



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. Jan Haltmar

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ VOLAŘÍK, Ph.D.

BRNO 2019



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. Jan Haltmar
Název	Využití laserového skenování v informačním modelování budov
Vedoucí práce	Ing. Tomáš Volařík, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

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.

Manuály a tutoriály programu Autodesk Revit

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V rámci diplomové práce proveďte řešerši procesu modelování stavebních prvků z mračna bodů (technická zařízení budov, potrubí, apod) zejména v segmentu průmyslových budov, technologických a výrobních zařízení. Zároveň proveďte řešerši knihoven stavebních prvků a řešerši facility managementu průmyslových objektů.

Cílem práce je tvorba modelu technologických zařízení s využitím laserového skenování. Otestujte několik možností modelování zejména s ohledem na provoz budovy (facility managementu). Jednotlivé možnosti zhodnoťte v závěru práce.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

Ing. Tomáš Volařík, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Předmětem této diplomové práce je seznámit se s problematikou BIM a využití laserového skenování pro tvorbu BIM modelu.

KLÍČOVÁ SLOVA

BIM, informační modelování staveb, laserové skenování, mračno bodů, facility management, Revit

ABSTRACT

Subject of this diploma thesis is to familiarize with BIM and using laser scanning for creating BIM model.

KEYWORDS

BIM, building information modeling, laser scanning, point cloud, facility management, Revit

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Jan Haltmar *Využití laserového skenování v informačním modelování budov*. Brno, 2019. 65 s., 4 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 21. 5. 2019

Bc. Jan Haltmar
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 21. 5. 2019

Bc. Jan Haltmar
autor práce

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu, panu Ing. Tomáši Volaříkovi, Ph.D., za pomoc při řešení problémů a poskytnutí podkladů. Také děkuji kamarádce Janě Absolonové za velkou pomoc s kontrolou pravopisu a formátu. Tato práce byla vytvořena v rámci aktivit a s podporou projektu TA ČR Centrum kompetence TE02000077 s názvem „Inteligentní Regiony – Informační modelování budov a sídel, technologie a infrastruktura pro udržitelný rozvoj“.

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Laserové skenování.....	11
2.1 Laser	11
2.2 Princip skenování	12
2.3 Dělení skenerů a metod skenování	13
2.3.1 Dělení podle principu měření skeneru	14
2.3.2 Dělení podle vlastností zorného pole skeneru	17
2.3.3 Dělení podle umístění a pohybu stanoviště skeneru	17
2.4 Vlivy ovlivňující laserové skenování	19
2.5 Postup při měření a zpracování naměřených dat.....	19
3 BIM	20
3.1 Definice BIM.....	20
3.2 Přínosy využití BIM	22
3.3 Nevýhody využití BIM.....	24
3.4 Souhrnný přehled výhod a nevýhod	26
3.5 Softwary používané pro BIM	26
3.5.1 Formát dat IFC	28
4 Facility management průmyslových objektů	29
4.1 Facility management obecně	29
4.1.1 Definice.....	29
4.1.2 Historie	31
4.2 Průmyslové objekty.....	32
5 Revit.....	33
5.1 Možnosti práce a využití	33

5.2 Nabízené/dostupné knihovny stavebních prvků.....	33
6 Tvorba BIM modelu s využitím laserového skenování	34
6.1 Lokalita.....	34
6.2 Přístrojové a softwarové vybavení použité pro zpracování.....	36
6.3 Měření	36
6.4 Zpracování naměřených dat	37
6.5 Založení projektu v programu Revit a začátek prací.....	38
6.6 Import mračna bodů do programu Revit	38
6.7 Modelování stavebních konstrukcí.....	40
6.8 Modelování technického zařízení.....	41
6.8.1 Načítání a umístování vhodných rodnin v projektu	45
6.8.2 Vytváření a práce s objemy	49
6.9 Tvorba vizualizací	52
6.10 Využití modelu pro facility management.....	56
7 Zhodnocení laserového skenování pro tvorbu BIM modelu.....	56
8 Závěr	58
9 Seznam Obrázků	59
10 Seznam použitých zdrojů.....	61
11 Seznam příloh	65

1 Úvod

Předmětem této diplomové práce je seznámení se s problematikou BIM a možnost využití laserového skenování pro tvorbu BIM modelu. V rámci práce bude kladen větší důraz na využití u průmyslových staveb, tedy na tvorbu modelu technických zařízení, z mračna bodů, například potrubí a podobně.

Jedná se o aktuální téma vzhledem k rychlému rozvoji a zavádění technologie BIM do stavební sféry a celkově životního cyklu staveb.

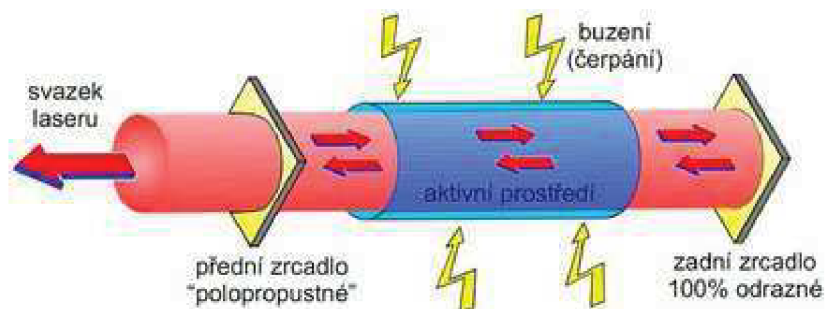
Cílem práce je zhodnocení využitelnosti laserového skenování a tvorba BIM modelu z poskytnutého výsledku měření laserovým skenováním z technického zázemí kotelny areálu AdMaS. A celkově čtenáři přiblížit co vše obnáší měření laserovým skenováním, následné zpracování a tvorba modelu v rámci širokého odvětví BIM v programu Revit verze 2018.

2 Laserové skenování

2.1 Laser

Laser je zkratka anglického vyjádření jeho vlastní funkce, tedy: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. To v překladu znamená: zesilování světla stimulovanou emisí záření. Česky se laser označuje jako kvantový generátor světla, což se nepoužívá, protože laser je kratší. [3][4][5][6]

Laser se skládá z aktivního prostředí, rezonátoru a zdroje energie. **Aktivní prostředí** tvoří látka schopná po vybuzení udržet elektrony po určitou dobu v excitovaném stavu. Jako látka může sloužit například pevný prvek, plyn nebo dioda. **Rezonátor** je dutina obsahující dvě rovnoběžná zrcadla, z nichž je jedno polopropustné. Zde dochází k nárůstu počtu fotonů a následnému uvolnění ve formě svazku laseru. **Zdroj energie** může být různý (elektrický, optický,...), ale jeho úkol je pořád stejný, a to je vybuzení aktivního prostředí.



Obr. 1 Schéma funkce laseru

Lasery můžeme dělit podle různých kritérií. Například podle:

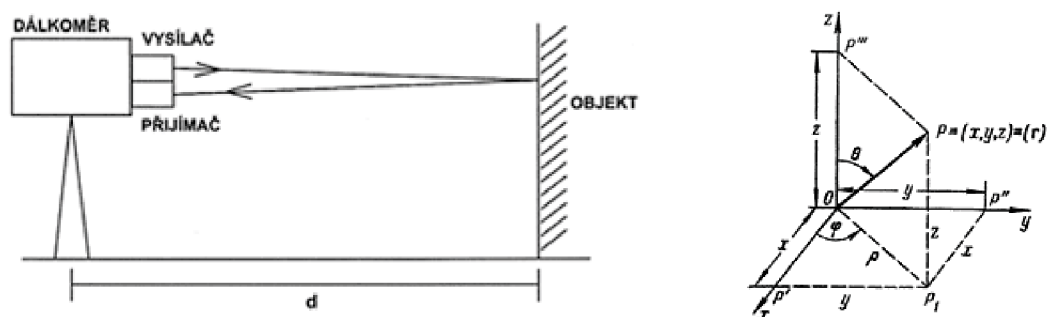
- typu aktivního prostředí (pevné, kapalinové, plynové, ...)
- způsobu čerpání energie (opticky, elektricky, chemicky, termodynamicky, ...)
- režimu (kontinuální, impulzní)
- použití (výzkumné, měřicí, lékařské, technologické, energetické, vojenské, ...)

Bezpečnost je při práci s lasery velmi důležitá. Pro měření se nepoužívá sice až tak výkonných laserů, ale i přesto by delší pohled do paprsku mohl způsobit trvalé poškození zraku. [4] [5][6]

2.2 Princip skenování

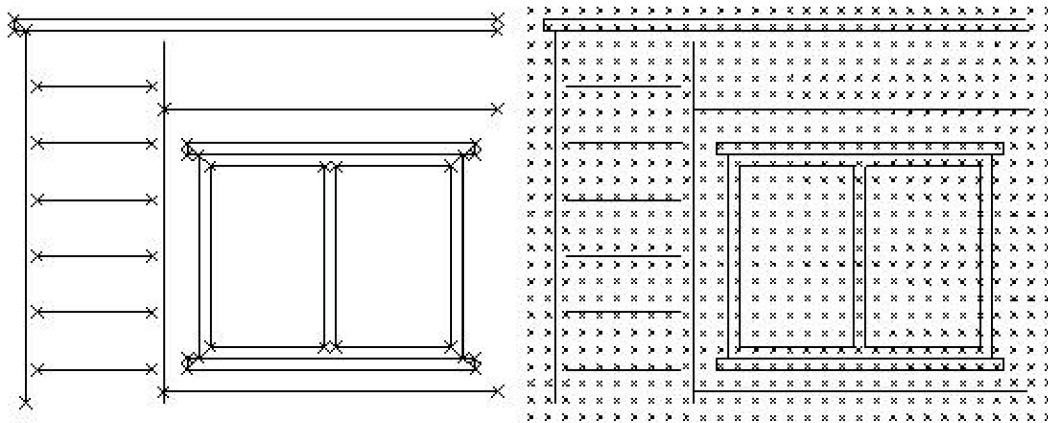
Laserové skenování je efektivní metodou sběru velkého množství dat z dané lokality v relativně krátkém čase. Jde o metodu, která se snaží převést věci skutečného světa do digitální podoby, a to co nejpřesněji, nejrychleji, nejbezpečněji, atd. Důraz na jednotlivé aspekty zpracovávaných dat se samozřejmě liší podle účelu, pro který budou následně data využita. Ať už je to důraz na přesnost při skenování strojních dílů, důraz na bezpečnost při skenování sesuvů nebo důraz na rychlost v průmyslových provozech nebo jiné. Převedené objekty pak mohou sloužit pro lepší a rychlejší pochopení daného problému při vytváření různých projektů. Zobrazení objektů v digitální podobě s možností pohledu z jiného úhlu může vést k odhalení určitých nových souvislostí, které mohou usnadnit nebo předejít problémům, a tak šetřit zdroje i čas v rámci projektu. Jak je již v názvu této práce uvedeno, zaměřím se zde podrobněji na skenování v oblasti geodézie, přesněji na skenování budov, průmyslových objektů a jejich částí. [1][2][4][7][10]

Laserové skenování funguje na stejném principu jako totální stanice s bezhranolovým režimem měření. Jedná se též převážně o impulzní laserovou technologii. Skener vyšle laserový impulz a poté čeká, než se vyslaný impulz odrazí od nějaké překážky či cíle a vrátí se zpět k přístroji, kde je snímačem zaznamenán. Přístroj pak na základě doby, kterou paprsek potřeboval k překonání dráhy tam a zpět vypočte šikmou vzdálenost. Další možností je fázové řešení, kde se výsledná délka získá z porovnání vyslané a přijaté fáze. Vypočtená vzdálenost spolu s prvky orientace slouží k výpočtu 3D souřadnic v místním systému pomocí prostorové polární metody. [1][4][7][10]



Obr. 2 Schéma měření délky a určení prostorové polohy

Na rozdíl od použití normální totální stanice je sběr dat laserovým skenerem hodně automatizovaný a vyžaduje poměrně malý zásah obsluhy. Obsluha se zjednodušeně postará jen o správné umístění skeneru a nastavení parametrů měření. Na druhou stranu nevýhodou skenování je poměrně velká počítačová náročnost na zpracování a vizualizaci výsledných dat. Výsledkem měření skeneru je point cloud, neboli mračno bodů, což jsou surová data ze skeneru, která tvoří body s 3D souřadnicemi a případně i barvou. Skener tvoří mračno bodů neselektivně na rozdíl od totální stanice. To znamená, že pokryje snímáný objekt pravidelnou sítí bodů, viz obrázek č. 3. Parametry sítě určují míru zachycovaného detailu objektu. Vliv na tyto parametry má zejména nastavení kroku rozptýlu paprsku a vzdálenost od objektu. [1][4][7]



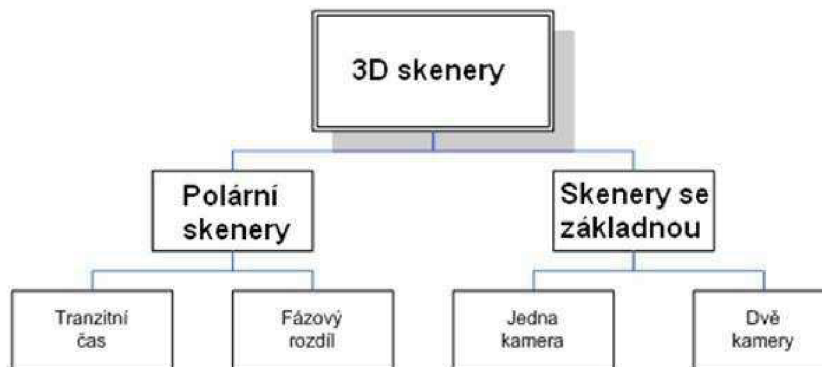
Obr. 3 Rozdíl mezi měřením pomocí selektivní a neselektivní metody

Takto nasnímaný objekt je tvořen velkým množstvím bodů na rozdíl od jeho předlohy, která je tvořena převážně rovinami a plochami. Zobrazení nebo práce s takto objemnými daty vyžaduje nejen výkonné počítače, ale i specializované softwary pro zpracování, úpravu a celkově práci s mračnem. Zde je patrné, že zařízení vyhodnocovací stanice pro zpracování dat není levnou záležitostí. [1][4][7]

2.3 Dělení skenerů a metod skenování

Laserové skenování teď, když už jsme si přiblížili jeho princip a fungování, můžeme začít podrobněji dělit. A to podle: způsobu skenování, metody skenování, metody rozmetání svazku a jiné. [4][7][10]

2.3.1 Dělení podle principu měření skeneru



Obr. 4 Schéma rozdělení 3D skenerů

Jak je patrné na obrázku č. 4, podle jednoho kritéria lze rozdělit skenery do čtyř kategorií a o nich si teď v krátkosti něco řekneme.

1) Polární skenery

Polární skenery jsou skenery, které se nepotřebují ke snímání svého okolí pohybovat. Okolí nasnímají pomocí rotace ve dvou rovinách.

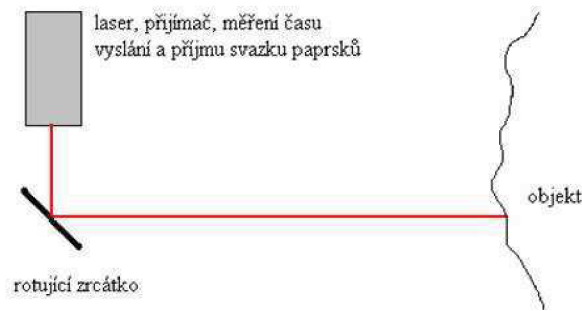
První metoda, založená na měření tranzitního času, se označuje jako Lidar (Light Detection and Ranging). Překladem do češtiny dostaneme výraz, který se dá interpretovat jako: detekce a měření světla. Princip spočívá v zaznamenání času vyslání paprsku a následně, poté co paprsek urazí prostředím dráhu k cíli/objektu a nazpět, zaznamenání času návratu odraženého paprsku. Z rozdílu časové značky vyslání a návratu paprsku se vypočte tranzitní čas. Tedy čas, který potřeboval paprsek k překonání dvojnásobku hledané šikmé vzdálenosti v běžném prostředí. Zde je jednoduchý vzorec pro výpočet vzdálenosti touto metodou. [4][8][10]

$$d = \frac{c * t}{2}$$

d – je výsledná vzdálenost mezi skenerem a skenovaným objektem

c – rychlost šíření světla/laserového paprsku v běžném prostředí

t – tranzitní čas



Obr. 5 Schéma metody měření délek pomocí tranzitního času

Druhá metoda je založena na fázovém rozdílu. Princip měření metodou fázového posunu, anglicky phase-shift, spočívá ve využití vlastností vyslaného paprsku. A jak je již z názvu patrné, jde o fázi vyslaného paprsku. Vyslaný paprsek nese určité vlnění, a to se při odrazu od objektu fázově posune. Takto fázově posunutý paprsek je při návratu do přístroje zaznamenán. Následným porovnáním záznamu vyslané a navracené vlny se zjistí, o kolik se od sebe fáze navzájem liší a vyhodnotí se vzniklý doměrek. Zařízení umí určit i násobek celých vlnových délek, které se do měřené délky vejdou. Výsledná délka se vypočte podle vzorce. [4][8][10]

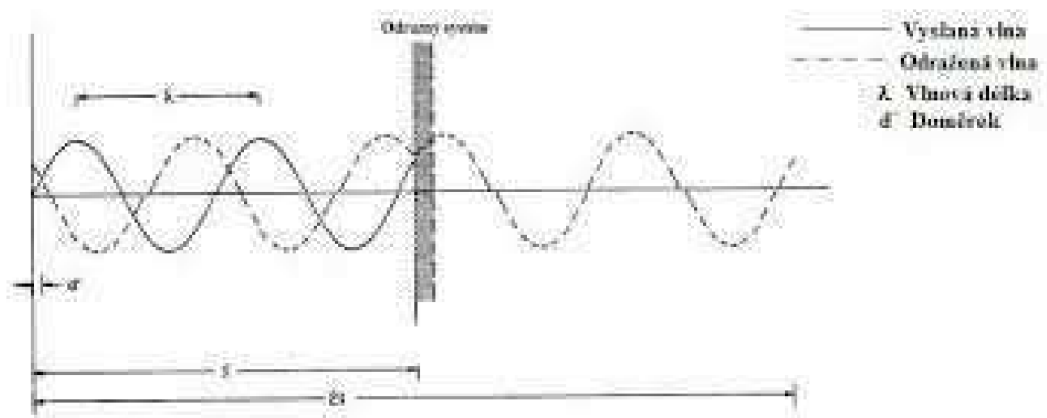
$$s = \frac{(n * \lambda) + d'}{2}$$

s- je výsledná vzdálenost mezi skenerem a skenovaným objektem

n – počet celých period vlnové délky

λ – vlnová délka

d' - doměrek



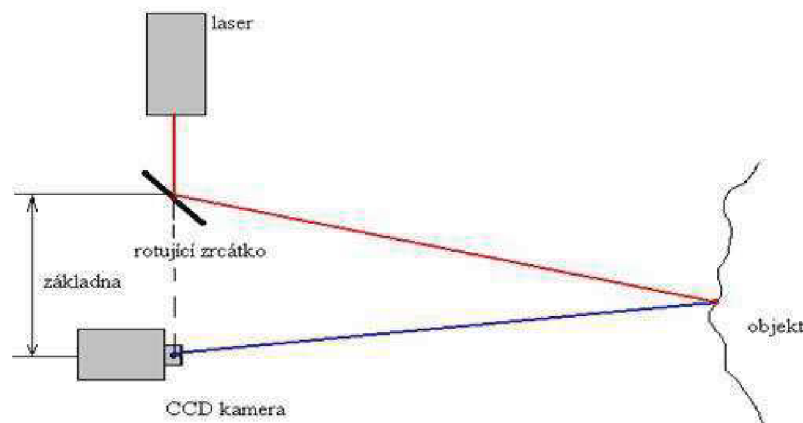
Obr. 6 Schéma metody měření délek pomocí fázového rozdílu

Phase-shift umožňuje velmi rychlé snímání, přibližně milion bodů za sekundu. Její nevýhodou je však omezený dosah.

2) Skenery se základnou

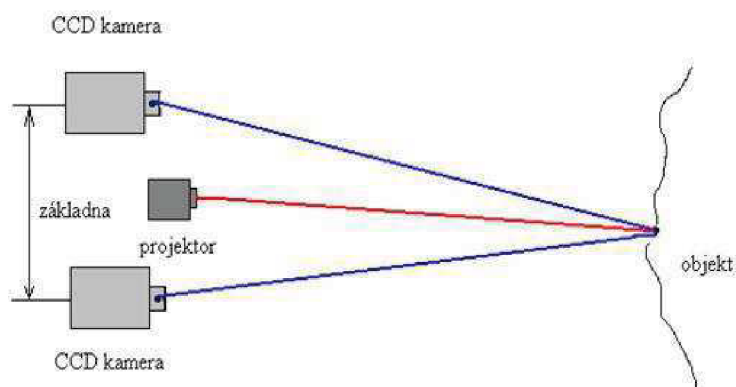
Tyto skenery ke své činnosti potřebují zajištění pohybu mezi skenerem a skenovaným objektem. Jak je již v názvu uvedeno, skener se skládá z vysílače paprsku a přijímače, které jsou od sebe vzdáleny o přesně danou vzdálenost, tedy základnu. [4]

Skenery využívající pouze jednu kameru počítají výslednou vzdálenost na základě protínání z úhlů.



Obr. 7 Schéma jednokamerového skeneru se základnou

Skenery se dvěma kamerami též počítají výslednou vzdálenost pomocí protínání z úhlů. V tomto rozložení slouží laserový paprsek jako projektor, který na skenovaný objekt promítá pravidelný obrazec, mřížku či jiný definovaný tvar a kamery vyhodnocují, jak se daný obrazec vlivem křivosti skenovaného objektu pozměnil. [4]

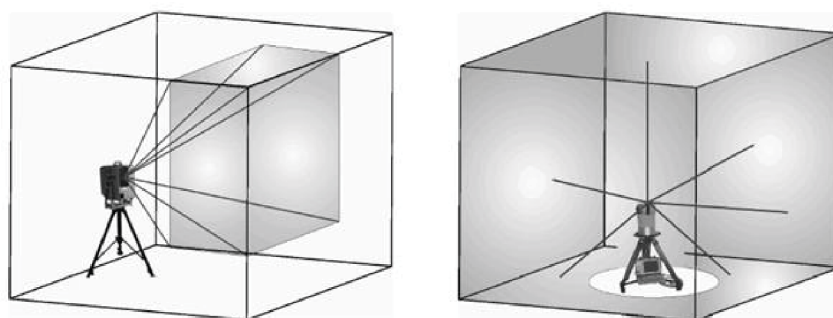


Obr. 8 Schéma dvoukamerového skeneru se základnou

Tento způsob skenování je výhodný pro přesná měření malých objektů na krátké vzdálenosti.

2.3.2 Dělení podle vlastností zorného pole skeneru

Další způsob, kterým lze skenery dělit, je podle zorného pole. A to na kamerové a panoramatické. Kamerové systémy zobrazují pouze prostor daný přímo před přístrojem a poté je s nimi třeba manipulovat pro získání dalšího záběru. Naproti tomu panoramatické skenery svou konstrukcí umožňují rozmetání paprsku do všech stran a tím obsažení celého okolního prostoru. Jediné omezení zorného pole panoramatických skenerů představují jistá konstrukční řešení a to zpravidla znemožňuje zobrazení oblasti přímo pod skenerem, jak je vidno i z obrázku č. 9. [4][7][10]



Obr. 9 Rozdíl zorných polí kamerového a panoramatického skeneru

2.3.3 Dělení podle umístění a pohybu stanoviště skeneru

Dalším podstatným kritériem, podle kterého můžeme skenery a skenování dělit, je podle metody pohybu, a to na dynamické a statické. Mezi dynamické patří letecké, mobilní a ruční skenování. Statické jsou nepohybující se pozemní skenery, na které

se v této práci zaměřím především. Dále se o dynamických skenerech zmíním jen okrajově, a to převážně hlavně o jejich možném uplatnění vzhledem k BIM. [9]

Letecké skenování využívá jako nosič skeneru letadlo, vrtulník, vzducholod' popřípadě dálkově ovládaný model. Získávání souřadnic z pohyblivého se stanoviska zajišťuje důmyslný systém, který propojuje globální navigační systémy (GNSS) a inerciální měřící jednotku (IMU) pro určení polohy stanoviska a spolu se skenerem dokáží vytvořit souvislé pole bodů. Používání leteckého skenování se vzhledem k jeho širokému záběru při jednom přeletu a ceně za provoz letadla a dalších vlivech vyplatí spíše pro větší území. Tuto cenovou a praktickou nevhodnost pro menší rozsah mapovaného území krásně řeší dálkově ovládané modely. Modely jsou relativně levné, jejich použití snazší a jejich nasazení i rychlejší. I toto řešení s sebou nese jisté problémy, ale nic není perfektní. Pro BIM by se z leteckého skenování dala využít hlavně měření pomocí dálkově řízených modelů, jelikož skenované objekty nejsou až tak velkého rozsahu a je to efektivní a poměrně peněžně nenáročný způsob jak získat přesná data například střech, střešních zařízení, fasád, potrubí, výkopů, základů a jiných předmětů. Vzhledem k velikosti modelů se s nimi dá létat i v uzavřených prostorech. [9]

Mobilní skenování probíhá prostřednictvím skenovacích zařízení umístěných na autech, vlacích nebo i na lodích. Stejně jako při leteckém skenování se zajišťuje poloha pomocí GNSS a IMU. Výhody tohoto uspořádání jsou zejména v rychlosti, možnosti práce v noci, dosahu a přesnosti. Nevýhodou je, že tyto dopravní prostředky se nedostanou všude. Mobilní mapování by se dalo převážně využít pro skenování vnějšího pláště u větších objektů nebo případně hal, tunelů a garáží, kde se snadno dostaneme s měřícím systémem. [9]

Ruční skenování používá skenery, které jsou malé, lehké a snadno se s nimi manipuluje. Jsou vhodné hlavně pro skenování malých objektů, například strojních částí a zařízení. Dají se též využít i ke skenování interiérů, jeskyní, průmyslových technologií a jiných prostor. Jejich výhodou je rychlost jejich nasazení, přesnost a možnost se dostat i na hůře přístupná místa. Nevýhoda spočívá v menším dosahu a menším detailu oproti statickým skenerům. Na úrovni a s rychlostí, s jakou jsou schopny ruční skenery v dnešní době měřit a s rychlostí jejich vývoje, jsou vhodné pro běžné mapování budov. [9]

2.4 Vlivy ovlivňující laserové skenování

Laserové skenování jako každé měření není stoprocentně přesné. Má své chyby a trpí na určité faktory, které ovlivňují výsledek měření. V tomto oddíle si probereme některé hlavní faktory způsobující chyby. Tyto chyby můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin, a to na vlivy vnitřní a vnější. [4]

Vnitřní vlivy se nachází uvnitř přístroje a jsou způsobeny buď jeho konstrukcí nebo nedokonalostech vzniklých při výrobě či kalibraci. Jedná se o chyby při měření délky a určování vodorovných a svislých úhlů. Tyto chyby mohou vzniknout na základě excentricit jednotlivých os přístroje, špatné synchronizace jednotlivých částí atd. Chyby tohoto typu se dají odstranit pouze na základě kalibrace přístroje. [4]

Vnější vlivy se projevují v prostředí, ve kterém je měřeno. Jedná se o změny vlastností atmosféry, které ovlivňují dráhu letu měřicího laserového paprsku pomocí indexu lomu. Tyto změny mají vliv na měření z toho důvodu, že měření probíhá kontinuálně a to vytváří čas pro tyto změny. Dalším vnějším vlivem je samotná geometrie snímaného objektu. Odrazy na ostrých hranách nebo v rozích mohou způsobit, že se paprsek rozdělí a každá část paprsku změří jinou vzdálenost. To má za následek chybu v rozmezí těchto dvou hodnot. Podobné chyby může vyvolat i změna barev a druhů povrchů, což má vliv na odrazivost paprsku. Dále jde zařadit rušivé elementy jako pohybující se objekty v zorném poli skeneru, které způsobují jednak zastínění objektů za nimi, tak i vznik různých patvarů ve výsledném mračnu bodů. [4]

2.5 Postup při měření a zpracování naměřených dat

V této kapitole bude rozebrán postup práce s pozemními skenery, pro ostatní druhy skenerů se dá tento postup použít obdobně. Jako při každém měření, tak i při použití laserového skenování předchází samotnému měření rozbor zadaného problému a následná rekognoskace měřeného prostoru. Tento první krok je velmi důležitý, jelikož na něm závisí jak výběr přístroje, tak i výběr metody, případně postupu měření. Po zvolení těchto základních parametrů následuje volba rozmístění stanovisek a případně, pokud je to nezbytné, pro další zpracování i terčů pro následné spojování a referencování jednotlivých skenů do jednotného mračna bodů. Následuje samotné měření na předem zvolených stanoviscích s případnými operativními změnami. [7]

Jednotlivé naměřené skeny je třeba pospojovat do jednoho mračna bodů, toho se dá dosáhnout několika způsoby. První způsob spočívá ve využití terčů a značek, kdy se jednotlivé terče na sebe navzájem napasují metodou nejmenších čtverců. Tento postup je poměrně rychlý a přesný, ale vyžaduje, aby jednotlivé terče byly správně rozmístěné a viditelné z více snímků. V závislosti na softwaru pro zpracování lze terče v jednotlivých skenech automaticky vyhledat. V případech nedostatečného množství terčů pro přesné spojení skenů lze doplnit jako další parametr pro spojení například roviny, které jsou ve skenech stejné. Druhý způsob nevyžaduje terčíky a identické body a pracuje na základě podobnosti překrytu. Tento způsob vyžaduje, aby jednotlivé skeny měly mezi sebou dostatečný překryt a aby byl skenovaný povrch dostatečně členitý pro nalezení správných sousedních skenů a nedocházelo k záměnám. Tento způsob je náročnější na výpočetní čas a výsledky jsou méně kvalitní než u prvního způsobu. [7]

Spojené skeny tvoří konečně jedno mračno bodů, které je třeba dále upravovat před závěrečnou vizualizací a odevzdáním. Jednou z hlavních položek úpravy mračna bodů je redukce a čištění dat. To spočívá v odstraňování nadbytečných a chybně změřených bodů, které v mračnu kazí celkový dojem a přesnost. Dále se dá mračno pomocí speciálních postupů například vyhladit, a tím odstranit šum vzniklý při měření. Z očištěného a upraveného mračna se pak už dají tvořit například modely pomocí prokládání plochami nebo trojúhelníkové sítě (TIN) a nakonec i vizualizace. Pro přehledné vizualizace může být mračno obarveno a otexturováno. Konečné mračno je zdrojem velkého množství prostorových informací, ze kterého se dá čerpat pro další potřeby uživatele. [7]

3 BIM

3.1 Definice BIM

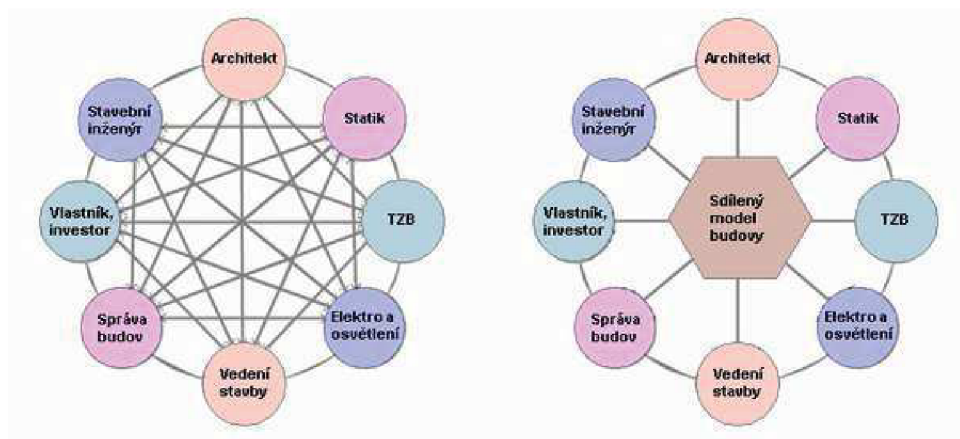
BIM je zkratka anglického Building Information Modeling, to můžeme přeložit zhruba jako informační modelování budovy nebo informační modelování stavby. Daný pojem je poměrně mladý a zatím není úplně přesně vymezen, proto bych se osobně přiklonil k druhé variantě i vzhledem k tomu, že se dá BIM použít v celé škále projektů, nejen budov. Zde nyní uvedu několik různých používaných definicí a nakonec uvedu vlastní interpretaci. [9][11][12][13][14][15] [18]

Společnost Autodesk má na svých stránkách tuto definici: „*BIM (Building Information Modeling) is an intelligent 3D model-based process that gives architecture, engineering, and construction (AEC) professionals the insight and tools to more efficiently plan, design, construct, and manage buildings and infrastructure.*“[21] v překladu BIM (Building Information Modeling) je inteligentní proces založený na 3D modelu, který poskytuje profesionálům v architektuře, inženýrství a stavebnictví (AEC) pochopení a nástroje pro efektivnější plánování, navrhování, konstrukci a správu budov a infrastruktury.

Na stránkách wikipedie je definován jako: „*Informační model budovy (anglicky Building Information Modeling nebo Building Information Management, zkráceně BIM) je digitální model reprezentující fyzický a funkční objekt (stavbu) s jeho charakteristikami. Model slouží jako databáze informací o objektu pro jeho navrhování, výstavbu a provoz po dobu jeho životního cyklu, tj. od prvotního konceptu po odstranění stavby.*“[13]

BIMdictionary uvádí: „*Informační modelování staveb (BIM) je sestava technologií, procesů a metod umožňující zainteresovaným subjektům ve spolupráci navrhovat, stavět a provozovat Zařízení ve virtuálním prostředí.*“[37]

BIM se tedy dá chápat jako jakýsi soubor jak informací, tak i způsobů získávání těchto informací a jejich předávání. Výsledkem je databáze obsahující informace o objektu ve velkém detailu a umožňující rychlé a přehledné zprostředkovávání informací mezi všemi dotčenými účastníky v rámci celého životního cyklu budovy. [9][11][12][13][14][15] [18]



Obr. 10 Ukázka rozdílu v komunikaci bez a s použitím BIM

3.2 Přínosy využití BIM

Obecně hlavním přínosem a vůbec důvodem proč zavádět BIM, je jako u všeho, úspora, a to jak času, tak i peněz. BIM je nový pohled na odvětví AEC, který s sebou přináší spoustu změn. Hlavní změnou a přínosem je usnadnění komunikace mezi jednotlivými účastníky v životním cyklu stavby, ať už to jsou projektanti, architekti, dodavatelé nebo údržbáři. Veškeré potřebné informace jsou přehledně na jednom místě, ke kterému mají všichni přístup. Jednotlivé části informací jsou postupně zadávány a spravovány všemi účastníky v rámci životního cyklu budovy, a to za ideálních podmínek in real-time, tedy v reálném čase. V původním systému se informace předávaly převážně písemnou formou od jednoho účastníka ke druhému, což mohlo vést nejen ke ztrátě informací, ale i ke špatné interpretaci a vzniku chyb. Následné hledání a opravy takto vzniklých chyb vytvářejí významné časové, materiálové a tím pádem finanční ztráty. S BIM řešením se dá mnohým takovýmto chybám předejít a celkově zefektivnit tento proces. Tento druh komunikace je nejen přesnější a rychlejší, ale umožňuje i zefektivnění některých činností, které dále šetří čas. [9][11][12][13][14][15] [17] [18]

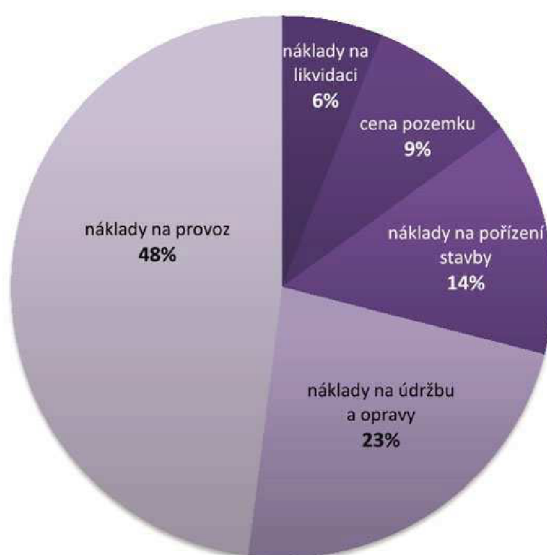


Obr. 11 Životní cyklus stavby [16]

Dobře koncipovaný BIM model je takový model, který popisuje fyzický stav stavby v takovém detailu, aby nemusely být jinde vyhledávány další dodatečné informace. To znamená, že už od projektu je jasné, co za prvky nebo objekty bude daná stavba obsahovat. Těmito jednotlivými prvky se naplní knihovny tzv. rodin a architekt z nich stvoří model. Jednotlivé prvky jsou popsány do detailu a obsahují informace, jako jsou základní rozměry daného kusu, materiál, barva, ale i informace o tepelných a statických vlastnostech, výrobce, pozici v rámci harmonogramu stavby a jiné. Tento model je komplexním pojetím všech dostupných a potřebných informací. Vzhledem

k objektovému přístupu ve tvorbě modelu se dá model využít pro různou řadu analýz a jiných aplikací podporující zefektivnění celého procesu života stavby. Pro představu si můžeme uvést pár jednoduchých příkladů přínosu. Při projektové činnosti lze nad takto vytvořeným modelem dělat statické analýzy. Z modelu lze snadno pořizovat různé řezy a výkresovou dokumentaci dle potřeby. Při sestavování rozpočtu se dají zobrazit přehledně ceny jednotlivých komponent a tím lépe ocenit celý projekt. Pro stavebníka je snadné si v modelu najít například, kolik bude potřeba oken a dveří. Údržbář při své práci si může hned zjistit, jaký náhradní díl bude potřebovat nebo kde se nachází jaký ventil. Z dobře navrženého a udržovaného datového modelu je možno vydolovat nepřehledné množství informací pro nepřehledné množství činností v rámci životního cyklu budovy. [9][11][12][13][14][15] [17] [18]

Podíváme-li se trochu zpět na předávání informací s ohledem na náklady v rámci životního cyklu budovy, tak je jasné, že tyto informace budou potřebné relativně dlouhou dobu s co největší přesností. Je to tedy výhodná investice do budoucna. Na obrázku č. 12 je jasně vidět, že největší část nákladů jde do provozu a údržby. A je to největší časový úsek, pro který bude BIM model využíván, pravděpodobně ne tak intenzivně jako v části výstavby, ale i tak. Výhodou je, na rozdíl od běžných papírových plánů, BIM model jako model v digitální podobě „nestárne“ a nehrozí, že by ho například v nějakém šuplíku snědly myši. [9][11][12][13][14][15] [17] [18]



Obr. 12 Přehled podílů nákladů v průběhu životního cyklu stavby [16]

Další výhodou je, že se jedná o perfektní nástroj pro kontrolu, jelikož je zde vše přehledně v reálném čase ukládáno. To znamená výhodu v oblastech kontroly jako je například dodržování harmonogramu stavby, držení se projektu bez výrazných odchylek a jiné. Včasné odhalení problémů z kontrol vede nejen k úsporám, ale i k celkovému zkvalitnění výsledného stavebního díla. [9][11][12][13][14][15] [17] [18]

Na závěr je vhodné zmínit, že ne všechny výhody, které z používání BIM vyplývají, se jeví jako výhody pro všechny účastníky procesu. Nebudu zde rozebírat jednotlivé postoje všech jednotlivých účastníků, ale uvedu zde jeden příklad, ze kterého snad bude jasně patrné, jak to převážně vypadá. Vezmu si například kontrolu. Pro investora je to velká výhoda, jelikož má k dispozici jasný přehled o všem, co se děje, ale na druhou stranu někteří uživatelé tím pádem přijdou o možnosti jistého manévrovacího prostoru v rámci své činnosti a to na ně může vytvářet jistý negativní řeckněme tlak. [9][11][12][13][14][15] [17] [18]

3.3 Nevýhody využití BIM

Využívání BIM s sebou přináší několik nevýhod, i když ve správném provedení výhody převažují nad nevýhodami. Zde se zmíním o těch zásadních a nejvíce diskutovaných nevýhodách při používání BIM.

První nevýhoda spočívá ve zkratce v zákonech a legislativě vůbec. Jedná se především o otázku vlastnictví, ochrany autorských práv a veřejnosti BIM modelu. Protože se na jeho tvorbě podílí více uživatelů, tak je docela problematické jednoznačně říci či přesně daný model je. Například investor si může nárokovat návrh, jelikož si za něj zaplatil, ale zároveň se může ozvat výrobce jednotlivých dílů, který poskytl specifikace k těmto dílům a má na ně autorské právo. Problém vlastnictví a autorských práv je vhodné vyřešit již předem pomocí smluv a jiných právních dokumentů, aby se předešlo případným komplikacím nebo soudním sporům. [17] [18]

Další nevýhoda úzce navazuje na předešlý problém a je to problematika zodpovědnosti. Opět tu máme mnoho uživatelů, kteří mají možnost s modelem nějakým způsobem nakládat. Pokud se vyskytne nějaká chyba, je poměrně těžké přesně určit dotyčného člověka, který za to může. To souvisí s určením, kdo bude zodpovídat za kontrolu a přesnost vkládaných dat. Dále je třeba přihlídnout k zárukám a odmítnutím

zodpovědnosti návrhářů. To způsobuje, že je třeba více času na vkládání a kontrolu dat, což nepříznivě ovlivňuje celý proces. [17] [18]

Za nevýhodu se dá považovat i chybějící iniciativa v zavádění BIM ze strany investorů, uživatelů a správců staveb. Je to pochopitelné, jelikož se jedná o poměrně nový systém, i když v zahraničí už se to docela rozšířilo a i v České republice se o něm pomalu začíná čím dál tím více mluvit. [17] [18]

Nevýhoda v nasazení BIM spočívá též v požadavcích na jeho vybudování, které předchází už samotnému návrhu. A to jak náklady na provoz uložiště, softwaru a technickou podporu, ale též náklady na lidi. V dnešní době je zatím nedostatek odborníků v této oblasti a je třeba si nějaké buď nasmlouvat, nebo případně vyškolit. Nekvalifikovanost se může projevit nejen u odborníků na BIM, ale může působit i problémy, pokud není některý z uživatelů dostatečně seznámený s prací v BIM a nevyužívá jeho plný potenciál, jelikož BIM není jen model a software, ale je to změna zasahující do celého podniku. [17] [18]

Poslední výrazná nevýhoda, jež se může eventuálně vyskytnout, je nekompatibilita předávaných dat. BIM model je veden v určitém formátu. Pokud subdodavatelé resp. další uživatelé využívají jiná softwarová nebo systémová řešení, která neumožňují přímý přenos těchto informací, tak je nezbytné navrhnout již předem nějaké řešení tohoto problému. Může to být například export dat pro určité uživatele do jiných formátů a podobné postupy zajišťující nerušený přenos informací mezi uživateli a modelem. [17] [18]

Většina nevýhod a chyb, které se vyskytnou, jsou většinou způsobeny nevědomostí nebo neznalostí jednotlivých účastníků celého procesu. Tím pádem se dá jejich vliv nebo výskyt ovlivňovat úrovní vzdělanosti jednotlivých uživatelů. Například jedním ze způsobů jak řešit tyto nevýhody či rizika, je mít smlouvy, ve kterých jsou práva a povinnosti jednotlivých účastníků sdílena, ale i spolu s přínosy. Trochu kostrbatě vyjádřeno, všichni se podílí na zodpovědnosti a odměnách v rámci BIM. [17] [18]

3.4 Souhrnný přehled výhod a nevýhod


Výhody	Nevýhody
- šetření času a nákladů v rámci celého životního cyklu stavby	- nedostatek odborníků
- zefektivnění komunikace mezi účastníky stavebního procesu	- chybějící pravidla a normy
- lepší kontrola stavby	- nekompatibilita používaných nástrojů
- větší kvalita výsledného díla	- počáteční investice pro zavedení
- snadné provádění úprav napříč celým modelem	- nedostatečná legislativa týkající se vlastnických a autorských práv pro BIM
- možnost vytváření různých situací a analýz nad modelem	- neochota ke změně přístupů v praxi
- lepší přístup k informacím v rozhodovacím procesu	


3.5 Softwary používané pro BIM


Aby se dal software pro aplikaci BIM použít, musí mít určité funkce, vlastnosti a popřípadě nástroje pro tvorbu 3D modelu. Možnost vytvářet model pomocí objektového přístupu, tedy skládat model z předem definovaných objektů jako jsou například okna, dveře, schody, zábradlí a jiné. Též je vhodné, aby program umožňoval vytváření takovýchto objektů ve svém prostředí pomocí svých nástrojů. Jednotlivé softwary v sobě mohou zahrnovat i funkce a nástroje pro sdílení modelu přes síť či internet, nástroje


pro různé kontroly či analýzy, například kontrola kolizí nebo kontrola kompatibility formátů. [17] [19] [20]

Vzhledem ke zvyšující se poptávce po využívání a práci s využitím BIM, je vhodné se též zaměřit lehce na softwary používané v tomto směru. Počet vhodných softwarových řešení pro BIM roste, ale jsou zde některé firmy, které se svými produkty výrazně převyšují, a to v oblasti popularity a používání, ostatní firmy a jejich produkty. Zde uvedu pár těch výraznějších firem a jejich softwary a něco málo o nich přiblížím. [17] [19] [20]

 Autodesk je nadnárodní softwarová společnost založená v Kalifornii v roce 1982. Nabízí celou řadu programů, z nichž si uvedeme jen ty nejpoblárnější a nejrelevantnější, a to programy REVIT, BIM 360 a Navisworks. [21]


 REVIT je nejpoužívanější z programů pro BIM vůbec. Jeho velká popularita a rozšíření s sebou nese několik výhod, a to velmi dobrou podporu a množství různých nástaveb a plug-inů. Původně byl vyvinut společností Revit Technology Corporation. [21]


 BIM 360 je jednotný nástroj pro zajišťování spojení mezi projektovými týmy a sdílení dat v reálném čase od návrhu přes konstrukci, podporu rozhodování a řízení po více předvídatelné a výnosné výsledky. Jedná se o cloudově založenou webovou službu. [21]


 NAVISWORKS je nástroj skládající se z různých aplikací zaměřující se na sdružování rozsáhlých BIM a CAD dat 3D projektů. Zabývá se pak i jejich jednotným sdílením, analýzami, vizualizacemi a dalšími aplikacemi. [21]


NEMETSCHEK GROUP NEMETSCHEK je firma založena v roce 1963, zakladatel je Georg Nemetschek. Součástí jsou tyto dceřiné společnosti, které postupem času vznikaly či byly skupovány pod záštitu Nemetschek a to Allplan, Graphisoft, Vectorworks a Scia. [22][25]

GRAPHISOFT. ARCHICAD je druhý nejpoužívanější program v oblasti BIM. Je to jeden z pionýrů v oblasti CAD nástrojů pro tvorbu jak 2D, tak i 3D objektů. Je hlavním konkurentem Revitu a i když vše, co jde udělat v jednom programu, jde podobně udělat i v tom druhém, tak každý má svůj vlastní přístup k danému problému. [22]


 ALLPLAN je systém s více jak 30 letou dobou působnosti, původně začínající na platformě Mac. Dnes je z něj plně vyvinutý software schopný CAD/AEC/BIM projektování staveb, architektury, konstrukcí a dalších možností. [23]

 Bentley je společnost založená v roce 1984, zabývající se vývojem, prodejem, podporou a dalšími softwarovými produkty nejen v oblasti AEC. [24]

 OpenBuildings je software sloužící pro navrhování, analyzování, vizualizování a dokumentování staveb různých tvarů. Původně byl označován jako AECOSim Building Designer. [24]

 Společnost Tekla byla založena v roce 1966 ve Finsku. V roce 2011 se společnost stala členem skupiny firem pod Trimblem. Firma nabízí celou řadu řešení v oblasti stavebnictví, konstrukcí a energetiky. Jako produkty nabízí například: Tekla, Tekla BIMsight a Tekla NIS. [26]

3.5.1 Formát dat IFC

 Vzhledem k hlavnímu přínosu BIM, čímž je komunikace mezi jednotlivými účastníky v rámci celého životního cyklu budovy, tak je potřeba najít společný komunikační kanál či médium, které bude srozumitelné/zpracovatelné všemi. Z toho důvodu se tu teď zmíním o běžně užívaném formátu dat využívaném v BIM prostředí, a to o formátu IFC. IFC je zkratkou pro Industry Foundation Classes, ve volném překladu to znamená něco jako základní průmyslové třídy. Tento datový formát je vyvíjen firmou buildingSMART, která původně začínala jako konsorcium vytvořené na podnět firmy Autodesk v roce 1994. Toto

konsorcium obsahovalo na začátku mnoho firem a s původního názvu Industry Alliance for Interoperability se v roce 1997 stalo International Alliance for Interoperability až nakonec v roce 2005 poslední změna na buildingSMART. buildingSMART je nezisková organizace zodpovědná za vývoj, údržbu a publikace tohoto formátu. Formát je vydáván jako neutrální, otevřený, veřejně přístupný. V dnešní době je daný formát uznáván jako norma jak ISO, tak i ČSN. Je využíván nebo podporován velkým množstvím softwarů a aplikací souvisejícími s BIM, AEC atd. [15][27][28]

IFC je ve své podstatě textový soubor obsahující dva druhy informací. Zaprvé obsahuje informace o grafice a zadruhé informace týkající se popisu. Jistou nevýhodou formátu je jeho objemnost a fakt, že v některých přenosech mezi jednotlivými softwary účastníků dochází ke ztrátě informací respektive dat. Tento problém vzniká například z důvodu různé definice objektů v jednotlivých programech a to může vést k přenosu geometrie a popisu, ale nový program nebude nový objekt považovat za objekt stejný s objektem vytvořeným ve svém prostředí, i když se jedná o tentýž objekt. [15] [27][28]

4 Facility management průmyslových objektů

4.1 Facility management obecně

4.1.1 Definice

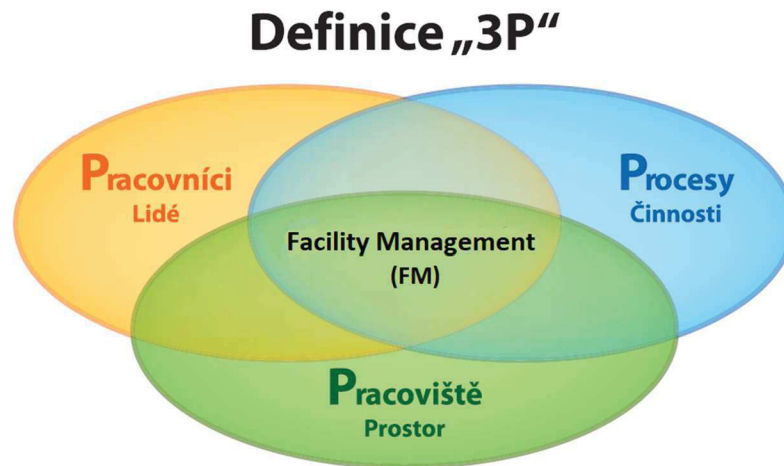
Facility management má několik definicí, které zhruba vyjadřují stejný pojem a teď se tu zmíním o pár hlavních definicích a poté celkově o tom, co je obsahem činnosti, dále o výhodách, které s sebou facility management přináší.

Definice podle IFMA zní takto: „*Facility management je profese zahrnující více oborů k zajištění funkčnosti, komfortu, bezpečnosti a efektivnosti vybudovaného prostředí pomocí integrování lidí, prostoru, procesů a technologií.*“ [29]

Definice podle ISO zní takto: „*Jedná se o organizační funkci, která integruje lidi, prostor a procesy v rámci vybudovaného prostředí za účelem zlepšení kvality života lidí a produktivity hlavního předmětu podnikání.*“ [30]

Definice podle ČSN EN 15221zní takto: „*Facility management představuje integraci činností v rámci organizace k zajištění a rozvoji sjednaných služeb, které podporují a zvyšují efektivnost její základní činnosti.*“ [33]

Jak je ze zde uvedených definicí patrné, tak facility management zahrnuje celou řadu podpůrných činností v rámci firmy či podniku. Hlavní činnosti podniku jsou činnosti za účelem tvorby zisku. Může to představovat výroba, prodej, služba, záleží na druhu podniku a jeho zaměření. Za vedlejší či podpůrnou činnost podniku můžeme považovat všechny ostatní činnosti, jako je například úklid, údržba, účetnictví, energie, bezpečnost a spousta dalších. Hlavní části se zaměřují na lidi (pracovníci), prostor a procesy, což je někdy nazýváno jako Definice 3P. [13][29][30][31][32] [34]



Obr. 13 Ukázka propojení hlavních částí FM

Facility management jako takový nemusí nutně jednotlivé činnosti vykonávat sám, ale může je i pouze zprostředkovávat a hlavně řídit. Toho se dá většinou dosáhnout pomocí outsourcingu. Outsourcing je ve zkratce přenechání některých činností externí firmě. [13][29][30][31][32] [34]

Nakonec musím zmínit jednotlivé výhody, které s sebou správně zavedený facility management přivádí. Jedná se zejména o tyto výhody:

- snížení provozních nákladů
- snížení prostorových nákladů
- zvýšení kontroly
- sjednocení činností pod jeden celek, což vede ke zlepšení komunikace, snížení administrativy a vyžaduje méně pracovníků
- zvýšení produktivity
- kvalitnější servis a služby

Celkově vedou všechny výhody jedním směrem, a tím je šetření financí podniku a zúžení jeho působnosti více směrem k hlavní činnosti podniku.

4.1.2 Historie

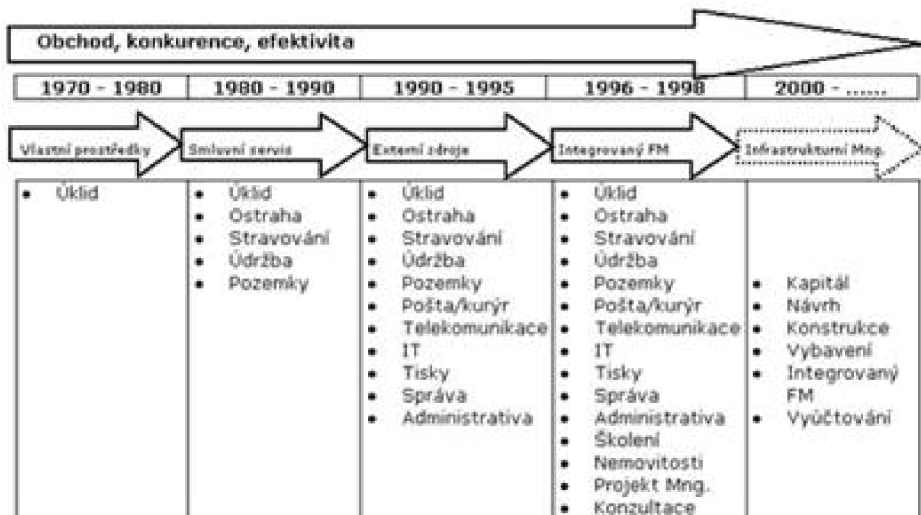
Tento pojem se začíná objevovat kolem 80. let dvacátého století ve Spojených státech amerických. Prvními, kdo pojem facility management začali používat, byli především správci majetku a budov. Jednalo se tehdy o nový pojem, který shrnoval různé stávající činnosti pod jeden termín a přidal k nim pár nových. Vyzdvihl důležitost těchto činností a dal jim jistou formu. [13][29][34]



Významný podíl na definici a rozšíření facility managementu má společnost založená v roce 1980 s původním názvem National Facility Management Association, dnes pod názvem International Facility Management Association. Je to největší a nejznámější společnost zabývající se facility managementem na světě. V dnešní době má kolem 24 000 členů ze 100 zemí světa. [29] [34]

Na počátku 90. let dvacátého století se pojem dostává do částí Evropy, a to prvně do Velké Británie, Francie, Beneluxu a skandinávských zemí. Později, kolem roku 1995, se pojem rozšířil i do německy mluvících zemí a do České republiky dorazil až v roce 2000. Časem se pojmu facility management ujala i společnost ISO a z pojmu se stala norma světová a později se objevila i jako ČSN. [13][29] [34]

Postupný vývoj facility managementu je možno vidět na obrázku č. 14. Tento obrázek zobrazuje vývoj především západních zemí, co se týče České republiky, tak ta je mírně pozadu, ale postupem času dohání ostatní.



Obr. 14 Schéma vývoje FM

4.2 Průmyslové objekty

U průmyslových objektů je hlavní odlišnost v rámci facility managementu zahrnutí údržby výrobních strojů a strojního zařízení podniku. Pro tuto činnost je potřeba jistá úroveň kvalifikace pracovníků, přehled o strojích a zařízeních, softwarové řešení pro lepší řízení a kontrolu například revizí, správy energií a dalších. Může se sem zahrnovat i údržba vozového parku, zabezpečení objektů, ochrana zdraví, různá školení a další. Poskytovatelé v tomto odvětví musí mít jisté zkušenosti s havarijními situacemi a jejich řešením, což vytváří další tlak na poskytovatele. Jinak se jedná o normální facility management s trochu specifičtějšími požadavky a nároky. [34]

Za zmínku v rámci facility managementu stojí i moderní metody pro sledování stavu a kontrolu věcí. Jedná se o monitoring pomocí internetu věcí a o uplatnění rozšířené reality, kdy v případě internetu věcí se jedná o fyzické objekty schopné pomocí svého vybavení si předávat určitá data prostřednictvím sítě. V tomto případě zle v podstatě jakékoliv čidlo, měřidlo či pohyblivou část propojit se sítí a mít tak nepřetržitě přístup k získávaným informacím. V druhém případě, tedy v případě rozšířené reality, je možné zobrazovat plány, součásti či rozvody a to i skrytých objektů přímo v místě, kde by

se měly vyskytovat. Při použití různých zobrazovacích zařízení pak stačí jen namířit určitým směrem a vše se přehledně zobrazí v místě fyzického objektu.

Pokud se podíváme na to, jak se dá zahrnout BIM do rámce facility managementu, tak se dá zařadit do několika oblastí. Jelikož se BIM i facility management vyskytují spolu po celou dobu životního cyklu budovy, tak je BIM neocenitelným zdrojem informací potřebných nebo využitelných pro facility management. BIM poskytuje informace o stavbách ve velkém detailu, což umožňuje lepší řízení jednotlivých služeb v rámci facility managementu. Například vezmeme-li si příklad poruchy v jistém objektu, informace z BIM poskytnou Facility manažerovi údaje o místě, kde se daný problém nachází, o zařízení, které se na místě nachází, z čehož se dá vyvodit, co za nástroje bude potřeba, dobu poslední revize či jiné užitečné informace. Výsledkem může být ušetření času a případně ušetření cesty na dané místo. [34]

5 Revit

5.1 Možnosti práce a využití

Jedná se o software, který do sebe zahrnuje celou škálu oborů a disciplín, a proto je využití a uplatnění tohoto programu poměrně velké. Jedná se zejména o oblasti architektury, MEP(Mechanical, Electrical and Plumbing, technická zařízení budov), stavebnictví a konstrukcí. Program umožňuje společnou tvorbu jednoho modelu všem dotčeným odborníkům v rámci životního cyklu stavby. Program umožňuje nejen tvorbu samotného modelu stavby z jednotlivých dílů, ale i funkce a nástroje pro odborníky zabývající se například statikou, energetickou náročností, tepelnými vlastnostmi stavby a další. [21]

5.2 Nabízené/dostupné knihovny stavebních prvků

Na internetu je celá řada stránek shromažďujících objekty od jednotlivých výrobců nebo nadšenců do velmi obsáhlých databází. Jedná se o velmi široké spektrum druhů objektů. Jsou zde například svítidla, elektronika, trubky a příslušenství, nábytek a jiná vybavení, stavební materiály a díly, bezpečnostní prvky a další. Jednotlivé druhy objektů by se daly dále dělit do podskupin, ale vzhledem k jejich množství to nemá větší smysl. Po svých zkušenostech s hledáním určitých dílů pro tvorbu svého modelu můžu říci, že pokud se člověk trochu snaží, tak zde nalezne vše od dávkovače na mýdlo,

vypínače, barely, boilers, nátěry, zdi, stropy, záchody až po celá zařízení a dokonce na jedné stránce byl k dispozici i model tanku.

Zde uvedu jen pár knihoven, na které jsem narazil. Na těchto stránkách se dá snadno a rychle vyhledat potřebný díl či součást pro váš projekt.



BIMobject je stránka obsahující kolem 400 tisíc parametrických BIM objektů a 62,6 miliónů výrobků. Jedná se o světovou jedničku v poskytování obsahu pro BIM.



RevitCity je poměrně menší stránka obsahující přes 20 tisíc objektů. Stránka založená roku 2003 pro šíření znalostí a objektů pro uživatele Revitu.



NBS National BIM Library

National BIM Library je britská stránka pro zprostředkování BIM objektů.



Familit je stránka obsahující kolem 18 tisíc prvků.



ARCAT je další stránka obsahující BIM objekty.

Tohle byl jen malý výčet z nespočetného množství stránek, ze kterých lze objekty pro BIM do Revitu či jiných softwarů stahovat. Pokud hledáte určitou část, vyplatí se podívat i na stránky výrobce hledané části, neboť čím dál více výrobců již poskytuje své výrobky v BIM ready formátu.

6 Tvorba BIM modelu s využitím laserového skenování

6.1 Lokalita

Data poskytnutá ke zpracování v rámci této diplomové práce pocházejí z lokality areálu instituce AdMaS. Areál se nachází v Brně, městské části Medlánky, ulice Purkyňova 139. V těsné blízkosti se nachází přírodní památka Medlánecké kopce, instituce CEITEC a NETME a v neposlední řadě areál vysokoškolských kolejí

Pod Palackého vrchem. Lokalita je ve vzdálenosti 500 metrů severo-západně od dopravního uzlu Technologický park.



AdMaS je zkratka celého názvu instituce, která zní Advanced

Materials, Structures and Technologies. V překladu se jedná o pokročilé materiály, struktury a technologie. Jde o součást Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně. Zaměření institutu je v oblasti vědy a výzkumu pokročilých materiálů, struktur a technologií hlavně v oblasti stavebnictví, ale i infrastruktury měst a obcí a dopravních systémů. [35]



Obr. 15 Ukázka areálu AdMaS [35]



Obr. 16 Mapa areálu AdMaS (Mapy.cz)

6.2 Přístrojové a softwarové vybavení použité pro zpracování

V průběhu zpracování dat byly použity v různém rozsahu tyto následně uvedené přístroje, nástroje, pomůcky a programy.

Přístroje:

- notebook Dell Inspiron 15 Gaming

Softwary:

- MS Office
- Microstation
- Scene
- Revit 2018
- Mozilla Firefox
- PDFCreator
- Malování

6.3 Měření

V rámci této diplomové práce nebylo provedeno fyzické měření v terénu, ale i tak se vzhledem ke svým zkušenostem s laserovým skenováním a s pomocí informací získaných ohledně měření této místnosti lehce zmíním.

Jako první krok při měření pomocí laserového skenování byla provedena rekognoskace měřeného místa. Na základě seznámení se s daným prostorem proběhlo určení předběžných stanovisek skeneru a speciálních kulových cílů pro co nejlepší konečný výsledek. V potaz se bralo kromě zabránění co nejvíce detailů i způsob spojování výsledných skenů. To znamená dostatečný překryt jednotlivých skenů nebo dostatečný počet vhodně rozmístěných terčů a cílů.

Následovalo nastavení přístroje na požadované parametry a postupné měření z jednotlivých stanovišť.

Výsledkem měření bylo několik obarvených mračen bodů obsahující, kromě objektů v místnosti a místnosti samotné, i speciální kulové terče pro laserové skenování.

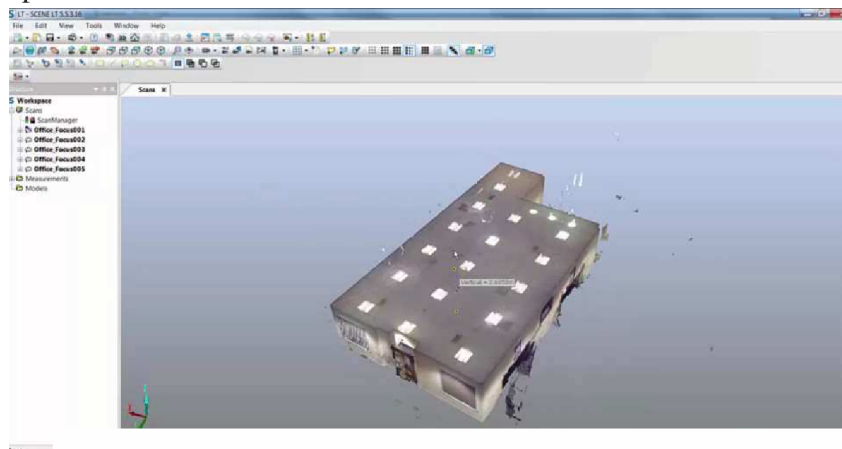
6.4 Zpracování naměřených dat

Data poskytnutá pro vypracování této diplomové práce byla již předem předzpracována v prostředí programu Scene, a tak se o tomto nezbytném a významném kroku v celkovém procesu zmíním pouze obecně.

SCENE

Program Scene je dobrý nástroj pro spojování jednotlivých mračen bodů. Jednotlivé kroky vedoucí od jednotlivých mračen bodů po sjednocené mračno jsou následující.

- 1) Zaprvé se musí vytvořit v programu projekt, ve kterém se budou všechny další operace odehrávat.
- 2) Zadruhé se pomocí přetažení nahrají do projektu jednotlivé skeny.
- 3) Zatřetí se jednotlivé skeny pomocí kliknutí pravého tlačítka myši a zvolení možnosti *Loaded* jednotlivé skeny načtou. Takto načtené skeny si je již možno prohlížet.
- 4) Začtvrté vyhledáme v načtených skenech kulové terče. To můžeme provést nástroji manuálně nebo pomocí automatického vyhledávání. Při automatickém vyhledávání je třeba poté sken zkontrolovat zda nedošlo k označení chybného či zapomenutí terče.
- 5) Zapáté se v projektu vytvoří *Scan manager*. Ten nám umožňuje jednotlivé skeny spojit pomocí zvolené metody. Na výběr máme spojování pomocí terčů, ploch či jiných předem definovaných objektů nebo pomocí metody *cluster to cluster*, kdy se program pokusí spojit snímky sám na základě algoritmů podobnosti.
- 6) Šestý krok už představuje konečné spojené mračno, které je možno uložit či exportovat v několika formátech.



Obr. 17 Ukázka z programu SCENE [36]

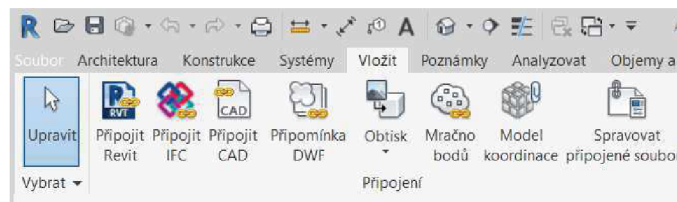
6.5 Založení projektu v programu Revit a začátek prací

Začátek mé hlavní části diplomové práce, tedy vypracování modelu pro BIM za použití laserového skenování, je stáhnutí poskytnutého mračna bodů s názvem kotolnaADMAS2018.pod do mého notebooku. Program Revit jsem již měl na notebooku nainstalován z minulého roku, kdy jsme se hromadně sešli s diplomanty s podobným tématem. Jen alespoň jednou větou shrnu, že se jednalo o poměrně zdlouhavý proces, který nakonec všichni úspěšně zvládli.

Nyní k vytvoření či založení projektu. Po načtení programu bylo velice jednoduché založit nový projekt, jelikož se tato možnost zobrazí jasně hned jako druhý nástroj. Po kliknutí na *Nový...* vyskočilo dialogové okno tázající se, co že to vlastně za projekt budu chtít vytvořit. Za šablonu projektu byl zvolen soubor *CC_EDU_2018*, který mně byl poskytnut na školení ohledně Revitu. Toto školení proběhlo ke konci letních prázdnin a skládalo se z jedné asi 4 hodinové lekce, kde se probraly úplné základy, co se týče ovládání a práce v programu. Po odsouhlasení nastavení byl vytvořen nový projekt a objevila se úvodní obrazovka se zobrazeným půdorysem.

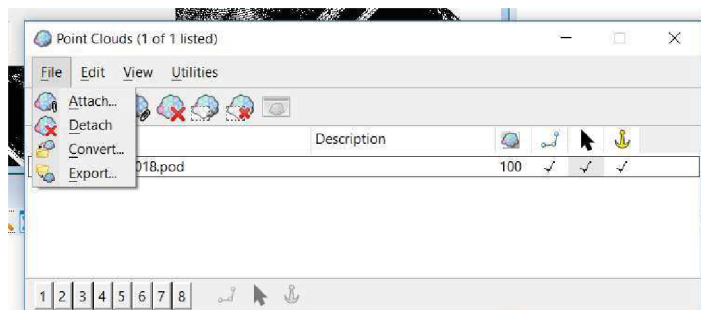
6.6 Import mračna bodů do programu Revit

V Revitu na kartě *Vložit* v panelu připojení je nepřehlédnutelná ikona pro Mračno bodů.



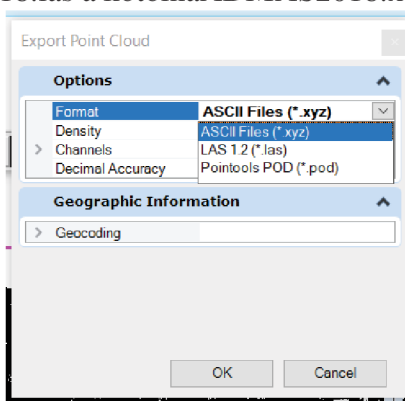
Obr. 18 Karta nástrojů *Vložit* v programu REVIT 2018.

Zde se vyskytl problém s formátem poskytnutého mračna bodů. Formát .pod program Revit nepodporuje, proto bylo nutné ho převést do jiného formátu. Po pár neúspěšných pokusech s programem Scene jsem našel zmínku o možnosti převodu mračen bodů v programu Microstation. Připojení mračna bodů v prostředí Microstation



Obr. 19 Dialogové okno pro práci s mračny bodů Microstation

nebyl problém i vzhledem k tomu, že jsem v tomto programu již s mračny bodů pracoval. Trochu matoucí byl ale následný postup při převodu formátu připojeného mračna. Na liště nástrojů *Attach*, panel *Point Cloud* jsem si otevřel okno pro manipulaci s mračny. Klasicky přes *File* a *Attach* (neboli připojit) jsem připojil kotolnaADMAS2018.pod. Ovšem třetí nástroj ve *File* s názvem *Convert...* se ukázal jako slepá ulička a po chvíli zkoušení jsem pomocí následujícího tlačítka *Export...* pro jistotu vytvořil hned dva nové soubory kotolnaADMAS2018.las a kotolnaADMAS2018.xyz.



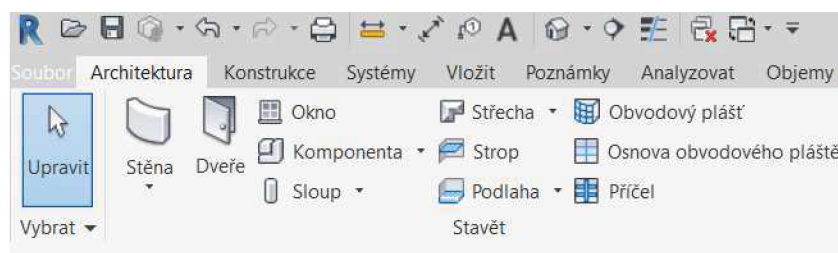
Obr. 20 Ukázka nástroje pro export mračna bodů Microstation

S těmito formáty už neměl Revit problém, respektive se souborem kotolnaADMAS2018.las, který se jako jediný zobrazil v nabídce složky, kde mám mračna uložena. Při importu si je ještě převedl do svého formátu kotolna_indexovana.rcp a kotolnaADMAS2018.rcs.

Po dokončení importu jsem si mračno pomocí nástrojů úprav posunu ke středu projektu a natočil přibližně do směru osy A a osy 1.

6.7 Modelování stavebních konstrukcí

První a zároveň jedna z nejlhčích částí při tvorbě modelu byla vzhledem k velké intuitivnosti programu oblast *Architektury*. V jednom z bočních pohledů jsem si tažením, zde již přítomné čáry 2NP, nastavil výšku druhého podlaží na 2,7 metru podle mračna bodů. Následně opět v pohledu půdorys 1NP pomocí nástroje stěna na kartě *Architektura*



Obr. 20 Karta nástrojů Architektura REVIT 2018

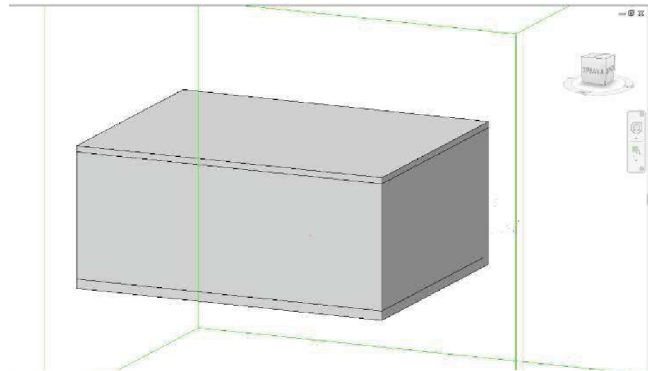
jsem si vybral rodinu stěny. Vzhledem k práci pouze s mračnem bez znalosti složení a skladby stěn a architektury jako celku jsem zvolil nabízenou základní stěnu. Následně po kontrole dalších možných nastavitelných parametrů při kresbě stěn jsem obtažením mračna bodů vytvořil místnost obdélníkového půdorysu. Při této činnosti jsem narazil ve dvou rozích místnosti na dva poměrně malé výstupky. Tyto výstupky vzhledem ke své velikosti představovaly pro automatické výpočty v programu jistou překážku a objevilo se několik hlášek a pár zajímavých tvarů. Za pomoci nástroje *Sjednotit* se mi povedlo docílit požadovaného tvaru stěn celé místnosti.

V dalším kroku jsem vytvořil k dané místnosti podlahu pomocí nabízeného nástroje *Podlaha*. Tento nástroj je velice intuitivní a jediné, co stačilo udělat, bylo kliknout do stěnami ohraničené části a program už sám pro celou místnost vytvořil podlahu.

S tímto jsem doufal, že i nástroj pro tvorbu stropu bude, stejně jako nástroj pro podlahu, rychle zamnou. Ale vyskytla se menší neshoda mezi tím, co jsem chtěl já a co si evidentně myslel program, že chci udělat. Po kratším zápolení s automatickou funkcí na výpočet stropu jsem rezignovat a onen obdélníkový tvar nakreslil manuálně s pomocí nabízených nástrojů a pomůcek. Po kratším zkoumání jsem došel k názoru, že naše neshoda zřejmě vznikla na základě mého trvání na kreslení stropu v půdorysu, čehož jsem

si zprvu nevšiml nebo jiné nevyzpytatelné anomálie. S největší pravděpodobností byla chyba způsobena nezkušeností v ovládání tohoto programu.

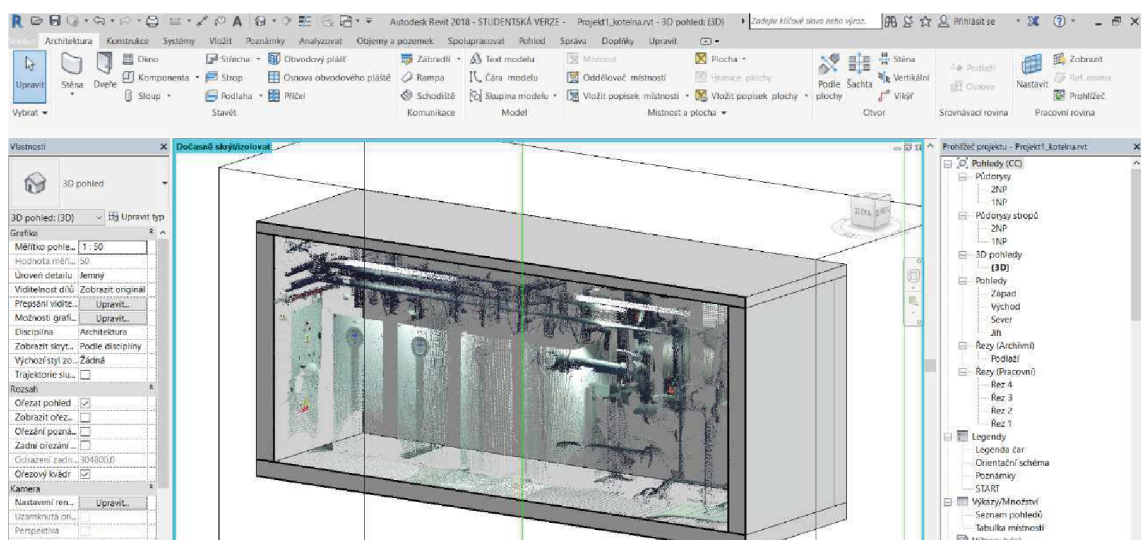
Výsledkem mého úvodního snažení bylo vytvoření prostého a dutého kvádrů, v němž bylo nyní celé mračno uzavřeno. Jedinou výjimku tvořily body mračna na dveřích vedoucích do kotelny.



Obr. 21 Ukázka vymodelované místnosti REVIT 2018

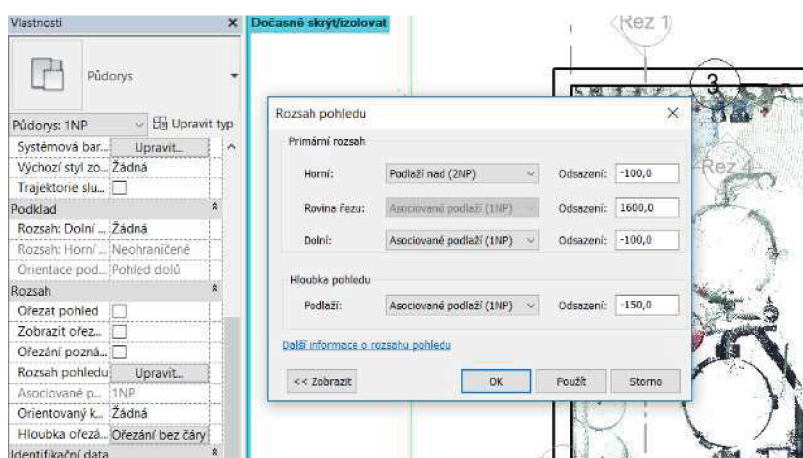
6.8 Modelování technického zařízení

S takto vytvořenou slupkou ohraničující můj modelační prostor jsem se pustil do průřezu samotného mračna bodů. Od této části modelování jsem začal naplno využívat různých nástrojů pro ořezávání, posunování a obecně manipulaci s pohledy a též s nástroji na dočasné skrývání již vytvořených objektů, pro přehlednou a efektivní práci naskrz mračnem bodů. V rámci prohlížeče projektu umístěného v mém případě v pravé části obrazovky, neocenitelného pomocníka, se jednalo zejména o tři předdefinované



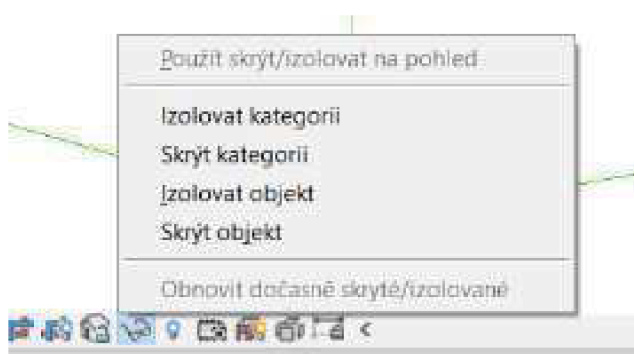
Obr. 22 Ukázka 3D pohledu s řezem modelem REVIT 2018

pohledy, půdorys 1NP, půdorys stropu 1NP, 3D a následně vytvořenou skupinu řezů 1 až 4. V 3D pohledu se jednalo o ořezový kvádr, který mi umožňoval se vždy zaměřit jen na určitou právě modelovanou oblast a odfiltrovat nežádoucí body překážející ve výhledu. Ve dvou případech půdorysů byla velmi nápomocná vlastnost posouvat s jednotlivými řezy po vertikální ose a nastavovat tím rozsah zobrazovaného prostoru. Tohoto posunu se dosahovalo ve vlastnostech půdorysu v mém případě zobrazovaných na levé straně obrazovky v kolonce *Rozsah* pomocí tlačítka upravit. Zde se dá přesně na milimetr nastavit výška daného zobrazení. O řezech jen stručně, vytvářel jsem je pomocí jednoduchého nástroje na kartě *Pohled* panel *Vytvořit nástroj Řez*. Je to velmi snadné, rychlé a nestojí příliš za zmínku.



Obr. 23 Ukázka nastavení rozsahu pohledu půdorysu REVIT 2018

V neposlední řadě se musím ještě lehce zmínit o již avizovaném skrývání objektů. Toho jsem dociloval pomocí dvou způsobů. Zaprvé pomocí malé nenápadné ikony brýlí v dolní části obrazovky. Tento způsob byl nejrychlejší a mnou nejvíce využívaný



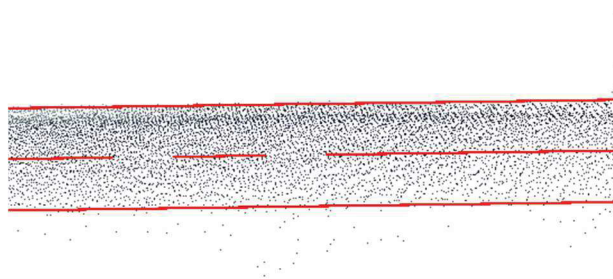
Obr. 24 Ukázka nástroje pro skrývání objektů REVIT 2018

i z důvodu, že nabízel možnost skrýt i celou kategorii objektů, což se hodilo v pozdější části, kdy již byl model poměrně zaplněný. Druhý způsob jsem využíval výhradně pro

skrývání mračna bodů, i když na první pohled byl patrný rozsah tohoto nástroje, v mém případě zůstal nevyužit. Jednalo se na kartě *Pohled* v panelu *Grafika* o nástroj *Viditelnost/zobrazení*.

Hned na první pohled do mračna bodů mi bylo jasné, že se bude téměř zcela výhradně celé modelování týkat trubek a potrubí, což se dalo i z názvu a lokality Kotelna očekávat. Po kratším prohlížení jsem se začal seznamovat na kartě *Systémy* v panelu *Domovní instalace a trubky* s nástroji pro tvorbu trubek. Zde jsem opět sáhnul po standartní trubce z důvodu neznalosti fyzického stavu přímo v kotelně a zvolil jsem klasické měděné potrubí.

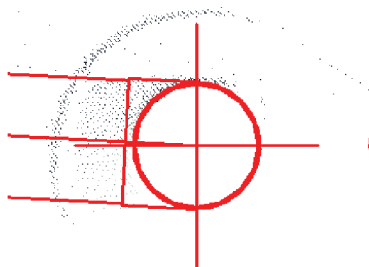
První překážku představovalo zjištění průměru modelované trubky. S jistou zkušeností v tomto směru při řešení podobného problému v rámci komplexního projektu v zimním semestru bylo řešení jednoduché, i když bych na to určitě přišel i bez této předchozí zkušenosti. Řešení spočívalo v naleznutí správného pohledu zobrazujícího v řezu body na povrchu trubky a následném přiložení trubky a vizuální kontrole s tím,



Obr. 25 Ukázka horizontální trubky s mračnem bodů REVIT 2018

že hlavními parametry pro tvorbu trubek byly průměr a odsazení, vyjadřující vzdálenost od podlahy. Výšku trubek jsem ze začátku určoval odhadem a posléze v 3D pohledu upravoval podle mračna na správnou. Postupem času, jak jsem získával větší prostorovou a celkově dimenzionální představu o místnosti, se mé odhady výrazně zlepšily. Postupem i vyplynulo, že spousta trubek sleduje určitý trend co se výšky, průměru a směru týče, což vedlo k usnadnění některých modelovaných úseků.

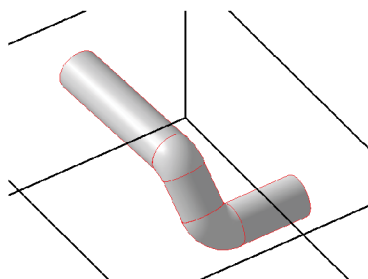
Tento postup jsem dodržoval při tvorbě téměř všech horizontálně vedených trubek, ale při začátku tvorby vertikálně vedoucích trubek jsem narazil, po kratším pátrání, na způsob, jak tvořit vertikální trubky z půdorysného pohledu. Tento pro mě nový způsob výrazně zefektivnil postup celého modelování, jelikož jsem již nemusel tolik přepínat mezi jednotlivými pohledy a vše hned kontrolovat. A vše, co stačilo pro vytváření těchto vertikálních trubek udělat, bylo po zvolení místa, kde měla trubka být,



Obr. 26 Ukázka vertikální trubky s mračnem bodů REVIT 2018

změnit hodnotu odsazení a poté kliknout na o kousek dále ležící tlačítko *Použít*. Byla to drobná změna s velkým dopadem na způsob a rychlost zpracování.

Většina trubek procházela v jednom směru a napojovala se pod zhruba pravým úhlem, což bylo poměrně snadné modelovat. Jediný problém, který se u takto vedených trubek vyskytoval, byl nevhodný úhel napojení jednotlivých trubek a nedostatek místa pro vložení tvarovky spojující trubky. Problém nastával u trubek se složitějším zakřivením. Na rozdíl od ostatních trubek nestačilo několik kliknutí s kontrolou v jednom nebo dvou pohledech, ale bylo za potřebí trubku nakreslit v jedné rovině, přejít do jiné roviny, zde ji upravit podle této roviny a nakonec ještě podle další roviny s finální kontrolou v 3D pohledu.

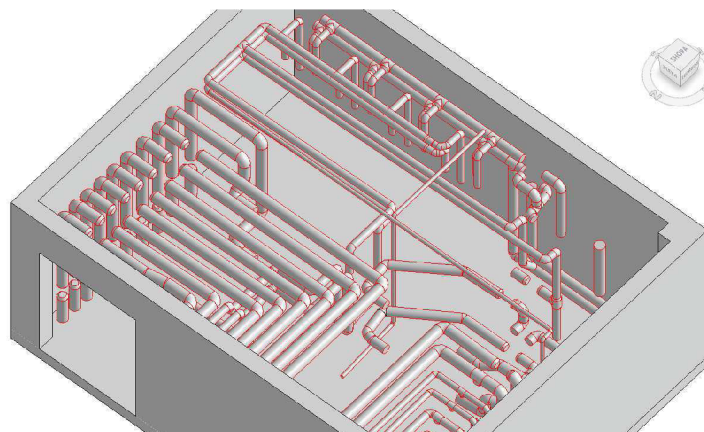


Obr. 27 Ukázka složitější trubky REVIT 2018

Na obrázku č. 28 je vidět příklad takovéto zakřivené trubky. Věřím, že pro zkušeného modeláře by to nebyl až tak velký problém, ale mě jako začátečníka to trochu

potrápilo. V tomto případě jsem si pohrával i s nástrojem pro automatický výpočet trasy napojovaných trubek, ale s jeho výsledkem jsem nebyl úplně spokojený, a tak jsem od něj nakonec upustil a pokračoval v tvorbě manuálně.

Tímto systémem jsem postupoval část po části k poměrně pěknému zatrubkování celé kotelny. Vyskytlo se zde sice pár hluchých míst, kde nebylo úplně jasné, kam daná trubka směřuje nebo odkud vede, ale s tím se hold nedalo jen z mračna bodů nic udělat.



Obr. 28 Ukázka vymodelovaných trubek REVIT 2018

6.8.1 Načítání a umístování vhodných rodin v projektu

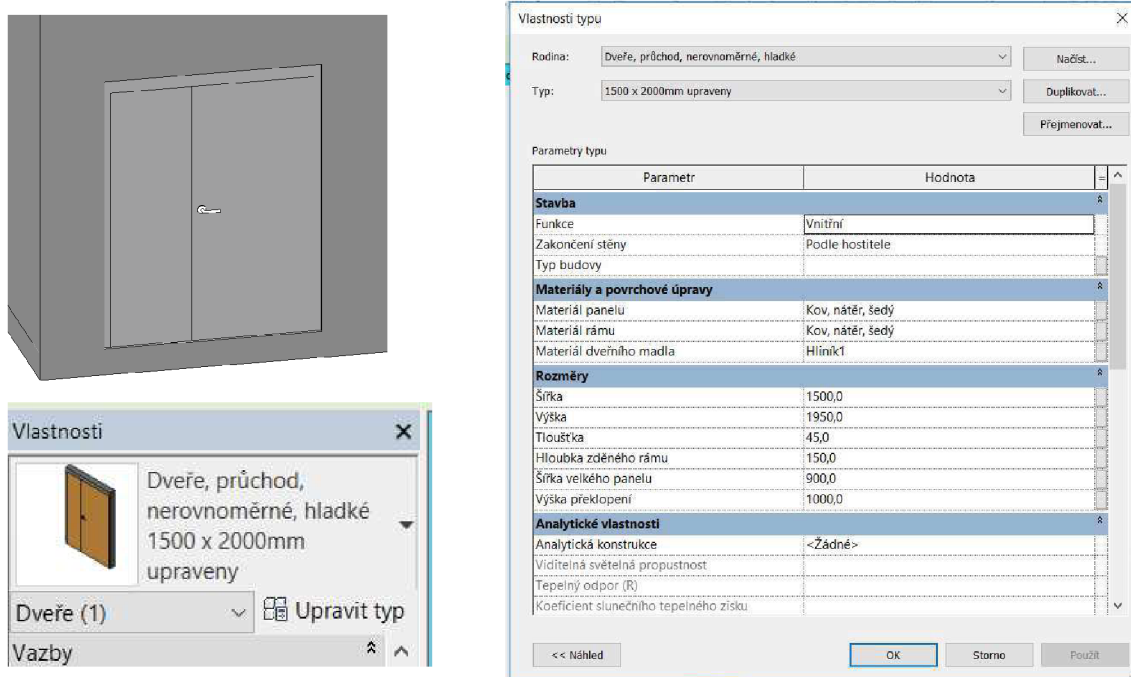
V další části jsem se zaměřil na doplnění místnosti o některé zařízení a jiné technické objekty pomocí rodin objektů, tedy toho nejpřírodnějšího, co celý objektový styl modelování v BIM obnáší.

Načítání nových rodin objektů do Revitu je jednoduchá záležitost. Při použití nástrojů pro umístování určitých objektů se na panelu nástrojů objeví nástroj na načtení rodiny pro danou kategorii. Omezení u tohoto způsobu spočívá v umístění nově staženého souboru do správné kategorie, a proto jsem zvolil trochu odlišný způsob. A to sice vytvoření nové složky mezi nabízenými složkami mé české knihovny a následné nahrávání rodin pomocí nástroje *Model* na kartě *Systémy*. Tímto jsem si zkrátil cestu při připojování nových mnou stažených částí a navíc takto jsou pohromadě, i když při správném postupu by měly být ve správných kategoriích. Vzhledem k malému počtu rodin a účelu modelu jako celku je tato skutečnost zanedbatelná.

Na začátek jsem si zvolil ten nejjednodušší objekt, a to sice umístění dveří do kotelny. Na kartě *Architektura*, panel *Stavět* byl nástroj důmyslně pojmenován *Dveře*.

Již v základní nabídce dveří jsem našel potřebné dveře, tedy dvojité nerovnoměrné dveře. Po umístění na správné místo se vyskytl menší problém, a to sice ten, že dané dveře byly příliš vysoké, oproti těm viditelným ze skenu. Naštěstí se dá každá z rodin do jisté míry editovat, a tak jsem si vytvořil vlastní dveře přesně podle mé potřeby.

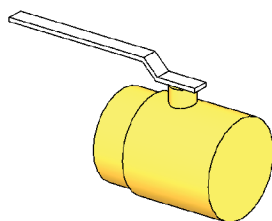
Celý proces úpravy je velice jednoduchý. Při označení dveří se ve vlastnostech nachází tlačítko pro úpravu typu, které otevře dialogové okno. V tomto okně jsem zaprvé dal duplikovat, aby se mi zachovaly původní dveře. Takto vytvořenému duplikátu jsem mírně pozměnil název, aby bylo jasné, že se jedná o určitou anomálii. Ve vlastnostech typu se nachází spousta editovatelných informací, a tak jsem si kromě samotné velikosti dveří trochu pohrál i se samotným materiálem dveří.



Obr. 29 Ukázka možností nastavení dveří REVIT 2018

Další z objektů, na který jsem se zaměřil, byly uzávěry nacházející se v různých místech na trubkách. Zde jsem se poněkud zdržel, jelikož jsem v základní knihovně rodin nenalezl vhodný pákový uzávěr. V této chvíli nastal divoký hon za cca podobným ventilem, který by byl vhodný na rozměr mnou nakreslených trubek na internetu. Po velmi dlouhém hledání a pár registracích na internetových stránkách poskytujících objekty pro Revit, jsem našel vhodný uzávěr. Aspoň na začátek to tak vypadalo, ale hned při prvním pokusu o umístění vybraného uzávěru se objevila chybová hláška programu. Tato hláška oznamovala, že nastala chyba, která byla automaticky vyřešena.

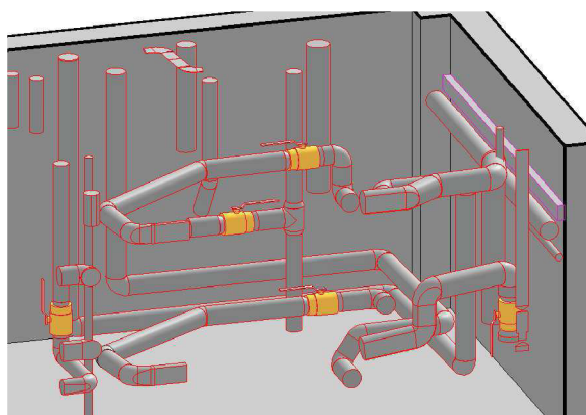
To znamenalo, že se s takto umístěným objektem nedalo otáčet, což představovalo velký problém, a tak jsem po několika pokusech o úpravu objektu, nového stažení, a to i ze stránek výrobce, musel začít hledat nanovo. Po dalším hledání se konečně dostavil úspěch a nejnovější uzávěr je plně funkční, co se týče připojování a otáčení.



Obr. 30 Ukázka uzávěru REVIT 2018

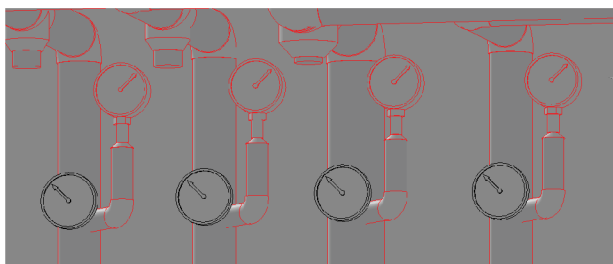
Tento typ uzávěru jsem použil v celém prostoru kotelny. Umísťování jednotlivých uzávěrů na již vytvořené potrubí probíhalo snadno, jelikož se součást přichycovala na trubky automaticky. Stačilo najet do blízkosti daného místa a program už sám začal zvýrazňovat trubky v dané oblasti pro umístění. Po umístění stačilo uzávěr označit a po jeho zvýraznění se kolem něj objevily šipkové značky pro otáčení.

Problém nastal u několika uzávěrů, které se nacházely příliš blízko hranám a zatáčkám na trubkách. Na těchto místech jsem byl nucen buď uzávěr mírně posunout oproti jeho pozici v mračnu bodů, nebo v extrémním případě od umístění uzávěru upustit úplně. V jednom případě jsem musel pár uzávěrů poupravit, jelikož jejich páka procházela skrz blízký panel. Vzhledem k jednoduchosti uzávěru zde byla k dispozici spousta upravitelných parametrů. Například se u uzávěru dalo editovat odsazení od potrubí, délku páky, výšku páky a jiné detaily.



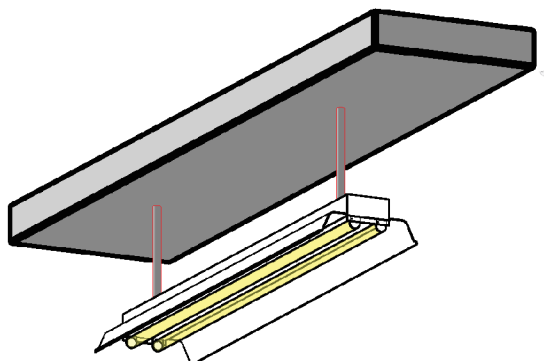
Obr. 31 Ukázka trubek s uzávěry REVIT 2018

V další části mračna jsem se rozhodl o pokus s měřidly. V nabízených rodinách pro měřidla jsem objevil teploměr a tlakoměr, což se mi zdálo jako vhodný typ měřidel do kotelny a i tvarově docela odpovídaly tvarům v mračnu.



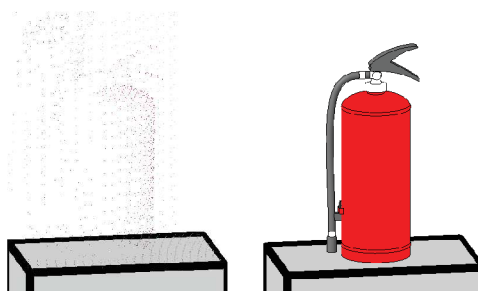
Obr. 32 Ukázka měřidel REVIT 2018

Jedním z dalších prvků, které byly v mračnu dobře rozeznatelné a zajímavé, bylo osvětlení. Již na první pohled bylo jasné, že se jedná o standartní světlo se dvěma zářivkami. Z velkého množství na internetu nabízených možností jsem nakonec vybral světlo se správným tvarem, i když o něco kratší než světlo v modelu. Po pokusech o úpravu, které byly částečně úspěšné s tím, že se dal prodloužit kryt na správnou délku, jsem se rozhodl z důvodu estetičnosti zachovat původní světlo i na úkor jisté nepřesnosti.



Obr. 33 Ukázka osvětlení REVIT 2018

V mračnu bodů se vyskytovalo i pár dalších objektů, které bylo možné docela snadno identifikovat. Mezi tyto objekty patřilo několik barelů a hasicí přístroj. Pro barely jsem nenašel vhodného ekvivalentu, ale pro hasicí přístroj jsem našel vhodný exemplář.



Obr. 34 Ukázka hasicího přístroje z mračna bodů a v modelu REVIT 2018

Ale i tak jsem se rozhodl je zahrnout do modelu z důvodu rozšíření různorodosti druhů rodin objektů v modelu.

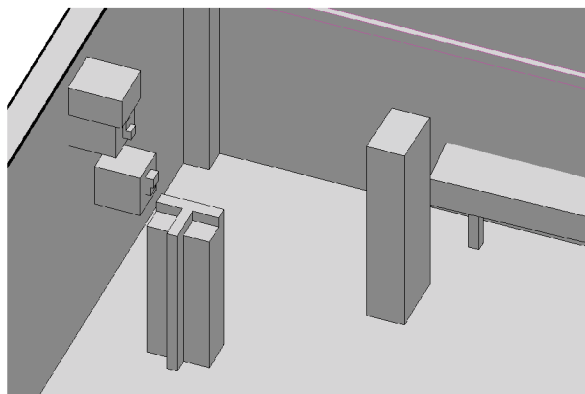
Po konzultaci s vedoucím práce, který poskytl několik informací ohledně některých částí, se mi podařilo nalézt tři expanzní nádoby od správného výrobce a též je umístit do modelu na správná místa.

V mračnu bodů se podle vzhledu a i podle očekávání nacházela spousta dalších měřidel, elektronických součástí a kabelů. Vzhledem k neznalosti názvu, účelu nebo dalších parametrů těchto objektů jsem se je rozhodl v tomto modelu ignorovat a zaměřit se na další části v modelovacím procesu.

6.8.2 Vytváření a práce s objemy

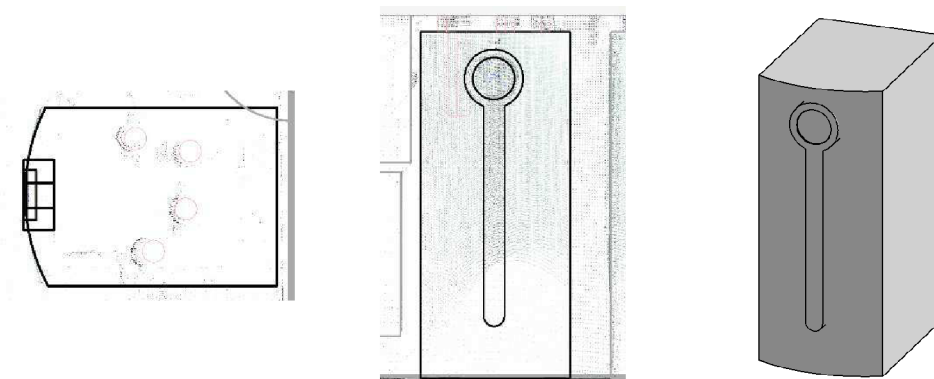
V této části se zaměřím na modelování důležitých objektů větší povahy v rámci kotelny, ke kterým se mi buď nepodařilo najít mezi rodinami vhodný ekvivalent, nebo jako další způsob tvorby modelu. Jako modelovací postup jsem zvolil použití tvorby objemu na místě. K tvorbě jsem využil nástroj s názvem *Objem na místě* na kartě *Objemy a pozemek* panel *Koncepční objem*. Po spuštění nástroje na tvorbu objemu na místě se přepne karta panelů na kartu *Vytvořit*. Zde se nachází spousta nástrojů pro kresbu, úpravu a tvorbu objemu. Při jednotlivých činnostech jsem používal cílené malé řezy pro zobrazení modelované části v mračnu bodů. Zde jsem se podrobněji musel seznámit i s nástrojem pro nastavení pracovní roviny, protože některé profily se nedaly kreslit na plochách zdí či jiných přítomných plochách vhodných pro kresbu. S tímto i úzce souvisí další nástroj, kterým jsem si nové potřebné pracovní roviny vytvářel a umísťoval na potřebná místa, a to *Osnova* na panelu *Srovnávací rovina*.

Při tvorbě jednoduchých hranatých objektů v projektu v rovině objemů s názvy panel 1 až panel 5 a elektrická skříň stačil jeden nebo více obyčejných hranatých profilů v jedné rovině. Tyto profily jsem pak pomocí nástroje *Vytvořit tvar* převedl na 3D těleso a upravil na správnou velikost, popřípadě použil nástroj pro sjednocení.



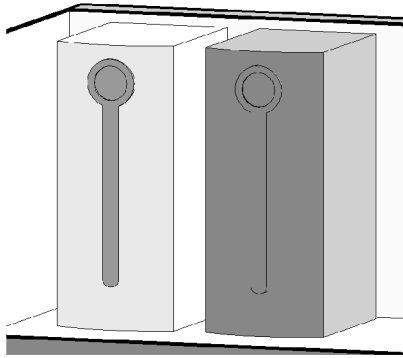
Obr. 36 Ukázka vytvořených panelů REVIT 2018

U složitějšího objektu, jakým bylo tepelné čerpadlo, jsem již musel použít více profilů ve dvou rovinách a následně se vypořádat se sjednocením a ořezáním jednotlivých částí do správného tvaru.



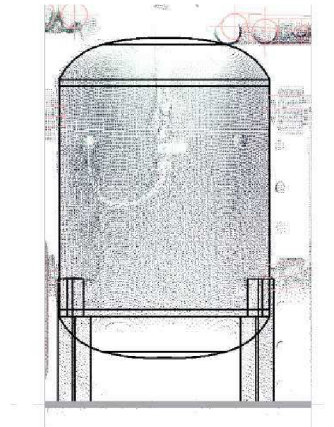
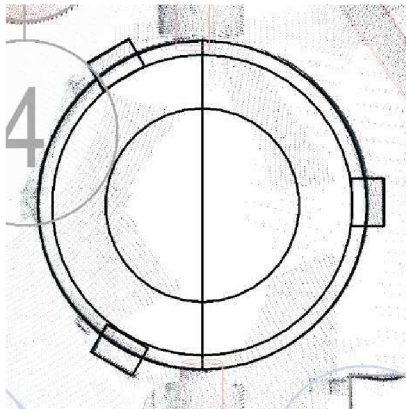
Obr. 35 Ukázka profilů a objemu tepelného čerpadla REVIT 2018

Pro tepelné čerpadlo jsem se rozhodl vytvořit i samostatnou rodinu pomocí editoru rodin. Pro tvorbu rodiny se spustí *Editor rodin* přes *Soubor*, dále *Nové* a zde se nalezne kolonka *Rodina*. Po otevření editoru se nabídne několik panelů s nástroji pro tvorbu objektu. Zde jsem začal tvořit vybrané tepelné čerpadlo. Trochu problematická byla nemožnost připojit si sem mračno bodů jako referenci a tudíž nutnost přenést potřebné rozměry z mračna bodů otevřeného v projektu. Po kratším zápolení, především s nástrojem na oříznutí, jsem docílil uspokojivého tvaru výsledného tepelného čerpadla a začal se zabývat jeho vzhledem. Pomocí nástroje *Malba* jsem postupně obarvil podle nabízených materiálů jednotlivé plochy tepelného čerpadla. Následně jsem vyplnil do tabulky údajů výrobce a do popisu o jaký předmět se jedná a uložil. Na obrázku č. 38 jsou vedle sebe čerpadla vytvořená jak pomocí rodin, tak pomocí objemu na místě pro porovnání.



Obr. 37 Ukázka tepelného čerpadla vytvořeného pomocí rodin (vlevo) a objemu (vpravo) REVIT 2018

Nejsložitější na tvorbu byly 2 akumulční nádrže a 3 expanzní nádrže. Nejobtížnější část představoval u těchto nádrží jejich zaoblený tvar. Při modelování první akumulční nádrže jsem postupoval vymodelováním zvlášť nohou, střední oválné části a následně kulových zakončení. Tento postup se posléze projevil jako ne příliš vhodný vzhledem ke složitosti mnou vytvořené křivky pro rotování koncových částí. Program neustále hlásil chybovou hlášku ovlivňující budoucí výpočet některých analytických funkcí a odmítal provádět některé operace. Po chvíli zkoušení se mi povedlo vymodelovat uspokojivý tvar a částečně ho i sjednotit.

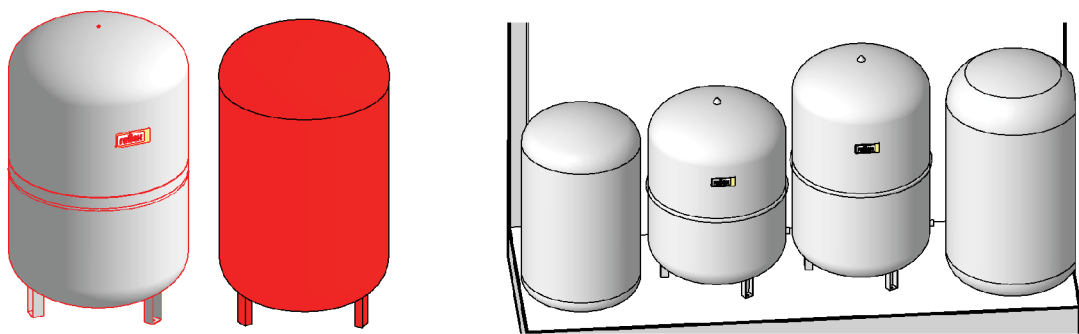


Obr. 38 Ukázka profilů akumulční nádrže č. 1 REVIT 2018

Pro modelování druhé akumulční nádrže jsem postupoval obdobně s úpravou ve značném zjednodušení křivky koncových částí, což vedlo ke hladšímu průběhu modelování. V této chvíli jsem si uvědomil, že se mi poněkud pohnuly původní již dříve vytvořené objemy. Po chvíli pátrání jsem zjistil důvod tohoto zdánlivě neodůvodněného pohybu. Pohyb byl způsoben mou nevědomostí, jak moc záleží na pracovní rovině a že je nežádoucí s takovou rovinou hýbat. Což jsem úspěšně dělal po určitou dobu přesouváním Osy 2 po pracovní ploše podle své potřeby, od čehož jsem po tomto zjištění rychle upustil

a vytvářel nové osy jako základy pro pracovní roviny. Po následné opravě všech ovlivněných objemů jsem pokračil k modelování expanzní nádoby 1. U této nádoby jsem opět trochu poupravil pracovní postup, a to sice upuštěním od dělení hlavní části na 3 kusy. Výsledný postup spočíval v nakreslení nohou a následně jednoho profilu celé nádoby. Pomocí jedné rotace vznikla celá nádoba najednou bez nutnosti následného spojování těla a konců nádoby. Na posledních dvou nádobách už nebylo nic zajímavého, o čem by stálo za to se zmínit.

Tyto tři expanzní nádrže jsem vymodeloval i přes to, že jsem úspěšně našel jejich správné rodiny. Pro porovnání jak se budou lišit, respektive kolik detailů se při skenování ztratilo. Při prvním pohledu na první expanzní nádrž je patrné, že se od sebe moc neliší a tedy nevznikl by zásadní problém. V případě dalších dvou expanzních nádrží je zřejmé, že chybí ve spodní části nožky.



Obr. 39 Ukázka porovnání expanzních nádrží REVIT 2018

Celková tvorba objemů byla nakonec zajímavá a poměrně jednoduchá, jelikož se nástroje pro tvorbu objemů velmi podobaly nástrojům v Autocadu a i práce s nimi byla podobná. K tvorbě větších detailů mi v tomto programu chybí větší volnost v tvorbě, kterou nabízí například již zmíněný Autocad.

6.9 Tvorba vizualizací

Posledním krokem při děláni jakékoliv práce je výsledná prezentace výsledku. A té se budu v následující podkapitole věnovat, respektive vytváření vizualizací zhotoveného modelu.

Po dokončení tvorby vznikl poměrně tvarově zajímavý model, který byl až na výjimky v základním materiálu či šedé barvě. A proto jako první jsem se zaměřil

na kartě Správa v panelu Nastavení na nástroj Materiály. Tento nástroj obsahuje již spoustu zajímavých materiálů, ze kterých lze vybírat. U jednotlivých materiálů se dá nastavovat spousta parametrů jako například: barva, potiskový obrázek, odrazivost, průhlednost, ale i fyzikální a tepelné vlastnosti. Po nalezení vhodných materiálů pro danou situaci a tvorbě pár nových materiálů nastal čas začít přidělovat vybrané materiály jednotlivým objektům a jejich částem.

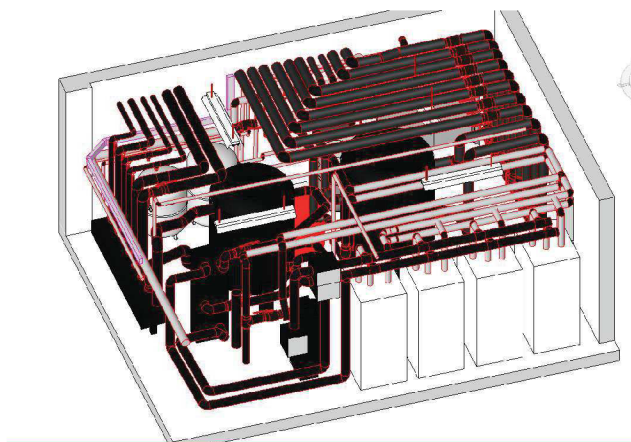
Pro začátek jsem pomocí nástroje Malba aplikoval nátěr bílé barvy na zdi a strop a pro podlahu jsem zvolil materiál betonu. Dále jsem upravil barvu jedné expanzní nádrže na červenou barvu, jelikož mračno bodů bylo obarvené a v něm bylo zřejmé, že má být červená. Pokračujíc pomocí nástroje Malba jsem začal aplikovat izolační materiál na většinu panelů a na akumulární nádrže. Na jednu z elektrických skříní se mi podařilo z fotky dostat její přesný vzhled, i když bylo za potřebí v Materiálech poměrně zdlouhavého upravování na přesný rozměr a správné umístění. Po upravení všech těchto objektů zbývalo už jedině, a to sice vypořádat se s potrubím a jeho tvarovkami.

U potrubí nástroj Malba k velkému množství nepřícházel v úvahu a změna materiálu nebyla nikde přímo viditelná. Navíc bylo potřeba změnit materiál pro trubky na více než jeden materiál. Po jisté době snažení se mi povedlo vlastnostech typu najít změnu materiálu. A výsledný postup probíhal zhruba takto. Zaprvé jsem po kliknutí na trubku ve vlastnostech typu vytvořil pomocí tlačítka duplikovat nový typ standardních trubek.

Zadruhé jsem v sekci Segmenty a tvarovky, kolonka Předvolba trasy, klikl na tlačítko upravit. V nově otevřeném dialogovém okně kliknutím na tlačítko Úseky a velikosti jsem se dostal do Mechanických nastavení. Zde další tlačítko v pravé horní části s obrázkem A4 s hvězdičkou a názvem Vytvořit nový úsek potrubí. A zde už se dostávám ke konci tohoto zdlouhavého proklikávání, a to již ke kolonce Materiál, která umožňuje přístup do knihovny materiálů a jejich výběr. Celkem bylo za potřebí pěti dialogových oken k výběru jednoho materiálu. Po vytvoření několika typů trubek už bylo snadné jednotlivé trubky rozčlenit.

Jediné, co zbývalo, bylo obarvit jednotlivé tvarovky trubek. Pro tuto operaci jsem zvolil jednoduchý a hromadný postup. Na kartě Správa, panel Nastavení, nástroj Styly objektů, který nabízí možnost určitému druhu objektu přiřadit v určitém pohledu nejen materiál.

Po dokončení rozdělování materiálů a barev jednotlivým objektům zbývalo vytvořit vhodné rendrované snímky, viz obrázek č. 41.

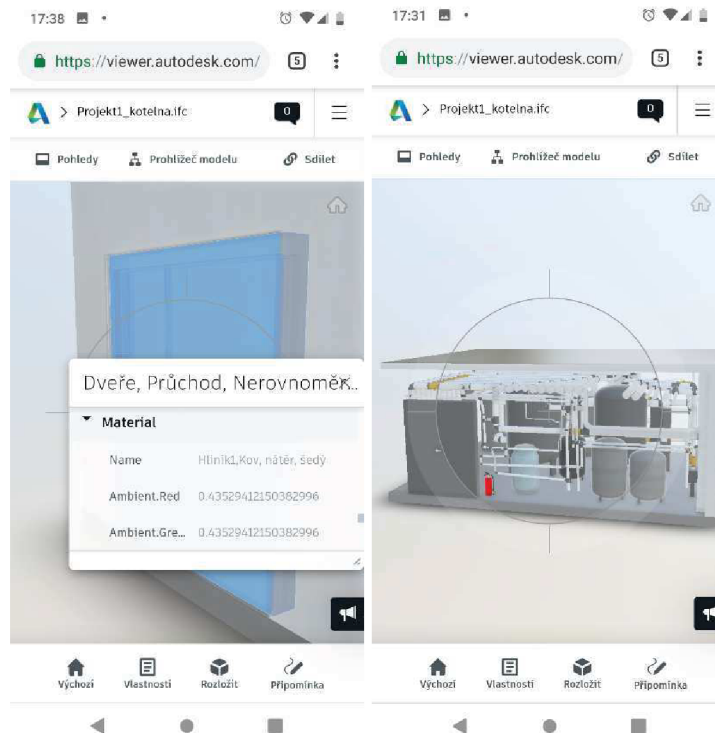


Obr. 40 Ukázka modelu s přidělenými materiály REVIT 2018

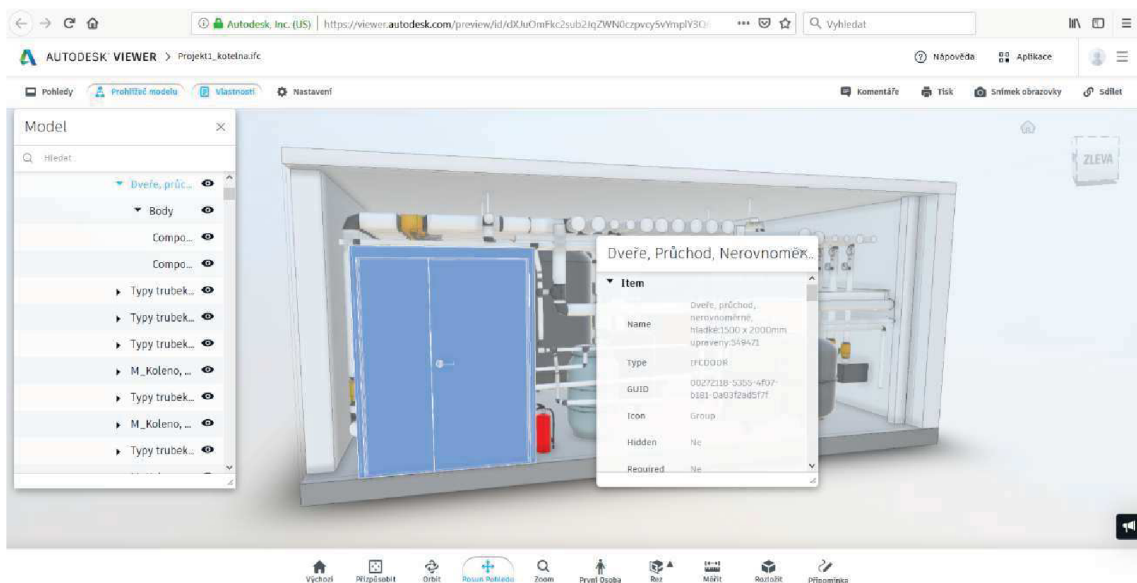
Pro účely rendrování jsem vytvořil několik pohledů kamer pomocí nástroje Kamera, který se nachází na kartě Pohled, panel Vytvořit, v roletě nástroje 3D pohled. Nástroje pro samotné rendrování se nachází hned vedle nalevo na panelu Presentace. Samotný nástroj pro rendrování obsahuje nastavení kvality, osvětlení a případně pozadí. V mém případě uzavřené místnosti jsem pro nastavení osvětlení využil volby pro umělé osvětlení interiéru. Při rendru program sám využil vlastností umístěné rodiny zářivek pro osvětlení místnosti bez nutnosti jakkoliv do procesu zasahovat, což mě příjemně překvapilo. Výsledné rendrované obrázky budou přiloženy jako příloha číslo 4 k této diplomové práci.

Dalším ze způsobu prezentace dat spočíval ve využití exportu projektu do formátu IFC. Tento formát dat se dá využít pro umístění projektu do internetových aplikací pro sdílení přes internetové prohlížeče. V případě mého modelu jsem využil bezplatné služby poskytované společností Autodesk s názvem Autodesk VIEWER. Tato služba umožňuje prohlížení modelu bez stahování přímo v prohlížeči. Služba je podporovaná nejen na počítačích, ale je zcela funkční i na mobilních zařízeních. V prostředí této služby se nachází velké množství nástrojů pro pohyb, pomocí kterých se dá volně v modelu pohybovat. Po označení jednotlivých částí se dají zobrazovat jejich vlastnosti. Dále nabízí

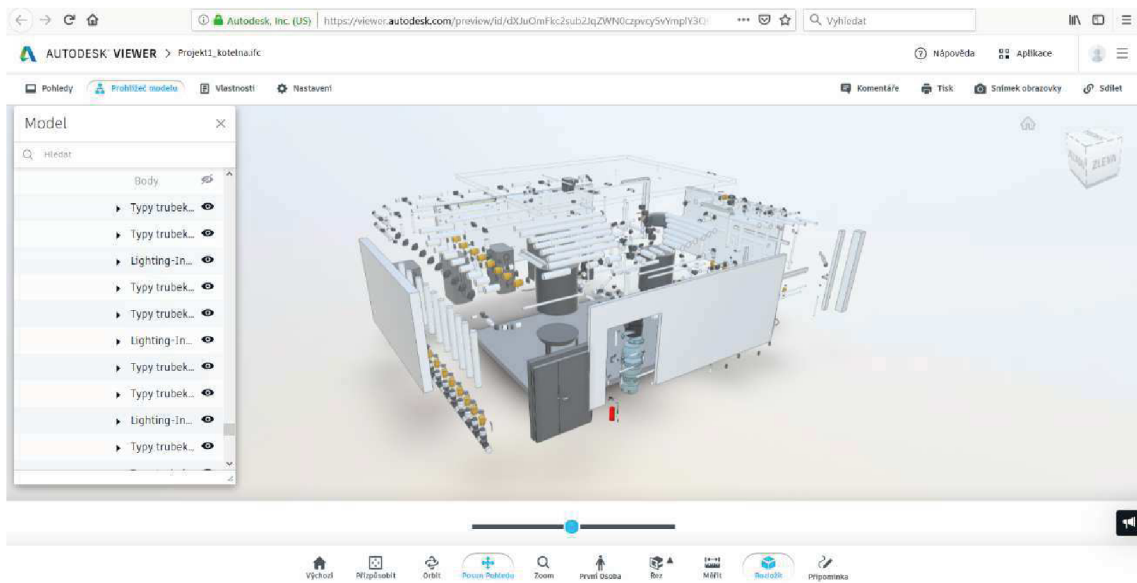
i nástroj pro jednoduchá měření úhlů a délek. Celkově je tato služba jednoduchá na ovládání a přístup a přitom poskytuje přístup k velkému množství dat.



Obr. 41 Ukázka služby Autodesk VIEWER na mobilním zařízení



Obr. 42 Ukázka služby Autodesk VIEWER na počítači



Obr. 43 Ukázka nástroje Rozložit v Autodesk VIEWER

6.10 Využití modelu pro facility management

Vytvořený model se dá využít v rámci facility managementu pro řadu úkonů. Vzhledem k tvorbě z mračna bodů jsou jeho jednotlivé funkce trochu omezeny z důvodu nedostatku informací, ale i tak se dá model využít. Zejména se dá využít pro inventarizaci jednotlivých kusů zařízení a zobrazování jejich vlastností. Dále se pak ve vlastnostech dají vyplňovat a hlídat data revizí jednotlivých zařízení, a to jak provozních, tak i bezpečnostních. Může sloužit i jako podklad pro kontrolu původních plánů.

7 Zhodnocení laserového skenování pro tvorbu BIM modelu

Laserové skenování má jako metoda pro získávání informací velký potenciál a zdá se být na první pohled vhodným řešením pro použití i v případě BIM. Pokud se ale zaměří na přímé využití při tvorbě modelu, tak se zde nachází jistá úskalí, pokud je výsledek laserového skenování jediným zdrojem informací.

Zejména se to týká slepých míst, která se v mračnu objeví v oblastech, kde je nějaká překážka nebo jiné zastínění či špatně umístěné stanoviště skeneru. To vyžaduje pečlivější rozhodování při umístění skeneru. Dále, i když může být výsledné mračno

bodů obarveno, nemusí z něho být patrné všechny detaily. V místech výskytu takovýchto trhlin v datech je takřka nemožné modelovat vůbec či v požadovaném detailu.

Samotné modelování a práce s mračnem bodů vyžaduje výkonnější přístrojové vybavené a specializované programy na zpracování, což představuje jistou finanční zátěž.

Celkově je laserové skenování vhodné pro tvorbu modelu, ale pouze za předpokladu, že je k dispozici ještě další zdroj informací, který dokáže překlenout jeho nedostatky. Jako další vhodný zdroj informací můžou posloužit například fotografie, metr, výkresová dokumentace a jiné.

8 Závěr

V rámci této diplomové práce bylo řešeno seznámení se s problematikou BIM a možnosti využití laserového skenování pro tvorbu BIM modelu s větším důrazem na průmyslové stavby, kde se vyskytuje více technických zařízení, potrubí apod.

Hlavní náplní byla tvorba modelu z výsledku měření laserovým skenováním, tedy z mračna bodů. Využití mračno bodů pro tvorbu modelu pocházelo z technického zázemí areálu AdMaS, a to konkrétně z jedné kotelny.

Výsledný model i jeho tvorba ukazuje, že laserové skenování je přínosným způsobem získávání informací pro BIM a dá se využít jak ke kontrole již vytvořeného modelu, tak i k vytváření modelu nového. U tvorby nového modelu pomocí laserového skenování je vhodné doplnit slepá místa ve skenovaném prostoru a další potřebné informace pro tvorbu BIM dalšími vhodnými metodami sběru informací.

9 Seznam Obrázků

Obr. 1	Schéma funkce laseru	11
Obr. 2	Schéma měření délky a určení prostorové polohy.....	12
Obr. 3	Rozdíl mezi měřením pomocí selektivní a neselektivní metody	13
Obr. 4	Schéma rozdělení 3D skenerů.....	14
Obr. 5	Schéma metody měření délek pomocí tranzitního času.....	15
Obr. 6	Schéma metody měření délek pomocí fázového rozdílu	15
Obr. 7	Schéma jednokamerového skeneru se základnou	16
Obr. 8	Schéma dvoukamerového skeneru se základnou.....	17
Obr. 9	Rozdíl zorných polí kamerového a panoramatického skeneru	17
Obr. 10	Ukázka rozdílu v komunikaci bez a s použitím BIM	21
Obr. 11	Životní cyklus stavby[16]	22
Obr. 12	Přehled podílů nákladů v průběhu životního cyklu stavby[16]	23
Obr. 13	Ukázka propojení hlavních částí FM	30
Obr. 14	Schéma vývoje FM	32
Obr. 15	Ukázka areálu AdMaS [35]	35
Obr. 16	Mapa areálu AdMaS (Mapy.cz).....	35
Obr. 17	Ukázka z programu SCENE [36].....	37
Obr. 18	Karta nástrojů Vložit v programu REVIT 2018.	38
Obr. 19	Dialogové okno pro práci s mračny bodů Microstation	39
Obr. 20	Karta nástrojů Architektura REVIT 2018.....	40
Obr. 21	Ukázka vymodelované místnosti REVIT 2018	41
Obr. 22	Ukázka 3D pohledu s řezem modelem REVIT 2018	41
Obr. 23	Ukázka nastavení rozsahu pohledu půdorysu REVIT 2018	42
Obr. 24	Ukázka nástroje pro skrývání objektů REVIT 2018.....	42

Obr. 25	Ukázka horizontální trubky s mračnem bodů REVIT 2018	43
Obr. 26	Ukázka vertikální trubky s mračnem bodů REVIT 2018	44
Obr. 27	Ukázka složitější trubky REVIT 2018.....	44
Obr. 28	Ukázka vymodelovaných trubek REVIT 2018.....	45
Obr. 29	Ukázka možností nastavení dveří REVIT 2018	46
Obr. 30	Ukázka uzávěru REVIT 2018.....	47
Obr. 31	Ukázka trubek s uzávěry REVIT 2018	47
Obr. 32	Ukázka měřidel REVIT 2018	48
Obr. 33	Ukázka osvětlení REVIT 2018	48
Obr. 34	Ukázka hasicího přístroje z mračna bodů a v modelu REVIT 2018 ...	48
Obr. 35	Ukázka vytvořených panelů REVIT 2018.....	50
Obr. 36	Ukázka profilů a objemu tepelného čerpadla REVIT 2018.....	50
Obr. 37	Ukázka profilů akumulční nádrže č. 1 REVIT 2018	51
Obr. 38	Ukázka tepelného čerpadla vytvořeného pomocí rovin (vlevo) a objemu (vpravo) REVIT 2018	51
Obr. 39	Ukázka porovnání expanzních nádrží REVIT 2018	52
Obr. 40	Ukázka modelu s přidělenými materiály REVIT 2018	54
Obr. 41	Ukázka služby Autodesk VIEWER na mobilním zařízení.....	55
Obr. 42	Ukázka služby Autodesk VIEWER na počítači	55
Obr. 43	Ukázka nástroje Rozložit v Autodesk VIEWER.....	56

10 Seznam použitých zdrojů

- [1] Jan Říha, *Střední průmyslová škola zeměměřická v Praze | Terestricé 3D skenování* [online]. Dostupné z: <http://spszem.cz/storage/files/67/3D-skenovani-2013.pdf>
- [2] Radek Fiala, *Laserové skenování – principy*, 2011 [online]. Dostupné z: http://old.gis.zcu.cz/projekty/Geomatika_multimedialne/FGM/fgm-lls-principy.pdf
- [3] Jan Janovský, *Koncepční návrh laserového snímače vzdálenosti s webovou kamerou pro detekci překážek v dráze robota*, Praha 2018, Bakalářská práce, ČVUT, Fakulta strojní, Vedoucí doc. Ing. Martin Novák Ph.D.
- [4] Ing. Martin Štroner, Ph.D. *Laserové skenování - ppt.* Katedra speciální geodézie, ČVUT v Praze [online]. Copyright © 2019 SlidePlayer.cz Inc. [cit. 04.05.2019]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/4088003/>
- [5] Ing. Miroslav Novák, *Seriál na téma lasery - Základní princip laseru a jejich dělení*. Publikováno 15.03.2011 [online]. [cit. 04.05.2019] Dostupné z: <http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---zakladni-princip-laseru-a-jejich-deleni-127>
- [6] SŠ-COPT Kroměříž [online]. Copyright © [cit. 04.05.2019]. Dostupné z: <https://coptkm.cz/portal/reposit.php?action=0&id=30082&revision=-1&instance=5>
- [7] *Střední průmyslová škola zeměměřická v Praze | Seznámení s moderní přístrojovou technikou Laserové skenování* [online]. Copyright © [cit. 04.05.2019]. Dostupné z: <http://spszem.cz/storage/files/1337/Laserove-skenovani-prezentace.pdf>
- [8] Iva Toullová, *Testování pulzních dálkoměrů na laboratorní délkové základně*, Praha 2014, Bakalářská práce, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Vedoucí Ing. Rudolf Urban, Ph.D.
- [9] Ing. Václav Venkrbec, *Building Information Modeling + Moderní technologie a počítačová podpora v procesu přípravy a realizace staveb*, VUT v Brně [online].

Copyright © Dostupné z:
https://www.fce.vutbr.cz/TST/venkrbec.v/stp/prednasky/CW022_03.pdf

- [10] Bc. Jan Švejda, Testování vlastností 3D skenerů Leica ScanStation P40 a BLK360, Praha 2018, Diplomová práce, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Vedoucí prof. Ing. Martin Štroner, Ph.D.
- [11] Mensuro, BIM – Building Information Modelling [online]. [cit. 04.05.2019] Dostupné z: <http://mensuro.cz/bim/>
- [12] czBIM [online]. Dostupné z: <http://www.czvim.org/>
- [13] Wikipedie. [online]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org>
- [14] Open BIM Czech Republic. [online]. Copyright © 2013 [cit. 04.05.2019]. Dostupné z: <https://www.openvim.cz/>
- [15] A co je vlastně ten BIM? | Bim.Point. [online]. Copyright © 2009 [cit. 04.05.2019]. Dostupné z: <https://www.vim-point.com/blog/a-co-je-vlastne-ten-vim>
- [16] Ing. Eva Wernerová, Ph.D., doc. Ing. František Kuda, CSc., NÁKLADY ŽIVOTNÍHO CYKLU BETONOVÝCH STAVEB| TZB portál. [online]. Copyright © 2010 [cit. 04.05.2019]. Dostupné z: <https://www.tzbportal.sk/term/3792/article/40230>
- [17] BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers ... - Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston - Knihy Google. Knihy Google [online]. Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=aCi7Ozwkoj0C&oi=fnd&pg=PP7&dq=building+information+modeling&ots=ZbDbOZC7Eo&sig=vAUJnevYEA3ZQwAO6ukrInWTe M&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [18] Salman Azhar, Ph.D., A.M.ASCE, Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry, Dostupné z: <https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/%28ASCE%29LM.1943-5630.0000127>
- [19] What is the most popular software for BIM architectural modeling? - Quora. [online]. Dostupné z: <https://www.quora.com/What-is-the-most-popular-software-for-BIM-architectural-modeling>

- [20] Best 20 Building Information Modeling (BIM) Software in 2019 - Financesonline.com. B2B Directory - Trusted SaaS Software Reviews | FinancesOnline.com [online]. Copyright © 2019 FinancesOnline. All B2B Directory Rights Reserved. [cit. 04.05.2019]. Dostupné z: <https://financesonline.com/building-information-modeling/>
- [21] Autodesk [online]. Dostupné z: <https://www.autodesk.com>
- [22] Graphisoft, Nemetschek company, [online]. Dostupné z: <https://www.graphisoft.com>
- [23] Allplan, [online]. Dostupné z: <https://www.allplan.com>
- [24] Bentley, [online]. Dostupné z: <https://www.bentley.com>
- [25] Nemetschek, [online]. Dostupné z: <https://www.nemetschek.com/>
- [26] Tekla, [online]. Dostupné z: <https://www.tekla.com/>
- [27] BIMfo - IFC – výměna informací v projektu. [online]. Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Aktuality/IFC-%E2%80%93-vymena-informaci-v-projektu.aspx>
- [28] BIMfo - Mýty o BIM: Co je a co není IFC?. [online]. Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Aktuality/Myty-o-BIM-Co-je-a-co-neni-IFC.aspx>
- [29] IFMA - International Facility Management Association - Professional Association for Facility Managers. [online]. Dostupné z: <https://www.ifma.org>
- [30] Bc. Ondřej Hruška, Inovace systému výběrových řízení v rámci facility firmy, Praha 2018, Diplomová práce, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Vedoucí doc. Ing. Daniel Macek, Ph.D..
- [31] Richard Dušák, Problematika podnikové technické správy v podmínkách digitalizace, Plzeň 2014, Bakalářská práce, Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Vedoucí Prof. Ing. Edvard Leeder, CSc
- [32] Facility management - ManagementMania.com. [online]. Copyright © 2011 [cit. 04.05.2019]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/facility-management>

- [33] Daniel Macek, Facility Management, ČVUT v Praze, Fakulta stavební [online]. Dostupné z: http://www.stavarka.com/Dread/Dokumenty/Ocenovani_II/FM_uvod.pdf
- [34] Facility management má své uplatnění i v průmyslu | ASB Portal. ASB-portal.cz | odborný portál | architektura, stavebnictví, byznys [online]. Copyright © JAGA GROUP, s. r. o. Všechna práva vyhrazena [cit. 12.05.2019]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/facility-management/facility-management-ma-sve-uplatneni-ivprumyslu>
- [35] ADMAS, [online]. Dostupné z: <https://admas.eu/>
- [36] FARO, [online]. Dostupné z: <https://knowledge.faro.com>
- [37] BIM dictionary [online]. Dostupné z: <https://bimdictionary.com>

11 Seznam příloh

Příloha č.: 1	Model Kotelna.rvt (pouze elektronicky)
Příloha č.: 2	Model ve formátu IFC Kotelna.ifc (pouze elektronicky)
Příloha č.: 3	Termální čerpadlo IVT.rfa (pouze elektronicky)
Příloha č.: 4	Ukázky rendrů z modelu Kotelna.rvt

