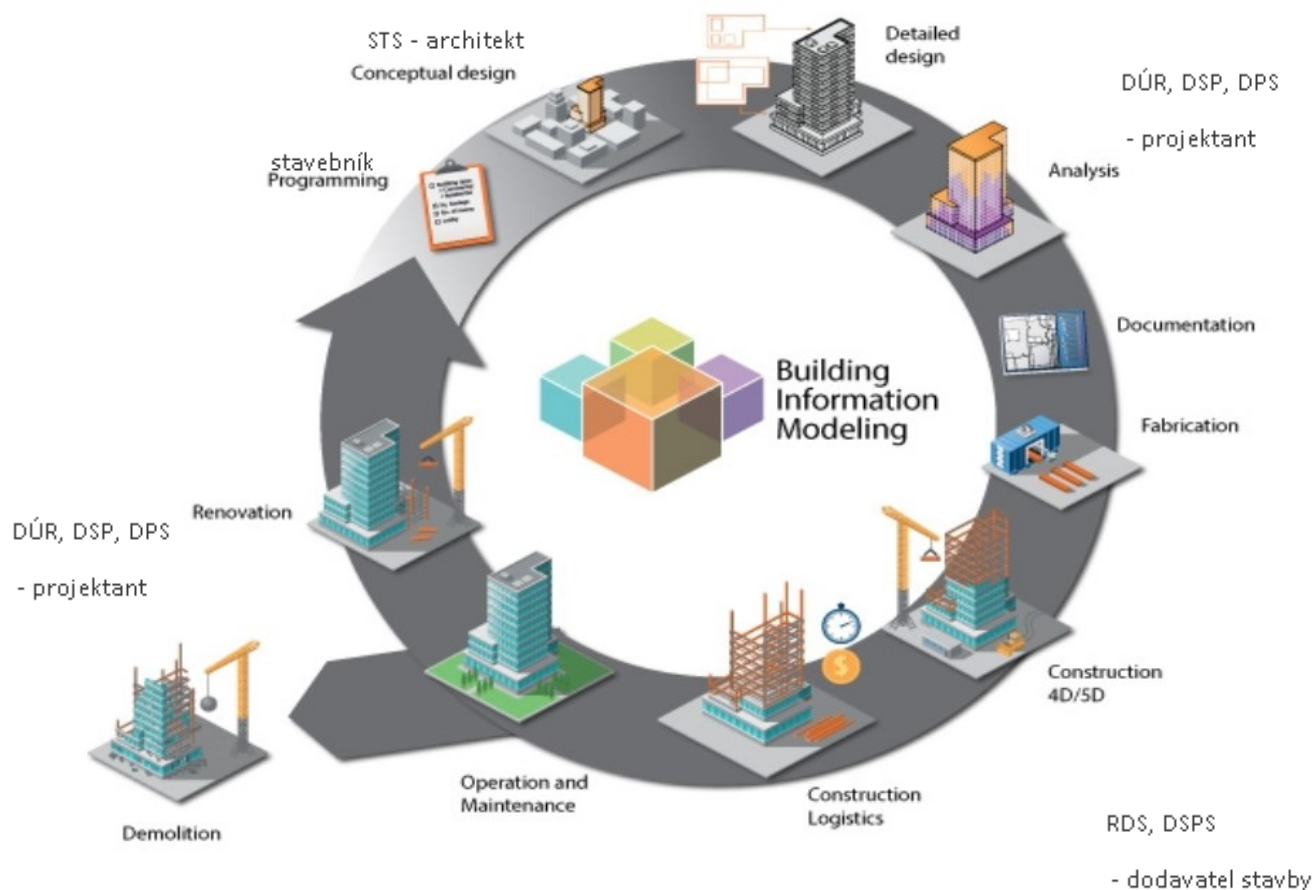
Tato práce se zabývá metodikou BIM pouze ve stupni 3D.

Následné úrovně nD jsou nedílnou součástí celého BIM procesu a ve svých jednotlivých fázích mají za úkol zefektivnit práci ať už při výstavbě, kdy se bavíme o úrovni 4D – 5D, nebo při správě objektu během celého jeho životního cyklu.



Obr. 6: Stupně BIM¹¹

¹¹ CUNHA III, Frank. The 7 Dimensions of Building Information Modeling: BIM Dimension Terminology. In: *I love my architect* [online]. 5.7.2018 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://ilovemyarchitect.com/tag/bim-7d/>



Obr. 7: Životní cyklus stavby¹² FM – správce objektu

Když si zkratku „BIM“ rozebereme, dostaneme základní myšlenku, a sice:


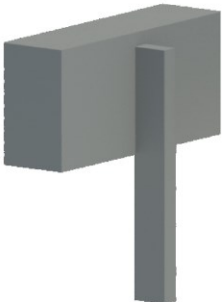



- B** Budova – stavební objekt, který je předmětem řešení, a stavební proces.
- I** Informace – globální informace o stavbě, její umístění, charakteristiky a také informace o všech jednotlivých částech a modelech objektu.
- M** Management – tedy řízení informací o budově; Model – geometrické zastoupení objektu a jeho jednotlivých komponent, neboli je vytvořeno digitální dvojče budoucího objektu jako 3D model dle určeného stupně LOD.

Právě zmíněné I je zásadním nositelem inovace této metodiky a ve stupni BIM 3D se jedná o zásadní rozdíl mezi 3D modelem a modelem v BIMu, což jsou právě negrafické informace prvků.

Z hlediska BIM ve stupni 3D je důležitá definice LOD (Level of Development).

¹² Bim Explained. In: *Construction-property.com* [online]. 22.7.2016 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://construction-property.com/bim-explained/>

Level of Development neboli LOD, dříve označováno jako Level of Detail, předepisuje podrobnost geometrického modelu a obsah vlastních parametrů v prvku. Toto dělení využijeme především pro rozlišení podrobností mezi jednotlivými stupni projektové dokumentace. S ohledem k této skutečnosti musí být veškeré parametry, resp. negrafické informace, specifikovány ve všech stupních LOD, nebo alespoň v těch, kterých se projekt týká. Dělení dle LOD zatím není definováno českou legislativou a lze najít opět rozdílné definice. Některé definice pracují se stupnicí LOD 0–4, některé 1–5 a jiná 100–500. Pravděpodobně bude použito dělení dle obr. 8, které předepisuje pět stupňů LOD 100–500.

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
				
Koncept, prezentace	Přibližná geometrie	Přesná geometrie	Konkrétní výrobek	Facility management
<i>Dokumentace:</i> STS	<i>Dokumentace:</i> STS, DUR	<i>Dokumentace:</i> DSP, DPS	<i>Dokumentace:</i> RDS, DSPTS	<i>Dokumentace:</i> FM
<i>Účel:</i> reprezentace uvažovaného prvku	<i>Účel:</i> zamýšlený prvek bez přesných specifikací	<i>Účel:</i> zamýšlený prvek s přesnější specifikací	<i>Účel:</i> konkrétní prvek s přesnou specifikací	<i>Účel:</i> správa prvku, evidence informací
<i>Popis:</i> popis povahy prvku	<i>Popis:</i> hrubý popis prvku	<i>Popis:</i> specifikace požadovaných vlastností	<i>Popis:</i> přesné specifikace výrobku	<i>Popis:</i> přesné specifikace výrobku
<i>Rozměry:</i> nedefinované	<i>Rozměry:</i> přibližné vnější	<i>Rozměry:</i> přesné vnější	<i>Rozměry:</i> veškeré, přesné	<i>Rozměry:</i> veškeré, přesné
<i>Součásti:</i> nedefinované	<i>Součásti:</i> nedefinované	<i>Součásti:</i> základně definované	<i>Součásti:</i> podrobně definované a dorešené	<i>Součásti:</i> podrobně definované a dorešené
<i>Výrobce a typ:</i> nedefinované	<i>Výrobce a typ:</i> nedefinované	<i>Výrobce a typ:</i> předpoklad	<i>Výrobce a typ:</i> uvedeno	<i>Výrobce a typ:</i> uvedeno
<i>Údržba:</i> bez informací	<i>Údržba:</i> bez informací	<i>Údržba:</i> bez informací	<i>Údržba:</i> bez informací	<i>Údržba:</i> informace o změnách prvku

Obr. 8: Definice LOD^{13, 14}

¹³ Zdroj: autor

¹⁴ TUNKA, Lukáš. LOD - Level Of Development. In: *Bimfo.cz* [online]. 16.4.2016 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Aktuality/LOD-Level-Of-Development.aspx>

Otázka BIM není pouze tématem České republiky. Jedná se o téma celosvětové. Způsob zavádění a zaměření se v jednotlivých zemích liší. V některých případech je způsob obdobný jako v ČR, a tak je BIM vyžadováno u veřejných zakázek plošně na celé stavebnictví. V jiných případech je BIM vyžadováno na budovy státní správy, nebo pouze pro stavby infrastruktury či pozemní stavby. První zemí, která zavedla povinné používání metodiky BIM, bylo Finsko, v roce 2007 následováno dalšími zeměmi, které již BIM zavedli, nebo jsou ve fázi příprav. Metodiku BIM každá země definuje na základě vlastních požadavků. Z toho důvodu je nejednotná, a liší se tak její pojetí. Na úrovni evropského společenství vznikla skupina EU BIM task Group, která má za úkol sjednocovat myšlenku BIM v rámci Evropské unie na základě podnětů z jednotlivých zemí.



Obr. 9: BIM ve světě¹⁵

¹⁵ [BIM ve světě]. *Geospatialmedia.s3.amazonaws.com* [online]. 10/2018 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://geospatialmedia.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2018/10/Page-50-51.jpg>

1.2 DATOVÝ STANDARD STAVEB

Zásadní součástí metodiky BIM je takzvaný datový standard staveb (DSS). Tento dokument, který musí být přílohou EIR nebo BEPu, ve své podstatě předepisuje jednotlivé negrafické informace, které jsou přiřazeny každému typu prvku, předepisuje jejich datový typ, jednotku, skupinu parametrů a vztah k jednotlivým úrovním LOD nebo stupni projektové dokumentace tak, aby nedocházelo ke zbytečnému zahlcení modelu informacemi, popřípadě požadavky na projektanty na jejich zanesení do modelu, které by vedlo k neefektivní práci a omezování vlastních přínosů metodiky BIM.

„Datový standard je základní potřebou a podmínkou informačního modelu (BIM) pro efektivní využití BIM modelu. Je základní součástí modelu, nositelem všech informací, se kterými po celý životní cyklus stavby pracují a využívají je všichni účastníci stavebního projektu.“

Funkcí datového standardu je systematické uspořádání informací o prvku modelu/stavby, tedy strukturovaný informační obsah základního prvku podle přijatého předpisu datového standardu k dalšímu využívání v BIM prostředí.¹⁶

DATOVÝ STANDARD

SNIM

Standard negrafických informací

1. Fáze

2. Fáze

3. Fáze

LoD dle stupňů PD v ČR

BIM VE STAVEBNICTVÍ 2019

METR@STAV

Obr. 10: Fáze SNIM¹⁷

¹⁶ SYNEK, Jaroslav. Datový standard informačního modelu. *Stavebnictví*. 2020, 20(5), 18-25.

¹⁷ SYNEK, Jaroslav. [Fáze SNIM]. In: *Konference BIM ve stavebnictví 2019*. 2019.

Datové standardy vznikají v soukromé sféře na základě vlastních požadavků stavebníka, dodavatele stavby nebo projektanta. V rámci veřejných zakázek musí být DSS předepsáno vyhláškou, normou nebo závazným předpisem. Sestavením DSS pro dopravní stavby je pověřeno SDFI, které vydalo dokument Předpis pro informační modelování staveb (BIM) pro stavby dopravní infrastruktury – Datový standard – pro PDPS v prozatímní verzi ze září roku 2019. V tomto dokumentu je popsána metodika datových standardů, ve dvou přílohách jsou tyto standardy rozepsány pro silniční a železniční stavby zvlášť pro každý prvek nebo kategorii prvků. Jsou zde definovány skupiny elementů a typ elementů, podle kterých bude řešený prvek začleněn. K typům elementů je předepsána šablona vlastností, která je složena ze skupin vlastností, tyto skupiny jsou rozděleny na další úrovně, resp. podskupiny. Podskupiny se liší množstvím a typy předepisovaných informací, tedy parametrů. Skupin vlastností bylo vytvořeno šest podle typů informací. Jak je v dokumentu uvedeno, datový standard umožňuje rozšíření na základě požadavků a uživatelů.

Index skupiny vlastností	Název skupiny vlastností
I	Identifikace
S	Stavební výrobek / konstrukce
E	Etapizace
Z	Zobrazení
M	Množství
F	Fáze
	Uživatelsky definované

Na základě předpisu skupiny vlastností a její úrovně je definována množina parametrů příslušnému prvku. Je pravděpodobné, že skupiny vlastností pro jednotlivé stupně dokumentací budou stejné a budou pouze předepisovány různé úrovně, což by jednoznačně zjednodušilo jejich zpracovávání. Předpis parametru je stanoven pro označení, datový typ, jednotku, příklad hodnoty a označení dle IFC.

Skupiny vlastností						
Název skupiny vlastností	Označení vlastnosti	Datový typ	Jednotka	Příklady hodnot	Označení dle IFC	v IFC4
E1	Zahájení	Date	(-)	DDMMRRRR, MMRRRR, RRRR	IfcTaskTime, A:ScheduleStart	1
	Ukončení	Date	(-)	DDMMRRRR, MMRRRR, RRRR	IfcTaskTime, A:ScheduleFinish	1
	Doba trvání	String	(-)	DD, MM, RR	IfcTaskTime, A:ScheduleDuration	1
	Způsob stanovení	Enum	(-)	(Plánovaný, vypočtený,...)	IfcDataOriginEnum	1
	Stavební postup / etapa výstavby	String	(-)	S1, S22	IfcTimePeriod	
Z1	Textura / barva	String	(-)	200;90;20 (RGB dle SPI a SGI ŘSD)	IfcColorRGB	1
	Třída přesnosti	Enum	(-)	P1, P2, P3,...	IfcCZPrecision	0
F1	Fáze	String	(-)	Provizorní stav, trvalý stav, k odstranění,...	IfcCZPhase	0

Obr. 11: Definice parametrů prvku na základě skupiny vlastností¹⁸

¹⁸ Předpis pro informační modelování staveb (BIM) pro stavby dopravní infrastruktury: Příloha č. 1 – Datový standard – pro silniční. Státní fond dopravní infrastruktury, 2019.

Tímto procesem získáváme negrafické informace prvku. Odhadovat vhodnost takovéto kategorizace je v tuto chvíli obtížné, jelikož je vydán DSS pouze pro jeden stupeň dokumentace, a tak nelze plně zhodnotit důmyslnost tohoto systému. Dle informací obsažených v dokumentu je současný předpis sestaven na základě Analýzy užití informačního modelování staveb a je předpokládáno, že bude doplněn o další vlastnosti neboli parametry na základě pilotních projektů.

V tento okamžik je zřejmé, že je předpis nedostatečný, nedostatečný z pohledu projektanta. Dle mého názoru není možné definovat dopředu všechny skupiny a typy elementů a potřebné požadované vlastnosti. Tyto informace budou doplňovány postupně, bude hodnocen jejich přínos a případně mohou být odebírány, pokud se ukážou jako neefektivní. Je důležité si uvědomit, že každý subjekt účastníci se životního cyklu stavby má své vlastní potřeby na informace, se kterými bude pracovat. Projektant potřebuje informace o prvku, jeho charakteristice a vlastnostech. Dodavatel stavby potřebuje informace o množství, cenách, rozměrech, vahách a organizaci v průběhu výstavby. Správce bude používat informace o revizích, kontrolách, úpravách a opravách, plánech a bilancích. Tyto zmíněné informace o prvku v současném DSS uvedeny nejsou. Je otázkou, zda je vhodné tyto informace předepisovat, či nechat jejich definice na úsudku jejich uživatelů. Tím bychom se však vzdalovali myšlence standardizace za pomoci BIM. V tomto ohledu vzniká prostor pro diskusi a hledání řešení, které bude vhodné pro všechny uživatele.

Při vytváření datových standardů by měly být vzaty do úvahy i možnosti projekčních softwarů. Toto téma je zpracováno v kapitole 1.5. Zde bych však uvedl, že je zapotřebí parametry vytvořit v projektu, nastavit požadovaný datový typ a rozčlenit ho do skupin. Některé programy jako například Autodesk Revit nedovolují vytvářet vlastní skupiny parametrů. Práce s nimi ve větším počtu vytváří velký objem práce na přípravu a je složitý na jejich správu. Z tohoto důvodu by součástí tvorby DSS měla být analýza projekčních softwarů a doporučení, případně předpis na jejich správné používání.

1.3 VÝVOJ V LEGISLATIVĚ

Zakomponování BIM do české legislativy je úkolem agentury ČAS (Česká asociace pro standardizaci), která spadá pod Ministerstvo průmyslu a obchodu. V dopravních stavbách jsou součástí tohoto procesu dále Ministerstvo dopravy, Státní fond dopravní infrastruktury, Ředitelství silnic a dálnic, SŽDC a Ředitelství vodních cest ČR.

„V roce 2014 Evropská unie uznala užitečnost BIM pro veřejný sektor, neboť tato metoda pomáhá dosáhnout vyšší efektivity vynaložených prostředků a podporuje inovace. Směrnice 2014/24/EU, o zadávání veřejných zakázek umožnila zadavatelům v celé Evropě, aby mohli při zadávání veřejných zakázek požadovat použití BIM. Toto je umožněno i v ČR od 1. 10. 2016 zákonem č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek.“¹⁹

Výchozím dokumentem pro zavádění BIM v ČR je Koncepce zavádění metody BIM v České republice ze září 2017 vydaný Ministerstvem průmyslu a obchodu. Dokument je zpracován na základě usnesení vlády č. 958, o významu metody BIM pro stavební praxi v České republice a návrh dalšího postupu pro její zavedení. Definuje BIM, rozebírá klíčová témata, popisuje plánovaný postup, a vytváří tak první definici BIM, která je schválená na úrovni státu. Tvoří tak základní dokument, který slouží jako podklad pro další začleňování BIM do legislativy.

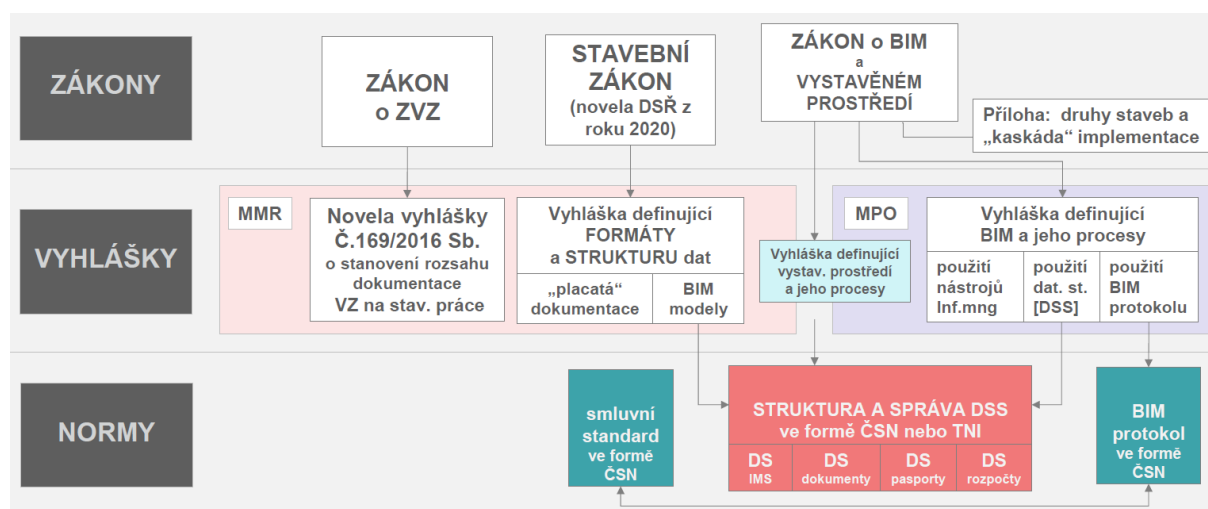
Datový standard od roku 2018 připravuje agentura TNK (Technická normalizační komise) 152 agentury ČAS. V oboru dopravních staveb se na vývoji metodiky BIM podílí Státní fond dopravní infrastruktury (SDFI), který do doby vypracování této bakalářské práce (tj. červenec 2020) vydal:

- Požadavky na plán realizace BIM pro dopravní infrastrukturu
- Metodika pro výběr společného datového prostředí (CDE)
- Metodika BIM protokolu pro smluvní standard FIDIC
- Předpis pro informační modelování staveb (BIM) pro stavby dopravní infrastruktury, datový standard pro PDPS vč. přílohy č.1 a č.2.

Všechny výše zmíněné dokumenty jsou vydány jako prozatímní verze (září 2019), především jako podklad pro pilotní projekty.

¹⁹ Ministerstvo průmyslu a obchodu. *Koncepce zavádění metody BIM v České republice* [online]. In: 9/2017, s. 4 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/2017/10/Koncepce-zavadeni-metody-BIM-v-CR.pdf>

Zásadním nadcházejícím termínem pro BIM je 1. leden 2022, od kterého bude uložena povinnost použití BIM pro nadlimitní veřejné zakázky. Nadlimitní veřejné zakázky jsou zakázky s finančním limitem nad 149 224 000 Kč. ČAS musí do té doby v dostatečném předstihu připravit legislativní úpravy, které budou BIM pro nadlimitní veřejné zakázky definovat. Do té doby musí být dokončen koncept BIM v ČR a definovány základní dokumenty jako BEP, EIR a DSS, stanovit předpis na využívání CDE a předepsat způsob odevzdávání 3D modelu a celé BIM dokumentace. Povinnost se ukládá pouze pro nadlimitní zakázky, které budou podány po 1. lednu 2022.



Obr.12: Koncept právních úprav²⁰

V současné době probíhají pilotní projekty pod vedením agentury ČAS, které poskytnou první praktickou ukázkou zavádění metody BIM do reálného prostředí dle zamýšlené metodiky. Projekty poskytnou poznatky potřebné pro dořešení témat a úpravu postupů. V oboru pozemních staveb, oproti stavbám dopravním, pilotní projekty zatím neprobíhají.

Pilotní projekty ŘSD:

- I/42 Brno VMO Žabovřeská I., etapa I. („VMO Žabovřeská“)
- Úprava křižovatky silnic I/32 a II/125 na exitu 42 dálnice D11 – přestavba na okružní křižovatku („OK Poděbrady“)
- D1 Modernizace – úsek 04, EXIT 34 Ostředek – EXIT 41 Šternov – SO 04-221 Nadjezd ev.č. D1-040 a SO 04-151 Polní cesta v km 37,170 („nadjezd D1“)

²⁰ NECHYBA, Jaroslav. Pracovní koncept právních úprav. In: *Plán realizace koncepce BIM*. 2020, s. 15.

Pilotní projekty SŽDC:

- Rekonstrukce nástupišť a zřízení bezbariérových přístupů v ŽST Roudnice nad Labem
- Zkapacitnění trati Nymburk – Mladá Boleslav, 2. stavba
- Modernizace trati Rokycany – Plzeň

Součástí legislativních úprav je i řešení autorských práv. Vlivem práce v BIM je zapotřebí řešit i nově vzniklá práva na součásti projektu. Vedle autorských práv na návrh se přidávají autorská práva na vlastnictví modelu navrhované stavby a autorská práva na použité knihovny a katalogy v softwarech pro tvorbu modelu BIM. Tento problém nastává pouze v případě, že je model stavby předán v otevřeném formátu, například DWG, RVT, PLA atd. Otevřený formát je takový formát, který je vlastní pro určitý software, je plně editovatelný a obsahuje veškeré zdrojové soubory vložených prvků. V okamžiku předání otevřeného formátu tak nedochází pouze k předání modelu, ale i modelu jednotlivých prvků, které bychom nazvali jako rodiny, knihovní prvky a nastavení pracovního prostředí, jenž je tvořeno šablonou nebo datasetem. Vývoj rodin nebo příprava šablon vyžaduje investovat čas, popřípadě nakoupit hotové prvky. Také obsahuje know-how, a stává se tak cenným produktem společnosti. V tomto ohledu není vhodné otevřený formát modelu předávat, a tak vznikají požadavky na definici autorských práv a na ochranu duševního vlastnictví a zahrnutí tohoto tématu do smlouvy o dílo či jiných právních vztahů. Pro předávání modelu je tak vhodnější uzavřený formát. Toto téma bude více rozvedeno v kapitole 1.8.

Z hlediska státní správy bude zapotřebí připravit stavební úřady na přijímání a zpracovávání dokumentací v BIMu. Musí být připraveno a zabezpečeno datové úložiště pro příjem a manipulaci těchto datově objemných dokumentací, softwarová výbava všech pracovníků, a hlavně stanovení metodik práce a proškolení zaměstnanců stavebních úřadů. Především tento poslední krok by mohl znamenat značnou překážku při zavádění BIM. Na základě vlastních zkušeností založených na diskusi s referenty stavebních úřadů mohu prohlásit, že z příchodu BIM mají strach a považují jej za přítěž.

Dalším zamýšleným krokem je vytvoření tzv. Portálu stavebníka, který bude obdobou Datových stránek pro stavebnictví. Bude sloužit pro komunikaci mezi stavebníkem, státní správou, resp. stavebním úřadem a dotčenými orgány. Tento portál by měl zcela nahradit stávající způsob komunikace, který probíhá skrze tištěnou verzi dokumentace a papírové žádosti osobně donesené na příslušný stavební úřad. Nový způsob komunikace by byl zcela elektronický, kdy by podkladem pro stavební řízení byl model BIM, nebo dokumentace v PDF/A. V současné době je Portál stavebníka zahrnut do stavebního zákona a jeho spuštění je naplánováno na 1.7.2023.

Zavedení metodiky BIM bude pravděpodobně zohledněno v další rekodifikaci v zákoně č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). Dále budou pravděpodobně upraveny vyhlášky č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, ve znění vyhlášky č. 62/2013 Sb. a vyhl. Č. 146/2008 Sb., o rozsahu a obsahu projektové dokumentace dopravních staveb, které předepíší obsah dokumentace BIM dle projektového stupně. Dále je zapotřebí uvažovat změnu ve vyhl. č. 169/2016 Sb., o stanovení rozsahu dokumentace veřejné zakázky na stavební práce.²¹

²¹ Ministerstvo průmyslu a obchodu. *Koncepce zavádění metody BIM v České republice* [online]. In: 9/2017, s. 42 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/2017/10/Koncepce-zavadeni-metody-BIM-v-CR.pdf>

1.4 VLIV BIM NA PROJEKTOVÁNÍ

Příchod BIM znamená mnoho nových úkonů v přípravě projektové dokumentace stavby. V první řadě je formální stránka věci, která předepisuje, jakým způsobem bude BIM prováděno, a nastavuje pravidla, která musí být splněna. Tyto dokumenty tvoří EIR (informační požadavky objednatele) vč. jeho příloh, což je zadávací dokument stavebníka, který zadává dodavateli projektové dokumentace základní pravidla pro metodiku BIM. Na tento dokument navazuje BEP (angl. BIM execution plan, česky realizační plán BIM), který dopracovává a dále zpřesňuje pravidla požadované v EIR. V případě, že BEP vypracovává dodavatel projektové dokumentace, což je dle mého mínění ideální řešení, prokazuje náležitou úroveň dodavatele projektové dokumentace pro práci v BIMu. Dokument BEP předepisuje například druh použitého softwaru a jeho verzi, dělení jednotlivých modelů, způsob práce, obsah negrafických informací, postupy kontrol a revizí, předpisy pro názvy, označování atd.

Na základě BEPu musí být připravena metodika vypracovávání projektové dokumentace a po celou dobu práce na projektu plněna a dodržována. Veškeré tyto úkony má na starost BIM koordinátor. BIM koordinátor je pracovní pozice, která musí být přítomna jak na straně projektanta, tak na straně dodavatele stavby a případně i stavebníka. Zajišťuje jak přípravu, plnění a kontrolu metodiky, ale také komunikaci mezi jednotlivými koordinátory BIM, rozděluje role a odpovědnosti a nastavuje pravidla pro spolupráci.

Výše zmíněné v praxi znamená velké množství příprav projekčních společností na práci v BIMu, ať už se bavíme o vypracování nových firemních metodik, o potřebách nového softwaru, proškolení zaměstnanců či zavedení nových pracovních postupů. Poslední zmíněný krok bych zhodnotil jako nejnáročnější, jelikož si dává za úkol naučit zkušené projektanty se zažitými postupy a zkušenostmi pracovat jiným způsobem, a především jinak myslet. Krok do světa BIM je tedy velkou a dlouhodobou investicí do rozvoje společnosti. Na základě svých zkušeností mohu prohlásit, že na BIM jsou lépe připraveny velké stavební společnosti nežli společnosti projekční.

Využití a přínos BIM dle jednotlivých účastníků životního cyklu stavby:

Stavebník (Investor)

- možnost kontroly projektu a jeho nákladů ve všech jeho fázích
- rychlejší zapracování požadavků a změn
- informace zásadní pro rozhodování jsou k dispozici v dřívějších fázích
- snadnější komunikace s ostatními účastníky
- možnost zlepšit kvalitu staveb díky SW validaci parametrů a vlastnostem použitých stavebních materiálů, konstrukcí a výrobků a jejich souladu s platnými normami

Projektant / Hlavní projektant (Architekt, Inženýr, Technik)

- pohodlnější nástroje pro práci
- snadnější modifikace návrhu na základě požadavků stavebníka, statika atd.
- snadnější vytváření variant
- rychlé vizualizace (není třeba znovu vytvářet 3D model)
- rychlá odezva od statika k možnostem konstrukce
- rychlé energetické analýzy
- plynulý přechod od koncepčního modelu ke specifickému
- eliminace rizika konstrukčních kolizí

Projektant stavební části

- snadnější komunikace s projektantem / hlavním projektantem nad jedním modelem
- snadnější zapracování změn
- snadnější komunikace se stavebníkem

Projektant TZB a technologické části staveb

- *snadnější komunikace s projektantem / hlavním projektantem, statikem a projektantem stavební části nad jedním modelem*
- *snadnější zpracování změn*
- *snadnější komunikace se stavebníkem*
- *úspora při vytváření analytického modelu*
- *možnost variantního řešení*
- *možnost energetických simulací*

Statik

- *snadnější komunikace s projektantem / hlavním projektantem a projektantem stavební části nad jedním modelem*
- *snadnější zpracování změn*
- *snadnější komunikace se stavebníkem*
- *úspora při vytváření analytického modelu*

Technický a autorský dozor

- *snadnější kontrola skutečného stavu podle modelu BIM*
- *snadnější komunikace s ostatními účastníky*
- *lepší možnost zaznamenání požadavků na úpravy a změny*
- *snížení rizika špatného přenosu informací*

Rozpočtář

- *úspora času díky automaticky generovaným podkladům pro vytvoření soupisu stavebních prací, dodávek a služeb, včetně změnových řízení*
- *neustálý přístup k aktuálním informacím – přesnější ocenění*
- *možnost rychlé tvorby nákladových variant pro rozhodování*
- *přehlednější evidence dat pro finanční controlling (plán x skutečnost)*
- *rychlá klasifikace jednotlivých stavebních prvků díky jejich snazší vizualizaci v modelu*

Zhotovitel (dodavatel stavby)

- *přístup k vždy aktuální dokumentaci*
- *snadnější komunikace s projektanty jednotlivých profesí nad jedním modelem*
- *kontrola dodržování časového a finančního plánu*
- *zmenšení počtu řešení kolizí zjištěných až při provádění stavby*
- *možnost přípravy prefabrikace*
- *snadnější a přehlednější rozpis dodávek a prací realizovaných pod zhotoviteli, jejich koordinace a kontrola*
- *zpřesnění objednávání materiálu, a tím nižší produkce odpadu²²*

²² Ministerstvo průmyslu a obchodu. *Koncepce zavádění metody BIM v České republice* [online]. In: 9/2017, s. 7-9 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/2017/10/Koncepce-zavadeni-metody-BIM-v-CR.pdf>

1.5 SOFTWAREOVÁ VÝBAVA A POŽADAVKY

Software tvoří základní prvek pro práci v BIM neboli „BIM v ruce nenakreslíš“. Je důležité uvědomit si, že BIM neznámá jeden soubor z jednoho programu. Nikoliv, BIM je množina souborů, které jsou mezi sebou navzájem provázané a k jejich vypracování je zapotřebí řada softwarů v závislosti na dodavatelské dokumentaci.

Jedním ze základních aspektů při vypracovávání BIMu je ohled na software a hardware. Komplexní budovy nebo složitější objekty vytvářejí vysoké nároky na výpočetní techniku, a to může být z hlediska efektivity práce zásadním problémem. Je proto nutné už při přípravě BEPu myslet na plynulý chod softwaru a připravit jednotlivé modely a soubory tak, aby nevytvářely vysoké hardwarové nároky. V současné době je limitující především softwarová výbava, která neumí potenciál hardwaru využít naplno.

Z hlediska přípravy BIM projektů jsou v České republice nejpoužívanější tyto programy:

Modelování a tvorba dokumentace:

- Autodesk Civil 3D
nadstavba na AutoCAD určená pro návrh, modelování a zpracovávání dokumentace liniových staveb
- Autodesk Revit
nástroj pro architektonické, strukturální a inženýrské modelování, analýzy, vizualizace a dokumentaci staveb. Určen především pro pozemní stavby.
- Graphisoft Archicad
program pro 3D modelování stavebních objektů na úrovni BIM určený především pro pozemní stavby
- Nemetschek Allplan Architecture
BIM řešení pro architekty
- Nemetschek Allplan Engineering
BIM řešení pro pozemní a inženýrské stavby
- Rhino BIM
nástroj pro pokročilé 3D modelování, analýzy, dokumentování a vizualizace

Návrh a analýza statických konstrukcí:

- Autodesk Robot
- Nemetschek Scia
- Nemetschek Allplan Bridge
- Tekla

Správa, prohlížení, plánování a spolupráce:

- Autodesk Navisworks
Program pro koordinaci, prohlížení modelů, propojení harmonogramů s modelem stavby a správu ve fázi výstavby.

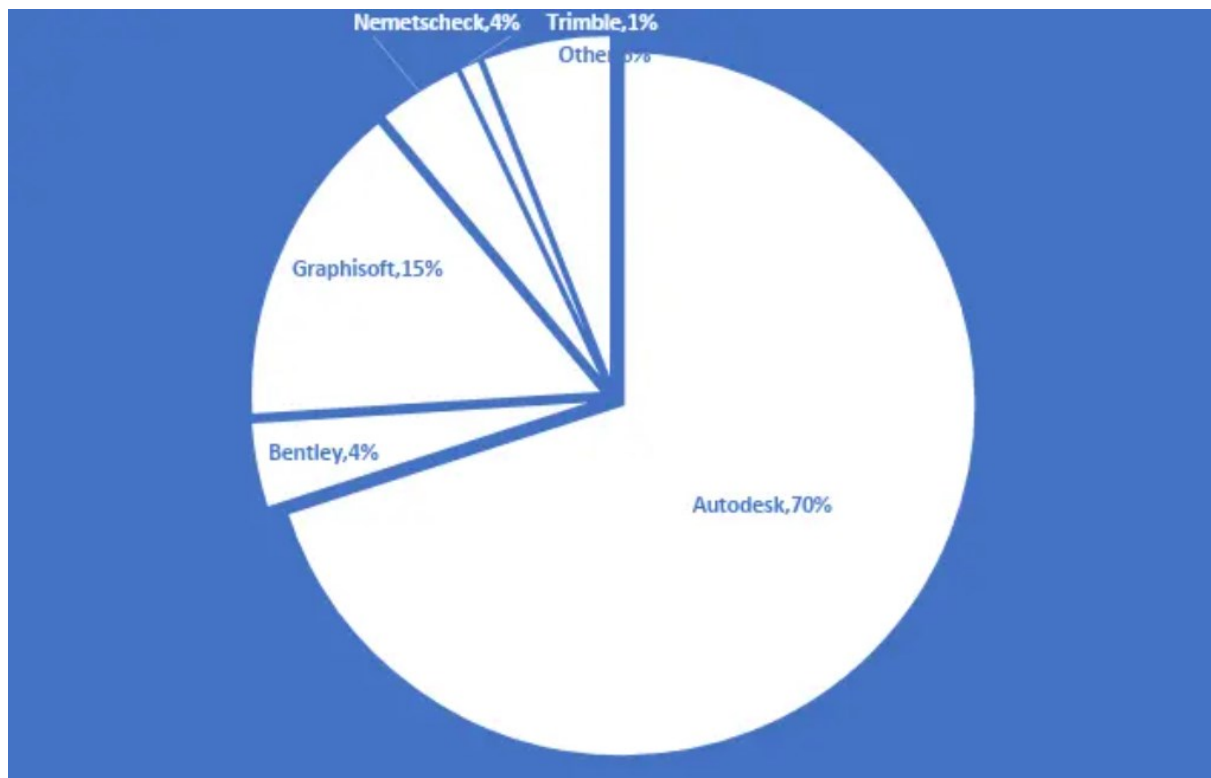
Pro spolupráci v BIM, cloudové služby a CDE prostředí:

- Autodesk BIM 360
- Nemetschek Bimplus

Algoritmické projektování:

- Autodesk Dynamo – *kompatibilní s Autodesk Revit a Civil 3D*
- Grasshopper – *kompatibilní s programem Rhino*

Celosvětově největším a nejvlivnějším dodavatelem je společnost Autodesk. Dále tu jsou produkty od společnosti Nemetschek, Graphisoft a dalších vývojářů.



Obr.13: Zastoupení užívání BIM softwarů dle jejich výrobců²³

Software je jedním z největších problémů při zavádění BIM. Jak již bylo řešeno výše, tyto programy nejsou vyvíjeny cíleně pro český trh a jejich lokalizace probíhá pouze na jazykové úrovni. Úprava pro potřeby projektantů v České republice je tvořena pouze na základě šablon a rodin. Takováto příprava je nedostatečná z hlediska efektivního používání. Mnohdy v programu chybí nástroje a funkce, které jsou zapotřebí, a tak je nutné řešení obcházet, či jinak neefektivně řešit pro dosažení cílů. Vzhledem k malé klientele uživatelů těchto programů v ČR v porovnání s jinými státy je nemyslitelné dovolat se těchto funkcí u vývojářů. Většina programů podporuje externí doplňky, které tyto funkce umí zastoupit, popřípadě je možné řešení pomocí Algoritmického projektování. Mnohdy se ale jedná o generativní příkazy, které problém řeší jen napůl. Proto je implementace BIM do projekčních softwarů zásadní otázkou při řešení BIM.

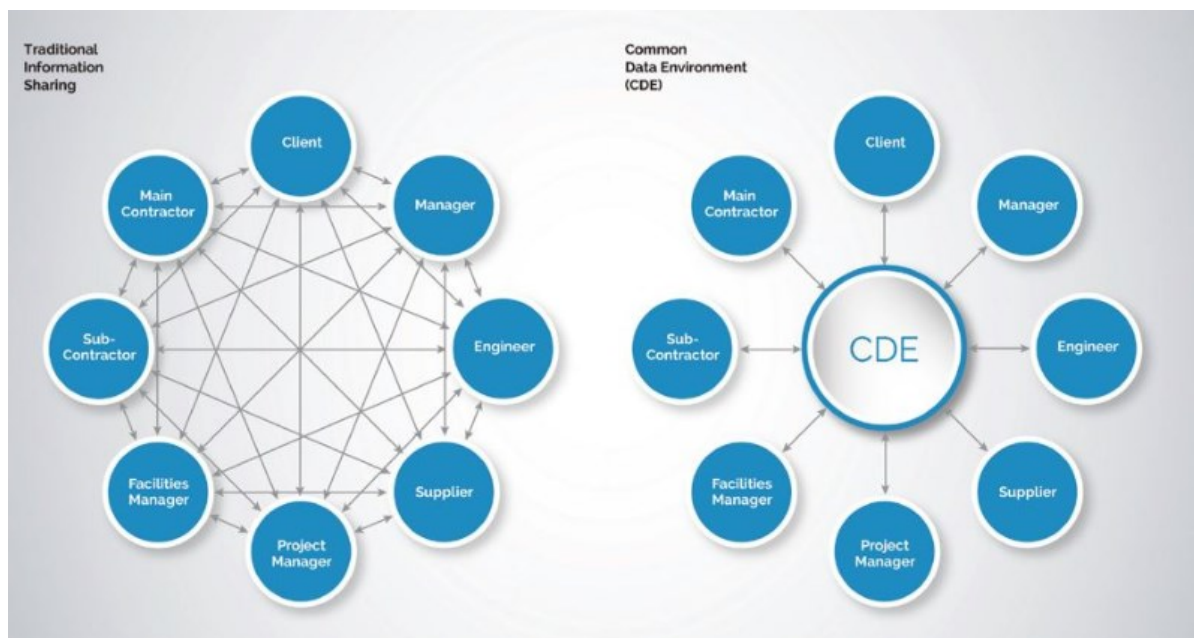
²³ THE NATIONAL BIM REPORT 2019, UNIFYLabs. [Zastoupení užívání BIM softwarů dle jejich výrobců]. In: *Revitblog* [online]. 13.9.2019 [cit. 2020-07-25]. Dostupné z: <https://www.revit3dblog.cz/nejpouzivanejsi-bim-sw/>

Dalším zásadním omezením ze strany softwaru je rychlost. V případě objemné zakázky, která nejde rozdělit na dílčí celky, dochází k vysokým nárokům na výpočetní výkon aplikace a hardware. Uvážím-li i skutečnost, že 3D modely musí být v celkovém modelu uloženy i v několika stupních LOD a tyto modely obohatíme o stovky nových parametrů a jejich hodnoty, dostávám se k názoru, že to tento software ve své současné podobě nemůže zvládnout.

Softwary jsou neustále vyvíjeny a každý rok vychází nová verze. Mnohdy jsou však jejich přínosy minimální a novinek málo. Každá společnost přistupuje k upgradu nových verzí jinak. Někteří provádí upgrade okamžitě, jakmile je nový software k dispozici. Jiní provádí upgrade například jednou za dva roky. Upgrade je také podmíněn dostupností nových verzí pluginů do projekčního softwaru, a to s sebou nese mnohé problémy. Především vzniká problém ve spolupráci se společnostmi, které pracují na jiných verzích programu, jelikož mají jinou politiku upgradu. Často je nutné čelit chybám ze strany programu a aktualizovat program k eliminaci chyb po vydání updatu. Problém může také nastat v kompatibilitě mezi skripty Dynamo a Revitem po upgradu na novou verzi, a s tím jsou spojené nutné úpravy skriptu.

1.6 SPOLEČNÉ DATOVÉ PROSTŘEDÍ

Společné datové prostředí označované jako CDE (Common Data Environment) je součástí metodiky BIM. Jeho úkolem je sjednocení dokumentace už ve fázi její přípravy. Základní myšlenkou CDE je vytvoření datové struktury, do které budou ukládány veškeré dokumenty, komunikace, procesy a 3D modely týkající se objektu už v průběhu tvorby. Většinou se jedná o cloudové uložště, které umožňuje práci na souboru přímo online a poskytuje i funkci verzování dokumentů. Každý účastník projektu musí být součástí CDE, pracovat s jeho funkcemi a čerpat z něj data jakožto jediného zdroje. Data všech účastníků musí být pravidelně aktualizována, lépe však přímo ukládána pouze do CDE. Tím je zajištěn přístup do všech dokumentů už při jejich vypracovávání. Tento prvek BIM má za úkol zefektivnit spolupráci jednotlivých profesí mezi sebou a zajistit, aby nedocházelo k práci s neaktuálními verzemi a revizemi, či chybám v komunikaci. Cloud dále nabízí nový způsob komunikace, který se odehrává mimo emailové schránky, nýbrž přímo nad modelem a nad konkrétními prvky v modelu. CDE se netýká pouze fáze projektu a výstavby, ale i fáze správy objektu. Aby bylo zajištěno užívání metodiky BIM po celý životní cyklus, musí být veškeré informace uchovány a doplňovány o nová data. V oblasti správy budovy těmito daty jsou revizní zprávy, organizace kontrol, stavební úpravy, využití atd.



Obr.14: Způsob předávání dat, běžná komunikace vs. CDE²⁴

²⁴ GONZALEZ, Javier. Common Data Environment. In: *Bimcommunity.com* [online]. 16.4.2018 [cit. 2020-07-25]. Dostupné z: <https://www.bimcommunity.com/news/load/762/bim-needs-more-than-the-common-data-environment-cde>

1.7 IMPLEMENTACE BIM A PRACOVNÍCH POSTUPŮ

Základem kvalitního BIM projektu jsou jednoznačné pracovní postupy a předpisy pro vypracování BIM modelu. K tomu by měl sloužit zadávací dokument BEP, který podrobně předepisuje postup vypracování BIM modelu. Z hlediska vypracování celého modelu může být zadání BEP nedostatečné ve své podrobnosti v mnoha krocích, proto je zapotřebí sestavit firemní vzor, předpis či návod, který doplní BEP, a zajistí jednotnou úroveň a podobu dokumentace. Takovýmto vzorem můžeme chápat předpřipravený výkaz v Revitu nebo Excelu, který je pouze doplňován o informace. Předpisem či návodem rozšiřujícím BEP bychom mohli uvažovat například předpis na vypracování modelu, například pylonu – z kolika částí se skládá, jak je rozdělován a proč, v souvislosti s vykazováním a potřebou plynoucí z negrafických informací.

Důležitá je také určitá standardizace postupů na úrovni projekční společnosti. Není vhodné, aby jedna věc byla vypracována různými způsoby. Každý projektant má své určité návyky a postupy, které uplatňuje při vypracování dokumentace. Není účelem tyto zvyky odstraňovat a zcela nahrazovat novými předepsanými postupy, nýbrž je pouze usměrnit pro zajištění toho, aby se každý projektant rychle a bez pomoci vyznal v práci svého kolegy či spolupracovníka z jiné profese.

Dalším, nyní již většinou překonaným, krokem je přechod z prostředí Autodesk AutoCADu (dále jen AutoCAD), tedy prostředí 2D do prostředí 3D, které nabízí například programy Autodesk Civil 3D (dále jen Civil 3D) a Autodesk Revit (dále jen Revit). Civil 3D je nadstavba na AutoCAD a v tomto případě pouze rozšiřuje jeho funkce. Na rozdíl od toho Revit je zcela jiný samostatný program, který pracuje na zcela jiných základech. Tento přechod je značně obtížný, jelikož se velice často uživatelé neradi vzdávají funkcí a nástrojů, které fungují dobře. Příkladem bych uvedl základní nástroj pro práci v AutoCADu, a sice hladiny. Hladina je množina čar, poznámek, kót atd., kterou uživatel vytvořil a přiřadil jí jednotlivé entity dle vlastní potřeby. Na základě hladin upravuje styl a barvu čar, viditelnost a další. Revit funkci hladin nemá, jelikož pracuje zcela jiným způsobem. Revit řadí jednotlivé prvky do kategorií, které jsou již pevně dané a nelze je uživatelem měnit. Na základě kategorií a filtrů je následně upravována grafika a výsledný výstup.

Pro zajištění požadované úrovně, formy a podoby výstupu projekční společnosti jsou výše zmíněné předpisy doplněné o šablony projektů a vlastní katalog modelů, které mají odpovídající grafickou prezentaci. Pouze tak lze dosáhnout jednotné podoby výstupů napříč

pracovními skupinami. Důležitým přínosem je tak vyšší efektivita práce, jelikož projektanti pracují již v přednastaveném prostředí, ať už se bavíme o grafických symbolech (například značka řezu, pohledu atd.), přednastavených poznámkách a popiskách, anebo připravených a načtených výkresech, resp. rozvržení.

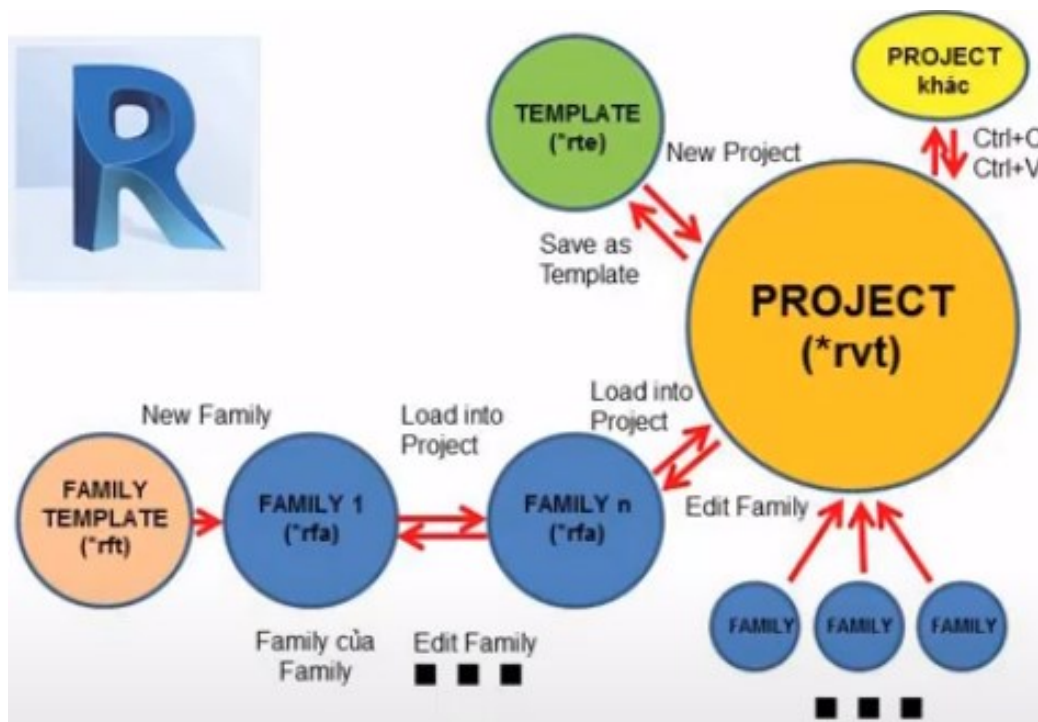
1.8 PŘÍPRAVA PROJEKČNÍCH DATABÁZÍ

Vzhledem ke skutečnosti, že BIM pracuje s 3D modely v podrobnosti dle LOD, jsou vytvářeny vysoké nároky na množství prvků v modelu, které můžeme nazývat komponenty modelu. Každý prvek musí mít vlastní model a specifické negrafické informace, resp. parametry, ty jsou vytvářeny v rámci šablony, která je připravena před započítáním projektu. Tyto parametry jsou vytvářeny pro jednotlivé kategorie prvků a nemusí být součástí 3D modelu jakožto samostatného souboru. V tomto ohledu tedy vyšší nároky nevznikají, v ohledu samotného modelu však ano. Vše závisí na úrovni LOD. Jedná-li se o LOD 100, můžeme za uvažovaný prvek dosadit libovolnou komponentu, která bude skutečný prvek zjednodušovat na kvádr s odpovídajícími vnějšími rozměry. Na úrovni LOD 200–300 lze uvažovat, že plánovaný prvek bude zastoupen modelem přibližně odpovídajícího charakteru, který bude využit ať už z vlastní knihovny komponent, implicitních prvků, nebo stažen z internetu. Ve stupni LOD 400 a 500 už model musí odpovídat své skutečné podobě a je i v rámci dokumentace podrobně specifikován, tedy je známa jeho přesná podoba, na rozdíl od LOD 300 a méně.

Zmíněná skutečnost vytváří požadavek na přípravu konkrétních komponent. V lepším případě jsou tyto komponenty vytvořeny samotným výrobcem, v horším případě si je musí projektant připravit sám. To klade nároky na znalosti a zkušenosti projektanta pro vytváření těchto modelů. Nároky jsou o to vyšší, bavíme-li se o rodině, která je částečně, či dokonce plně parametrizovaná. Parametrizovaná komponenta 3D prvku neboli rodina, dle terminologie Autodesk Revit, je taková rodina, která umožňuje její tvarovou a grafickou změnu na základě přidáných řídicích vstupních parametrů (například parametr výška, šířka a délka, které mění její rozměry). Tyto parametry mohou být doplněny o algoritmus, který přepočítává vstupní parametry na potřebné hodnoty.

S ohledem na výše uvedené není možné, aby se běžný projektant zabýval problematikou BIM, přípravou šablon projektů a také modely prvků. Vzhledem k tomu se pro větší projekční společnosti jeví jako nejlepší cesta, aby tato témata řešil projektant vyčleněný z pracovních týmů, který se zabývá pouze podporou všem pracovním týmům v oblasti BIM.

K této problematice se vrátíme v tématu 2.3.



Obr.15: Souborová struktura Revit²⁵

1.9 VÝSTUP V ÚROVNI BIM

Životní cyklus stavby se sestává z několika fází. Při přechodu na další fázi cyklu je zapotřebí data archivovat a předat. Mluvíme-li o BIM projektu zpracovávaném pomocí CDE, je tento krok nezbytný učinit tak, aby nedošlo ke ztrátě dat. Jsou to data tvořící výstupní dokumentaci, ale také data, která vznikla v průběhu vypracovávání projektu a nebyla použita jako data výstupní. Příkladem bychom mohli uvést variantní návrhy řešení, kdy byl model nebo jeho část zpracován v několika variantách, ale odladěna a vybrána byla pouze jedna varianta. Ostatní varianty návrhu jsou stále součástí návrhu a tvoří součást dokumentace, která by měla být zachována i za cenu vyšších nároků na úložiště.

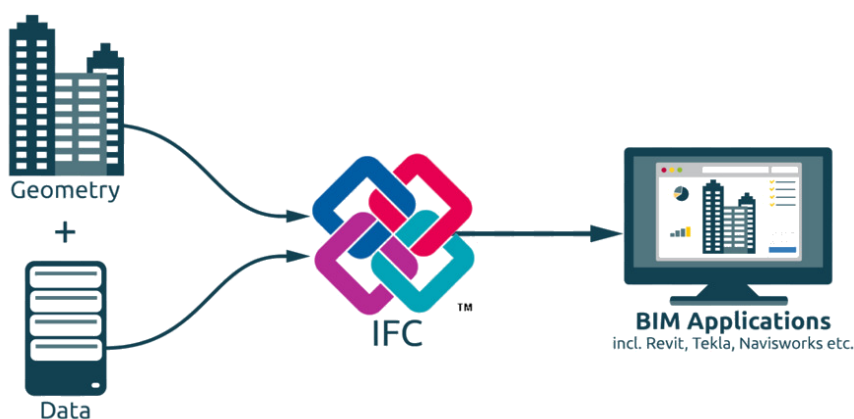
²⁵ Thuỳ Khê Lương. Revit KT Sự liên hệ giữa RVT-RTE-RFA-RFT. In: *Youtube.com* [online]. 17.10.2018 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?reload=9&v=K8x1R1M5u5E>

Data jsou tvořena celou řadou formátů. Mohou jimi být otevřené formáty jako textové soubory typu Word, Excel, zdrojové soubory projekčních programů a dokumenty ve formátu PDF a další. Je vhodné vydávat veškerou dokumentaci v otevřeném i uzavřeném formátu. Uzavřený formát je vhodný pro prohlížení, tisk, zajišťuje požadovanou podobu a je čitelný na všech zařízeních, tedy nepotřebuje další softwarovou výbavu. Otevřený formát je vhodný pro další manipulaci v případě správy nebo stavebních úprav objektu.

Zdrojové formáty projekčních programů, které obsahují model objektu, jsou otevřené formáty, které je zapotřebí vydávat i v uzavřeném formátu, aby byla zajištěna čitelnost v jiných programech. Proto bylo potřeba stanovit univerzální formát. Pro tento účel byl globálně zvolen formát IFC.

Formát IFC umožňuje převádět geometrii modelu na jednotlivé hmoty a uchovat jejich negrafické informace. Například při exportu z programu Revit, ve kterém je geometrie tvořena pomocí jednotlivých nástrojů jako stěny, patky, sloupy atd., jsou tyto elementy převedeny na model v takové podobě, jaká je ve výstupním pohledu. Modely prvků ztratí své schopnosti editace a stává se z nich obecná geometrie, která si nese své informace.

Stejně jako možnost exportu je zapotřebí možnost importu jiných modelů ve formátu IFC do vlastního projektu. V případě, že je importovaný soubor původem z totožného programu, lze pomocí zachovaných informací model převést zpět na původní prvky, tedy stěnu, patku, sloup atd. Tím je umožněna jejich editace a další zpracovávání modelu. V případě složitějších prvků, které byly vytvořeny na základě složitější rodiny, je model převeden na tzv. directshape, jenž je rodinou dané kategorie bez možnosti úprav.

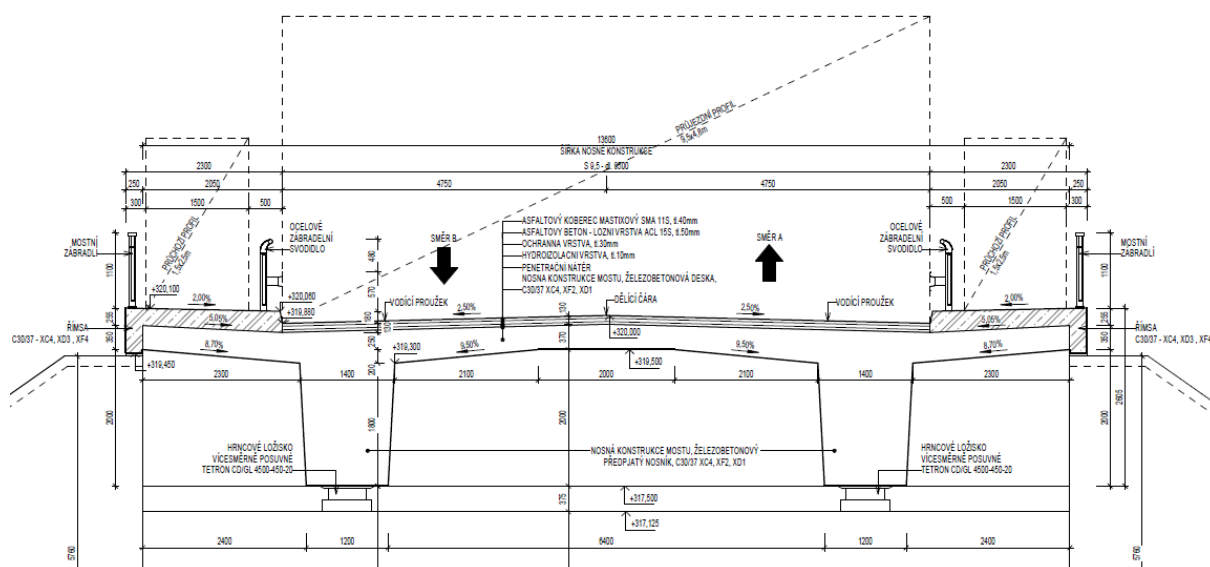


Obr.16: Formát IFC²⁶

²⁶ BIM News: Last trends of the AECO sector. In: *Bimcommunity.com* [online]. 12.7.2018 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://www.bimcommunity.com/news/load/910/ifc-why-now>

1.10 PRAKTICKÁ UKÁZKA, POROVNÁNÍ

V této části se zaměříme na ukázkou dokumentace na úrovni BIM ve stupni 3D, v porovnání s 2D a 3D dokumentací. První ukáзка bude provedena na projektu mostu, který jsem vypracoval jako semestrální práci. Jedná se o železobetonový most o jednom poli převádějící komunikaci S9,5/90 přes komunikaci D21,5/110.



Obr. 17: 2D výkres²⁷

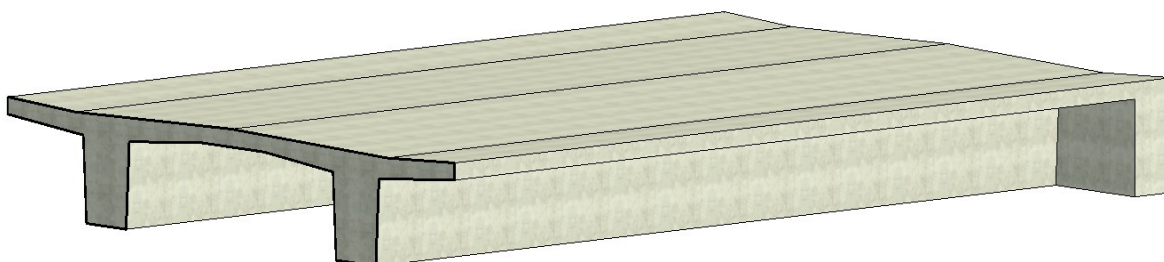
Dokumentace na úrovni 2D se sestává z jednotlivých křivek, čar a výplní opatřených popiskami jako jsou texty a kóty. Každá jednotlivá část objektu je kreslena samostatně za možnosti podkládání existujícími výkresy. Nevzniká tak ucelený model, ale sada samostatných kreseb, které se musí při každé změně revidovat a opravovat.

Další úroveň je 3D model. Zde se vytváří model stavby, který se v průběhu projektování upřesňuje a dopracovává. Z tohoto modelu jsou generovány řezy ať už půdorysné, nebo svislé, a pohledy, které se následně opatří o 2D popisky jako jsou texty a kóty. Zmíněnými texty jsou například popisky skladeb, popisky označení atd. Texty udávají informaci o nějakém prvku či skupině prvků. Tato informace je však uvedena pouze na daném pohledu jako 2D poznámka a není informací obsaženou v odkazovaném prvku. Už na úrovni 3D jsme schopni díky modelu pracovat s objemy a množstvím jednotlivých prvků.

BIM na stupni 3D můžeme chápat jako 3D model doplněný o negrafické informace, tedy výše uvedené textové popisky v metodice BIM nejsou pouze 2D informací na výkrese. Jedná se

²⁷ Zdroj: autor

o informaci, která je uložena jako parametr prvku a následně interpretována na výkrese za pomoci popisky, která vypisuje tuto hodnotu.



Obr.18: Nosná konstrukce řešeného mostu²⁸

V rámci této ukázky jsem na základě prozatímní verze (září 2019) datového standartu vydaného Státním fondem dopravní infrastruktury implementoval datový standard předepsaný pro nosnou konstrukci mostu ve stupni projektové dokumentace PDPS. Tyto parametry lze doplňovat a dále rozvíjet až už pro potřeby výstavby, projekce, nebo facility managementu.

Nyní má prvek své geometrické vlastnosti, polohopisné vlastnosti a negrafické informace, tedy veškeré informace týkající se tohoto prvku jsou obsaženy v něm samém a není zapotřebí vytvářet další ručně psané výkazy, jelikož v rámci modelu jsme schopni vykazovat veškeré komponenty a výkazy organizovat dle našich potřeb na základě všech jeho parametrů.

V dalších stupních nD by byl prvek doplňován o další informace a na základě těchto dat zpracováván.

Fáze vytvoření	Nová konstrukce
Fáze demolice	Žádná
Parametry IFC	
E1_Zahájení	
E1_Ukončení	
E1_Doba trvání	20, 6, 1
E1_Způsob stanov...	Plánovaný
E1_Etapa výstavby	S1
F1_Fáze	Trvalý stav
S4_Typ betonářsk...	B500B
S4_Reference	
S4_Návrhová život...	50 let
S4_Množství beto...	
S4_Beton	C30/37
S4_Typ předpínací...	Y1770
S4_Množství před...	
S4_Referencované...	D.1.2.10 - Výkres v...
I1_Označení stave...	SO01
I1_Označení podo...	01
I1_Označení části ...	A
I1_Fáze projektu	PDPS
I1_Číslo stavebníh...	01.1
I1_Staničení od	0,000 km
I1_Staničení do	0,031 km
I1_Klasifikační syst...	URS
I1_Označení polož...	NS01
M3_Objem	360,73 m3
M3_Způsob stano...	objemová metoda
Z1_Textura/barva	200;90;20
Z1_Třída přesnosti	P2

Obr.19: Parametry mostovky²⁹

²⁸ Zdroj: autor

²⁹ Zdroj: autor

Skutečnost, že veškeré informace o prvku jsou obsaženy v samotném prvku, je velice důležité i z hlediska spolupráce. Při spolupráci na CDE jsou tyto informace dostupné po jejich zadání již v průběhu přípravy projektu, a tak jsou dostupné pro další spolupracovníky a jiné profese, kteří dané specifikace potřebují. Příkladem bych uvedl břemeno, které má nějaké rozměry a váhu. Váha je důležitá informace z hlediska statiky, a je tak dostupná pro jasnou specifikaci.

Další ukázka bude zaměřena na využití definic LOD. K tomuto účelu nejlépe poslouží obrázek č. 8 na straně 24. Obrázek jsem vypracoval na základě dostupných informací a mého předpokladu o způsobu aplikace LOD a přiřadil jsem k nim odpovídající stupně projektové dokumentace. Vzhledem k tomu, že DPS (neboli PDPS) má vyšší požadavky na geometrické i negrafické informace než DSP, lze uvažovat potřebu zavedení dalšího stupně, resp. mezistupně LOD 350, který bude definovat rozdíl mezi podrobností těchto dokumentací.

Při stupni LOD 100 předáváme pouze informaci o přibližné podobě a umístění prvku, v tomto případě silničního svodidla. Prvek nahrazujeme dostupnou komponentou přibližného tvaru s odpovídající funkcí v rámci konceptu nebo studie za účelem prezentace myšlenky. Požadavky na prvek a další informace v tento okamžik nejsou známy. V dalším stupni LOD 200 řešíme koncepčně celý úsek stavby a potřebujeme předávat informaci, že prvek svodidlo má přibližně tyto vnější rozměry a je umístěno v těchto místech, bez důrazu na jeho geometrickou podobu a specifikaci vlastností. Prvek neslouží ke grafické prezentaci (například pro účely vizualizace), a proto může být podrobnost 3D modelu nižší, než ve stupni LOD 100. Na úrovni LOD 300 je zapotřebí přesnější specifikace prvku. Je znám přesný vnější rozměr a tvar. Také jsou definovány požadavky na vlastnosti a součásti, ze kterých se prvek skládá, jejich počty, způsoby povrchové úpravy, druh materiálu výrobku a další vlastnosti požadované pro účely DSP, nebo DPS. V příkladu silničního svodidla tak bude v modelu umístěna komponenta požadovaného tvaru a rozměru, která bude obohacena o parametry požadovaných informací. LOD 400 je stupněm, který odpovídá RDS, nebo DSPS. Oproti informacím z předchozích stupňů známe i konkrétní prvek konkrétního výrobce a jeho přesnou výrobní specifikaci. Výrobní dokumentace nemusí být zpracovávána pouze v rámci vypracovávání dokumentace objektu. Může se jednat o připravený prvek, který byl pouze umístěn v projektu. Například silniční svodidlo je již připraveno a nabízeno jako hotový výrobek. V rámci metodiky BIM je zapotřebí tyto již připravené informace přenést do projektu. Jako například prohlášení o vlastnostech, certifikace, výrobní dokumentace atd., které je nutné navázat na konkrétní prvek nebo skupinu prvků tak, aby byly součástí prvku. V posledním stupni LOD 500 jsme již v oblasti správy objektu a facility managementu. Prvek

je definován na základě předchozích stupňů a nyní je obohacován o informace plynoucí ze správy objektu. BIM je zdrojem všech informací pro správu, údržbu a opravu prvku a poskytuje úložiště dalších informací plynoucích z jeho používání. Příkladem bych uvedl silniční svodidlo, které bylo v rámci rekonstrukce úseku opravováno a sloupky byly opatřeny modrým ochranným nátěrem. Informace o barvě nátěru bude uvedena jako parametr prvku včetně konkrétního odstínu a data provedení. Dále uvažujme porušení prvku a výměnu části svodidla za nové (na obr. č. 8 na str. 24 označeno žlutě). V tomto případě bude vytvořen parametr údržby s informací, kdy byla oprava provedena, jaký byl vyměněn prvek, v jakém místě a z jakého důvodu.

Tímto dostáváme ucelenou metodiku správy dat, která předchází ztrátě informací a optimalizuje proces přípravy projektové dokumentace, výstavby a správy. V porovnání s klasickým způsobem předávání dokumentace (papírové, pdf či dwg výkresy) mezi jednotlivými fázemi životního cyklu stavby plyne jasný benefit. Způsob nakládání s informacemi, ty jsou vždy vztaženy a obsaženy v prvku. Oproti klasické dokumentaci, kdy je prvek zakreslen ve výkrese, vykázán na výkazu a rozkreslen v detailu. Jedná se tak o tři a více zdrojů informací, které musí být aktualizovány vlivem změny ve všech zdrojích a vytváří se tak prostor pro chyby a nedostatky ať v rámci přípravy projektu, nebo vlivem komunikace mezi jednotlivými účastníky stavby.

Je otázkou, zda stupně LOD budou zavedena v rámci metodiky BIM v dopravních stavbách. Dokument Koncepce zavádění metody BIM v České republice s touto definicí uvažuje a dále rozvíjí na LOI (level of information) a LOG (level of geometry). Dokumenty vydané SFDI, které předepisují BIM, nepoužívají stupně LOD a datový standard stavby definují na základě úrovně projektové dokumentace.

Pro další porovnání práce v BIM a předchozí metody projektování bych uvedl vlastní zkušenost z oboru pozemních staveb. Uvažujme v tomto případě projekt osmi patrového objektu, který bude sloužit jako obchodní centrum a hotel. Objekt této velikosti obsahuje mnoho prvků, které jsou specifikované na základě požadavků na jejich vlastnosti, funkčnost a provoz. Těmito prvky jsou například dveře, kterých je v tomto objektu 838 kusů. Dveře jsou vhodnou ukázkou, jelikož mají mnoho specifikací a požadavků na vlastní parametry.

Při práci ve 2D nebo ve 3D bez aplikace BIM metody bychom postupovali následujícím způsobem. Při vypracovávání projektu bychom v příslušném místě nakreslili dveře za pomoci čar, použili blok dveří nebo umístili rodinu dveří do modelu. Při zakreslování bychom uvedli

parametry jako šířka, výška, počet křídel, jejich rozměr a orientace. V případě 3D modelování bychom nastavili i odpovídající tvar křídla dveří a materiál tak, aby se v pohledech vykresloval co nejpodobněji zamýšlenému výrobku. Tímto jsme prvek dveří obohatili pouze o základní parametry nezbytné ke správné grafické interpretaci. V případě potřeby dveře vykazovat je při kreslení ve 2D zapotřebí provádět ruční přepočty prvků, zapisovat jejich počty a rozměry do tabulky, většinou za použití MS Excel. V případě 3D modelu si můžeme pomoci tím, že tyto prvky vykážeme na základě uvedených parametrů, tento výkaz použijeme jako vstupní data do tabulky, kterou následně musíme „ručně“ doplnit o další informace a v případě změny vyhledávat změněné položky a měnit je. To s sebou nese riziko mnoha chyb při změnách v projektu a nesoulad mezi výkresy a výkazy. V případě chybné specifikace a nutnosti jejich výměny za nové vznikají náklady okolo 5 tisíc korun na běžné dveře vnitřní a 15 tisíc korun pro dveře vstupní. S ohledem na množství dveří v objektu je toto riziko velice vysoké.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	VÝKAZ DVEŘÍ A VRAT												
	Osnažení		Osnažení v tendru	Popis	Rozměry [mm]	Stavební otvor [mm]	Z místnosti	Do místnosti	Orientace	Prosklení	Zárubeň	Vrchní kování	Panika
2													
3	1.PP												
	D1P	001		Jednokřídlé otočné ocelové dveře, plně, hladké, povrchová úprava práškovou technologií - RAL 7047	900 x 2100	1000 x 2150	0.01	0.11	P		Z9	KLKO-1	
4	D1P	002		Jednokřídlé otočné ocelové dveře, plně, hladké, povrchová úprava práškovou technologií - RAL 7047	1100 x 2100	1200 x 2150	0.228	0.25	L		Z8	KLKO-1	
5	D1P	003		Jednokřídlé otočné ocelové dveře, plně, hladké, povrchová úprava práškovou technologií - RAL 7047	1000 x 2100	1100 x 2150	0.226	0.10	L		Z8	KLKL-1	
6	D1P	004	Z4.1.5	Jednokřídlé otočné ocelové dveře, plně, hladké, povrchová úprava práškovou technologií - RAL 7047	900 x 2100	1000 x 2150	0.01	0.12	P		Z9	KLKO-1	
7	D1P	009		Jednokřídlé otočné ocelové dveře, plně, hladké, povrchová úprava práškovou technologií - RAL 7047	900 x 2100	1000 x 2150	0.14	0.16	L		Z9	KLKL-1	
8	D1P	010	Z4.1.2	Jednokřídlé otočné ocelové dveře, plně, hladké, povrchová úprava práškovou technologií - RAL 7047	900 x 2100	1000 x 2150	0.14	0.01	L		Z8	KLKL-1	
9	D1P	011	Z6.1.4	Jednokřídlé otočné ocelové dveře, plně, hladké, povrchová úprava práškovou technologií - RAL 7047	1100 x 2100	1200 x 2150	0.16	0.01	L		Z8	KLKO-1	
10	D1P	012	Z6.1.4	Jednokřídlé otočné ocelové dveře, plně, hladké, povrchová úprava práškovou technologií - RAL 7047	1100 x 2100	1200 x 2150	0.23	0.219	P		Z8	KLKO-1	
11	D1P	013	Z7.1.1	Dvoukřídlé otočné ocelové dveře, plně, hladké, povrchová úprava práškovou technologií - RAL 7047	1500 x 2100	1600 x 2150	0.17	0.01	P		Z8	KLKL-1	KZ
12	D1P	014		Dveře vnitřní otočné jednokřídlé, ocelový rám s pleťovou výplní, součástí dodávky systému pleťových kójí (např. Troax), RAL 7021	1000 x 2100	1100 x 2150	0.02	0.01	P			KLKO-1	
13	D1P	015	Z7.1.1	Dvoukřídlé otočné ocelové dveře, plně, hladké, povrchová úprava práškovou technologií - RAL 7047	1500 x 2100	1600 x 2150	0.04	0.01	P		Z8	KLKL-1	KZ
14	D1P	016	Z7.1.1	Dvoukřídlé otočné ocelové dveře, plně, hladké, povrchová úprava práškovou technologií - RAL 7047	1500 x 2100	1600 x 2150	0.03	0.01	L		Z7	KLKL-1	KZ

Obr. 20: Výřez výkazu dveří prováděný v Excelu³⁰

V případě zpracování projektu na úrovni BIM je situace odlišná. Při zpracování modelu jej doplňujeme o dveře a další prvky. V prvních fázích dveře specifikujeme pouze na úrovni rozměrů a podoby. V dalších fázích projektu prvky zpřesňujeme na základě požadavků stavebníka, architekta nebo dalších profesí. Tyto nové informace na rozdíl od dřívějšího postupu doplňujeme postupně tak, jak byly předány. Jsou doplňovány jako parametr dveří,

³⁰ Zdroj: autor

jako informace obsažená přímo v prvku. Z toho vyplývá, že na rozdíl od dřívějších postupů odpadá potřeba vytvářet tabulky a ručně je doplňovat o informace, většinou ve finální fázi projektu najednou. Výkazy v metodice BIM generujeme přímo z modelu včetně jejich parametrů, a tím je zajištěn soulad mezi informací ve výkazu i modelu. Také odpadá povinnost úpravy prvku ve výkrese a tabulce při změně. Tím, že z procesu byla vyřazena duplicitní práce a potřeba ručního přepočítávání a přepisování prvků, dosahujeme vyšší efektivity a přesnosti. S ohledem na postupné doplňování údajů dostáváme v průběhu provádění dokumentace vyšší míru specifikace prvků, a zcela odpadá nutnost přípravy tabulkových výkazů. I přes to, že bude více času investováno do přípravy modelu, právě z důvodu doplňování informací o prvku, se v porovnání s dřívější metodou jedná o zásadní úsporu času.

VÝKAZ DVEŘÍ - VNITŘNÍ X												
												<VÝKAZ DVEŘÍ
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Koment	Ozna	Označe	Popis	Rozměry [mm]	Stavební otvor	Z míst	Do míst	Orien	Prosk	Záru	Vrchní kov	Panik
1.PP												
D1P	001		Jednokřídlé otočné ocelové dveře, plně,	900 x 2100	1000 x 2150	0.01	0.11	P		Z9	KLKO-1	Pk
D1P	002		Jednokřídlé otočné ocelové dveře, plně,	1100 x 2100	1200 x 2150	0.228	0.25	L		Z8	KLKO-1	
D1P	003		Jednokřídlé otočné ocelové dveře, plně,	1000 x 2100	1100 x 2150	0.226	0.10	L		Z8	KLKL-1	
D1P	004	Z4.1.5	Jednokřídlé otočné ocelové dveře, plně,	900 x 2100	1000 x 2150	0.01	0.12	P		Z9	KLKO-1	
D1P	010	Z4.1.2	Jednokřídlé otočné ocelové dveře, plně,	900 x 2100	1000 x 2150	0.14	0.01	L		Z8	KLKL-1	
D1P	011	Z6.1.4	Jednokřídlé otočné ocelové dveře, plně,	1100 x 2100	1200 x 2150	0.16	0.01	L		Z8	KLKO-1	
D1P	012	Z6.1.4	Jednokřídlé otočné ocelové dveře, plně,	1100 x 2100	1200 x 2150	0.23	0.219	P		Z8	KLKO-1	
D1P	013	Z7.1.1	Dvoukřídlé otočné ocelové dveře, plně,	1500 x 2100	1600 x 2150	0.17	0.01	P		Z8	KLKL-1	KZ
D1P	014		Dveře vnitřní otočné jednokřídlé, ocelový,	1000 x 2100	1100 x 2150	0.02	0.01	P		Z8	KLKO-1	
D1P	015	Z7.1.1	Dvoukřídlé otočné ocelové dveře, plně,	1500 x 2100	1600 x 2150	0.04	0.01	P		Z8	KLKL-1	KZ
D1P	016	Z7.1.1	Dvoukřídlé otočné ocelové dveře, plně,	1500 x 2100	1600 x 2150	0.03	0.01	L		Z7	KLKL-1	KZ
D1P	017		Dvoukřídlé otočné ocelové dveře, plně,	1400 x 2100	1500 x 2150	0.08	0.01	L		Z8	KLKO-1	Pk,KZ
D1P	018	Z2.3.1	Jednokřídlé otočné ocelové dveře, plně,	700 x 2100	800 x 2150	0.24	0.05	P		Z9	KLKL-1	
D1P	019	Z2.1.1	Jednokřídlé otočné ocelové dveře, plně,	700 x 2100	800 x 2150	0.01	0.07	L		Z8	KLKL-1	
D1P	020		Dvoukřídlé otočné ocelové dveře, plně,	1400 x 2100	1500 x 2150	0.08	0.05	L		Z8	KLKL-1	
D1P	022	Z4.1.1	Dvoukřídlé otočné ocelové dveře, plně,	1400 x 2100	1500 x 2150	0.05	0.22	L		Z7	KLKO-1	Pk,KZ
D1P	026		Jednokřídlé otočné ocelové dveře, plně,	1000 x 2100	1100 x 2150	0.20	0.22	P		Z7	KLKL-1	Pk

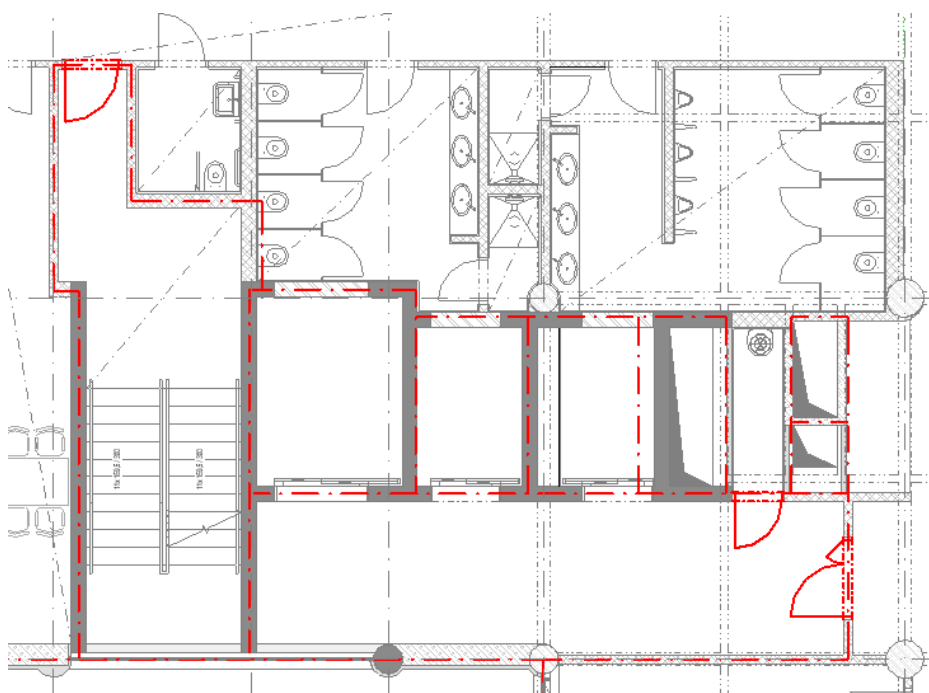
Obr.21: Výřez výkazu dveří generovaný z Revitu³¹

Díky metodice BIM můžeme uplatnit nový nástroj, kterým je kontrola a analýza modelu. Potřebujeme-li provést kontrolu prvků, v našem případě dveří, zda mají správně uvedené například požární odolnosti z důvodu změny požárních úseků, lze aplikovat dva způsoby řešení. Tradičním řešením by bylo otevřít tabulkový výkaz a kontrolovat položku po položce na základě čísla označení. Tento postup by byl velice zdlouhavý, náročný na přesnost a pozornost. Díky metodice BIM můžeme aplikovat jiný, mnohem efektivnější postup. Vytvoříme pracovní půdorys, ve kterém bude upravena grafika tak, aby potlačila veškeré

³¹ Zdroj: autor

informace a zvýraznila dveře, které mají uvedenou požární odolnost. Pouhým rychlým pohledem na půdorys zjistíme, zda jsou dveře na hranici požární zóny (na obrázku níže značeno červenou čerchovanou čarou) zvýrazněné, nebo nikoliv. Tento postup bychom mohli aplikovat na mnoho dalších případů a lze jej upravit podle vlastních potřeb.

Také můžeme ověřovat a pracovat s parametry na základě jiných parametrů. Příkladem bych uvedl potřebu ověřit, zda dveře s určitou požární odolností mají uvedenou padací lištu, nebo samozavírač. V tomto případě lze vygenerovat výkaz dveří pouze s uvedenou požární odolností a seskupit položky tak, abychom dostali pouze jedinečné hodnoty. Opět i tento postup managementu parametrů lze provádět v mnoha dalších případech. Dále můžeme využít analytické nástroje či skripta pro automatizaci práce a nechat potřebné parametry doplnit automaticky na základě daného předpisu.



Obr.:22: Úprava zobrazení za účelem kontroly v Revitu³²

S ohledem na výše uvedené je jednoznačné, že metodika BIM přináší významné zvýšení přesnosti, úsporu času a odstraňuje z pracovních procesů mnohdy neoblíbené činnosti příprav a vypracování částí dokumentace. BIM přináší i další vylepšení pracovních postupů, které již byly zmíněny a jako celek umožňuje vytvářet projektovou dokumentaci v kratším čase, nebo sestavovat pracovní týmy s menším množstvím pracovníků.

V rámci objektu, který byl předmětem třetí ukázky, nebyly při realizaci stavby nahlášeny žádné chyby v počtu, množsví nebo jiných informací a vlastností u žádných z 838 dveří.

³² Zdroj: autor

2. ALGORITMICKÉ PROJEKTOVÁNÍ

2.1 DEFINICE

Projektant je ve své práci omežován mnoha faktory – financemi na projekt, časovou tísňí, nedostatkem průzkumů, podkladů a dat, pracovních kapacit, nedostatkem vzdělání či talentu a také tím, že software, ve kterém pracuje, „to prostě neumí“. Mnohdy se jedná o banální záležitosti, které jsou neefektivně doplňované, nebo složitější úkony, které zaberou značný čas strávený nad projektem. Aby byl čas projektanta využíván efektivně ke kreativní činnosti, a ne k „manuální“ činnosti bezmyšlenkovitého klikání, vznikla nová funkce, a sice Algoritmické projektování.

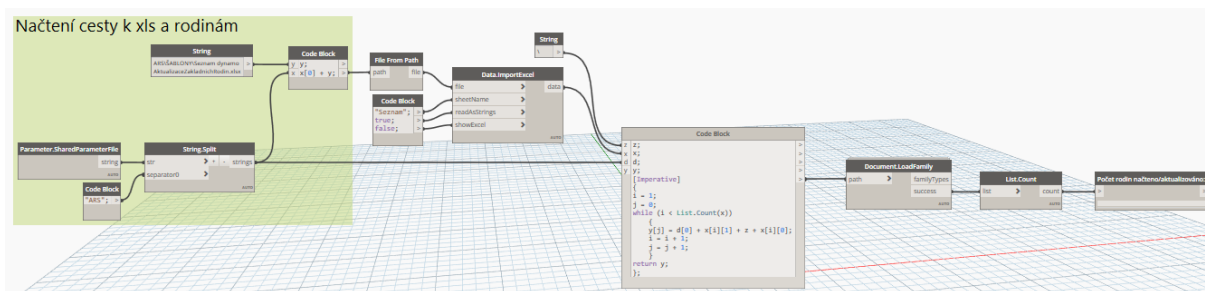
Tímto nástrojem je Autodesk Dynamo (dále jen Dynamo), který je zakomponován do programu Revit a nyní i Civil 3D.



Dynamo umožňuje vytvářet vlastní skripta, která po spuštění provedou definované úkony a operace za zlomek času, a tím šetří čas projektanta.

2.2 ROZSAH A ZPŮSOB POUŽÍVÁNÍ

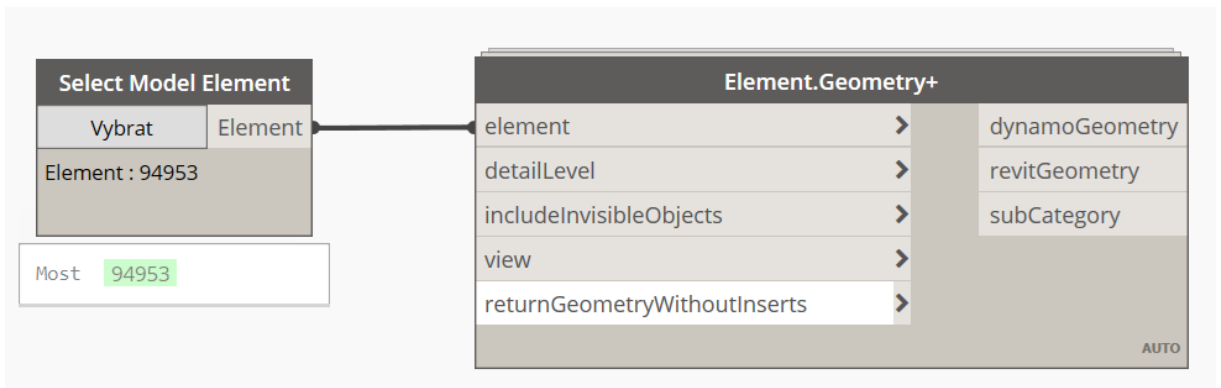
Každý úkon, který provádíme při vypracovávání dokumentace, nejedná-li se o kreativní fázi, se sestává z jednotlivých po sobě jdoucích kroků na základě zadaných vstupních kritérií a podmínek. Zásadním kritériem je to, zda jsme schopni tento proces charakterizovat a zapsat do skriptu, který se sestává z jednotlivých uzlů, pomocí aplikace Dynamo.



Obr. 23: Ukázka Dynamo skripta³³

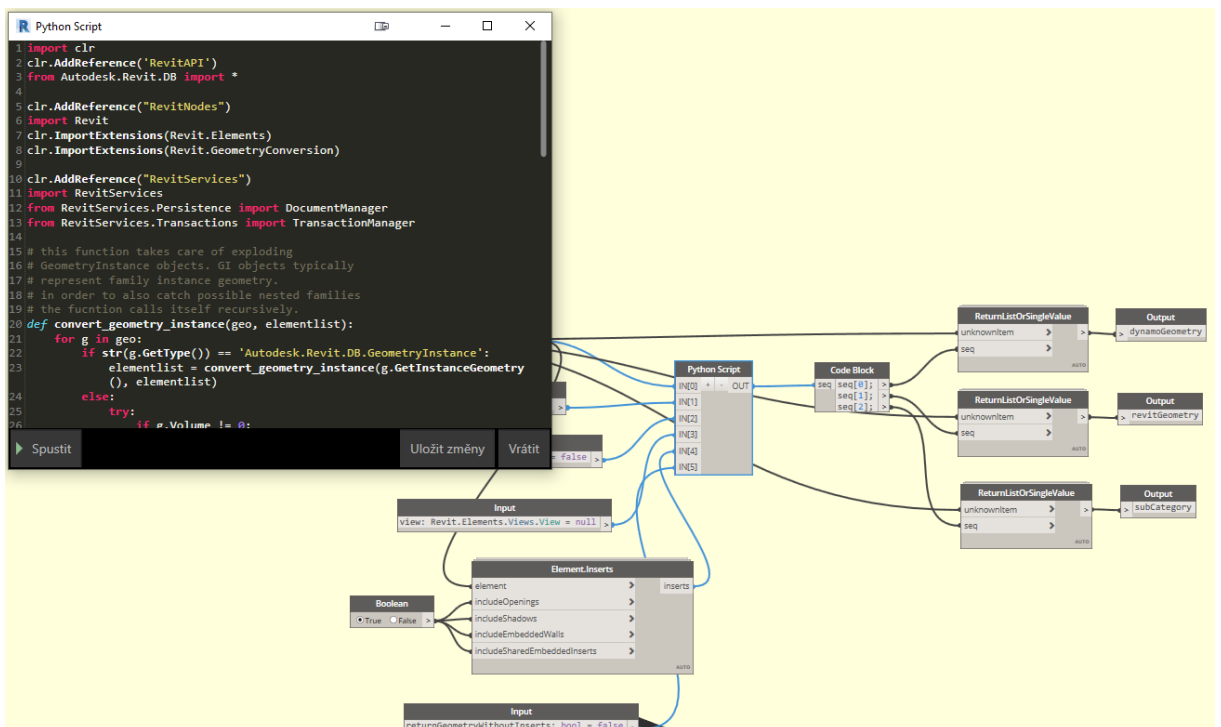
³³ Zdroj: autor

Každý uzel je samostatný příkaz, který provádí danou operaci. Uzel může mít žádný až neomezený počet vstupů a vždy alespoň jeden výstup. Tyto výstupy jsou připojovány na další uzly a tvoří vstupní hodnoty.



Obr. 24: Ukázky uzlů³⁴

Uzel lze chápat jako příkaz v programovacím jazyce ať už elementární, nebo složený z elementárních uzlů, popřípadě doplněn o příkazy psané v programovacím jazyce Python či Code Block.

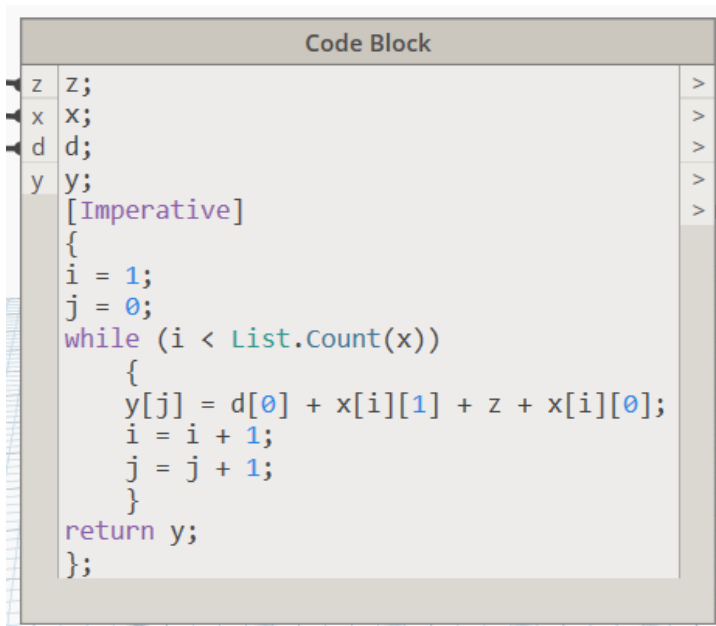


Obr. 25: Podoba uzlu³⁵

³⁴ Zdroj: autor

³⁵ Zdroj: balíček Clockworks Dynamo

Dynamo mimo uzly umožňuje používat přímo ve skriptu funkci Python skript, nebo jednodušší Code Block. Code Block je uzel, do kterého lze zapisovat příkaz v jazyce Design skript, což je vlastní programovací jazyk Dynamo, který je velice podobný jazyku C#.



```
z z;  
x x;  
d d;  
y y;  
[Imperative]  
{  
  i = 1;  
  j = 0;  
  while (i < List.Count(x))  
  {  
    y[j] = d[0] + x[i][1] + z + x[i][0];  
    i = i + 1;  
    j = j + 1;  
  }  
  return y;  
};
```

Obr.26: Zápis příkazu v CodeBlocku³⁶

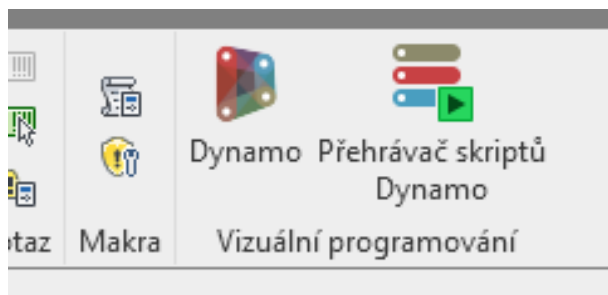
Vstupní a výstupní hodnoty uzlů jsou vždy množiny, v terminologii Dynama listy, kterými jsou hodnoty matematické, řetězce textů, pravda či nepravda, anebo vybrané prvky z Revitu. Tato data jsou průběhem skriptu upravována, porovnávána, jsou načítána další data atd., tak, aby konečný uzel dosáhl požadované hodnoty, kterou importuje zpět do Revitu.

Základní funkční rozdělení Dynamo skriptů:

- PARAMETRICKÉ MODELOVÁNÍ
- tato skripta upravují, či vytvářejí geometrické prvky a umísťují je do modelu
- ANALÝZY A VÝPOČTY
- tato skripta analyzují geometrii, nebo grafické či negrafické informace prvků, dále upravují do potřebné podoby a zapisují do příslušného parametru
- SPRÁVNÍ A AUTOMATIZAČNÍ
- tato skripta zpracovávají určená data, na základě kterých provádějí úkony jako například vytváření výkresů, importy a exporty hodnot, načítání rovin, promazávání modelu a mnoho dalších

³⁶ Zdroj: autor

V okamžiku, kdy chce projektant skript využít, stačí spustit přehrávač skriptů, který je součástí programu Revit, zadat vstupy a spustit skript.



Obr.27: Prostředí Revitu³⁷

2.3 POŽADAVKY NA UŽIVATELE

Jak již bylo řečeno v tématu 1.7, BIM a Algoritmické projektování vytváří vysoké nároky na informovanost a znalosti projektantů. Metodika BIM je nyní v přípravě na legislativní úpravy, ve velice intenzivním vývoji a její sledování vyžaduje určitý čas. Algoritmické projektování zase vyžaduje nabývat znalostí ze zcela jiné profese, a to oblasti IT. Příprava vlastních komponent a parametrizace prvků také vytváří zvýšené nároky na znalosti uživatele daného softwaru.

Pro stavební profesi je běžné, že se dělí na určité části, profese, které se zabývají pouze svým tématem a jeho návazností na stavbu. Například TZB, PBŘ, VZT, architekti, stavaři, statici atd. Každá profese vyžaduje a využívá svůj okruh znalostí a zaměřuje se na určité téma. V oblasti BIM a Algoritmického projektování je to stejné. Nemůžeme požadovat, aby každý projektant znal podrobně metodiku BIM a uměl psát BEP nebo připravoval Dynamo skripta. Samozřejmě je třeba určitá úroveň informovanosti, aby byli schopni pracovat v BIM a využívat připravených Dynamo skriptů.

Vzhledem k tomu vzniká nová pracovní pozice a nová profese ve stavebnictví. V ohledu BIM tato pozice vyžaduje osobu z oboru stavebního, která má podrobné znalosti z oblasti BIM, softwarového prostředí a zkušenosti s přípravou šablon, komponent a stanovením metodik postupů. V ohledu na Algoritmické projektování by se tato pozice dala charakterizovat jako IT/Projektant nebo Projektant/IT. Jedná se o osobu, která má široké znalosti ve stavebním oboru a zároveň i znalosti programovacích jazyků a IT. Tato osoba může být stavař, který se naučil základní témata z oblasti IT, nebo IT specialista, který se naučil základní témata ze

³⁷ Zdroj: autor

stavebnictví. Z vlastní zkušenosti mohu zhodnotit, že pro používání a psaní skript na úroveň pokročilý uživatel postačí jeden semestr základů algoritmizace a programování a mnoho investovaného času pro získání zkušeností, jelikož zde velice dobře platí přísloví „chybami se člověk učí“. Tyto nové pozice se nazývají Specialista BIM a BIM koordinátor.

V současné době nenabízí žádný studijní obor kombinaci těchto dvou profesí, a tak stavaři/IT jsou pouze „nadšenci“, kteří se tomu naučili z vlastní vůle, nebo dostali prostor v zaměstnání. Stejně tak BIM specialista nebo koordinátor BIM je ve většině případů stavař, který se o téma zajímá z vlastní iniciativy, nebo byl určen zaměstnavatelem, aby se tomuto tématu věnoval. Další stránkou věci je i financování této zaměstnanecké pozice. Specialista BIM totiž negeneruje výkresy a činnost, která ve výsledku vytvoří projektovou dokumentaci. Je tak spíše na úrovni managementu firmy a jestliže je společnost v procesu přípravy na BIM, je tato pozice další investicí do BIM.

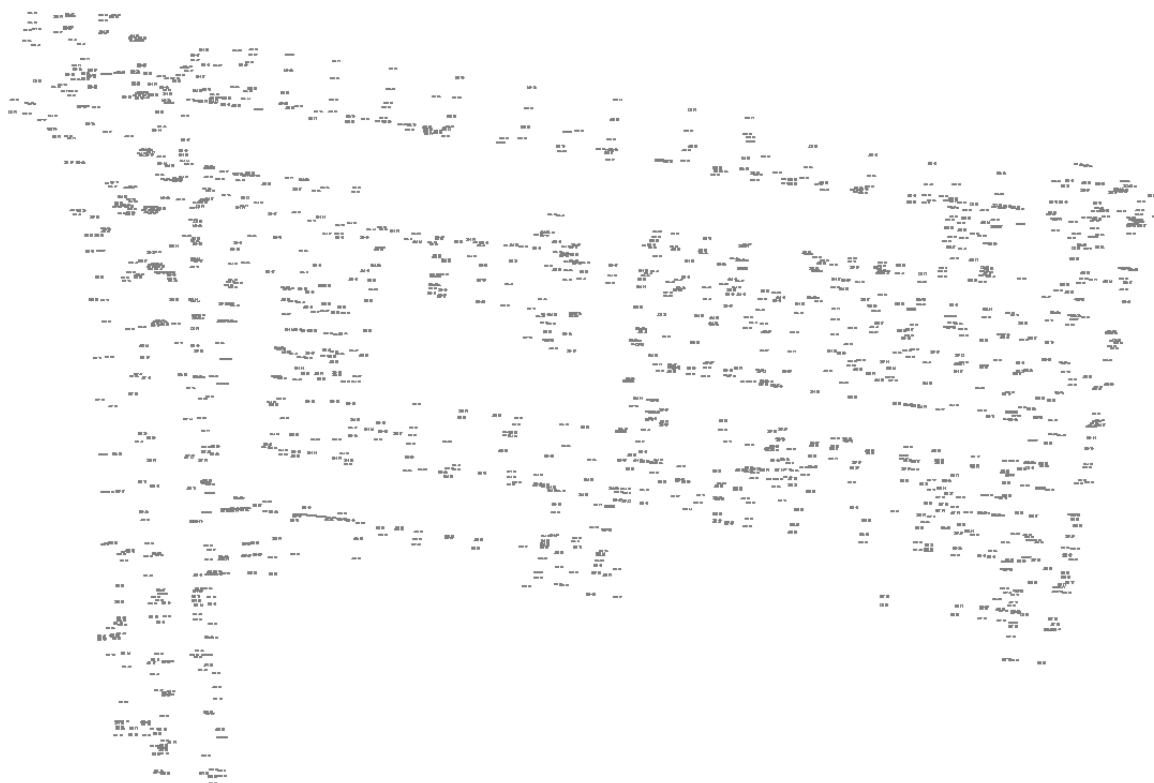
2.4 PŘÍNOS PRO PROJEKCI

Při přípravě projektové dokumentace je mnoho úkonů, můžeme je nazvat „manuální“. Tyto úkony bychom mohli charakterizovat jako opakující se činnosti, které nevyžadují pozornost zkušeného projektanta. Jsou to činnosti, při kterých není zapotřebí přemýšlet nad projektem a řešit technické záležitosti, nýbrž doplnit dokumentaci o své náležitosti. Příkladem bych uvedl například vytvoření výkresů a vyplnění správných hodnot do razítka, seskupování komponent a obohacování o data k další práci, vytváření opakujících se komponent stejného tvaru a umístování do modelu. Tyto činnosti je třeba provádět z důvodu požadavků na určitou úroveň projektové dokumentace, nebo z důvodu toho, že projekční software neumožňuje tuto činnost zautomatizovat, a musí tak být provedena manuálně.

V tomto ohledu je Algoritmické projektování velikým přínosem. V této době, kdy je nedostatek pracovníků, je potřeba práci co nejvíce zefektivnit jak za pomoci aplikace BIM, tak automatizace práce. Můžeme říct, že většina pracovních postupů a činností v projekci se opakuje a aplikuje vždy na daný projekt. Díky tomu lze postupně vytvořit knihovnu skript, které práci urychlují, zlepšují, nebo dokonce dělají za projektanty, a tak zvýšit kapacity projekční kanceláře a dosáhnout vyšších zisků.

2.5 PRAKTICKÁ UKÁZKA

Pro praktickou ukázkou jsem vybral skript, který vytváří model terénu z DWG podkladu od geodetů, ve kterém jsou vytvořeny texty s hodnotou výšky a jsou umístěny na pozici měřeného bodu v JTSK. Tento skript je vcelku jednoduchý, a je tedy vhodný pro ukázkou praktického využití.

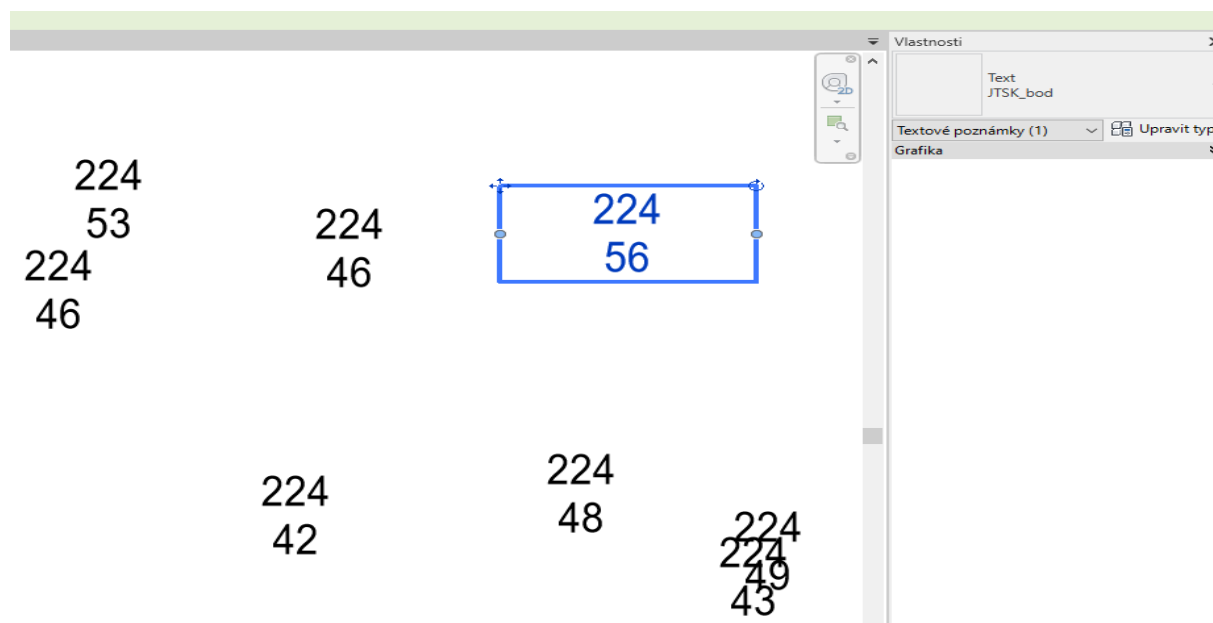


Obr.28: Výřez z Autocadu – množina textů reprezentující body zaměření³⁸

Běžnou cestou bychom tento problém museli řešit ručním „naklikáním“ všech bodů a každému bodu přiřadit výšku opisem ze souboru DWG. V načteném souboru DWG se nachází přesně 1678 textů, které reprezentují body zaměření. Kdybychom uvažovali, že jeden bod budeme vytvářet přibližně 12s, vychází nám, že vytvořit model terénu z tohoto DWG v plném rozsahu nám zabere celkem 5,6 hodin pracovního času bez ohledu na to, že s vysokou pravděpodobností vzniknou chyby při provádění a jejich zpětná oprava zabere další minuty, možná desítky minut času. Program Revit sice obsahuje i jiné nástroje pro vytvoření modelu terénu dle geodetických souřadnic ze souboru txt, csv nebo na základě vrstevnic. V tomto případě budeme uvažovat, že toto je náš jediný podklad, který jsme schopni získat, což je v praxi časté.

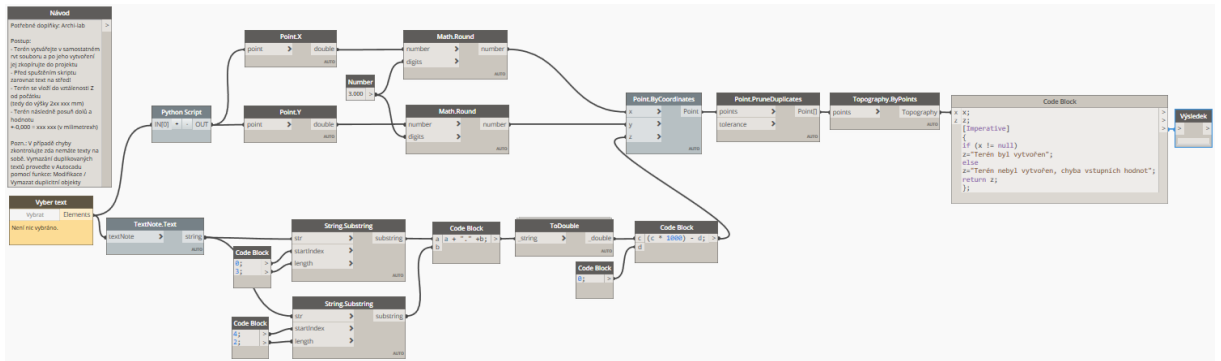
³⁸ Zdroj: autor

Za pomoci Dynama a funkce Algoritmického projektování je postup následující. Data z DWG souboru je nejprve třeba přenést do Revitu importem tak, abychom přenesli texty s hodnotami do správných souřadnic v Revitu dle JTSK. Importovanému textu dále musíme nastavit kotvení tak, aby co nejvíce odpovídalo myšlenému bodu v AutoCADu. Tímto jsme připravili vstupní data a nyní se můžeme věnovat průběhu skriptu.

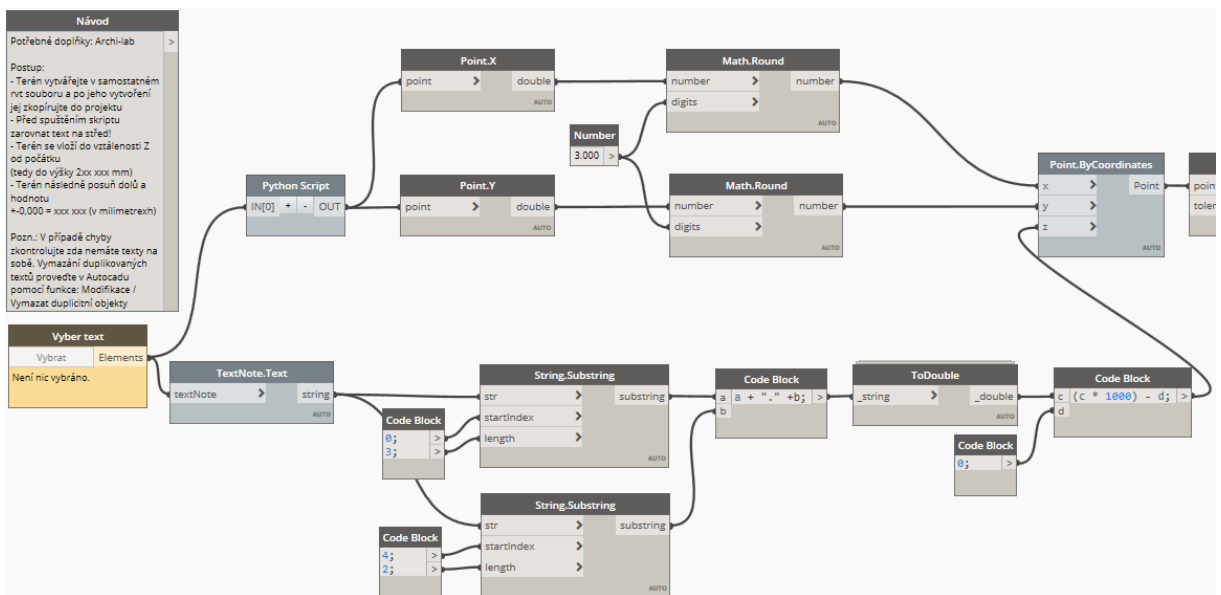


Obr.29: Výřez z Revitu – texty bodů³⁹

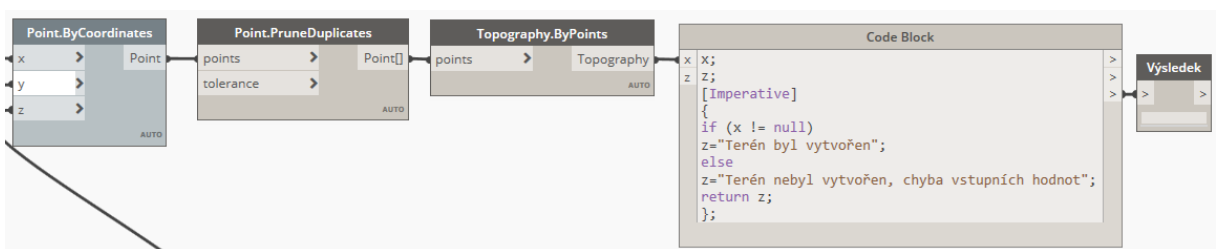
³⁹ Zdroj: autor



Obr. 30: Ukázka celého skriptu⁴⁰



Obr. 31: Bližší ukázka 1. části skriptu⁴¹



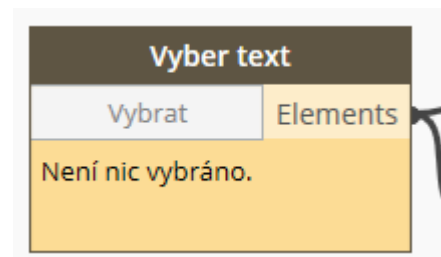
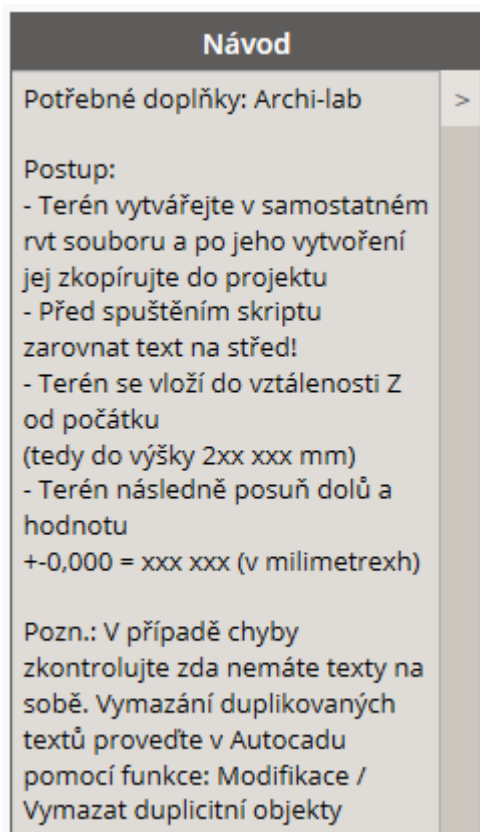
Obr. 32: Bližší ukázka 2. části skriptu⁴²

Tento skript si pro pochopení fungování Dynama rozebereme uzel po uzlu, a vysvětlíme tak jeho průběh a operace. Pro přehlednost bude daná část skriptu ukázána obrázkem a popsána dle názvů v obrázku.

⁴⁰ Zdroj: autor

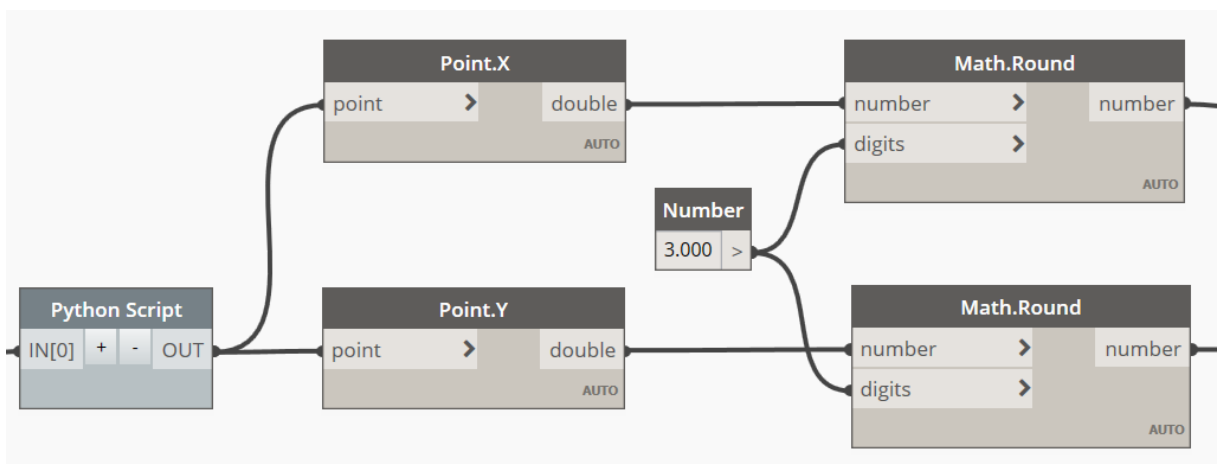
⁴¹ Zdroj: autor

⁴² Zdroj: autor



Obr.33: Výřez ze skriptu 1 ⁴³

Každý skript je vhodné vždy opatřit návodem pro používání, který vysvětlí, jak se skriptem pracovat, a také popisem skriptu pro ulehčení práce v případě nutnosti editace. Uzel „Vyber text“ je vstupním uzlem, který umožňuje v programu Revit vybrat připravené texty, se kterými bude následně pracovat.



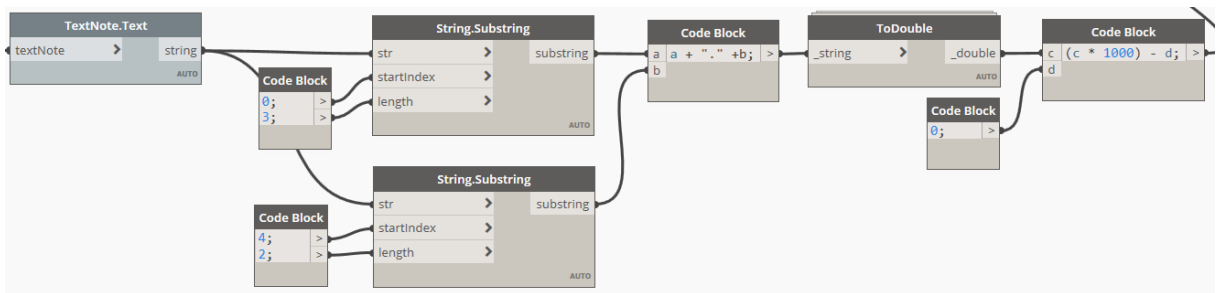
Obr. 34: Výřez ze skriptu 2 ⁴⁴

⁴³ Zdroj: autor

⁴⁴ Zdroj: autor

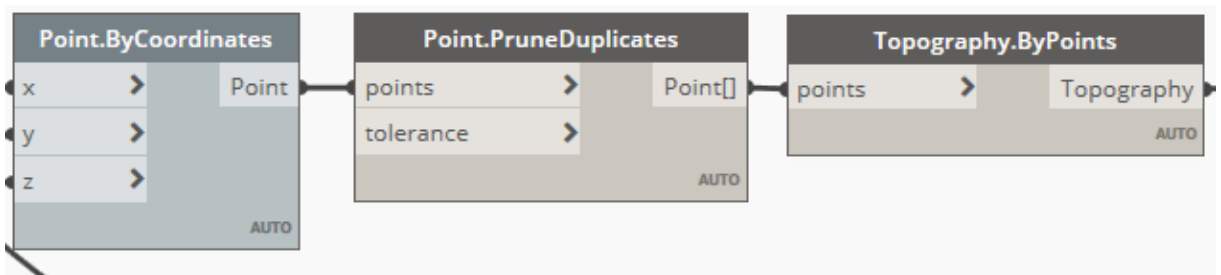
Uzel vytvořený pomocí funkce Python Skript načítá každý text a vrací jeho bod umístění v modelu, uzly Point.X a Point.Y načítají ze získaného bodu hodnoty souřadnic X a Y. Tyto souřadnice jsou následně v dalším uzlu s názvem Math.Round načítány jako číselná hodnota, která je zaokrouhlena na tři desetinná místa.

Touto skupinou uzlů jsme tedy získali souřadnice X a Y všech textů a upravili tuto hodnotu na požadovanou přesnost, a sice na milimetry.



Obr.35: Výřez ze skriptu 3 ⁴⁵

Další skupina uzlů načítá a upravuje text na potřebnou podobu. Uzel TextNote.Text převádí hodnotu textu na řetězec String. V následujícím kroku jsou z řetězce vyjmuty první tři znaky jako hodnoty v metrech a další dva znaky od čtvrtého znaku jako hodnoty milimetrů. Následně jsou tyto dvě hodnoty spojeny zpět s přidáním desetinné tečky v jeden řetězec pro každý bod. Poté je řetězec String, tedy text, převeden na číselnou hodnotu Double a v dalším uzlu převeden na milimetry vynásobením hodnotou tisíc. Touto skupinou uzlů jsme získali Z hodnotu bodu.



Obr.36: Výřez ze skriptu 4 ⁴⁶

V další skupině uzlů vytváříme z dříve získaných souřadnic X, Y a Z bod. Pomocí uzlu Point.PruneDuplicates ověříme, zda se některé body neduplikují, tj. nemají stejnou pozici, a v případě, že k tomuto dochází, duplikované body odstraní a zachová právě jeden. Uzel Topography.ByPoints vytváří model terénu na základě získané množiny bodů.

⁴⁵ Zdroj: autor

⁴⁶ Zdroj: autor

```

Code Block
x x;
z z;
[Imperative]
{
  if (x != null)
    z="Terén byl vytvořen";
  else
    z="Terén nebyl vytvořen, chyba vstupních hodnot";
  return z;
};

```

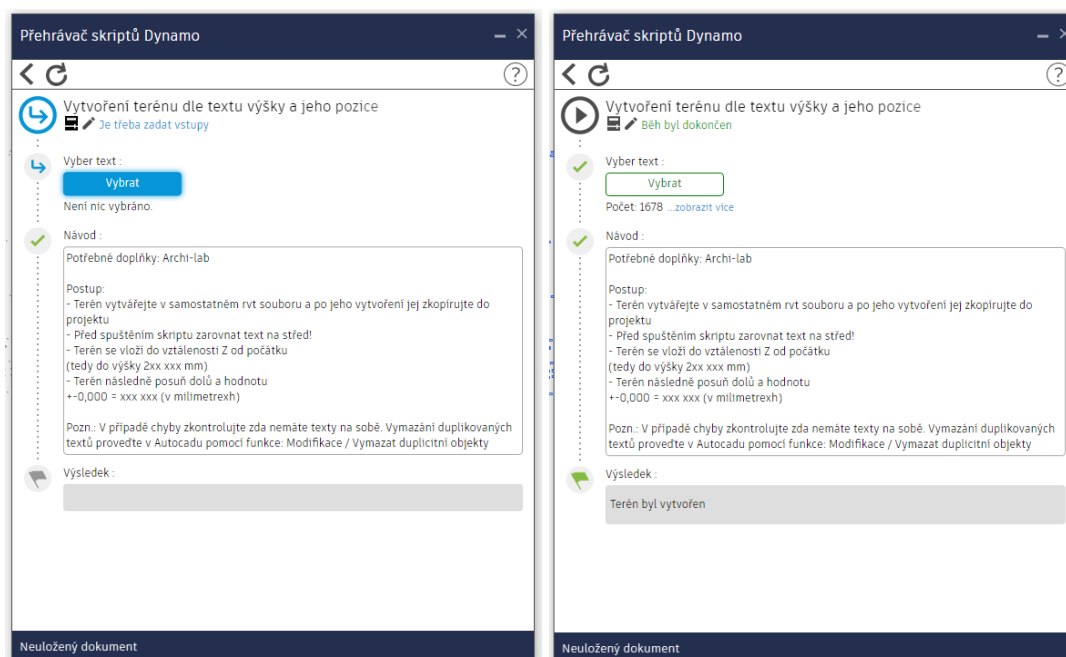
Výsledek

Obr. 37: Výřez ze skriptu 5 ⁴⁷

Vytvořením modelu terénu jsme splnili funkci skriptu. Pro lepší funkčnost je vhodné skript doplnit o informaci o jeho průběhu. Pomocí uzlu Code Block jsme vytvořili příkaz, který praví, že v případě, kdy výstupní hodnota z předchozího uzlu není rovna hodnotě „null“, tedy případ, kdy terén byl vytvořen, nabývá hodnota Z textového řetězce „Terén byl vytvořen“. V opačném případě nabývá Z hodnoty „Terén nebyl vytvořen, chyba vstupních hodnot“. Tato hodnota Z je následně načtena do výstupního uzlu a je viditelná v přehrávači skript.

Tímto je skript u konce.

Nyní skript spustíme v Revitu pomocí přehrávače.

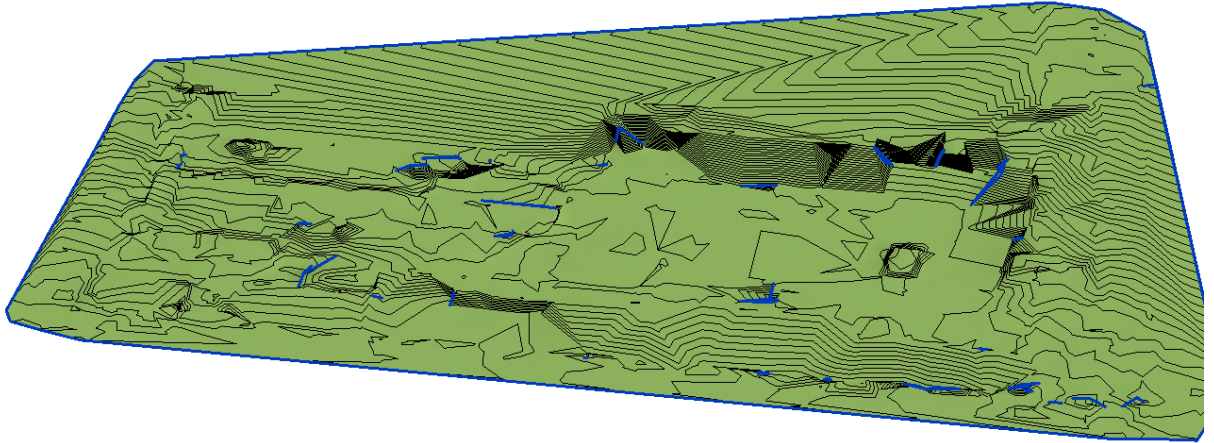


Obr. 38: Přehrávač skript⁴⁸

⁴⁷ Zdroj: autor

⁴⁸ Zdroj: autor

V přehrávači zadáme vstupní hodnoty, tedy vybereme texty výšky a provedeme spuštění. Skript probíhal 41s a vytvořil požadovaný terén s absolutní jistotou přesnosti vytvořeného terénu.



Obr. 39: Vytvořený model terénu⁴⁹

Když porovnáme efektivitu obou postupů, získáme jednoznačný výsledek. Z výsledných dat dostáváme časovou úsporu v rozsahu 5,6 hodin. I s úvahou skutečnosti, že tento skript je zapotřebí jednou vytvořit, což v případě tohoto skriptu je přibližně 3 hodiny včetně testování, a toho, že v případě manuálního „naklikávání“ bodů nebudeme vytvářet všech 1678 bodů, nýbrž jen například 100, stále jsme za cenu vstupní investice 3 hodin vytvořili nástroj, který vytvoří 16x přesnější terén za čas, který odpovídá manuálnímu vytvoření přibližně čtyř bodů terénu.

⁴⁹ Zdroj: autor

3 Vliv nových možností pro projektování staveb

3.1 Pozitivní vlivy

- Vyšší podrobnost projektové dokumentace.
- Jednoznačná definice podrobnosti dokumentace.
- Zvýšení efektivity práce a úspora času.
- Jednotné datové prostředí a zajištění vždy aktuálních dat.
- Jednotná metodika a postupy jak na úrovni společnosti, tak i na úrovni státu.
- BIM dává prostor k navýšení cen projektů, a tím narovnání současných finančních nedostatků.
- Řešení kolizí na úrovni projektové dokumentace včetně úvahy manipulačních ploch.
- Odstranění neoblíbených „manuální činností“ z pracovních postupů, díky čemuž se projektanti mohou více soustředit na řešení technických záležitostí.

3.2 Negativní vlivy

- Rozsáhlá nová metodika, kterou budou hůře přijímat starší projektanti.
- Práce v BIM a využívání Algoritmického projektování dále prohlubuje závislost na projekčním softwaru a na hardwarovém vybavení. Potřeba výměny hardwarového vybavení v určitých cyklech není problémem. Problémem je závislost na softwaru, který musí být neustále zalicencován, většinou v ročních cyklech. V podmínkách ČR jsou tyto náklady vysoké a mnohdy na hraně únosnosti, uvážíme-li fakt, že každý projektant musí mít vlastní licenci.
- BIM je velká investice při zavádění a implementaci do pracovních postupů, která získá svou návratnost až po několika úspěšně splněných projektech.
- Absolventi středních nebo vysokých škol, kteří se začali učit projektovat rovnou na PC a vynechali nebo dostatečně nevěnovali pozornost kreslení v ruce, mají často problém nakreslit nějaký detail nebo část stavby z toho důvodu, že jsou zvyklí vzít prvek a umístit jej do modelu. Už neřeší způsob, jakým se tento prvek vykresluje a dochází tak ke ztrátě znalostí a schopnosti posoudit, zda projekční software vykresluje veškeré prvky správně.

4 BUDOUCÍ VÝVOJ

Zavedením BIM v roce 2022 vývoj a inovace ve stavebnictví jistě nekončí. Už nyní se plánuje dovést BIM do takové úrovně, že nebude zapotřebí tištěná dokumentace. Schvalovací procesy a komunikace se stavebními úřady bude probíhat skrze plánovaný Portál stavebníka, který bude mít vysoký administrativní efekt a bude součástí e-governmentu. Také je v plánu propojení systému GIS s metodikou BIM a jednotlivé objekty vytvářené v BIM implementovat do virtuálního modelu celé České republiky, ať už se bavíme o stavbách pozemních, liniových, podzemních, nebo stavbách infrastruktury. BIM by do budoucna mělo být na takové úrovni, že nebude potřeba psát technické zprávy v samostatném souboru docx a další součásti stavební dokumentace, jelikož všechny tyto informace budou obsaženy v samotném modelu.

Vývoj z hlediska automatizace se bude nadále upírat k maximálnímu nahrazení lidské práce počítačem, a to jak z hlediska „manuální práce“, tak i z hlediska kreativní činnosti. Už nyní vznikl doplněk do Revitu, který za pomoci Dynama provádí návrhy prvků dle předepsaných kritérií, a projektant nebo architekt si může vybrat z vytvořených návrhů ten nejvhodnější. Díky této automatizaci je také možno dosáhnout neoptimalnějšího řešení, a tak stavět či využívat kapacity efektivněji.

Dalším vývojem bude jistě prostředí rozšířené reality a virtuální reality. Už nyní jsou tyto nové technologie v provozu, ale jejich využití v praxi je velice omezené. To se do budoucna jistě změní a tyto technologie budou využívány v běžném provozu.

I z hlediska způsobu kreslení na PC se dočkáme značného pokroku. Tužku jsme již před lety nahradili myší, nyní se mnozí z nás vrací k tužce za použití grafického tabletu. V budoucnu můžeme očekávat další inovace i v tomto směru, jako například rýsovací digitální prkna nebo speciální digitální rukavice, které opět posunou projektování na další úroveň stejně tak jak nyní BIM, který můžeme považovat za jeden ze zásadních milníků ve stavebnictví.

ZÁVĚR

Není pochyby o tom, že BIM a Algoritmické projektování je další krok vpřed v přípravě projektové dokumentace, který je nevyhnutelný a bude ho muset udělat každý, kdo bude chtít zůstat konkurenceschopný. V tuto chvíli je velice důležité vytvoření věcné a efektivní databáze negrafických informací ke všem myslitelným prvkům a ukotvit základy BIM v legislativě ČR. Důležité jsou také pilotní projekty, které nyní startují nebo již probíhají, poukážou na nedostatky a vytvoří témata k diskusi.

Dle mého názoru je samotné projektování ve 3D velikým přínosem. Metodika BIM bude další značný přínos k tomu, abychom pracovali efektivněji a minimalizovali chyby, které se na stavbě těžko napravují. S využitím nástroje Algoritmické projektování dosáhneme jistě dalšího zvýšení efektivity, byť za cenu počáteční investice do vlastního vývoje či databáze. Nejdůležitější však je, aby BIM nevznikal a nekončil jen na úrovni projekce. BIM musí fungovat po celý životní cyklus stavby a musí se ho účastnit projektanti, stavitelé i investoři, aby tím myšlenku BIM naplnili a maximálně využili její potenciál, který se vrátí v ušetřených nákladech na projekt, výstavbu a provoz. Zde však nastává jeden problém, nebo spíše nedostatek. Vícenáklady si umíme spočítat vždy, ale ušetřené náklady, které získáme právě díky efektivnímu návrhu a eliminaci vícenákladů, už spočítat neumíme, a tak nikdy nebudeme moci adekvátně ocenit přínos metodiky BIM.

S ohledem na potřeby nových specializací, vstupních investic a potřeby zásadní změny přístupu k vypracovávání projektové dokumentace bude přechod na metodiku BIM jistě náročný. Dle mého názoru v této době nejsou software a specifikace BIM na úrovni České republiky dostatečné. Do plného zavádění BIM stále zbývá necelého 1,5 roku, a tak věřím, že agentura ČAS do té doby připraví základní podklady. Softwarová výbava pro projektanty v ČR bude nedostatečná vždy, resp. nebude uzpůsobena našim potřebám, a proto bude zapotřebí najít a vytvořit takové nástroje, pluginy a postupy, které zajistí efektivní zpracování BIM, a nahradí tak chybějící nástroje.

Práce byla zpracována z pohledu praktického zavádění BIM, a tak poskytla pohled na problematiku z jiného úhlu. Popsal jsem definici BIM, algoritmického projektování a jejich součástí. Stanovil jsem jejich vzájemný vztah. Poukázal jsem na problémy a překážky v zavádění, které je zapotřebí řešit. Dále jsem popsal vlastní postupy a řešení pro úspěšnou implementaci. Doufám, že tato práce bude kladně přijata a vnímána jako odpověď na předpisy pro zavádění metodiky BIM.

V průběhu vypracovávání jsem zhodnotil, že rozsah tématu je natolik obsáhlý, že by bylo vhodné rozdělit tuto bakalářskou práci na dvě samostatné práce o tématu BIM a o tématu Algoritmické projektování. Mnohdy jsou některá témata zmíněna jen v základních rysech, jiná nejsou uvedena vůbec, a to dává prostor k dalšímu obsahu práce.

POUŽITÁ LITERATURA

Koncepce zavádění metody BIM v České republice. Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2017.

Předpis pro informační modelování staveb (BIM) pro stavby dopravní infrastruktury: Příloha č. 1 – Datový standard – pro silniční. Státní fond dopravní infrastruktury, 2019.

BIRÁS, Martin. Generativní design. In: *Konference BIM Fórum 2019.* 2019.

NECHYBA, Jaroslav. Pracovní koncept právních úprav. In: *Plán realizace koncepce BIM.* 2020.

SYNEK, Jaroslav. Datový standard informačního modelu. *Stavebnictví.* 2020, 20(5), 18-25.

SYNEK, Jaroslav. In: *Konference BIM ve stavebnictví 2019.* 2019.

INTERNETOVÉ ZDROJE

Bim Explained. In: *Construction-property.com* [online]. 22.7.2016 [cit. 2020-07-24].

Dostupné z: <https://construction-property.com/bim-explained/>

BIM News: Last trends of the AECO sector. In: *Bimcommunity.com* [online]. 12.7.2018 [cit.

2020-07-24]. Dostupné z: <https://www.bimcommunity.com/news/load/910/ifc-why-now>

Cadconsulting s.r.o. Jak zadat projekt s požadavkem na BIM: BIM proces.

In: *Cadbim.cz* [online]. 2.4.2019 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://cadbim.cz/jak-zadat-projekt-s-pozadavkem-na-bim/>

Co je BIM - informační model budovy. *Bimfo.cz* [online]. 2020 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z:

<https://www.bimfo.cz/Co-je-BIM.aspx>

CUNHA III, Frank. The 7 Dimensions of Building Information Modeling: BIM Dimension

Terminology. In: *I love my architect* [online]. 5.7.2018 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z:

<https://ilovemyarchitect.com/tag/bim-7d/>

Fond dopravy loni proinvestoval 95,6 miliardy korun. Nejvíc ve své historii. *Česká televize:*

Ekonomika [online]. 28.6.2020 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z:

<https://ct24.ceskatelevize.cz/ekonomika/3128990-fond-dopravy-loni-proinvestoval-956-miliard-korun-nejvic-ve-sve-historii>

Geospatialmedia.s3.amazonaws.com [online]. 10/2018 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z:

<https://geospatialmedia.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2018/10/Page-50-51.jpg>

GONZALEZ, Javier. Common Data Environment. In: *Bimcommunity.com* [online]. 16.4.2018

[cit. 2020-07-25]. Dostupné z: <https://www.bimcommunity.com/news/load/762/bim-needs-more-than-the-common-data-environment-cde>

Koncepce zavádění metody BIM v České republice [online]. Ministerstvo průmyslu a

obchodu, 2017 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/2017/10/Koncepce-zavadeni-metody-BIM-v-CR.pdf>, s.6

THE NATIONAL BIM REPORT 2019, UNIFYLabs. [Zastoupení užívání BIM softwarů dle

jejich výrobců]. In: *Revitblog* [online]. 13.9.2019 [cit. 2020-07-25]. Dostupné z:

<https://www.revit3dblog.cz/nejpouzivanejsi-bim-sw/>

Thùy Khê Lương. Revit KT Sự liên hệ giữa RVT-RTE-RFA-RFT. In: *Youtube.com* [online]. 17.10.2018 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z:

<https://www.youtube.com/watch?reload=9&v=K8x1R1Msu5E>

TUNKA, Lukáš. LOD - Level Of Development. In: *Bimfo.cz* [online]. 16.4.2016 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Aktuality/LOD-Level-Of-Development.aspx>