



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

VYUŽITÍ LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ V INFORMAČNÍM MODELOVÁNÍ BUDOV

LASER SCANNING IN BUILDING INFORMATION MODELLING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jakub Magda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ VOLAŘÍK, Ph.D.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie a kartografie (N)
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Jakub Magda
Název	Využití laserového skenování v informačním modelování budov
Vedoucí práce	Ing. Tomáš Volařík, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2019
Datum odevzdání	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

Novotná, Helena: Základy BIM I. – Revit Architecture, seznámení s programem, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2014

NOVOTNÁ, Helena: Základy BIM II – Revit Architecture pokročilé kapitoly, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2015

Bc. Věra Pavlíčková Vypracování metodik pro tvorbu informačního modelu budovy. Brno, 2014. 54 s., 20 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc.

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

Bc. Jakub Staufčík Využití laserového skenování v informačním modelování budov. Brno, 2019. 62 s., 10 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Tomáš Volařík, Ph.D.

Bc. Jan Haltmar Využití laserového skenování v informačním modelování budov. Brno, 2019. 65 s., 4 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brn, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Tomáš Volařík, Ph.D.

Manuály a tutoriály programu Autodesk Revit

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V rámci diplomové práce proveďte řešerši procesu modelování budovy z mračna bodů (scan to BIM workflow) pro dokumentaci skutečného provedení staveb. Na vybraném objektu otestujte proces modelování z laserového mračna bodů v SW Autodesk Revit. Jednotlivé možnosti zhodnoťte v závěru práce. Doporučeným výstupem bude model publikovaný ve webovém prostředí.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

Ing. Tomáš Volařík, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práca sa zaoberá vytvorením BIM modelu z laserového skenovania. Obsahuje informácie o laserovom skenovaní, BIMu a o samotnom procese modelovania. Výsledkom práce je informačný model vyhotovený v programe Revit.

KLÍČOVÁ SLOVA

BIM model, informačné modelovanie, laserové skenovanie, mračno bodov

ABSTRACT

This thesis deals with creating BIM model using laser scanning. It includes information about laser scanning, BIM and proces of modelling. Result of thesis is information model created in software Revit.

KEYWORDS

BIM model, information modelling, laser scanning, point cloud

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Jakub Magda *Využití laserového skenování v informačním modelování budov*. Brno, 2020. 70 s., 5 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Tomáš Volařík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Využití laserového skenování v informačním modelování budov* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 5. 6. 2020

Bc. Jakub Magda
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Využití laserového skenování v informačním modelování budov* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 5. 6. 2020

Bc. Jakub Magda
autor práce

Pod'akovanie:

Ďakujem mojej rodine, ktorá ma po celé moje štúdium podporovala. Ďakujem Ing. Tomášovi Volaříkovi, Ph.D. za cenné rady a skúsenosti, ktoré mi pomohol nadobudnúť pri písaní tejto diplomovej práce. Na záver ďakujem mne blízkym osobám, ktoré si vždy vedeli nájsť čas a ochotu predať mi poznatky počas vysokoškolského štúdia.

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	LASEROVÉ SKENOVANIE	11
2.1	Rozdelenie skenerov	11
2.2	Princíp laserového skenovania.....	13
2.3	Faro Focus 3D.....	14
2.4	Faktory ovplyvňujúce presnosť merania.....	16
2.5	Meranie a spracovanie nameraných dát.....	17
2.6	Vlicovacie body	17
2.7	Porovnanie s geodetickými metódami	18
3	BIM	20
3.1	Čo je to BIM	20
3.2	História BIMu	20
3.3	Výhody BIMu	21
3.4	BIM a facility management	22
3.5	BIM software	23
3.5.1	Rozdiel medzi CAD SW a BIM	24
3.5.2	Revit doplnky	24
3.6	Zavedenie BIM v ČR.....	24
3.7	BIM v zahraničí	26
3.8	Organizácie BIM.....	27
3.9	SCAN TO BIM	28
4	INFORMAČNÝ MODEL	29
4.1	Level of detail/development	29
4.1.1	Grafická podrobnosť modelu.....	30
4.1.2	Informačná podrobnosť modelu	31
4.1	Knižnice BIM.....	31

4.2	IFC	33
4.3	CDE- Common Data Enviroment	34
4.3.1	Využitie zmiešanej reality	35
4.4	BEP- BIM Execution Plan	36
5	PROCES MODELOVANIA	38
5.1	Objekt modelovania	38
5.2	Použitý software.....	39
5.3	Príprava bodového mračna	39
5.4	Práca v Revite	40
5.5	Vyhľadávanie rodín	42
5.6	Modelovanie s použitím Faro Asbuilt.....	43
5.7	Modelovanie s použitím SCANTOBIM	46
5.8	Pridanie mechanických zariadení	52
5.9	Modelovanie s použitím T4R:Smart MEP.....	56
5.10	Geolokácia modelu.....	57
5.11	Vizualizácia modelu	58
5.12	Presnosť modelu a mračna bodov	59
6	VYHODNOTENIE LASEROVÉHO SKENOVANIA PRE TVORBU INFORMAČNÉHO MODELU.....	61
7	ZÁVER	62
8	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	63
9	ZOZNAM SKRATIEK.....	67
10	ZOZNAM OBRÁZKOV A TABULIEK	68
10.1	Zoznam obrázkov	68
10.2	Zoznam tabuliek	69
11	ZOZNAM PRÍLOH.....	70

1 ÚVOD

Od roku 2022 bude povinnosť zavedenia BIM u nadlimitných verejných zákazkách na projektové a stavebné práce financované z verejných rozpočtov.

Prácu som si vybral z dôvodu, že táto problematika zasiahne aj geodéziu v oblasti informačného modelovania objektov. Keďže sa jedná o postupné zavedenie, nové informácie o BIM stále pribúdajú. Cieľom sa bude oboznámiť s procesom modelovania z laserového mračna (scan to BIM workflow). Tento model v sebe nebude nielen vizuálny charakter, ale aj informačný, ako použité množstvo technických zariadení, ich výrobca, model, cena.

V prvej časti Vás stručne oboznámim s princípom laserového skenovania, rozdelením skenerov a vplyvmi, ktoré na nich pôsobia. Ďalšia časť bude zameraná prevažne na BIM. Čo je to vlastne BIM, čo nám ponúka, ako funguje BIM v Českej Republike a v zahraničí a ako ovplyvní celý stavebný proces od jeho prípravy, realizáciu, až po vedenie stavby.

Tretia kapitola bude zameraná na obsah informačného modelu z hľadiska grafickej a informačnej podrobnosti modelu, s akým formátom BIM pracuje a kde môžeme hľadať BIM komponenty. Poslednou časťou bude tvorba informačného modelu z laserového mračna pomocou doplnkov v software Revit, vyhľadávanie správnych rodín a vysporiadanie sa s určitými problémami pri modelovaní.

Informačný model bude zameraný predovšetkým na tvorbu technického zariadenia budovy vodojemu Preslova v Brne. Jedná sa o trubky a mechanické zariadenia, ktoré slúžia na zabezpečenie pitnej vody.

2 LASEROVÉ SKENOVANIE

Laserové skenovanie je v súčasnej dobe najmodernejšia a bezkonkurenčne najefektívnejšia metóda hromadného získavania presných priestorových dát. Veľkou výhodou je zameranie obrovského množstva bodov za krátky čas a možnosť merania aj v ťažko prístupných priestoroch. Výstupom je mračno bodov, stovky miliónov bodov s priestorovými súradnicami. Ku každému bodu môže byť priradená informácia o tvare a rozmere. [1]

Hlavné znaky skenovania [2]:

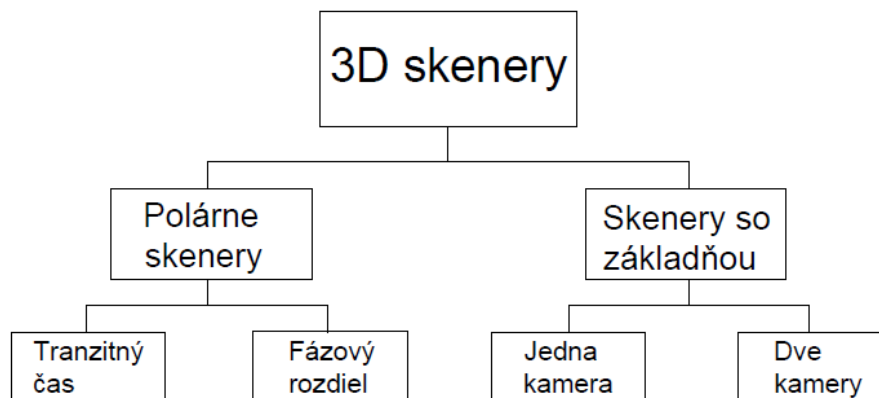
- neselektívne určovanie 3D súradníc,
- obrovské množstvo bodov (mračná), rádovo milióny,
- veľká rýchlosť skenovania, 10 000 bodov za sekundu a viac (milióny),
- nutná nová forma spracovania do „čitateľnej“ podoby.

2.1 ROZDELENIE SKENEROV

Skenery môžeme deliť podľa rôznych kritérií. Jedným z nich je umiestnenie skeneru pri skenovaní. Ak je skener pri umiestnení pevne voči Zemi, hovoríme o statických skeneroch, ak je umiestnený na pohybujúcom sa nosiči (auto, vrtuľník, lietadlo) hovoríme o kinematických skeneroch. Ďalej môžeme skenery deliť podľa princípu merania, podľa zorného poľa, podľa dosahu, presnosti určenia polohy bodu a rýchlosti skenovania. [3]

1. Rozdelenie podľa princípu [3]:

Skenery môžu byť rozdelené do skupín podľa meračského princípu, ako je uvedené v Obr.1

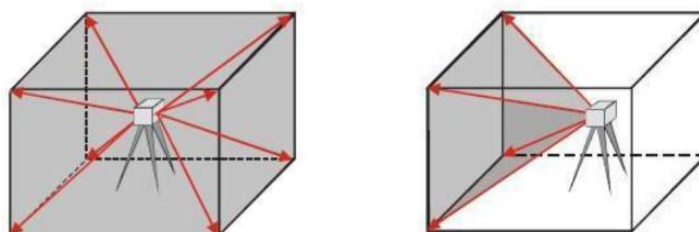


Obr. 1 Rozdelenie skenerov podľa meračského princípu [3]

U skenerov priamo meraných priestorovú vzdialenosť je využívané buď meranie tranzitného času alebo vzniknutého fázového rozdielu. [3]

2. Rozdelenie podľa zorného poľa

Medzi dôležité vlastnosti 3D skenerov patrí tvar zorného poľa. Zorné pole je vymedzené maximálnym uhlovým rozdielom krajných výstupných zväzkov a udáva sa v stupňoch v horizontálnom a vertikálnom smere. Táto vlastnosť je úzko spätá s tým, akým spôsobom je riadený laserový zväzok do bodov rastru. 3D laserové skenery obecné fungujú tak, že laserový zväzok je vedený podľa programu na body rastru v stĺpcoch či riadkoch, pričom je určený horizontálny a vertikálny uhol a vzdialenosť. U niektorých modelov je táto činnosť riadená pomocou systému dvoch zrkadiel alebo hranolov so vzájomne kolmými osami otáčania. Tento systém umožňuje rozmetať laserový zväzok relatívne malého zorného poľa, podobného ako u fotoaparátov alebo kamery a tieto skenery sa nazývajú kamerové. Panoramatické skenery sa otáčajú celou diaľkomernou súčasťou pomocou servomotora, čo umožňuje zaznamenať takmer celé okolie. [3]



Obr. 2 Panoramatický skener a kamerový [36]

3. Delenie skenerov podľa dosahu:

Podľa dosahu môžeme skenovacie systémy približne rozdeliť do štyroch skupín [3]:

- systémy s veľmi krátkym dosahom D1 (0.1 m až 2.0 m),
- systémy s krátkym dosahom D2 (2 m až 10 m),
- systémy so stredným dosahom D3 (10 m až 100 m),
- systémy s dlhým dosahom D4 (100 m až stovky m).

4. Rozdelenie skenerov podľa presnosti.

Podľa presnosti môžeme skenery rozdeliť v závislosti na ich dosah taktiež do štyroch skupín. Sú to skenery s malou základňou určené pre menšie vzdialenosti skenovania D1 s vysokou presnosťou P1 (0.01 mm až 1 mm), ktorá však so vzrastajúcou vzdialenosťou výrazne klesá. Ďalej skenery s veľkou základňou a skenery priamo určujúcu vzdialenosť (polárne skenery) s krátkym dosahom skenovania D2 s presnosťou P2 (0.5 mm až 2 mm). Polárne skenery so stredným dosahom D3 s nepatrným poklesom presnosti merania s narastajúcou vzdialenosťou P3 (2 mm až 6 mm) a polárne skenery s dlhým dosahom skenovania D4 s presnosťou P4 (10 mm až 100 mm). [3]

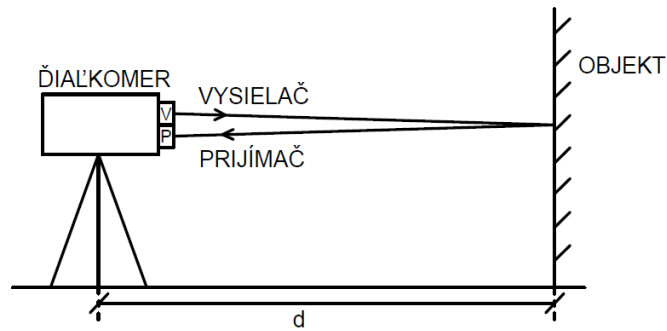
5. Delenie skenerov podľa rýchlosti skenovania.

Podľa rýchlosti merania podrobných bodov môžeme skenovacie systémy približne rozdeliť do štyroch skupín [3]:

- systémy s veľmi vysokou rýchlosťou R1 (viac ako 100 000 bodov za sekundu),
- systémy s vysokou rýchlosťou R2 (5000 až 100 000 bodov za sekundu),
- systémy so strednou rýchlosťou R3 (100 až 5000 bodov za sekundu),
- systémy s nízkou rýchlosťou R4 (do 100 bodov za sekundu).

2.2 PRINCÍP LASEROVÉHO SKENOVANIA

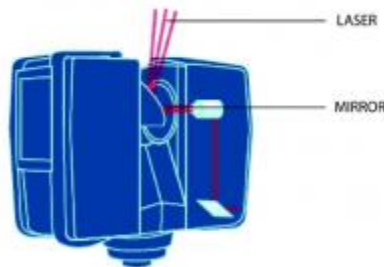
Obecne elektronický diaľkomer funguje podľa schémy na Obr.3, kde elektromagnetické vlnenie vychádza z vysielача, odráža sa na koncovom bode (obecne na odraznom systéme – hranol, odrazná fólia; u 3D skenerov vždy priamo od objektu) a vracia sa späť do prijímača umiestneného na počiatku meranej dĺžky. [3]



Obr. 3 Obecný princíp diaľkomera [3]

Proces snímania pozemným laserovým skenerom môžeme rozdeliť do troch krokov [4]:

1. V prvom kroku skener vyšle laserový lúč a pomocou rotujúceho zrkadla tento lúč je odrazený do okolitého priestoru.
2. Následne sa lúč odrazí od objektu stojaceho v smere vyslania lúča.
3. Posledným krokom je prijatie odrazeného laserového lúča späť a jeho zápis do pamäte skenera.



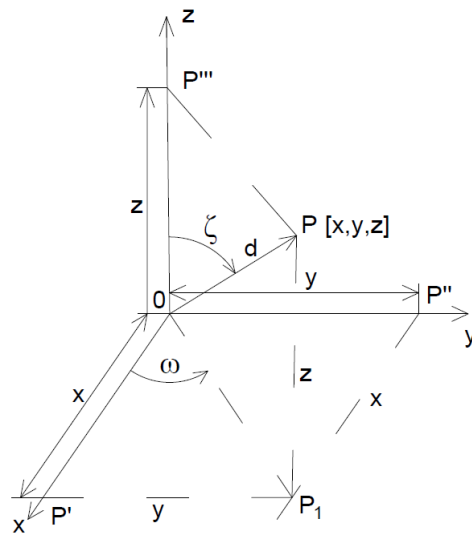
Obr. 4 Náhľad na proces skenovania [4]

2.3 FARO FOCUS 3D

V našom prípade bol použitý prístroj na skenovanie FARO FOCUS 3D S120, ktorý používa techniku merania fázového posunu, u ktorého sú konštantné vlny infračerveného žiarenia o rôznych dĺžkach vysielané von zo skeneru. Po kontakte s objektom sa odráža späť do skeneru. Vzďialenosť medzi skenerom a objektom je presne určená meraním fázového rozdielu vln infračerveného svetla. [5]

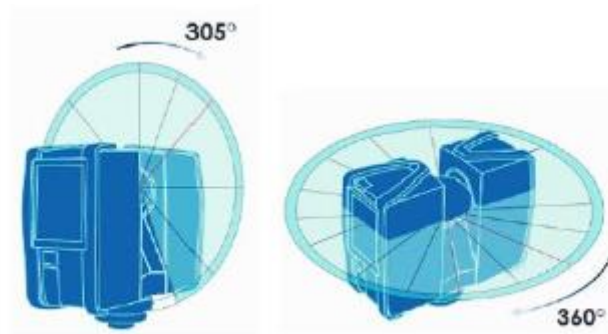
Základným princípom činnosti skeneru je priestorová polárna metóda. K určeniu súradníc bodu P je potreba vedieť dĺžku prievodiča d (meraná dĺžka) a uhly ζ , ω . Uhly sú získavané

napríklad z polohy zrkadiel, ktoré rozmetajú laserový zväzok a dĺžka napríklad impulzným diaľkomerom skeneru synchronizovane s polohou zrkadiel. [3]



Obr. 5 Schematické znázornenie priestorovej polárnej metódy [3]

Tento skener taktiež určuje odrazivosť zachytených povrchov meraním intenzity prijímaného laserového lúča. Obecne platí, že svetlé plochy odrážajú väčšiu časť vyžarovaného svetla než tmavé plochy. Zistená hodnota odrazivosti sa používa pre priradenie odpovedajúcej hodnoty šedej farby. [5]



Obr. 6 Zorné pole skenera Faro [5]

Tab. 1 Faro Focus 3D S120

Technické parametre skenera	
Rozsah merania:	0.6 m až 120 m
Rýchlosť skenovania:	až 976 000 bodov za sekundu
Zorné pole:	360° horizontálne x 305° vertikálne
Presnosť merania dĺžok:	± 2 mm
Uhlový krok:	pre obe osi 0.009°

Okrem toho je skener vybavený dvojosím kompenzátorom, altimetrom, kompasom, bezdrôtovým rozhraním WiFi a možnosťou ukladať dáta na pamäťové karty SDHC. Operačná teplota je od 5°C do 40°C a udávaná výdrž batérie 5 hodín. Rozmery skenera sú 240 mm x 200 mm x 100 mm s váhou 5 kg. [3]

2.4 FAKTORY OVPLYVNÚJÚCE PRESNOSŤ MERANIA

Skenery sú komplexné prístroje zložené z množstva častí, z nich každá je vyrobená a pracuje s určitou chybou. Okrem týchto vnútorných chýb je aj samotné meranie a jeho výsledky zaťažené chybami, a to vonkajšími vplyvmi, ako sú tvar či povrch meraného objektu, jeho okolie, atmosférické podmienky atď. [3]

Vnútorné chyby

Medzi vnútorné chyby môžeme zaradiť chyby skenerov, t. j. chyby merania dĺžky, chyby určenia zenitových a vodorovných uhlov. Ich náhodné zložky sú opísané smerodajnými odchýlkami. Mimo náhodných chýb je skener zaťažený radou systematických chýb ktorých pôvod je priamo závislý na princípe skenera. Medzi tieto chyby môžeme zaradiť rôzne excentricity analogické osovým chybám teodolitu. Ďalšími systematickými chybami sú systematické chyby merania dĺžok a systematické meranie uhlov. Tieto vplyvy je možno potlačiť kalibráciou systému a nie postupom merania. Najväčší vplyv môžu mať osové chyby, ale doteraz neexistuje skener u ktorého by sme tieto chyby odstránili meraním v dvoch polohách. [3]

Vonkajšie vplyvy

Terestrické merania často prebiehajú v časovo a opticky premenných, prízemných vrstvách zemskej atmosféry. V dôsledku zmien stavových parametrov prostredia dochádza k zmene indexu lomu tohoto prostredia a to je potom z optického hľadiska nehomogénne. Zväzky

elektromagnetického žiarenia potom v takomto prostredí prestávajú byť priamkami a stávajú sa obecnými priestorovými krivkami. [3]

2.5 MERANIE A SPRACOVANIE NAMERANÝCH DÁT

Obecný postup merania laserovým skenerom môžeme zhrnúť do nasledujúcich krokov [3]:

- rekognoskácia meraného priestoru, voľba stanovísk pre skenovanie,
- signalizácia a zameranie vlicovacích bodov (ak je potrebné),
- meranie (skenovanie, získanie obrazových dát),
- vstupné úpravy mračien bodov,
- spájanie jednotlivých skenov (transformácia),
- úpravy mračien bodov,
- spracovanie merania,
- vizualizácia (priradenie farieb, textúr, skutočných farieb), vytváranie prezentácií, animácií apod.

2.6 VLICOVACIE BODY

Vlicovacie body sú veľmi dôležitou súčasťou, ktoré veľmi ovplyvňujú presnosť spájania mračien bodov. Musia byť vybrané, stabilizované a zamerané tak, aby umožnili transformáciu mračien bodov s kontrolou, t. j. s nadbytočným počtom bodov pre výpočet transformačného kľúča bez poškodenia. Za určitých podmienok môžeme pracovať bez vlicovacích bodov, ak je napr. možné celé skenovanie vykonať len z jedného stanoviska. Môžeme taktiež využiť vhodne prirodzene signalizované body priamo na meranom objekte, ktoré môžeme modelovaním presne určiť a zároveň zamerať, ako napr. ostré rohy, gule alebo ich časti. Niektoré programy na spracovanie umožňujú na seba napasovať dva skeny s dostatočne veľkým členitým prekrytom metódou minimálnej vzdialenosti povrchov v prekrytových oblastiach. [3]

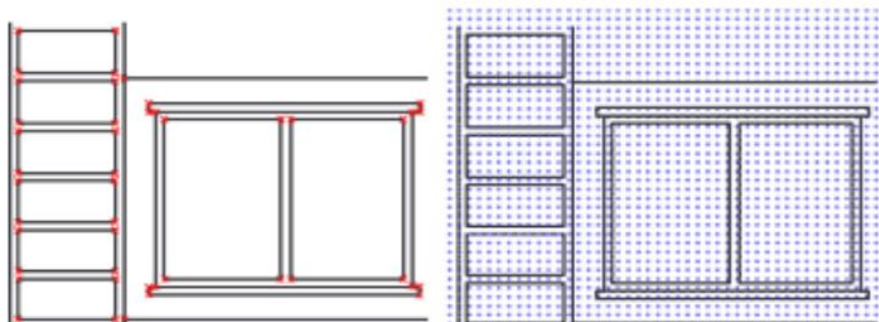
Využitie vlicovacích bodov je nutné v prípade, že výsledné dielo musí byť spracované v danom súradnicovom systéme. Zameranie vlicovacích bodov sa obvykle vykonáva bežnými geodetickými metódami, najčastejšie totálnou stanicou, zo siete bodov obecné nezávislých na stanoviskách skenovania. [3]



Obr. 7 Príklad vlicovacích bodov- guľa a terč [36]

2.7 POROVNANIE S GEODETICKÝMI METÓDAMI

Pri zameraní totálnou stanicou sa snažíme jednoznačne identifikovať významné body objektu ako hrany. Laserový skener nedokáže presne identifikovať hranu, preto sú body zaznamenávané v oveľa väčšom množstve, kde neskôr pri spracovaní sme schopní vykonštruovať tieto hrany. Na obrázku môžeme vidieť vľavo selektívny výber totálnou stanicou a vpravo neselektívny výber laserovým skenerom.



Obr. 8 Porovnanie merania bodov totálnou stanicou a laserovým skenerom [2]

Výhody laserových skenerov [6]:

- presné zameranie skutočného stavu s výrazne vyššou produktivitou práce a taktiež finančnými úsporami,
- vyššia bezpečnosť a skrátenie práce v teréne,
- meranie môže prebiehať aj za plnej prevádzky strojov,
- veľmi rýchle spracovanie 3D digitálnych modelov.

3 BIM

3.1 ČO JE TO BIM

Buiding information model alebo tiež modelling sa skrýva pod skratkou BIM. Prekladom tohoto pojmu je informačný model budov alebo informačné modelovanie budov. Ako vyplýva z názvu, jedná sa o modelovanie budúcich stavieb, ktoré sú projektované s ďalším parametrom a to s informáciou. Ak projektanti, investori, štátna správa, správcovia, vlastníci a ďalšie osoby vstupujúce do výstavbového projektu prijmu filozofiu BIMu, získajú štruktúrovaný model dát o svojej investícií, ktorý ich bude sprevádzať po celú dobu jej životnosti, t. j. od vzniku myšlienky až po jej likvidáciu. [7]

Ak hovoríme o zavedení BIM už existujúcich stavieb a nejedná sa o modelovanie novo vznikajúcej stavby je namieste použiť vysvetlenie skratky BIM ako Buiding Information Management (BIMng), ktorý môžeme preložiť ako riadenie informácií pomocou metódy BIM. BIMng už nehľadá kolízie medzi konštrukciami a TZB, nehľadá optimálnu variantu stavebno technického riešenia, tieto problémy sú už vyriešené vo fáze prípravy a realizácie stavby. Teraz tu máme model, ktorý vznikol na základe dát prevádzkovania a užívania stavby a jeho cieľom je efektívne riadiť procesy spojené so správou majetku a prevádzkovaním budov. [7]

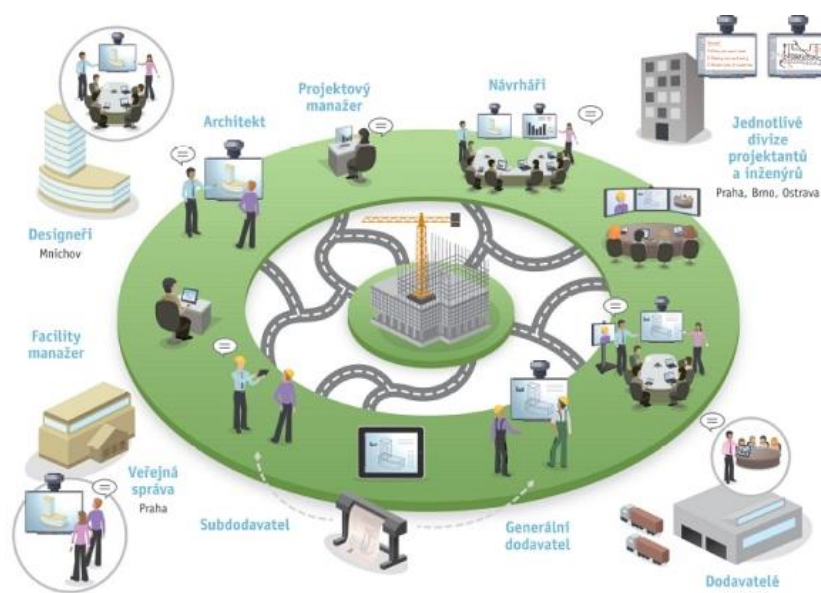
3.2 HISTÓRIA BIMU

Základy BIM sa datujú k roku 1975, kedy americký profesor Charles Eastman publikoval popis pracovného prototypu v časopise AIA Journal. Článok popisoval interaktívne prvky kombinujúce informácie o mapách, fasádach, pohľadoch a rezoch v jednom dokumente. Každú zmenu projektu by potom stačilo urobiť len raz a táto zmena by bola premietnutá aj do všetkých ostatných výkresov. Ľahko by sa generovali detaily o nákladoch, materiálových požiadavkách a dodávkach stavby. Popisuje aj nám dnes povedomý koncept databázy stavby, tzv. Building Description Systems (BDS). Jeho následný projekt GLIDE (Graphical Language for Interaktive design) z roku 1977 potom vykazuje už väčšinu charakteristík BIM platformy. [8]

3.3 VÝHODY BIMU

Vďaka jednotnému informačnému modelu budovy (BIM) môžeme jednoducho zdieľať dáta medzi jednotlivými projekčnými nástrojmi a pristupovať na kompletné dáta po celú dobu životného cyklu stavby. [9]

Stavba je založená na výsledkoch spolupráce všetkých účastníkov z rôznych odborov. Integrácia sa stáva stredom záujmu a presne zapadá do kontextu súčasného narastajúceho geografického rozptylu medziodborovej spolupráce. Za takýchto okolností je zvlášť dôležité znížiť na minimum rizika týkajúce sa kvality, času a celkových nákladov. Zlepšenie efektivity plánovania a jeho udržiavania vyžaduje metodickú a sústavnú komunikáciu medzi architektmi, projektovými manažérmi, návrhármi, profesnými projektantmi, dodávateľmi a klientmi. V kombinácii s modernými softwarovými aplikáciami a interaktívnymi nástrojmi je možné dosiahnuť vysokej miery potrebnej efektivity a zlepšenie kvality BIM navrhovania. [10]



Obr. 9 Účastníci procesu BIM [35]

Hlavné výhody BIM sú teda [11]:

- Výrazne vyššia podrobnosť dokumentácie stavby.

Stavebná dokumentácia obsahuje polohu aj tvar všetkého a hlavne celých konštrukcií, čo súčasne s tým, že všetky jednotlivé súčasti sú opísané a špecifikované, znamená výrazný pokrok v podrobnosti dokumentácie.

- Uľahčuje kooperáciu medzi jednotlivými profesiami.

Súčasne s BIMom vznikla iniciatíva buildingSmart špecifikujúca BIM proces a štandardizujúci formát prenášajúcich dát medzi jednotlivými projekčnými softwarmi. Tento formát sa nazýva IFC a je podporovaný všetkými projekčnými softwarmi.

- Po skončení výstavby sa dáta nestrácajú, ale môžu byť použité pre správu.

Správa budovy je dlhotrvajúca činnosť, ktorej náklady po dobu životnosti stavby výrazne prevyšujú náklady na zriadenie stavieb. Z tohoto dôvodu je užitočné zachovať dáta, teda informačný model budovy, práve pre správu budovy. Napríklad informácie o výkone vzduchotechnickej jednotky a jej presný typ, je možné rozšíriť o požadované servisné intervaly. Výsledkom je úspora za nový model potrebný pre správu budovy.

- Šetrí peniaze pri výstavbe.

Vďaka kompletnému 3D modelu na ktorom pracovali všetci, sú vyriešené všetky priestorové konflikty už pri projektovej fáze a nie je ich potrebné riešiť operatívne na stavbe za zvýšených nákladov. Ďalej umožňuje optimalizovať skládky materiálov a zdvíhacích prostriedkov, pretože objekty taktiež obsahujú informácie o hmotnostiach.

- Umožňuje zrýchlenie stavby

Časopriestorový graf staveniskového procesu je možné spodrobiť na úroveň jednotlivých objektov a tým zmenšiť množstvo skladovaných konštrukcií a zvýšiť prefabrikáciu.

Jednotlivé činnosti potom môžeme lepšie plánovať a ľahšie sa tak vyhnúť prípadným konfliktom staveniskovej prevádzky. To súbežne s minimalizáciou rizík riešení projekčných problémov na stavbe, umožňuje znížiť dobu výstavby.

3.4 BIM A FACILITY MANAGEMENT

BIM ma mnoho definícií, pretože ho popisujú z rôznych pohľadov a perspektívy životného cyklu stavby. Avšak podľa [12] je celkovým cieľom prenos údajov do Facility Managmentu. Preto BIM poskytuje model, do ktorého je možné ukladať všetky informácie. Môžeme predpokladať, že táto databáza slúži pre FM na prevádzkovanie budovy. Preto je možné BIM

v perspektíve FM definovať ako nástroj na zbieranie informácií o budove počas celého životného cyklu, ktorý bude slúžiť majiteľovi na jeho údržbu. [12]

Hlavné výhody využitia informácií získaných z modelu pre BIM, môžeme zhrnúť do niekoľkých bodov [12]:

- Prehľadnejšia správa priestoru stavby- model BIM umožňuje prístup k informáciám o využití stavby rýchlejšie a poskytnuté údaje sú presnejšie.
- Efektívnejšia údržba- v modele BIM sa udržuujú aktuálne informácie o produktoch a majetkoch, prístup k presnejším informáciám. Rýchlosť je opäť hlavnou výhodou, pretože umožňuje kvalifikovanejšie rozhodnutia.
- Efektívnejšie využívanie energie- využitie BIM modelu umožňuje porovnávanie rôznych variant riešení a ich energetických potrieb. Dostupné informácie podporujú rôzne druhy optimalizácie údržby i návrhy na vylepšenie. Môže tak lepšie ovplyvňovať dopady na životné prostredie.
- Lepšie riadenie životného cyklu stavby- tento bod v sebe skrýva ochotu hodnotiť náklady celkového životného cyklu oproti investičným nákladom. Počiatočné vyššie obstarávacie náklady sa tak môžu premietnuť do oveľa nižších prevádzkových nákladov celej stavby.

3.5 BIM SOFTWARE

V prvom rade je potrebné zdôrazniť, že BIM nie je software. Softwarové nástroje slúžia k tomu, aby sme boli schopní BIM model vytvoriť a nakladať s ním. Základným BIM nástrojom je modelovanie. Na trhu existuje niekoľko riešení od rôznych výrobcov. V našej zemi je najrozšírenejšie riešenie od spoločnosti Autodesk (Revit), Graphisoft (ArchiCAD) a Nemetschek (Allplan). Špecializovanými aplikáciami, pomocou ktorých môžeme modelovať (ale len časť budovy), sú potom aplikácie, ako je napr. Tekla (oceľové konštrukcie), alebo DDS CAD (TZB Rozvody). Každý produkt z uvedených firiem má svoj vlastný dátový formát, čo myšlienku BIM o vzájomnej a bezproblémovej komunikácii naprieč všetkými profesiami veľmi komplikuje. [13]

3.5.1 Rozdiel medzi CAD SW a BIM

Tradičné CAD aplikácie sú založené na nástrojoch pre kreslenie 2D výkresov alebo tvorbu geometrických 3D modelov. BIM ponúka nový spôsob práce využívajúci inteligentné prvky informačného modelu. Akékoľvek zmeny a úpravy modelu sa prejavajú vo všetkých aspektoch projektu naraz, dáta zostávajú konzistentné, koordinované a presne popisujú vlastnosti projektu pre všetkých členov projekčného tímu či investorov stavieb. [14]

3.5.2 Revit doplnky

Existuje veľké množstvo doplnkových nadstavieb k programu Autodesk Revit. V diplomovej práci som pracoval so štyrmi a to ScantoBIM, Faro As-Built, T4M:MEP, Autodesk Point Layout. Sú to niekoľkodňové trial verzie, ktoré slúžia prevažne na prácu s mračnom bodov a pri vytváraní TZB zariadenia, ako sú trubky. Postupne tieto programy predstavím v ďalšej kapitole.



3.6 ZAVEDENIE BIM V ČR

2.11.2016 vláda ČR schválila materiál „Význam metódy BIM (Building Information Modelling) pre stavebnú prax v Českej republike a návrh ďalšieho postupu pre jeho zavedenie“ a menovala Ministerstvo priemyslu a obchodu oficiálne gestorom pre zavedenie BIM do praxe v ČR. Dokument bol predložený na základe Uznesenia č.2 Rady vlády pre stavebníctvo Českej republiky zo dňa 13.10.2015 a informoval vládu o princípe a význame metódy BIM a o nutnosti podporení jeho zavedenia v ČR. Schválením materiálu vláda potvrdila význam BIM pre české stavebníctvo. Dňa 25.9.2017 Vláda ČR uznesením č.682 schválila dokument Koncepcie zavádění metody BIM v České republice a následne boli

pracovné skupiny pri Rade vlády pre stavebníctvo rozšírené o pracovnú skupinu pre zavedenie metódy BIM. [15]

ČASOVÁ OSA ZAVEDENIA BIM V ČR [15]

II./2017

Koncepcia zavádzania metódy BIM v ČR schválená Vládou uznesením č. 682 z 25.9.

I./2018

Štart činnosti odboru Koncepcie BIM prebehol 2.1.

II./2018

Vyhlásenie IFC formátu ako celoštátne podporovaného pre BIM model.

I./2019

Vytvorenie štandardu rozsahu LOI a LOD pre fázy tvorby dokumentácie stavby.

II./2019

Vytvorenie databázy pre požadované vlastnosti stavebných výrobkov.

I./2020

Tvorba štandardizovanej metodiky použitia BIM v organizáciách.

II./2020

Vytvorenie metodiky BIM pre postup pri zadávaní verejných zákaziek.

2021

Premietnutie zmien súvisiacich s legislatívou v rámci zavedenia metódy BIM.

2022

Uloženie povinnosti použitia BIM pre nadlimitné VZ na stavebné práce.

Technické normy pre BIM vznikajú kombináciou podnetov z aliancie buildingSMART a jednotlivých štátov smerom k organizácii ISO a ďalej k organizácií CEN. Na národnej úrovni na Úrade pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) zahájila činnosť v roku 2016 technická normalizačná komisia TNK 152 „Organizace informací o stavbách a informační modelování staveb (BIM)“. [16]

3.7 BIM V ZAHRANIČÍ

Jedným z prvých štátov využívajúcich a podporujúcich BIM je Fínsko, ktoré vyžaduje BIM pri ponukách pre verejnú správu. Ďalšou krajinou je Nórsko, kde sa BIM využíva okrem verejného obstarávania hlavne pre správu budov. Nasleduje Holandsko, Dánsko a Veľká Británia. V Británii musia byť už od roku 2016 záväzne všetky projekty financované z verejných zdrojov pripravené v BIM, keďže renomovaná agentúra odhadla, že úspora finančných nákladov, spojená s používaním BIM, predstavuje len v Británii približne 2 miliardy EUR. [17]

Krajina	Spracovanie pravidiel od roku	Zameranie (PS- pozemné stavby <u>Infra</u> -infraštruktúra)	Poznámka
Nórsko	2007	PS a <u>Infra</u>	povinne pre verejné zákazky od r. 2010
Fínsko	2001	PS	zamerané na budovy štátnej správy a ich FM povinne od r. 2007
	2015	<u>Infra</u>	model BIM ako súčasť plánu pre digitalizáciu dopravy (2016-2018)
Dánsko	2007	PS a <u>Infra</u>	povinne pre štátne VZ nad 2,7 mil. € od r. 2011, od r. 2013 (štátne VZ od 670 000 €, kraje a obce od 2 680 000 €)
Holandsko	2010	PS a <u>Infra</u>	povinne nad 10 mil. € od 11/2011
Spojené kráľovstvo	2015	Prevažne <u>Infra</u>	obdobie 2017 - 2020 je určené pre overovacie pilotné projekty
Francúzsko	2015	PS a <u>Infra</u>	povinne pre všetky zákazky verejného sektora od r. 2017
Nemecko	2015	Prevažne <u>Infra</u>	2017 - 2020 pilotné projekty, od r. 2020 BIM povinné pre všetky projekty verejných zákaziek
Španielsko	2016	PS a <u>Infra</u>	vládny plán predpokladá povinnosť od r. 2018 v PS a od r. 2019 v <u>Infra</u>
Česko	2017	PS a <u>Infra</u>	2017 - 2021 pilotné projekty, od r. 2022 BIM povinné pre nadlimitné verejné zákazky

Obr. 10 Zoznam krajín využívajúcich BIM [18]

Technológia BIM sa postupne dostáva aj do povedomia Slovenských projekčných firiem. No zväčša vďaka ich vlastnej iniciatíve a snahe skvalitňovať ponúkané služby. Na Slovensku momentálne nie je dopyt na zavedenie BIM do projektovej, realizačnej a následne prevádzkovej praxe zo strany súkromných ani verejných investorov. Výnimku v tomto smere tvoria uvedomelí investori, prípadne medzinárodné firmy, ktoré majú skúsenosti z okolitých krajín. [18]

3.8 ORGANIZÁCIE BIM

Odborná rada pre BIM (CzBIM.org)

CzBIM je spolok, ktorý sa systematicky a dlhodobo venuje oblasti informačného modelu budovy, a to nielen s dôrazom na uplatnenie a zavedenie tejto metódy v Českej republike. CzBIM združuje popredných odborníkov na uplatnenie a zavedenie tejto metódy v Českej republike a taktiež združuje odborníkov z radov právnických a fyzických osôb, ktorí pôsobia v oblasti BIM ako u nás, tak aj vo svete. Berie ohľad na špecifiká českého prostredia, (normy, legislatíva) a pomáha zaviesť BIM do praxe. Hlavným poslaním czBIM je popularizácia, vzdelávanie, štandardizácia, rozvoj možností a uplatnenie metódy BIM v Českej republike. [19]



BIMas

Občianske združenie BIM asociácia Slovensko je nezisková organizácia zameraná na uplatňovanie technológie informačného modelu stavby do odbornej praxe na úrovni všetkých účastníkov projekčného a stavebného procesu v rámci celého životného cyklu stavby. Hlavná náplň občianskeho združenia je propagácia, popularizácia a rozvoj možnosti a uplatnenia tejto technológie v Slovenskej republike. [20]



Aliancia buildingSMART

Pôvodne založená ako IAI (International alliance for interoperability) je združenie organizácií zaoberajúcich sa konštrukciou stavieb a facility managementom. Je to celosvetový priemyselný orgán, ktorý riadi transformáciu stavebného odvetvia. Má mnoho regionálnych či národných komôr- USA, UK, Francúzsko, Nemecko, Nórsko, Singapur, Kórea.

buildingSMART sa zaväzuje poskytovať zlepšenia vytváraním a prijímaním otvorených medzinárodných štandardov a riešení pre infraštruktúru a budovy. Štandarty buildingSMART pokrývajú širokú škálu procesov a informácií, ktoré sú jedinečné pre stavebný priemysel. [21]

Zahrnuje v sebe [21]:

- buildingSMART Processes- príručka na poskytovanie údajov,
- buildingSMART Data Dictionary- udržuje medzinárodný rámec pre slovníky,
- buildingSMART Data model- organizácia spravuje softwarovo neutrálny model IFC.



3.9 SCAN TO BIM

Scan to Bim je proces, kde sa laserový skener používa na zachytenie presného 3D obsahu na projektoch. Naskenované dáta sú potom importované do 3D modelového prostredia na vytvorenie modelu alebo na porovnanie skutočného stavu s projektom. Podľa [22] je Scan to Bim proces 3D laserového skenovania fyzického miesta na vytvorenie jeho presnej digitálnej reprezentácie. Táto digitálna reprezentácia môže byť použitá na plánovanie, zistenie progresu alebo vyhodnotenie skutočného stavu. [22]

Dôležité kroky pre využitie laserového skenovania [22]:

- získať údaje z 3D laserového skenovania ,
- spracovanie dát,
- použiť ich v BIM procese.

Výhody SCAN TO BIM [22]:

- pomáha zlepšiť transparentnosť, komunikáciu a spoluprácu,
- BIM model vytvorený z naskenovaných dát ponúka väčšiu spoľahlivosť a zabezpečenie kvality,
- znižuje náklady na výstavbu,
- uľahčuje zmeny na projekte a pomáha pri rýchlejšom rozhodovaní,
- používanie BIM počas celého procesu výstavby vedie k lepšej udržateľnosti projektu,
- vytvorenie BIM modelu z naskenovania pomáha eliminovať nákladné chyby počas výstavby.

4 INFORMAČNÝ MODEL

Informačný model stavby charakterizujeme ako digitálny model stavby, ktorý je tvorený okrem grafických dát aj súborom negrafických dát a rôznou dokumentáciou stavby. Je to parametrický objektovo orientovaný 3D dátový model, zložený z objektov, ktoré majú definované geometrické a negeometrické atribúty. BIM model sa skladá z pohľadu dát z troch častí. Môžeme ho charakterizovať ako kombináciu grafických a negrafických dát, resp. informácií a dokumentov týkajúcich sa stavebného projektu, za predpokladu, že všetko je uložené a spravované v spoločnom dátovom prostredí označovanom CDE (Common Data Environment). [23]

Model musí byť v prvom rade zložený z objektov, ktoré sú zasadené do trojrozmerného priestoru, charakterizované 3D súradnicami s vlastnosťami o jednotlivých objektoch, uložených v databáze informačného modelu. Grafické dáta vyjadrujú geometriu objektu, jeho tvar, rozmer a polohu v 3D priestore. Negrafické dáta sú prepojené s grafickým modelom, teda ku každému objektu tvoriaceho model vieme pripojiť popis, resp. atribúty tohoto objektu. [23]

4.1 LEVEL OF DETAIL/DEVELOPMENT






Na výkresoch sa vykresľujú objekty a ich časti v určitej mierke, ktorej odpovedá aj zobrazovaná podrobnosť. Aj pri modelovaní v 3D si môžeme určiť takú podrobnosť modelovania, ktorá bude odpovedať potrebe následného spracovania modelu, či už pasívnemu, t. z. len preberanie informácií, či aktívnemu t. z. ďalšie spracovanie detailu. Tento aspekt úzko súvisí aj s nárokmi konkrétnych nástrojov na zdroje, pretože podrobné modely sú náročné na spracovanie. Súvisiace pojmy sú úrovňou vývoja (rozpracovanosti) projektu (Level of Development) a úrovňou podrobnosti (Level of Detail). Niekedy sú tieto skratky a termíny zameňované, ale v prípade Level of Detail sa jedná len o geometrickú podobnosť. Level of Development je opísaný z hľadiska podrobnosti geometrie, ale taktiež z hľadiska podrobnosti, presnosti a rozsahu informácií o jednotlivých objektoch. Pre vzájomnú komunikáciu s klientom, alebo v rámci projektového tímu sa potom používajú hodnoty LOD medzi jednotlivými definovanými LOD podľa toho, v akej fáze sa projekt nachádza. [24]

Level of Development alebo Level of Detail je doporučenie, ktoré umožňuje odborníkom v stavebnej praxi presne definovať a jasne formulovať požiadavky (grafickú a informačnú

podrobnosť) na informačný model stavby v rôznych fázach návrhu. Nikde v zákone alebo vyhláske nie je stanovené, čo majú jednotlivé prvky obsahovať za informácie, pretože v každom projekte majú jednotlivé informácie rôznu dôležitosť a taktiež môžu byť rôzne požiadavky na úroveň grafickej podrobnosti a tak je nutné vždy definovať pre každý prvok požadovanej informácie aj jeho grafickú podrobnosť. Tieto požiadavky investor špecifikuje pri zostavovaní BEP (BIM Execution Plan) a v rámci BIM protokolu, ktorý definuje grafické a negrafické vlastnosti samostatne. Takto definované zadanie je pre investora a projektanta prijateľnejšie, pretože sú jasne definované požiadavky na finálny výstup. [25]

4.1.1 Grafická podrobnosť modelu

Grafická podrobnosť je len jedna časť informácie o danom prvku a obvykle je považovaná za najmenej dôležitú. Pri vytváraní virtuálneho modelu stavby dochádza k zjednodušovaniu grafickej podoby jednotlivých prvkov. Je to kvôli faktu, že vymodelovanie vizuálne presného prvku môže byť veľmi časovo náročné a takto vytvorený prvok môže zaťažiť model zbytočnými detailmi. Z logiky veci vyplýva, že nie je rozumné vyžadovať model o konkrétnej hodnote LOD. [25]

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
(Pouze data označená červeně jsou použitelná)				
				
Koncept (prezentace)	Návrh	Dokumentace	Konkrétní výrobek	Facility management
POPIS: Kancelářká židle s područky, na kolečkách ŠÍŘKA: HLOUBKA: VÝŠKA: VÝROBCE: Hermann Miller MODEL: Mirra LOD: 100	POPIS: Kancelářká židle s područky, na kolečkách ŠÍŘKA: 700 HLOUBKA: 450 VÝŠKA: 1100 VÝROBCE: Hermann Miller MODEL: Mirra LOD: 200	POPIS: Kancelářká židle s područky, na kolečkách ŠÍŘKA: 700 HLOUBKA: 450 VÝŠKA: VÝROBCE: Hermann Miller MODEL: Mirra LOD: 300	POPIS: Kancelářká židle s područky, na kolečkách ŠÍŘKA: 685 HLOUBKA: 430 VÝŠKA: 1085 VÝROBCE: Hermann Miller MODEL: Mirra LOD: 400	POPIS: Kancelářká židle s područky, na kolečkách ŠÍŘKA: 685 HLOUBKA: 430 VÝŠKA: 1085 VÝROBCE: Hermann Miller MODEL: Mirra LOD: 01/07/2015

Obr. 11 Špecifikácia LOD [9]

4.1.2 Informačná podrobnosť modelu

Jedná sa o množstvo informácií, ktoré by mali obsahovať jednotlivé prvky v modele v rôznych fázach projektu. Najjednoduchší spôsob je spísanie do prehľadnej tabuľky. V tabuľke sa pre každú fázu projektu nadefinujú požadované informácie. Tu je nutné zdôrazniť, že menej je niekedy viac. Nie je nutné, aby model obsahoval celú radu informácií len preto, že obsahovať môže. Tento spôsob by bol ekonomicky neefektívny. [25]

ZÁKLADNÍ INFORMACE				FÁZE PROJEKTU		
SKUPINA PARAM.	PARAMETR	POZNÁMKA	JEDN.	DUR	DSP	DPS
				LOD 200	LOD 300	LOD 300
				Fáze 2	Fáze 3	Fáze 4
STAVEBNÍ ČÁST						
PODKLADNÍ BETON						
Základní informace	1	Označení typu	Jedinečné označení objektu		✓	✓
	2	Kod budovy			✓	✓
	4	Kod skladby				✓
Rozměry	5	Tloušťka		mm	✓	✓
	7	Objem		m ³	✓	✓
	8	Plocha	Plocha pro výpočet bednění	m ²	✓	✓
Technické informace	9	Material				✓
	10	Trída betonu				✓
	11	Dalsí prvky	Např. vrstva geotextilie, podsyp, ...			✓

Obr. 12 Príklad tabuľky o danom prvku s rôznymi informáciami [25]

4.1 KNIŽNICE BIM

Knižnice BIM komponentov slúžia k zdieľaniu jednotlivých prvkov pre stavbu BIM modelov, pretože ich vytváranie je pomerne náročné. Momentálne existuje niekoľko typov knižnic-knižnice od poskytovateľov SW produktov, knižnice od výrobcov stavebných prvkov, knižnice od nezávislých poskytovateľov a knižnice od národných poskytovateľov s garantovaným obsahom. Tieto knižnice ponúkajú len veľmi jednoduchú kategorizáciu a vyhľadávanie. Komponenty sú k dispozícii vo formátoch rfa., časť aj pre určenú verziu SW. [26]

BIM OBJECT

Tento portál zastupuje vedúcu svetovú platformu pre obsah BIM.



Portál BIMobject využívajú výrobcovia pre podporu a dodávku

svojich produktov priamo do procesu BIM, aby boli pravdepodobnejšie vybrané a zaistili si ich tak rýchlejšie priame použitie na projektoch. Dňa 16. januára 2017 Autodesk ohlásil prenesenie všetkých operácií v rámci zákazníckej podpory súvisiacej s portálom Autodesk Seek na portál BIMobject. V rámci tohoto transferu BIM object prevzal zodpovednosť za

poskytovanie služieb Autodesk Seek na báze vysokého kvalitného obsahu BIM. Obsah umožňuje profesionálom v oboru architektúry, stavebníctva a strojárstva a expertom interiérového designu rýchlo nájsť, prehliadať a sťahovať súbor značkových stavebných BIM modelov, výkresov a produktových špecifikácií priamo do svojich komerčných projektov. Aby užívatelia mali prístup k obsahu čo najjednoduchší, môžu si stiahnuť doplnok, ktorý pomocou nástrojov v lište programu obsluhuje vyhľadávanie a načítanie BIM rodín. [27]

Národní BIM knihovna

Národní BIM knihovna je súčasťou služby Bimproject.Cloud, ktorá pomáha projektantom a architektom v ich práci s produktovými dátami. Ďalšou



časťou tejto služby sú napríklad konfigurátory, kalkulátory alebo PIM (Produkt Information Management), ktorý slúži výrobcovi k administrácii dát. V roku 2012 odsúhlasilo Spojené Kráľovstvo koncept implementácie BIM s tým, že od roku 2016 budú verejné zákazky povinné v BIM. V súvislosti s tým, sa rozbehla práca na databáze produktov, ktoré sú potrebné pre projektovanie v BIMu. Národní knihovna sa týmto konceptom inšpirovala. [28]

CADFORUM.CZ

Bezplatná knižnica CAD a BIM blokov vo formáte dwg, rfa, ipt. Všetky sú dostupné po registrácii užívateľa. Ponúka ako svetové značky tak aj české spoločnosti.

BIMTECH

BIMTECH nám ponúka katalógy stavebných materiálov, sendvičových konštrukcií a objekty popredných českých spoločností.

MEP CONTENT

Ponúka najväčšiu databázu pre MEP inžinierov (Mechanical, Electrical, Plumbing). V súčasnosti obsahuje viac než 600 000 prvkov. MEP Content sa taktiež zaoberá vývojom doplnkov do Revitu na uľahčenie práce pri vyhľadávaní rodín.

REVITCITY

Obsahuje viac než 17 000 rodín. Na stiahnutie je potrebná len registrácia používateľa.

BIM STORE

Vznikol v roku 2011 a taktiež ponúka zdarma rodiny mnohých výrobcov- prevažne z UK.

FAMILIT

Databáza obsahuje viac než 18 000 rodín v angličtine, nemčine a francúzštine.

NBS National BIM Library (UK)

Najrýchlejšie rastúca BIM knižnica v UK.

4.2 IFC

IFC- Industry Foundation Classes je formát s príponou .ifc, ktorý slúži ako výmenná platforma pre prenos informačného modelu a jeho informácií. IFC je medzinárodne uznávaný a bežne používaný formát, ktorý sa neustále vyvíja a zdokonaľuje organizáciou buildingSMART. Prakticky každý software, ktorý je určený pre prácu s BIM, podporuje export a import do IFC. Tento formát sa snaží všetky aplikácie prepojiť, aby mohli medzi sebou spolupracovať. Jeho obsahom sú ako grafické znázornenia, tak dáta jednotlivých prvkov. U grafického znázornenia modelu môžeme naraziť na prvý zádrhel. Ak vyexportujeme tento formát z jednej aplikácie a importujeme do druhej, bude grafická podoba modelu zachovaná. Avšak nie jeho editácia. Prvok by mal ostať správne zaradený do rovnakej kategórie, ale jeho úpravy budú obmedzené na minimum. Každý program, v ktorom bol model vytvorený pracuje na inom princípe modelovania, preto nie je možné pomocou výmenného formátu preniesť aj chovanie prvkov v jednotlivých aplikáciách. Pri prenesení modelu pomocou IFC, teda nezískame komplexne upraviteľný model pre ďalšiu prácu. Model vo formáte IFC najčastejšie využívame ako priestorovú referenciu. [29]



S informáciami je to obecné zložitejšie. V projekčných nástrojoch ako je Revit sa stretávame s celou radou atribútov jednotlivých prvkov modelu. Niektoré z týchto atribútov sú priamo vstavané do programu a u daných prvkov sa tak vyskytujú vždy. Iné sú doplnené užívateľom a môžu obsahovať prakticky ľubovoľný typ informácií. Pre takéto atribúty môže existovať

ekvivalent v štruktúre IFC, ale taktiež nemusí. Dôležité je však to, že pokiaľ pri exporte chceme informácie v atribútoch preniesť do IFC súboru, musíme ich nejakým spôsobom namapovať. Z vstavaných atribútov sú v prípade Revitu namapované len niektoré. Ak chceme preniesť aj ďalšie atribúty, je nutné nastaviť mapovanie ručne. Ak teda pri prevode do IFC dochádza k strate informácií, ide o zle nastavenie mapovanie. Mapovanie bohužiaľ vyžaduje dobrú znalosť IFC štruktúry a danej problematiky, preto ak chceme aby bol správny prenos informácií, musíme sa poradiť s odborníkom. [30]

4.3 CDE- COMMON DATA ENVIROMENT

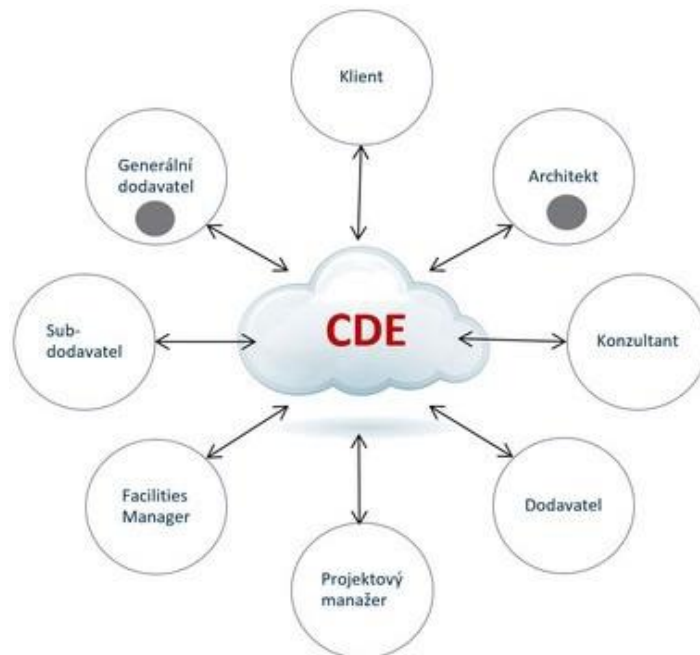
Najpoužívanejší spôsob komunikácie je dnes email a telefón a to sa v dohľadnej dobe pravdepodobne výrazne nezmení. Avšak požiadavky na predávanie dát a informácií sa z rozvojom digitálnych technológií menia. Spoločné dátové prostredie (CDE) je technické riešenie, ktoré v sebe zahrňuje všetky informácie a zaisťuje efektívnu komunikáciu a riadenie projektu vo všetkých fázach životného cyklu stavby. [31]

CDE v podstate predstavuje centrálny priestor na zhromažďovanie, správu, hodnotenie a zdieľanie informácií. Ukladá koordinačný model, všetky čiastkové špecifické modely, databázu a dokumenty, ktoré sú potrebné počas realizácie projektu. Centralizácia ukladania údajov v rámci CDE znižuje riziko nadbytočnosti, duplicity a zabezpečuje dostupnosť údajov kedykoľvek. Pretože toto prostredie je prístupné pre všetkých účastníkov projektu, kvalita modelu by sa mala udržiavať na vysokej úrovni v rámci dohodnutých projektových štandardov. [32]

Benefity ktoré by nám malo priniesť CDE pri jeho úspešnej implementácii do projektu [33]:

- zvýšenie transparentnosti, eliminácia nedorozumenia, jednoznačnosť,
- zníženie množstva chýb pri správe informácií,
- podpora pracovných postupov v organizácii,
- zjednodušenie spolupráce s dodávateľmi,
- priradenie zodpovednosti,
- urýchlenie práce s informáciami,
- automatizované procesy správy informácií,
- centrálné úložisko dokumentov,
- uľahčenie vyhľadávania informácií,
- integrácia so stávajúcimi systémami,

- monitorovanie a auditovanie priebehu práce s informáciami.



Obr. 13 Účastníci, ktorí sú súčasťou CDE [37]

4.3.1 Využitie zmiešanej reality

Plnohodnotné 3D modely akýchkoľvek stavieb môžeme načítať či už do VR okuliarov, tabletov s požadovaným softwarom a premietnuť do reality. Toto premietnutie do reality nám dokáže zlepšiť samotnú predstavivosť, prípadne odhaliť jednotlivé nedostatky-kolízie medzi jednotlivými technológiami. Rovnako ako aj pri predstavivosti sa táto technológia používa aj priamo na stavbách a to pre kontrolnú činnosť – súlad vs. nesúlad- prevedenie stavby s dokumentáciou. V mnohých prípadoch je zmiešaná realita na stavbách využívaná taktiež pre predstavivosť umiestnenia technológie a odhalenie možných nejasností ešte pred samotnou montážou zariadenia. [34]



Obr. 14 Využitie zmiešanej reality priamo v teréne [34]

CDE s rozšírenou realitou prináša do stavebníctva inováciu, ktorá znamená zefektívnenie stavebného procesu a urýchľuje samotnú výstavbu. Aj keď sú tieto technologické novinky stále vo vývoji, môžeme už dnes na našich trhoch nájsť celú radu firiem, ktoré ich dokázali implementovať do svojich procesov a stali sa každodenným nástrojom na pravidelnej báze. [34]

4.4 BEP- BIM EXECUTION PLAN

Pri implementácii BIM, kedy sa na jeho tvorbe podieľa mnoho útvarov a účastníkov, je vhodné vytvoriť kvalitný plánovací dokument. Všeobecne sa k tomuto účelu používa termín BEP. BEP znázorňuje finálny dokument, zahrňujúci všetky zainteresované projektové tímy a zaoberá sa podrobnejšími informáciami BIM projektu. BEP by mal definovať náležité využitie BIM. Napríklad vývoj návrhu, odhadovanie ceny, koordináciu návrhu spolu s detailným návrhom a dokumentáciou procesov pre uskutočnenie BIM skrz celý životný cyklus stavby. [7]

V BEP si projektové tímy definujú rozsah implementácie BIM v projekte, identifikujú procesné postupy pre BIM procesy, definujú informačné výmeny medzi účastníkmi a popisujú požadovanú infraštruktúru pre podporu jeho optimálneho naplnenia. [7]

BEP by mal obsahovať [7]:

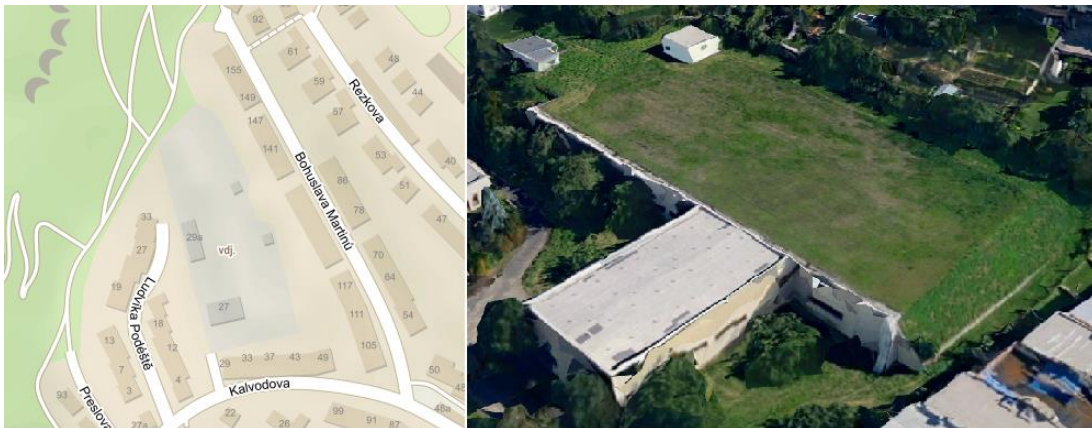
- identifikáciu BIM cieľov a jeho využitie (definovanie hodnôt a prínosov),
- definícia účastníkov projektu, ich kompetencia a zodpovednosť,

- navrhnutie BIM postupov a procesov (procesné mapy, procesy a vzájomné prepojenie činností),
- stanovenie informačných výmen a softwarových nástrojov,
- definovanie podpornej infraštruktúry implementácie (postupy v komunikácií, spôsob dodania projektu, postupy pre kontrolu kvality apod.),
- spôsob údržby BIM modelu a správy dát,
- stanovenie úrovne detailu pre jednotlivé časti a profesie.

5 PROCES MODELOVANIA

5.1 OBJEKT MODELOVANIA

V júli 2020 prebehla rekonštrukcia armatúrnej komory vodojemu Preslova v Brne. Armatúrna komora má nové potrubie a tvarovky. Súčasťou tejto rekonštrukcie je vyhotovenie informačného modelu v programe Autodesk Revit. Armatúrna komora bola naskenovaná a jednotlivé mechanické zariadenia spísané do zoznamu pre lepšiu prehľadnosť. Súčasťou tejto dokumentácie boli aj fotografie pre lepšie priblíženie mechanických zariadení a tvaroviek.



Obr. 15 Lokalita vodojemu (mapy.cz)



Obr. 16 Naskenované mračno bodov armatúrnej komory

5.2 POUŽITÝ SOFTWARE

Cloud Compare

Autodesk Recap Pro

Autodesk Revit 2020

Autodesk Autocad 2020

Autodesk Inventor 2020 Professional

MS Office

Bodové mračno mi bolo poskytnuté vo formáte las. rozdelené do niekoľkých častí. Na spojenie týchto častí som využil voľne stiahnuteľný program Cloud Compare. Vyhotovenie informačného modelu prebehlo v programe od firmy Autodesk Revit 2020. Keďže tento software podporuje doplnky od iných výrobcov, pre uľahčenie práce rozhodol som sa využiť ešte nadstavby od výrobcov FARO, ScantoBim, AGACAD a Autodesk. Doplnky slúžia na uľahčenie práce s bodovým mračnom a modelovanie trubiek. Bodové mračno už bolo natransformované v S-JTSK a tak hlavnou časťou mojej práce bolo zameranie sa na vyhotovenie informačného modelu. Po konzultovaní s vedúcim práce sme sa rozhodli, že moja práca bude zameraná hlavne na tvorbu TZB a to potrubia.

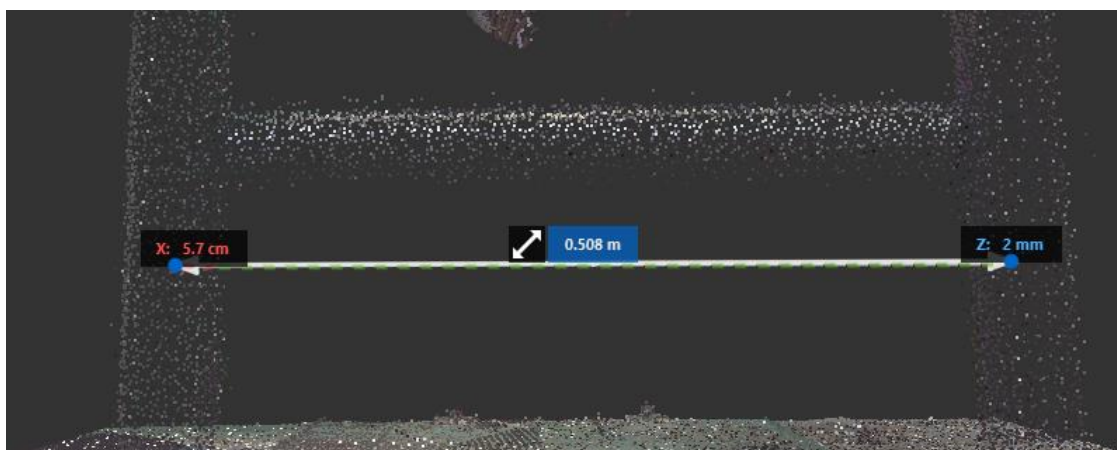
5.3 PRÍPRAVA BODOVÉHO MRAČNA

Bodové mračno bolo rozdelené do dvoch častí na *hala_part1* a *hala_part2* vo formáte las. Pre vytvorenie informačného modelu budeme potrebovať tieto mračná spojiť, upraviť, orezať, aby sa nám s ním pracovalo čo najlepšie a príliš nezaťažovalo výpočetnú techniku. V poslednom rade ho budeme potrebovať exportovať do príslušného formátu, ktorý podporuje Autodesk Revit 2020.

Pre spojenie bodového mračna som sa rozhodol použiť voľne dostupný software CloudCompare. Tento program pôvodne slúžil na porovnávanie mračien bodov a rôzne štatistické metódy. Spojenie mračien bodov *hala_part1* a *hala_part2* vykonáme ich vložením do programu a v karte *Edit* zvolíme funkciu *Merge*.

V ďalšej časti som potreboval bodové mračno upraviť, t.z. vhodne orezať pre lepšiu viditeľnosť. Za najvhodnejší program som považoval Autodesk Recap, ktorý je pre študentov voľne dostupný. Po načítaní spojeného mračna *hala_merge.las* s ním môžeme pracovať. Ja som sa ho rozhodol orezať do takej miery, aby boli viditeľné len trubky, podpery a samotné zariadenia. Software nám ponúka aj nastavenie zobrazenia bodov alebo možnosť meniť veľkosť samotných bodov.

V tomto software som použil aj funkciu merania dĺžky kvôli zisteniu rozmeru podpier pod trúbkami. Každá trubka s iným diametrom má iný rozmer (šírku podpery). Pri tvorení vlastnej tvarovky, ktorej rozmery som bral z projektovej dokumentácie, som rozmery z mračna overoval na hrubo, pretože bolo veľmi obtiažne nájsť presný stred trúbiek.



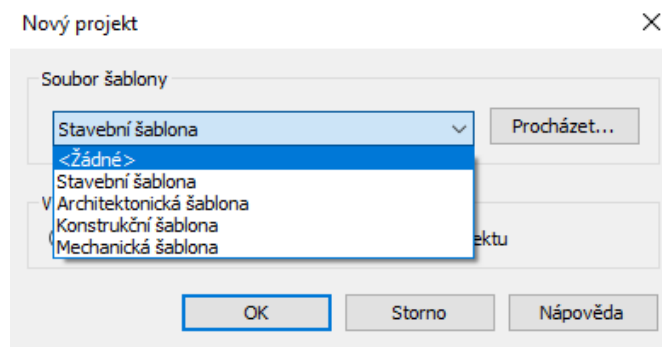
Obr. 17 Meranie dĺžky v programe Autodesk Recap

Po vhodnom orezaní mračna bodov nasledoval posledný krok, a to export do formátu Reality Capture Project File (rcp.) podporovaný programom Autodesk Revit 2020.

5.4 PRÁCA V REVITE

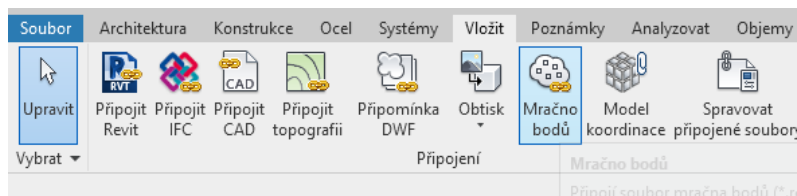
Ešte pred samotným začatím práce v Revite, je vhodné si nastaviť správnu šablónu. Táto šablóna je vo formáte rfa. a slúži na prednastavenie projektu, či už vytvorením preferovaných alebo najčastejšie používaných skladieb a typov určitých konštrukcií. Taktiež obsahuje prednastavenú štruktúru zobrazovania objektov, typy čiar, šrafy, 2D prvky a anotácie ako kóty, štýly písma atď.

Šablónu si môžeme vytvoriť vlastnú, použiť univerzálnu, ktorá je pre mnoho profesií, alebo použiť už z prednastavených. Pre môj projekt som si vybral univerzálnu šablónu od autodesk klubu, ktorá sa špecializuje na prácu s týmto softwarom.



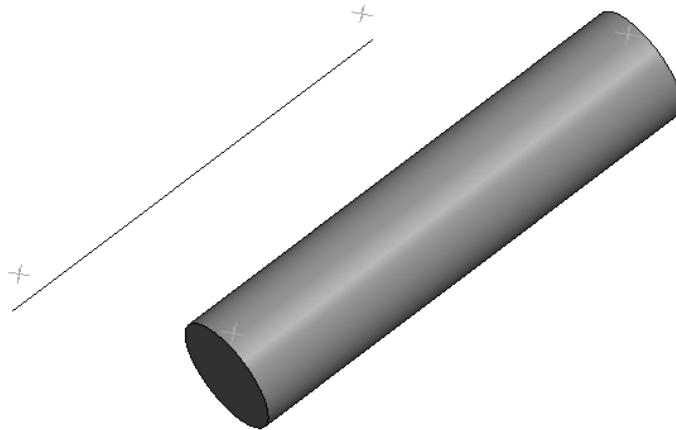
Obr. 18 Možnosti výberu prednastavených šablón

Po vytvorení projektu nasleduje import mračna na stred výkresu na obrazovke (stred na stred). Správna geolokácia tohto modelu bude opísaná v kapitole 5.10.



Obr. 19 Vloženie mračna bodov z karty Vložit

Po načítaní mračna nasledovala práca s pohľadom a to jeho otočenie tak, aby sme celú trubku videli v reze a lepšie sa s ňou pracovalo. Pri veľkom množstve nakreslených trubiek a pre lepšiu prehľadnosť pri modelovaní som využíval funkciu skryť, izolovať a otáčal pohľad pre najlepšie zobrazenie trubiek.



Obr. 20 Využitie hrubého a jemného detailu trubiek pri modelovaní

Po krátkom skúšobnom modelovaní trubiek a pridávaní mechanických zariadení som došiel k záveru, že najlepšou voľbou bude najprv vymodelovať samotnú sieť trubiek a potom postupne pridávať mechanické zariadenia. Priviedol ma k tomu aj fakt, že pri spájaní trubiek a ich manipuláciou mechanické zariadenia neostávajú na rovnakom mieste ale úplne zmenia svoju pozíciu voči trubkám.

5.5 VYHLADÁVANIE RODÍN

Prvou voľbou na vyhľadávanie rodín boli oficiálne BIM knižnice. V tejto databáze som však našiel len veľmi malú časť rodín a musel som siahnuť na oficiálne stránky výrobcov.

- **LOWARA**

Na oficiálnej stránke výrobcu môžeme nájsť rôzne druhy komponentov a ich typy od 2D výkresov v CAD formáte po rodiny v rfa. formátoch. K dispozícii je aj ich nahliadnutie vo webovom prehliadači.

- **VAG**

Výrobca VAG, ktorý má pobočku aj na území Českej republiky, na oficiálnej stránke neponúka žiadne rodiny pre Revit, obsahuje len dxf. súbory všetkých komponentov s príslušnými rozmermi v pôdoryse. Na webovej stránke sú aj informácie ohľadom registrácie a sprístupnenie väčšej časti produktov, ale ani po registrácii nám neponúka možnosť nahliadnuť na BIM obsah.

- **SIEMENS**

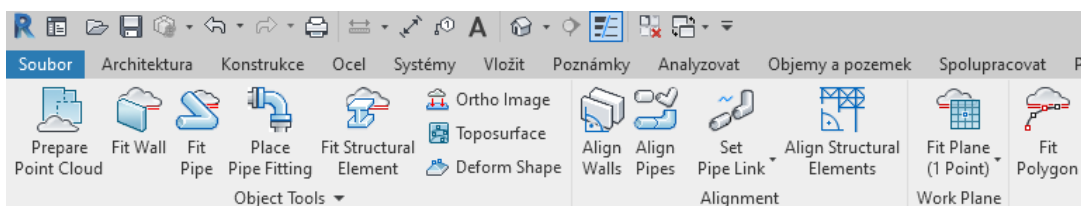
Veľmi obtiažný prístup k 3D CAD modelom. Na oficiálnej stránke výrobcu som sa do tejto sekcie ani nedostal, ale musel som použiť vyhľadávač a dostať sa do sekcie siemens support kde sa nachádzajú 3D modely v CAD formátoch.

- AUMA

Tento výrobca ako jediný ponúka nájdenie daného mechanického zariadenia s použitím sériového čísla. Na výber máme rôzne komponenty v CAD formátoch.

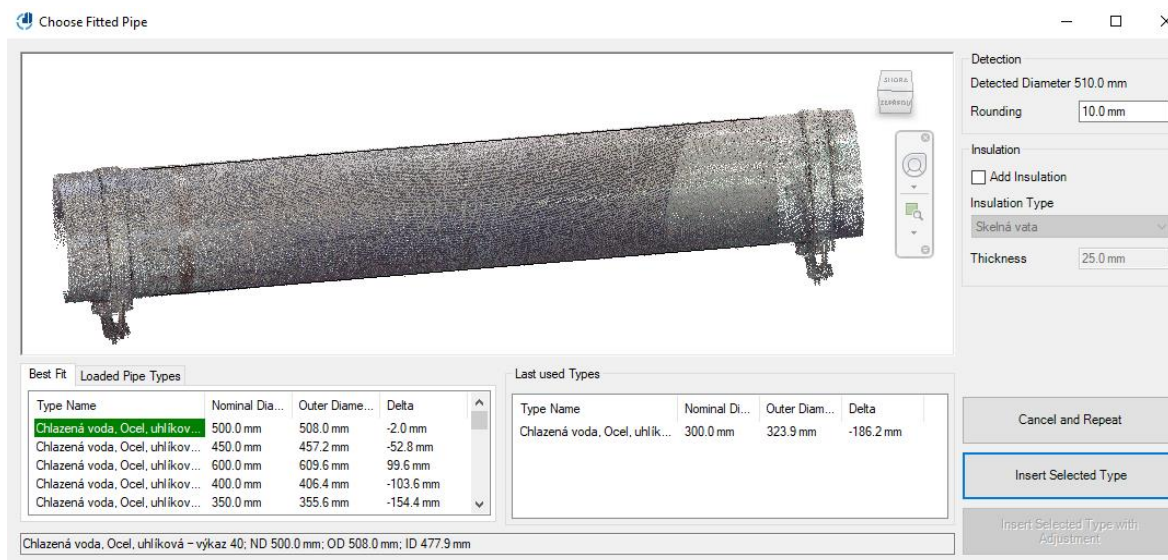
5.6 MODELOVANIE S POUŽITÍM FARO ASBUILT

Prvým použitým nástrojom na modelovanie bol doplnok Asbuilt od FARA. Nástroj je veľmi intuitívny a rozsiahlejší oproti ScantoBim, ktorý predstavím v ďalšej kapitole. Je dostupný v 30 dňovej trial verzii. Hlavné funkcie pre modelovanie trubiek boli Fit Pipe, Place Pipe Fitting a Align Pipes. Nástroj obsahoval aj kartu Hide or Show PC pre lepšiu prehľadnosť.



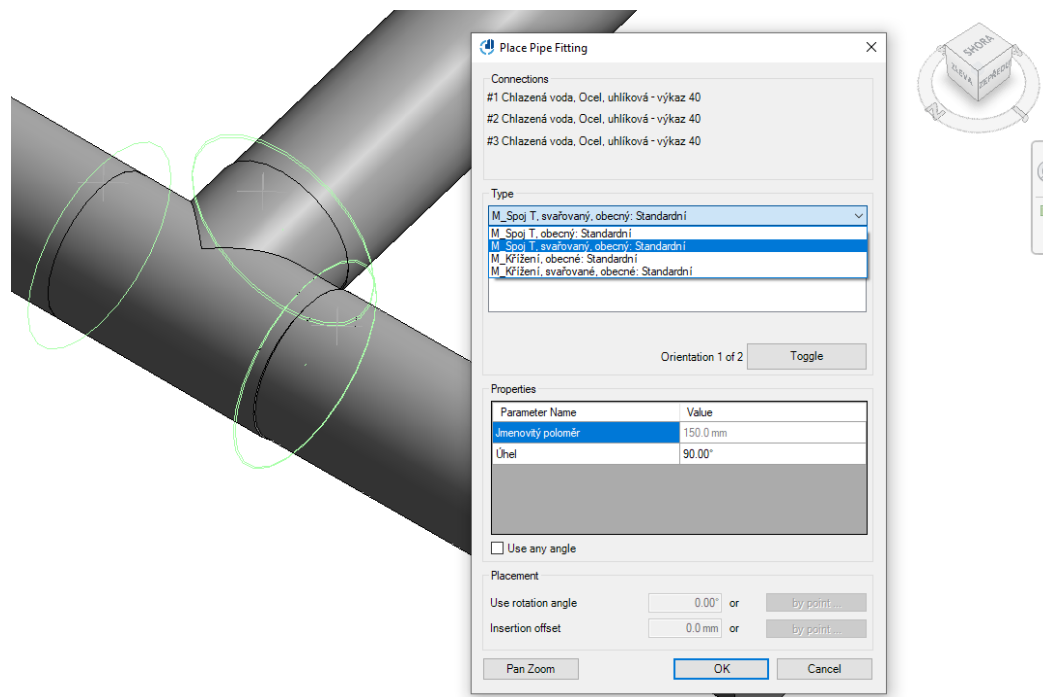
Obr. 21 Ukážka pracovných nástrojov doplnku Faro As-Built

Ak chceme nakresliť požadovanú trubicu, klikneme dvomi bodmi na trubicu v mračne bodov. Nástroj sa nás opýta o aký typ trubky sa jedná a v akom podlaží sa nachádza. V novom okne môžeme vidieť vybrané body na požadovanej trubke, pracovať s pohľadom (otáčať), vidieť priemer trubky a odchýlku od reálnej naskenovanej trubky. Súčasťou detekovanej trubky je aj možnosť voľby inej trubky v požadovanej šablóne a pri práci s rozličnými diametrami môžeme použiť funkciu Last used Type (posledná použitá trubicu).



Obr. 22 Výber požadovanej trubky v doplnku Faro As-Built

Ak nám požadovaná trubka vyhovuje, kliknutím na Insert Selected Type ju vložíme. V mnohých prípadoch sa stalo, že program pri výbere bodov nedokázal rozpoznáť trubku. Avšak opätovným vybraním na iných miestach sa to podarilo. Takýmto postupným modelovaním trubiek sa dostaneme na približný model bez spojenia a tvaroviek potrubia. Pre jednotlivé prechody trubiek s rozličným diametrom (DN 300 na DN 200) popripade zmenu trasy trubiek som využil ďalšiu funkciu Place Pipe Fitting.



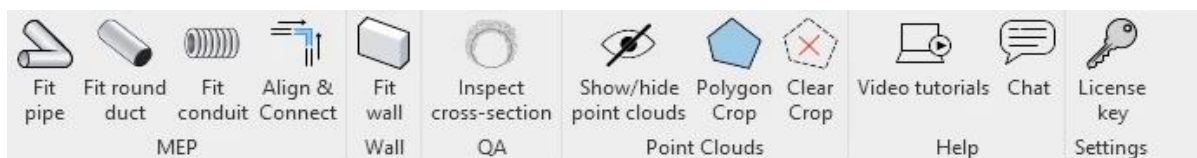
Obr. 23 Výber požadovanej tvarovky

Pri práci s týmto nástrojom si vyberieme požadované trubky, ktoré chceme prepojiť tvarovkou (na Obr. 23 kruhy zelenou farbou). Po vybraní trubiek nám vyskočí okno z ktorého máme možnosť vyberať tvarovky, ktoré sú načítané v projekte. Za najpraktickejšiu časť považujem to, že pri zmene tvarovky zo zoznamu je k dispozícii hneď aj jej náhľad.

Na spojenie trubiek, alebo ich tvaroviek som spočiatku využíval funkciu Align pipes, ktorá ich automaticky pospájala, avšak pri väčšom množstve nakreslených trubiek to celý model posunulo mimo skutočnej trasy a tak som neskôr prešiel na ručne spájanie trubiek. Pri vytváraní týchto trubiek a tvaroviek som využil aj funkciu Revitu na karte analyzovať, kde som si zaškrtnol zobrazovanie prerušenia trubiek, ktorá nám pomôže odhaliť, či sa nám trubky alebo tvarovky spojili.

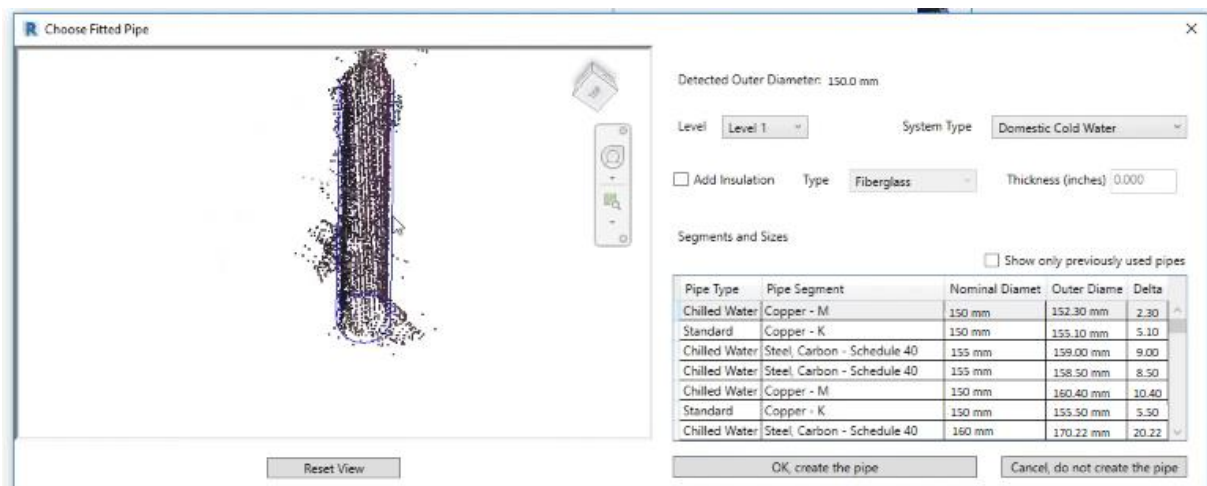
5.7 MODELOVANIE S POUŽITÍM SCANTOBIM

Ďalšou platformou na modelovanie bol americký startup ScantoBim. Doplnok je možné používať v 30 dňovej trial verzii. Hlavné funkcie, ktoré som na modelovanie používal boli Fit pipe, Align a Connect. Pre prácu s mračnom bodov som využíval Show/Hide PC. Veľmi užitočným nástrojom je Polygon Crop, ktorým si dokážeme mračno orezať a pracovať len s istým úsekom mračna. Následne kliknutím na Clear Crop sme schopní dostať sa späť na celé mračno bodov. Oproti doplnku od Fara je každá funkcia vysvetlená vo video tutoriále, čo nám umožňuje lepšie oboznámenie sa s každou funkciou.



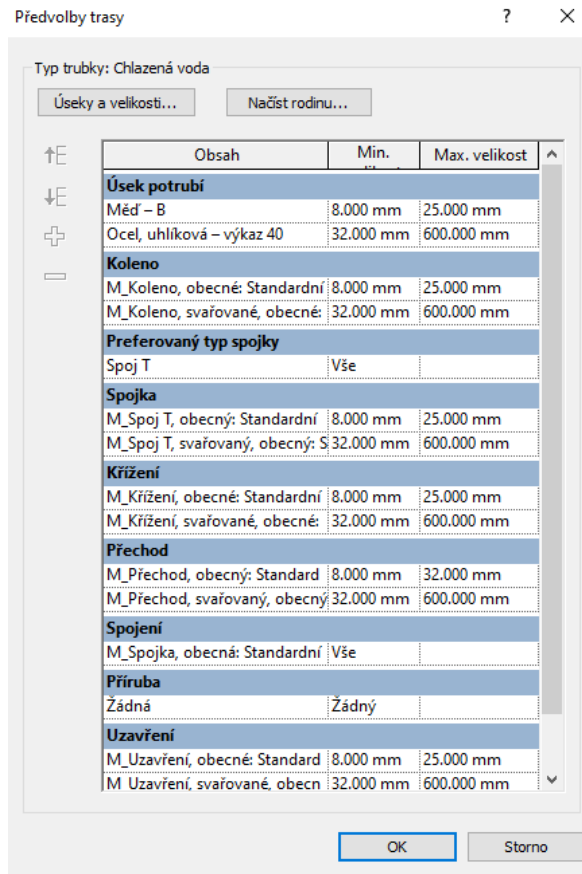
Obr. 24 Ukážka pracovných nástrojov doplnku ScantoBIM

Princíp modelovania bol podobný ako v predošlom prípade. Výber dvoch miest na trubke, zobrazenie okna s výberom najvhodnejšej trubky na mračno bodov. Zvolíme podlažie v akom sa trubka nachádza, môžeme pridať izoláciu trubky a priradzovať klasifikáciu trubky. Pri výbere trubky môžeme vidieť skutočné rozmery a odchýlky (delta), od naskenovaného mračna bodov. Takýmto spôsobom vytvoríme hrubý model trubiek bez tvaroviek a mechanických zariadení.



Obr. 25 Pracovné okno doplnku ScantoBIM

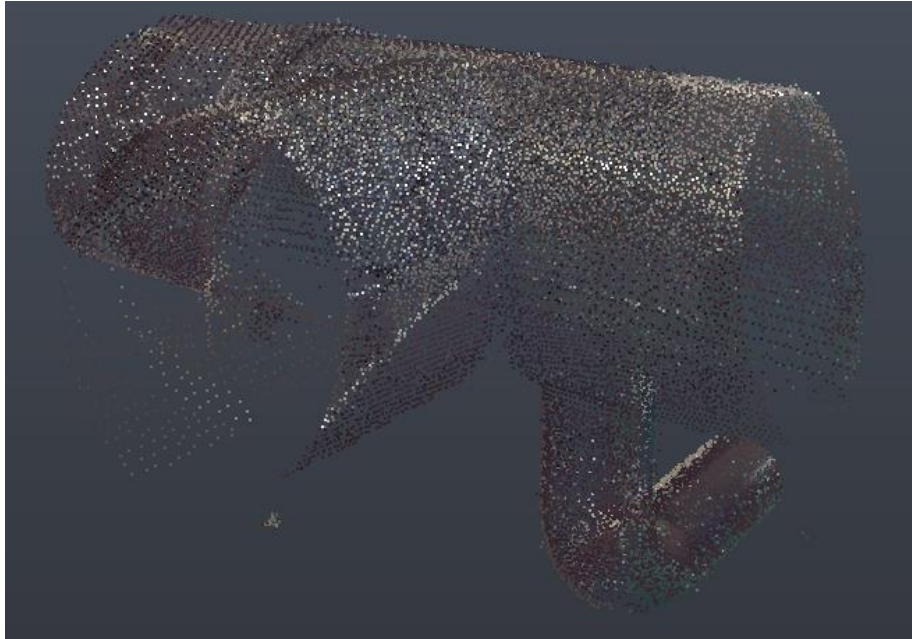
Pracovanie s funkciou Align & Connect (usporiadať a spojiť) by som označil za menej efektívne oproti doplnku od Fara, pretože nám neponúka žiaden výber tvarovky. Uvediem príklad: chceme prepojiť trubku DN 300 a DN 200 prechodovou tvarovkou. Po kliknutí na funkciu vyberieme trubky ktoré chceme spojiť tvarovkou. Doplnok ScantoBim trubky automaticky spojí. Voľba tejto tvarovky je daná vo vlastnostiach trubky. K tej sa dostaneme nasledovne. *Výber trubky-> Vlastnosti trubky ->Upraviť typ* a vo vlastnostiach na predvoľbu *Trasy->Upraviť*.



Obr. 26 Nastavenie požadovaných tvaroviek pre určitý typ trubky

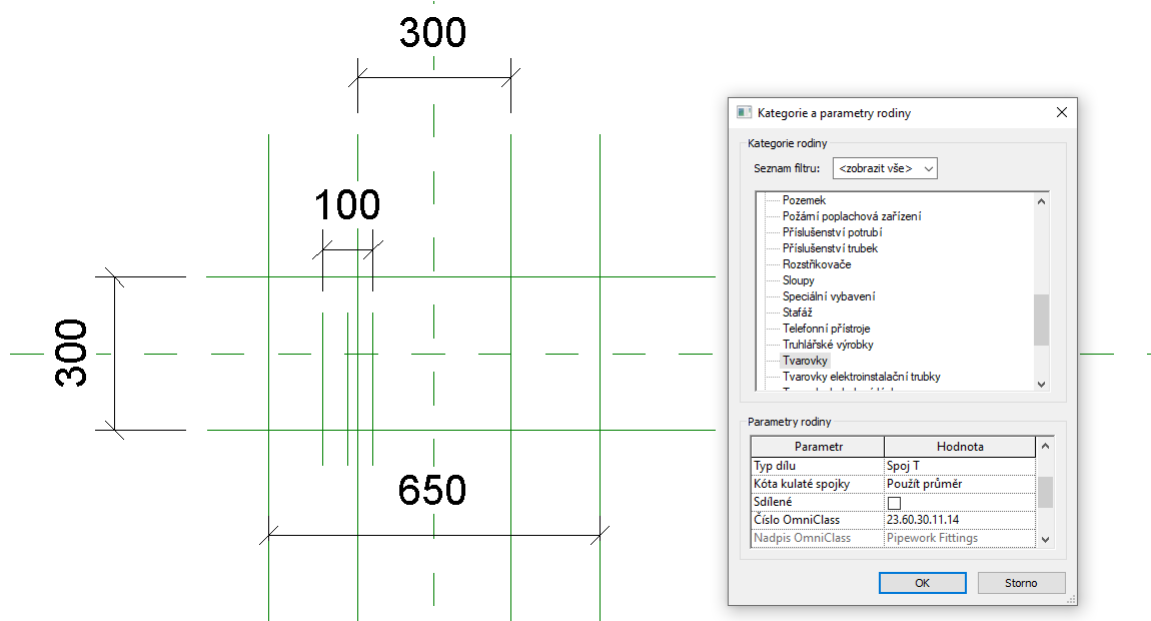
Ako vidíme na Obr. 26 predvolby trasy, dostávame sa hlbšie do vlastností Revitu. Dostávame na výber definovať aké tvarovky chceme v projekte používať. V tomto prípade už musíme mať nejakú skúsenosť resp. predstaviť si danú tvarovku, ak ju chceme pri modelovaní použiť. Platforma od Fara nám ponúkala približný náhľad tvarovky, či už pri výbere alebo v samotnom projekte.

Pri modelovaní trubiek som narazil na problém atypických tvaroviek, ktoré neboli v šablóne a ani k dimenziám v BIM knižniciach. Príkladom môže byť trubka s DN 300 na ktorú sa napájala ďalšia trubka s DN 300 a zospodu trubka s DN 100.



Obr. 27 Naskenovaná atypická tvarovka

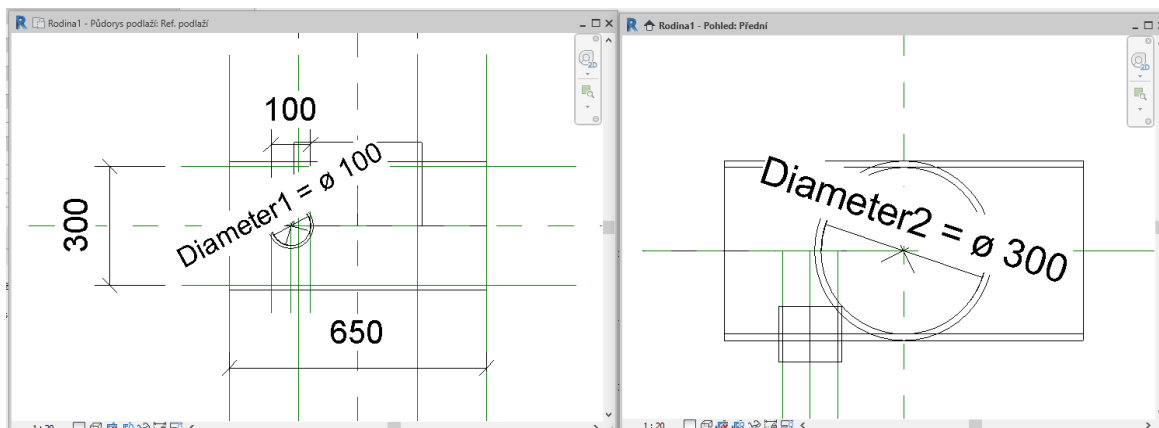
Riešením tejto situácie bolo vytvorenie vlastnej tvarovky (rodiny) s príslušnými rozmermi. Vytvorenie prebehlo nasledovne: Karta *Súbor*->*Nové*->*Rodina*. Otvorila sa nám paleta s predinštalovanými vzorovými zariadeniami, ktoré môžeme použiť na tvorbu tvarovky. V mojom prípade som si zvolil mechanické zariadenie (aj keď sa nejedná o mechanické zariadenie) kvôli jednoduchosti referenčných rovín. Zmenu tohto atribútu mechanického zariadenia na tvarovku a začlenenie do požadovanej klasifikácie (Pipework Fittings) je možné previesť neskôr.



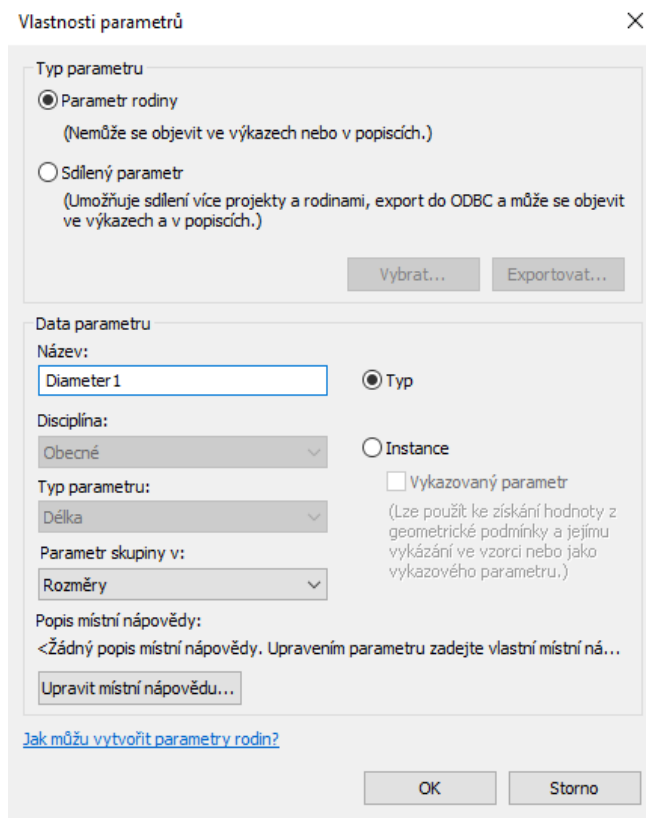
Obr. 28 Proces tvorby atypickej tvarovky

Nasledovalo skonštruovanie pomocných referenčných čiar v požadovaných rozmeroch (DN trubiek, dĺžka trubiek, umiestnenie). Pre zistenie rozmerov som sa rozhodol využiť projektovú dokumentáciu *Preslova_situace.dwg* v programe Autodesk Autocad 2020 a následne som tieto rozmery na hrubo overil z mračna bodov v SW Recap. Na vytvorenie čiar modelu som využil funkciu *Tažení*, ktorá nám vytvorí trubku *Vytvořit->Tažení*. Pre jednoduchšiu orientáciu je lepšie vytvoriť si okná s pohľadmi referenčné podlažie (strop), pohľad levý (pravý) a predný (zadný). *Tažení* kreslíme vždy v jednom z týchto pohľadov, podľa závislosti od toho, aký spoj trubky kreslíme. Keďže samotná trubka sa skladá z dvoch rozmerov (vonkajší priemer a vnútorný priemer), musíme vedieť aj vonkajší priemer (hrúbku). Tieto informácie sa dajú zistiť vo vlastnostiach trubiek s akými pracujeme.

Po vytvorení *Tažení* okótuujeme priemer trubiek, aby sme tieto rozmery mohli použiť do vytvorenia trubnej spojky. Týmto priemerom môžeme v Revite priradiť tzv. štítky. Panel *Upravit->Štítky->Vytvořit parametr*.

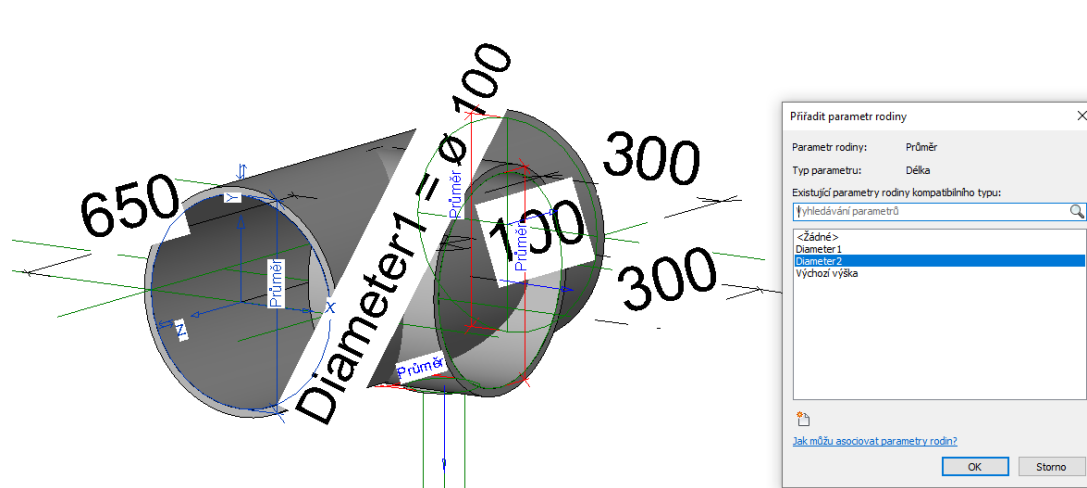


Obr. 29 Pohľad zvrchu (vľavo) a pohľad spredu (vpravo) na proces tvorby tvarovky



Obr. 30 Vytváranie parametrov rodiny

Posledným krokom pri tvorbe tvarovky je vytvorenie trubných spojok pre napojenie na trubku. Panel *Vytvořit-> Trubní spojka*. V tomto kroku musíme vo vlastnostiach tvarovky priradiť jednotlivým trubným spojкам priemery, ktoré sme vytvorili v predošlom kroku.

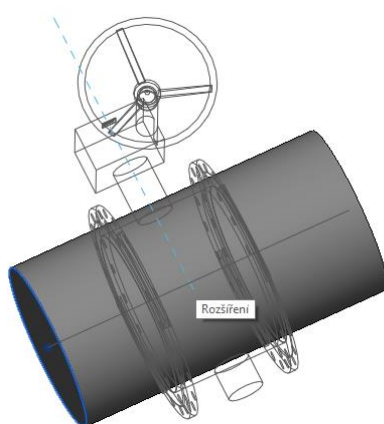


Obr. 31 Priradzovanie parametrov rodiny

Takto vytvorenej tvarovke ešte musíme priradiť kategorizáciu a typ rodiny a môžeme ju načítať do projektu.

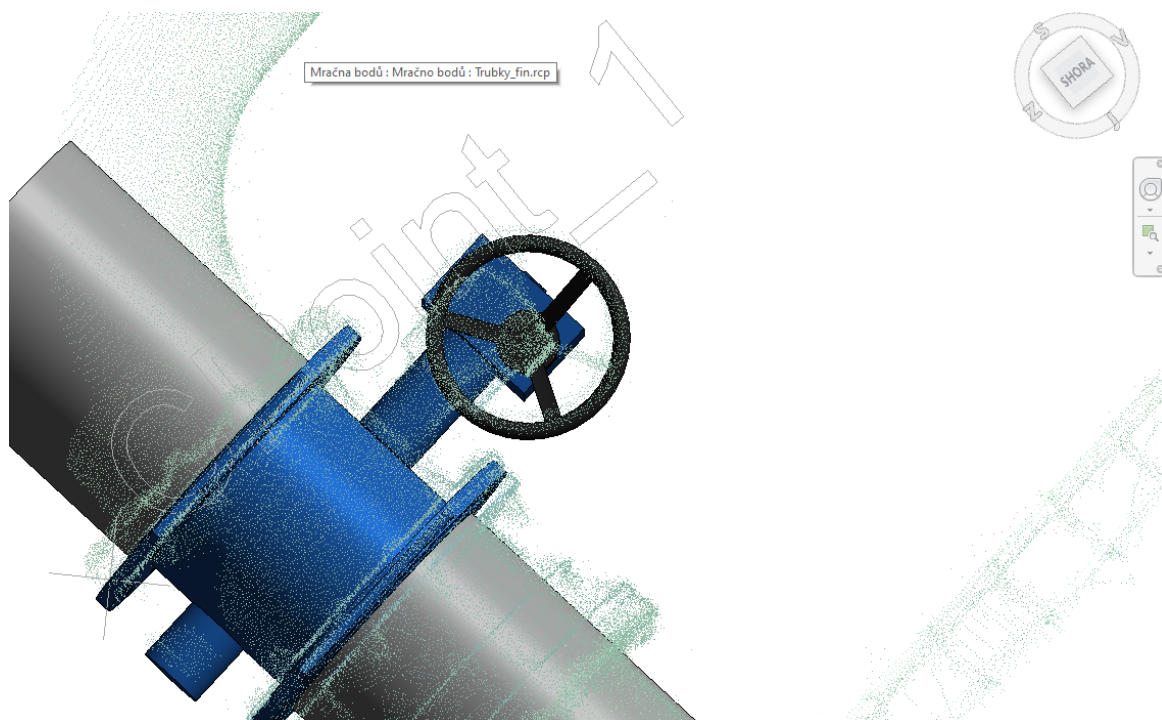
5.8 PRIDANIE MECHANICKÝCH ZARIADENÍ

Súčasťou tejto armatúrnej komory boli aj mechanické zariadenia, ako čerpadlá, servopohony, ventily. Pred umiestnením týchto zariadení bolo potrebné nájsť vhodné rodiny od konkrétnych výrobcov ako VAG, AUMA, LOWARA, SIPOS AKTORIK. Ako som spomenul v kapitole 5.5, niektoré rodiny som našiel na oficiálnych stránkach výrobcov. Avšak niektoré rodiny nebolo možné nájsť a tak som sa rozhodol aspoň vyhľadať CAD model, ktorý som použil pri vytvorení rodiny.



Obr. 32 Náhľad pri umiestnení mechanických zariadení na trubku

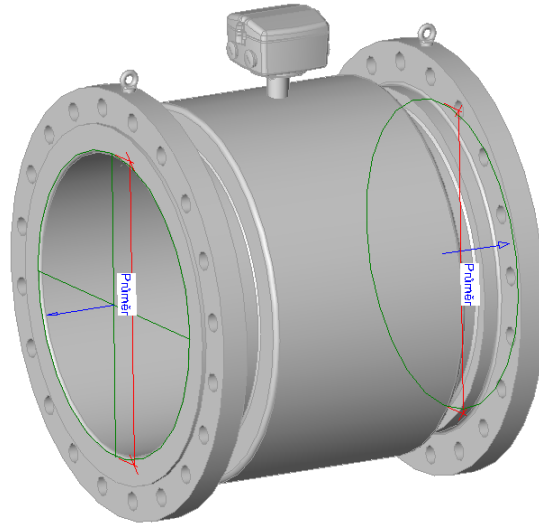
Po umiestnení zariadenia na trubku môžeme využiť ďalšiu funkciu pre spresnenie pozície na mračno bodov a to je vytvorenie CP (Construction Point). Následným výberom zariadenia a jeho posunom k CP1 dosiahneme výsledku. Túto funkciu som hlavne využíval vtedy, ak sa mi nepodarilo dosiahnuť správneho umiestnenia na prvý pokus.



Obr. 33 Využitie funkcie construction point v doplnku Faro As-Built

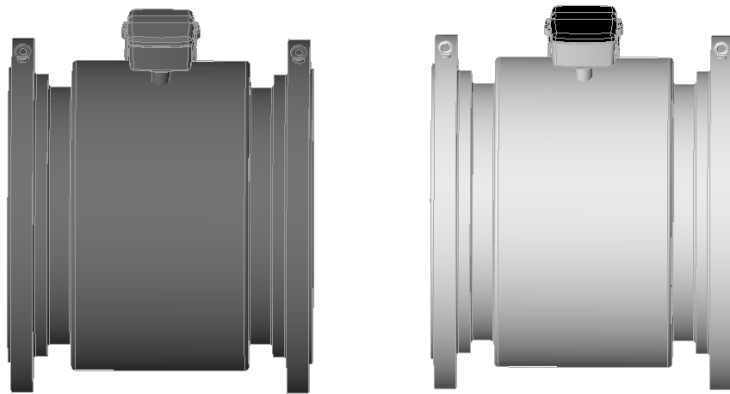
Pri modelovaní som narazil aj na problém s doteraz neexistujúcimi rodinami napr. elektromagnetický prietokomer SITRANS FM MAG 5100W od výrobcu SIEMENS. K tomuto výrobku šlo nájsť len 3D CAD súbor, vo formáte stp. Revit však tento formát nepodporuje, takže som musel využiť ďalší Autodesk SW Autocad 2020. Po založení nového výkresu a importu tohto CADu som výkres uložil do známejšieho dwg. formátu, s ktorým Revit nemá problém.

Podobne ako pri tvorení tvaroviek aj v tomto prípade som vytvoril novú rodinu s kategorizáciou mechanické zariadenie. V tomto prípade však využívame grafiku z dwg. súboru. Panel *Vložit-> Importovat CAD*. Toto zariadenie taktiež potrebujeme pripojiť na trubky, takže aj v tomto prípade musíme vytvoriť trubnú spojku.



Obr. 34 Trubné spojky na elektromagnetickom zariadení Siemens

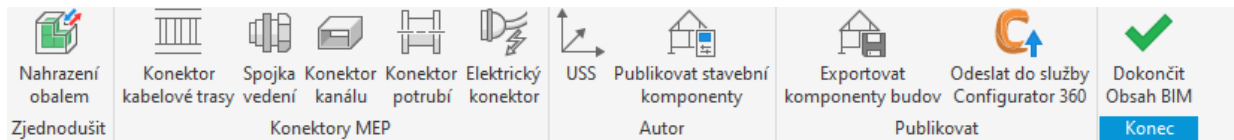
Postupným pridávaním mechanických zariadení som došiel na problém týkajúci sa farbou materiálu pred a po importe do Revitu. Všimol som si, že pri importe zariadenia do Autocadu a importe do Revitu sú zariadenia inej farby. Nejednalo sa však o všetky zariadenia, keďže niektoré neboli vytvorené až do takých detailov. Príkladom môže byť elektromagnetické zariadenie Siemens SITRANS FM MAG 5000.



Obr. 35 Vľavo import CAD formátu v Autocade, vpravo import CAD formátu v Invertore

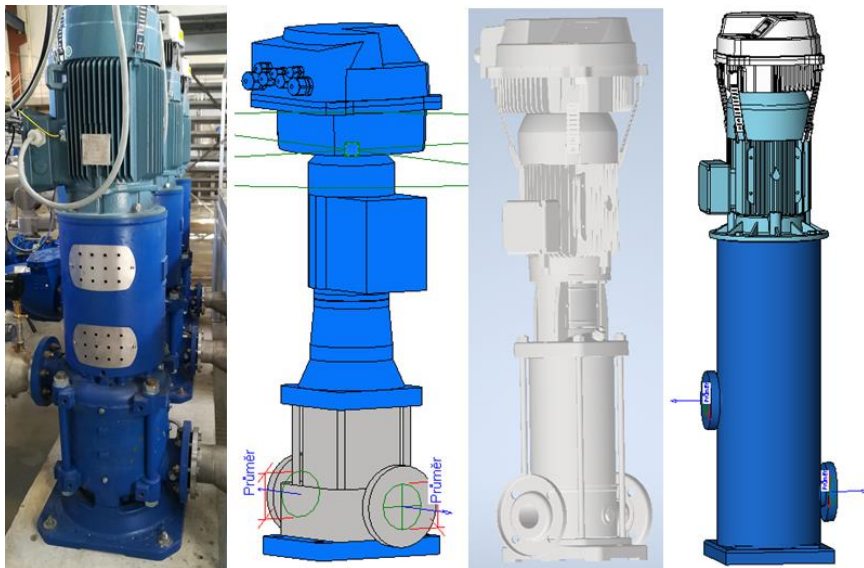
Po dlhšom vyhľadávaní informácií som zistil, že existuje SW Autocad Inventor, ktorý dokáže pracovať s rôznymi formátmi CAD modelov a taktiež dokáže exportovať tieto súbory priamo do formátu rfa. (revit rodiny) alebo ifc. Prevod prebehol následovne: Do SW som importoval CAD súbor zariadenia vo formáte step. Na karte *Systémové prostredí* som zvolil *BIM obsah*

a klikol na *Exportovat komponenty budov*. Takto vytvorenú rodinu už dokážeme otvoriť v Revite a načítať ju do projektu.



Obr. 36 Panel nástrojov SW Autodesk Inventor

Posledné mechanické zariadenia ktoré som pridával do modelu boli čerpadla Lowara. Tieto čerpadlá som našiel na oficiálnej stránke výrobcu v sekcii lowara cad drawings. Po dlhšom skúmaní zo značnej modelovej ponuky čerpadiel som zistil, že môj skutočný stav čerpadiel je atypický oproti všetkým lowara modelom.



Obr. 37 Zľava- skutočnosť, oficiálny RFA model, CAD model, použitý model

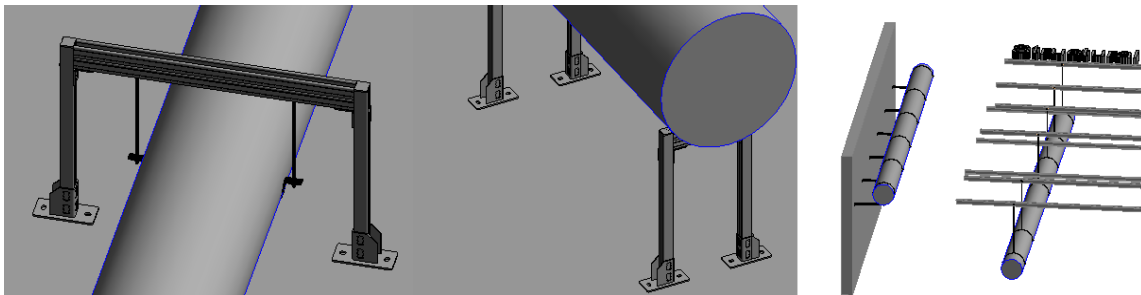
Preto som sa rozhodol o modifikáciu už CADového modelu, ktorý mi pripadal najviac vystihujúci skutočný stav. Umiestnenie čerpadiel považujem za najnáročnejšie z hľadiska pripojenia do systému, keďže všetky tri trubky s každej strany neboli v rovnakej výške. V tomto prípade sa mi naskytla možnosť buď nakresliť každé pripojenie na čerpadlo v inej výške alebo spraviť kompromis a nájsť ideálnu výšku. Za výsledne riešenie som zvolil

výškový priemer a pripojenie do systému nakresliť v tejto výške. Takýmto spôsobom zaručíme, že vo výkaze zariadení sa bude zobrazovať správny počet a rovnaký typ čerpadla.

5.9 MODELOVANIE S POUŽITÍM T4R:SMART MEP

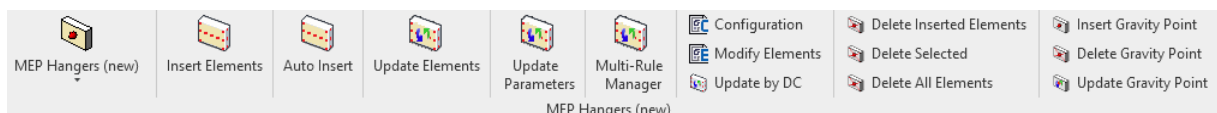
Posledným doplnkom na modelovanie bol plugin T4R:Smart MEP od firmy AGACAD. Narazil som na neho pri hľadaní rodiny podpier pre trubky a javí sa ako nástroj, ktorý časovo veľmi uľahčuje prácu. Okrem podpier pre trubky poskytuje aj možnosť závesov trubiek či už z vrchu alebo z bokov stien. Nástroj je dostupný v 14 dňovej trial verzii.

Vývojári tohto doplnku vytvorili aj jednoduché video tutoriály ako pracovať s týmto nástrojom. Podstata spočíva v inštalácii doplnku, registrácii a stiahnutí výkresu so vzormi úchytovej trubiek. Po otvorení doplnku v Revite musíme nastaviť dostupný adresár v ktorom sa nachádza tento výkres a môžeme začať s umiestňovaním podpier.



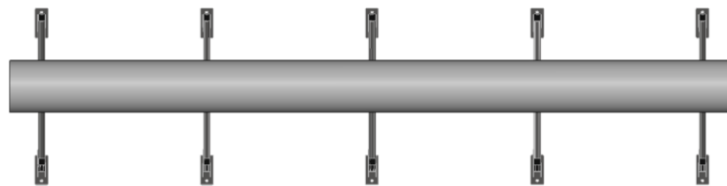
Obr. 38 Príklady možnosti závesov trubiek v doplnku T4R:Smart MEP

Pri vložení podpier do projektu musíme mať otvorený samotný výkres s vymodelovanými trubkami a výkres so vzormi podpier. Vyberieme najvhodnejšiu rodinu- v našom prípade M. Pipe Stand – Rooftop a na karte doplnku vyberieme *Configuration*.



Obr. 39 Pracovný panel doplnku T4R:Smart MEP

Vybehne nám Configuration okno v ktorom môžeme nadefinovať údaje, ako sú rozostupy podpier, odsadenie od začiatku trubiek, odsadenie od osi trubiek. V mojom prípade na základe merania dĺžok som zistil, že rozostupy podpier su nerovnomerné a po vložení ich budem musieť umiestňovať ručne podľa mračna bodov. Zvolenú konfiguráciu uložíme a prejdeme do výkresu s modelom. Zvolíme trubku, na ktorú chceme umiestniť podpery a na karte doplnku vyberieme *Insert Elements* s uloženou konfiguráciou.



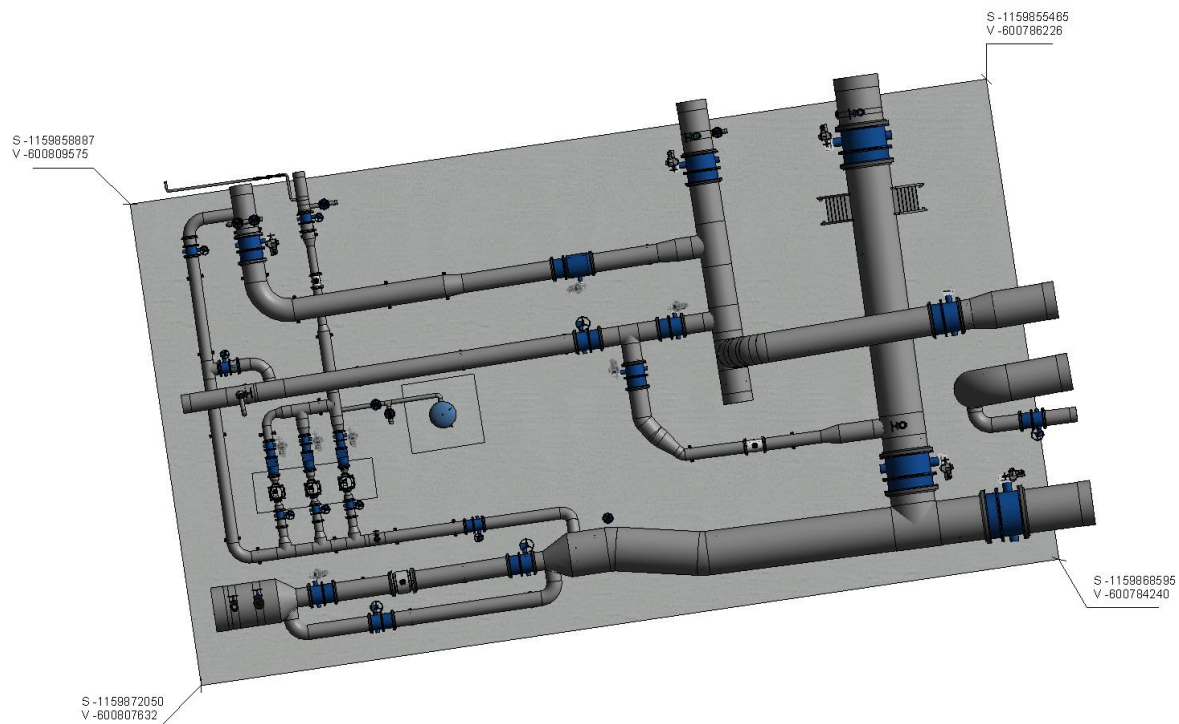
Obr. 40 Umiestnené podpery na trubke

Po vložení podpier som musel upraviť ešte aj ich šírku, pretože každá z nich sa líšila vzhľadom na priemer trubky. Takto upravené podpory som už len popresúval na dané miesta podľa mračna bodov.

5.10 GEOLOKÁCIA MODELU

Pre správne geografické umiestnenie modelu potrebujeme dwg. alebo dxf. súbor s určitým objektom pre transformáciu. Rozhodol som sa pre podlahu, ktorej súradnice som získal z mračna bodov. Pre správne zobrazenie dwg. súboru v Revite musíme mať nastavené parametre ako sú zobrazenie v aktuálnom pohľade a správne nastavenie jednotiek (metre). Po pripojení tohoto súboru som presunul základný bod modelu na podlahu v dwg. súbore a nastavil zdieľanie týchto súradníc. Následnou kontrolou súradníc cez poznámku som overil, či je model skutočne geograficky umiestnený na správnom mieste.

Výškové umiestnenie modelu som vykonal obdobným spôsobom, ale v bôkoryse. Ak poznáme správnu nadmorskú výšku podlahy tak zosynchronizujeme základný bod projektu s určitou výškou podlažia.

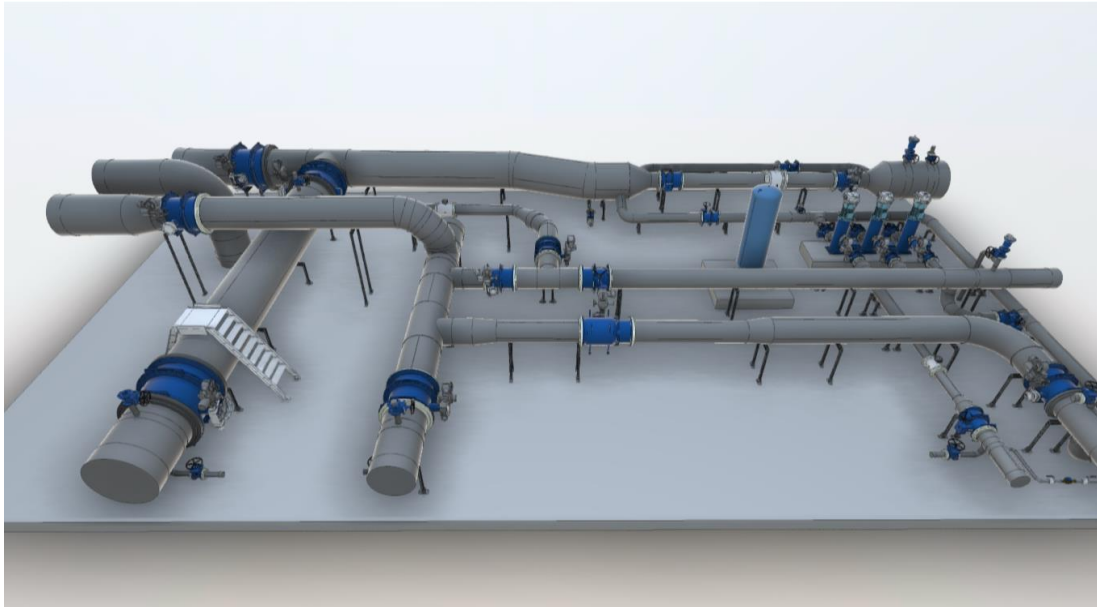


Obr. 41 Správne nastavená geolokácia modelu

5.11 VIZUALIZÁCIA MODELU

Po vytvorení modelu nasledovala jeho vizuálna prezentácia. Pre lepšiu vizualizáciu som sa rozhodol vytvoriť pohľady kamier z palety *Pohled-> 3D pohled-> Kamery*. Nástroj *Rendrovat* je taktiež na palette *Pohled* a po jeho otvorení máme na možnosť výber kvality rendrovania, voľbu osvetlenia či pozadia. V mojom prípade som zvolil externé a zvolil som aj farbu pozadia, tak aby bolo potrubie a zariadenia v najlepšom kontraste. Výsledné rendre sú priložené ako príloha.

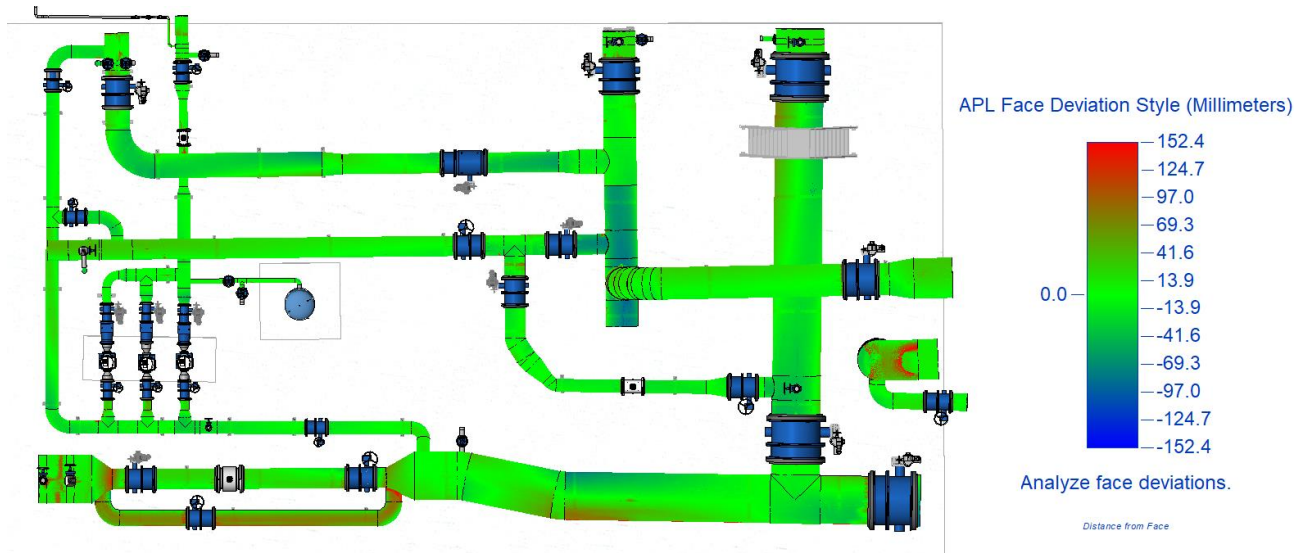
Druhou voľbou vizualizácie bolo jeho umiestnenie vo webovom rozhraní. Za základnú službu som vybral Autodesk Viewer, kde je možné nahrať model a prehliadať ho na počítači alebo mobile. Súčasťou tohoto prehliadača sú aj jednoduché nástroje ako meranie, rozloženie modelu, vytvorenie rezov či pridanie pripomienky.



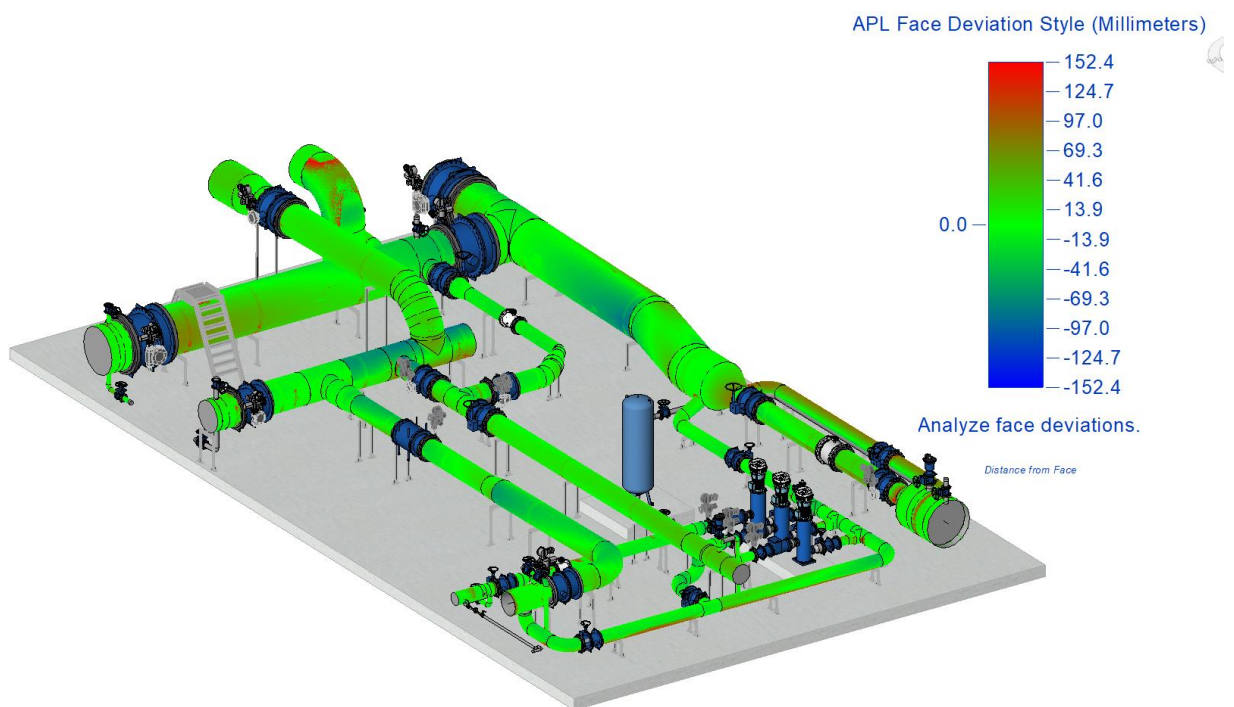
Obr. 42 Náhľad na model vo webovom rozhraní Autodesk Viewer

5.12 PRESNOŠŤ MODELU A MRAČNA BODOV

K overeniu presnosti mračna bodov a trubiek som sa rozhodol využiť doplnok Autodesk Point Layout, ktorý umožňuje analýzu bodového mračna vzhľadom k modelu. Analýzu som vykonal nasledovne: Na karte doplnku som klikol na *Cloud Analysis* a nastavil parametre ako sú maximálne odchýlky a maximálny počet bodov k analýze. Nasledoval vyber požadovaných trubiek a po kliknutí na dokončiť sa nám zobrazil výsledok. V závislosti od výpočtovej techniky som bol nútený túto operáciu vykonať niekoľkokrát. Vo výsledku si môžeme všimnúť že väčšina trubiek bola vymodelovaná s presnosťou do 40 mm. Odchýlky väčšie ako táto hodnota sú spôsobené nedostatočným naskenovaním požadovaných miest.



Obr. 43 Pohľad zhora na analýzu presnosti mračna bodov a trubiek



Obr. 44 Pohľad z boku na analýzu presnosti mračna bodov a trubiek

6 VYHODNOTENIE LASEROVÉHO SKENOVANIA PRE TVORBU INFORMAČNÉHO MODELU

Laserové skenovanie je metóda, ktorá nám ponúkne aktuálny skutočný stav daného objektu vo forme mračna bodov. Takýmto zachytením reality pri modelovaní získavame lepší priestorový dojem pri tvorbe modelu, ako klasickou metódou meraním bod po bode. Avšak na rozdiel od klasických metód merania musíme disponovať dostatočným hardwarovým vybavením. Pri skenovaní musíme dôsledne zvážiť kam postaviť skener, aby nevznikali slepé miesta bez bodov a tým pádom by sme nemali predstavu o priestorovom umiestnení objektov.

Neoddeliteľnou súčasťou laserového skenovania pri informačnom modelovaní je výkresová dokumentácia a fotodokumentácia daného stavu objektov. Ak by som nedisponoval týmito údajmi, modelovanie len zo samotného mračna bodov by bolo komplikované. Poznali by sme len polohu a tvar daného zariadenia a tak doba hľadania správnych rodín by bola značne predĺžená.

7 ZÁVER

Cieľom tejto diplomovej práce bolo vyhotovenie informačného modelu z naskenovaného mračna bodov armatúrnej komory Vodojemu Preslova v Brne. Práca bola rozdelená do niekoľkých častí. V prvej časti som sa venoval laserovému skenovaniu a BIMu. Opísal som jeho výhody a možnosti využitia vo facility managemente, s akým softwarom BIM spolupracuje a ako to je so zavedením BIM v ČR.

Druhá časť je zameraná na informačný model. Akú grafickú a informačnú podrobnosť nám môže priniesť, kde môžeme ukladať alebo hľadať tieto informácie a v akom medzinárodnom formáte funguje.

Pracoval som v SW Autodesk Revit, kde som importoval mračno bodov a vymodeloval TZB časť vodojemu Preslova. Súčasne s modelovaním som hľadal vhodné doplnky, ktoré by mi uľahčili prácu s mračnom bodov a so samotným modelovaním. Po vymodelovaní trubiek som hľadal najvhodnejšie rodiny mechanických zariadení, poprípade som hľadal najlepší a najefektívnejší spôsob ako ich vytvoriť alebo nahradiť.

Pri vytváraní 3D modelu na základe bodového mračna dostávame lepší vizuálny koncept výsledného produktu. Doplnky, ktoré som využil pri tvorbe modelu jednoznačne zefektívňujú prácu. Samotný model je prínosom z hľadiska informácií o použitých zariadeniach, ale ak samotné rodiny neexistujú, ich modelovanie nám prináša časové zaťaženie a samotné hľadanie informácií o zariadeniach tento čas ešte predlžuje. Avšak ak sú dostupné všetky rodiny od daných výrobcov, modelovanie je rýchlejšie, prehľadnejšie a ponúka to, čo by mal BIM obsah ponúkať.

8 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] BIMfo - Laserové skenování jako zdroj dat pro BIM. [online]. [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Aktuality/Laserove-skenovani-jako-zdroj-dat-pro-BIM.aspx>
- [2] Terestrické 3D skenování. In: ŘÍHA, Jan. Terestrické 3D skenování [online]. [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <http://spszem.cz/storage/files/67/3D-skenovani-2013.pdf>
- [3] ŠTRONER, Martin. *3D skenovací systémy*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2013. ISBN 978-80-01-05371-3.
- [4] GIS TU Zvolen | PLS Pozemné laserové skenovanie. [online]. [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <http://gis.tuzvo.sk/tiki-index.php?page=PLS%20Pozemn%C3%A9%20laserov%C3%A9%20skenovanie>
- [5] Bc. Ondřej Kroupa Digitální model reliéfu v areálu Admas. Brno, 2017. 49 s., 53 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc
- [6] Využitie metódy terestrického laserového skenovania pri tvorbe pamiatkovej dokumentácie. [online]. [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: https://is.stuba.sk/vv/pub_priloha.pl?id=298599
- [7] WERNEROVÁ, Eva, František KUDA a Michal FALTEJSEK. *Zavádění BIM u existujících staveb*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2018. ISBN 978-80-248-4238-7
- [8] BIMfo - Historie BIM. [online]. [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Aktuality/Historie-BIM.aspx>
- [9] BIMfo - Co je BIM - informační model budovy. [online]. [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Co-je-BIM.aspx>
- [10] Výhody BIM a SMART Technologies nejen ve stavebnictví. [online]. [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://www.cad.cz/stavebnictvi/79-stavebnictvi/4268-vyhody-bim-a-smart-technologies-nejen-ve-stavebnictvi.html>

- [11] BIM Technology | Co je BIM a jaké výhody [online]. [cit. 02.06.2020]. Dostupné z: <https://bimtech.cz/bim/>
- [12] Building Information Modelling (BIM) in Facilities Management: Opportunities to be Considered by Facility Managers [online]. [cit. 02.06.2020]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/309891685_Building_Information_Modelling_BIM_in_Facilities_Management_Opportunities_to_be_Considered_by_Facility_Managers
- [13] DUFEK, Zdeněk, Pavel KOUKAL, Petr FIALA, Rudolf VYHNÁLEK, Josef REMEŠ, Marek JEDLIČKA, Rostislav DROCHYTKA a Jiří BYDŽOVSKÝ. *BIM pro veřejné zadavatele*. Praha: Leges, 2018. Praktik. ISBN 978-80-7502-285-1
- [14] BIM- informační model budovy. [online]. [cit. 02.06.2020]. Dostupné z: <http://www.cadstudio.cz/bim>
- [15] Zavádění BIM v ČR [online]. [cit. 02.06.2020]. Dostupné z: <http://www.cegra.cz/bim/zavadeni-bim-v-cr/>
- [16] Koncepce zavádění metody BIM v České republice. [online]. [cit. 02.06.2020]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/2017/10/Koncepce-zavadeni-metody-BIM-v-CR.pdf>
- [17] BIM. Building. Information Modeling [online]. [cit. 02.06.2020]. Dostupné z: <https://docplayer.gr/41029874-Bim-building-information-modeling-cad-alebo-bim-zahranicne-s-bim-bim-manazer-bim-a-zhotovitelia-stavebneho-diela-rozhodujuce-subjekty-v-bim.html>
- [18] Prečo BIM ? | Atrios. [online]. [cit. 02.06.2020]. Dostupné z: <http://atrios.sk/preco-bim/>
- [19] O czBIM | czBIM. [online]. [cit. 02.06.2020]. Dostupné z: <https://www.czvim.org/info/o-czbim>
- [20] O NÁS | bimas. [online]. [cit. 02.06.2020]. Dostupné z: <https://www.bimas.sk/o-nas>

- [21] buidingSmart [online]. [cit. 02.06.2020]. Dostupné z: <http://buidingsmart.cz>
- [22] What is "Scan to BIM"?. *Construction Industry Resources to Help You Go Beyond the Limits of BIM* [online]. [cit. 02.06.2020]. Dostupné z: <https://constructible.trimble.com/construction-industry/what-is-scan-to-bim-2>
- [23] BUREŠ, J., BERKOVÁ, A. *Geodézie ve stavebnictví a průmyslu*. Praha: Český svaz geodetů a kartografů, 2020. ISBN 978-80-02-02898-7.
- [24] BIM Příručka 2013 [online]. [cit. 02.06.2020]. Dostupné z: <https://issuu.com/czbim/docs/bim-prirucka-2013-v1>
- [25] Michal Špalek, Co znamená pojem LOD v BIM? [online]. [cit. 02.06.2020]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/bim-informacni-model-budovy/20352-co-znamená-pojem-lod-v-bim>
- [26] *Business & IT - scientific reviewed journal* [online]. [cit. 02.06.2020]. Dostupné z: http://bit.fsv.cvut.cz/issues/01-13/full_01-13_07.pdf
- [27] *Revit 3D* [online]. [cit. 02.06.2020]. Dostupné z: <https://www.revit3dblog.cz/revit-knihovny/>
- [28] Národní BIM knihovna. *Národní BIM knihovna* [online]. [cit. 02.06.2020] Dostupné z: <https://narodnibimknihovna.cz/>
- [29] Michal Špalek, IFC- Industry Foundation Classes [online]. [cit. 02.06.2020] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/bim/20192-ifc-industry-foundation-classes>
- [30] BIMfo BIM: Co je a co není IFC?. [online]. [cit. 02.06.2020] Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Aktuality/Myty-o-BIM-Co-je-a-co-neni-IFC.aspx>
- [31] BIM nástroje [online]. [cit. 02.06.2020] Dostupné z: https://www.bimsite.cz/BIM-nastroje_cs.htm
- [32] *Preidel, Cornelius & Borrmann, Andre & Oberender, Carl-Heinz & Tretheway, Markus. (2016). Seamless Integration of Common Data Environment Access into BIM Authoring Applications: the BIM Integration Framework.* [online] [cit. 02.06.2020] Dostupné z:

https://www.researchgate.net/profile/Cornelius_Preidel/publication/304570394_Seamless_Integration_of_Common_Data_Environment_Access_into_BIM_Authoring_Applications_the_BIM_Integration_Framework/links/5773910308ae1b18a7ddfefe/Seamless-Integration-of-Common-Data-Environment-Access-into-BIM-Authoring-Applications-the-BIM-Integration-Framework.pdf

- [33] Společné datové prostředí [online]. [cit. 02.06.2020] Dostupné z: https://www.sfdi.cz/soubory/bim/metodiky/cde_v19_grafika_pdf_n.pdf
- [34] Ing. et Ing. Martin Mařašovský, MBA Využití CDE v kontextu smíšené reality [online]. [cit. 02.06.2020] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/bim/18557-vyuziti-cde-v-kontextu-smisene-reality>
- [35] Výhody BIM a SMART Technologies nejen ve stavebnictví. [online] [cit. 02.06.2020]. Dostupné z: <https://www.cad.cz/stavebnictvi/79-stavebnictvi/4268-vyhody-bim-a-smart-technologies-nejen-ve-stavebnictvi.html?device=desktop>
- [36] Geoshop. [online]. [cit. 03.06.2020]. Dostupné z: <https://geoshop.cz/>
- [37] *Střední průmyslová škola stavební | SPŠS České Budějovice* [online]. [cit. 03.06.2020]. Dostupné z: https://www.spsstavcb.cz/download2/3382_3738_cs_fot4_18_1ss.pdf
- [38] BIM a komunikace [online]. [cit. 03.06.2020]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/bim-informacni-model-budovy/20115-bim-a-komunikace>

9 ZOZNAM SKRATIEK

BIM- Building Information modelling/model

BIMng- Buiding Information Management

TZB- Technické zariadenia budovy

SW- Software

MEP- Mechanical, Electrical, Plumbing

VZ- Verejné zákazky

ÚNMZ- Úrad pre technickú normalizáciu

IAI- International alliance for interoperability

CDE- Common Data Enviroment (Spoločné dátové prostredie)

LOD- Level of Detail/ Development

LOI- Level of Information

IFC- Industry Foundation Classes

VR- Virtuálna realita

BEP- BIM Execution Plan (Plán výkonu)

DN- Diameter Nominal

PC- Point Cloud (mračno bodov)

S-JTSK- Súradnicový systém jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej

CAD- Computer Aided Drafting

CEN- Európsky výbor pre normalizáciu

10 ZOZNAM OBRÁZKOV A TABULIEK

10.1 ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1 Rozdelenie skenerov podľa meračského princípu [3].....	12
Obr. 2 Panoramatický skener a kamerový [36].....	12
Obr. 3 Obecný princíp diaľkomera [3].....	14
Obr. 4 Náhľad na proces skenovania [4].....	14
Obr. 5 Schematické znázornenie priestorovej polárnej metódy [3]	15
Obr. 6 Zorné pole skenera Faro [5].....	15
Obr. 7 Príklad vlicovacích bodov- guľa a terč [36].....	18
Obr. 8 Porovnanie merania bodov totálnou stanicou a laserovým skenerom [2]	18
Obr. 9 Účastníci procesu BIM [35].....	21
Obr. 10 Zoznam krajín využívajúcich BIM [18].....	26
Obr. 11 Špecifikácia LOD [9]	30
Obr. 12 Príklad tabuľky o danom prvku s rôznymi informáciami [25]	31
Obr. 13 Účastníci, ktorí sú súčasťou CDE [37]	35
Obr. 14 Využitie zmiešanej reality priamo v teréne [34].....	36
Obr. 15 Lokalita vodojemu (mapy.cz)	38
Obr. 16 Naskenované mračno bodov armatúrnej komory	38
Obr. 17 Meranie dĺžky v programe Autodesk Recap.....	40
Obr. 18 Možnosti výberu prednastavených šablón	41
Obr. 19 Vloženie mračna bodov z karty Vložiť	41
Obr. 20 Využitie hrubého a jemného detailu trubiek pri modelovaní.....	42
Obr. 21 Ukážka pracovných nástrojov doplnku Faro As-Built.....	43
Obr. 22 Výber požadovanej trubky v doplnku Faro As-Built.....	44
Obr. 23 Výber požadovanej tvarovky	45

Obr. 24 Ukážka pracovných nástrojov doplnku ScantoBIM	46
Obr. 25 Pracovné okno doplnku ScantoBIM	47
Obr. 26 Nastavenie požadovaných tvaroviek pre určitý typ trubky.....	48
Obr. 27 Naskenovaná atypická tvarovka.....	49
Obr. 28 Proces tvorby atypickej tvarovky.....	50
Obr. 29 Pohľad zvrchu (vľavo) a pohľad spredu (vpravo) na proces tvorby tvarovky.....	51
Obr. 30 Vytváranie parametrov rodiny	51
Obr. 31 Priradzovanie parametrov rodiny	52
Obr. 32 Náhl'ad pri umiestnení mechanických zariadení na trubku.....	52
Obr. 33 Využitie funkcie construction point v doplnku Faro As-Built.....	53
Obr. 34 Trubné spojky na elektromagnetickom zariadení Siemens.....	54
Obr. 35 Vľavo import CAD formátu v Autocade, vpravo import CAD formátu v Invertore..	54
Obr. 36 Panel nástrojov SW Autodesk Invertor.....	55
Obr. 37 Zľava- skutočnosť, oficiálny RFA model, CAD model, použitý model.....	55
Obr. 38 Príklady možnosti závesov trubiek v doplnku T4R:Smart MEP	56
Obr. 39 Pracovný panel doplnku T4R:Smart MEP	56
Obr. 40 Umiestnené podpery na trubke	57
Obr. 41 Správne nastavená geolokácia modelu	58
Obr. 42 Náhl'ad na model vo webovom rozhraní Autodesk Viewer.....	59
Obr. 43 Pohľad zhora na analýzu presnosti mračna bodov a trubiek.....	60
Obr. 44 Pohľad z boku na analýzu presnosti mračna bodov a trubiek.....	60

10.2 ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1 Faro Focus 3D S120.....	16
--------------------------------	----

11 ZOZNAM PRÍLOH

Príloha č.1: Ukážky modelu

Príloha č.1: Ukážky modelu

