VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

INFORMAČNÍ MODEL TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BYTOVÉHO DOMU

INFORMATION MODEL OF TECHNICAL EQUIPMENT OF AN APARTMENT BUILDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE Bc. Tomáš Meluzín

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. Ondřej Vystavěl

SUPERVISOR

BRNO 2025

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav geodézie
Student:	**Bc. Tomáš Meluzín**
Vedoucí práce:	**Ing. Ondřej Vystavěl**
Akademický rok:	2024/25
Studijní program:	N0532A260001 Geodézie a kartografie

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Informační model technických zařízení bytového domu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Tvorba samostatného informačního modelu technických zařízení bytového domu, který stojí na pozemku p.č. 4609/17 v k.ú. Královo Pole. Jako podklad je možno využít model suterénu budovy vytvořený v rámci bakalářské práce Model suterénu budovy v programu Revit, zjednodušenou stavební dokumentaci zadaného objektu a mračno bodů suterénu pořízené v roce 2018 v rámci předmětu Komplexní projekt, v případě potřeby lze využít i původní projektovou dokumentaci vypracovanou firmou Stavoprojekt Brno v letech 1969-70. Při modelování technických zařízení v patrech nad suterénem je vhodné zohlednit model celého bytového domu, který bude pořízený v rámci jiné diplomové práce. Zvýšenou pozornost je třeba věnovat informační části modelování s ohledem na budoucí využití modelu pro provoz budovy (Facility management).

Cíle a výstupy diplomové práce:

Posouzení vhodnosti použití původního mračna bodů s případným pořízením nového.
Odevzdání 3D modelu technických zařízení budovy v projektu *.rvt.
Vizualizace tohoto modelu ve společném datovém prostředí Trimble Connect.

Seznam doporučené literatury a podklady:

Vystavěl, Ondřej: Model suterénu budovy v programu Revit. Brno, 2020. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Alena Berková

Haltmar, Jan: Využití laserového skenování v informačním modelování budov. Brno, 2019. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Tomáš Volařík, Ph.D.

Jelínková, Hedvika: Laserové skenování pro informační modelování budovy (BIM). Brno, 2022. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Tomáš Volařík, Ph.D.

Novotná, Helena: Základy BIM - Revit Architecture, Seznámení s programem,

Brno 2014, ISBN 978-80-214- 5023-3

Novotná, Helena: Základy BIM - Revit Architecture, pokročilé kapitoly, Brno

2015, ISBN 978-80-214-5199-5

Webinář: Představení CDE platformy Trimble Connect (1. 3. 2024)

https://www.youtube.com/watch?v=VI23cU3_zlw

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 30. 11. 2024

L. S.

doc. Ing. Jiří Bureš, Ph.D.
vedoucí ústavu

Ing. Ondřej Vystavěl
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Cílem této práce je vyhotovení informačního modelu technického zařízení budovy (TZB) a jeho vizualizace. Podkladem bylo pořízené mračno bodů v kombinaci s původní výkresovou dokumentací a vytvořenou fotodokumentací. Objekt byl modelován v softwaru Autodesk Revit 2023. Model TZB byl v průběhu přizpůsobován již existujícímu BIM modelu budovy. Na závěr byl model vizualizován ve webové aplikaci Trimble Connect s popisem její využití pro správu budovy.

KLÍČOVÁ SLOVA

BIM, TZB, Facility management, Autodesk Revit 2023, Trimble Connect, laserové skenování, 3D model

ABSTRACT

The aim of this thesis is to create an information model of the building's technical systems (MEP) and its visualization. The model was based on a point cloud survey combined with the original design documentation and newly created photo documentation. The building was modeled using Autodesk Revit 2023. The MEP model was continuously adapted to align with the existing BIM model of the building. Finally, the model was visualized in the Trimble Connect web application, including a description of its use for building management.

KEYWORDS

BIM, MEP, Facility Management, Autodesk Revit 2023, Trimble Connect, Laser Scanning, 3D model

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MELUZÍN, Tomáš. *Informační model technických zařízení bytového domu*. Brno, 2025. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí Ing. Ondřej Vystavěl.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Informační model technických zařízení bytového domu* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2025

Bc. Tomáš Meluzín

autor

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Ing. Ondřeji Vystavělovi za pomoc při sběru dat laserovým skenováním a zapůjčení laserového skeneru Trimble X7, dále Ing. Aleně Berkové za pomoc při sběru dokumentací z archívu SVJ a zpřístupňování objektu. A v neposlední řadě své rodině, přítelkyni a kamarádům za podporu při studiu.

V Brně dne 26. 5. 2025

Bc. Tomáš Meluzín

autor

Obsah:

1 ÚVOD 10

2 PODKLADY 11

2.1 PŮVODNÍ DOKUMENTACE 11
2.2 MODEL PANELOVÉHO DOMU 11
2.3 PODKLADY Z KOMPLEXNÍHO PROJEKTU 2018 12
2.4 DOKUMENTACE Z ARCHIVU SPOLEČENSTVÍ VLASTNÍKŮ JEDNOTEK HERČÍKOVA 2 12

3 ZÁJMOVÝ OBJEKT 13

4 TEORETICKÝ ZÁKLAD 14

4.1 BIM 14
4.1.1 Proč BIM? 14
4.1.2 Co je BIM? 15
4.1.3 Výhody BIM v jednotlivých fázích stavby 16
4.2 TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ BUDOV 17
4.2.1 Kanalizace 17
4.2.2 Zásobování vody 17
4.2.3 Rozvod plynu 18
4.2.4 Vytápění 19
4.2.5 Vzduchotechnika 19
4.3 FACILITY MANAGEMENT 20

5 MĚŘICKÉ PRÁCE 22

5.1 REKOGNOSKACE 22
5.2 POMOCNÁ MĚŘICKÁ SÍŤ 23
5.3 LASEROVÉ SKENOVÁNÍ 25
5.4 POUŽITÉ PŘÍSTROJE 29
5.4.1 Totální stanice Trimble S5 29
5.4.2 GNSS aparatura CHC i73, kontroler android CHCE 320 30
5.4.3 Nivelační přístroj Nedo F24 30
5.4.4 Laserový skener Trimble X7 31
5.5 SBĚR DOPLŇUJÍCÍCH INFORMACÍ 32

6 ZPRACOVÁNÍ DAT 34

6.1 POMOCNÁ MĚŘICKÁ SÍŤ 34
6.1.1 Data z technologie GNSS 34
6.1.2 Data z totální stanice 34
6.1.3 Nivelační pořad 35
6.1.4 Vyrovnání sítě 35
6.2 MRAČNO BODŮ 36
6.2.1 Registrace skenů 36
6.2.2 Georeferencování 37
6.2.3 Příprava mračna bodů pro modelování 37
6.3 ZHODNOCENÍ PŮVODNÍHO MRAČNA Z PODKLADŮ PRO PRÁCI 38
6.4 PŘESNOST POŘÍZENÉHO MRAČNA 40

7 MODELOVÁNÍ V SOFTWARU REVITU 42

7.1 ZALOŽENÍ PROJEKTU 42
7.2 PŘÍPRAVA PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ 44
7.3 PŘÍPRAVA POHLEDŮ 46

7.3.1 Půdorys ... 46
7.3.2 Řezy ... 47
7.4 PRINCIP MODELOVÁNÍ ... 50
7.5 TVORBA RODIN ... 54
7.6 PRŮBĚH MODELOVÁNÍ PODLE MRAČNA ... 58
7.6.1 Plynovod ... 58
7.6.2 Cirkulace, teplá a studená voda ... 61
7.6.3 Ústřední vytápění ... 63
7.7 MODELOVÁNÍ PODLE VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE A FOTOGRAFIÍ ... 67
7.7.1 Vodovod a plynovod ... 67
7.7.2 Ústřední vytápění ... 70
7.8 VKLÁDÁNÍ INFORMACÍ ... 75

8 VIZUALIZACE V TRIMBLE CONNECT ... 79

8.1 EXPORT IFC ... 79
8.2 PROSTŘEDÍ TRIMBLE CONNECT ... 80
8.3 IMPORT A VIZUALIZACE DAT ... 81
8.4 VIZUALIZACE NEGEOMETRICKÝCH INFORMACÍ ... 82
8.5 TVORBA ÚKOLU ... 83

9 ZÁVĚR A ZHODNOCENÍ PRÁCE ... 85

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ ... 86

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK ... 88

12 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK ... 89

13 SEZNAM PŘÍLOH ... 91

1 Úvod

Tato diplomová práce se zabývá tvorbou a vizualizací informačního modelu technických zařízení budov (TZB) pro panelový dům na adrese Herčíkova 2493/2, Brno – Královo Pole. Cílem práce je vytvořit BIM model TZB zájmového objektu a provést jeho vizualizaci ve webové aplikaci Trimble Connect s důrazem na jeho praktické využití pro účely facility managementu.

V první fázi projektu byla provedena rekognoskace objektu a sběr výkresové dokumentace z archívu Společenství vlastníků jednotek (SVJ) Herčíkova 2. Následně byly realizovány měřické práce zahrnující vybudování geodetické sítě pomocí technologie GNSS metodou RTK, její ověření a napojení na státní referenční systémy. Suterén budovy byl naskenován 3D skenerem Trimble X7 a výsledné mračno bodů bylo zpracováno v programu Trimble RealWorks.

Samotné modelování probíhalo v softwaru Autodesk Revit 2023. K práci byly využívány jak podklady z mračna bodů, tak původní dokumentace a pořízená fotodokumentace. Modelované prvky byly v průběhu přizpůsobovány stávajícímu modelu budovy na úkor mračna bodů. Do výsledného modelu byly doplněny informace jako například identifikační čísla vodoměrů, měřičů tepla a další.

Na závěr byla provedena vizualizace modelu v aplikaci Trimble Connect, kde je popsán způsob užívání, vyhledávání informací a možnosti využití funkcí pro správu budovy.

Práce je členěna do čtyř částí: teoretický základ k přístupu BIM a facility managementu, popis sběru a zpracování dat, tvorba modelu a jeho vizualizace.

2 Podklady

2.1 Původní dokumentace

Pro tuto diplomovou práci byly z archivu panelového domu poskytnuty původní projektové podklady technického zařízení budov. Konkrétně dokumentace ústředního topení, vzduchotechniky, zdravotní techniky a zdravotně-technických instalací, zahrnující rozvody plynu, teplé a studené vody, cirkulace a kanalizace.

Klíčovým podkladem byla dokumentace ústředního topení. Bez půdorysného výkresu podzemního patra by nebylo možné zjistit průměry trubek a jejich změny v průběhu, jelikož jsou po celé délce zakryty původní izolací, kterou není možné odstranit. Výkresy půdorysů nadzemních podlaží poskytují informace o umístění a rozměrech radiátorů a v kombinaci s výškovým schématem stoupacích vedení umožňují modelování i bez nutnosti pořízení mračna bodů. V roce 2009 došlo k modernizaci vytápění. Původní externí kotelna byla nahrazena nově vybudovanou teplárnou v suterénu. Tato přestavba je zachycena na schématickém výkrese (viz příloha č. 2.7). Schéma však neobsahuje prostorové uspořádání technologií, což výrazně komplikovalo modelování. Model v teplárně byl proto vypracován ve zjednodušené podobě.

K dispozici byly i výkresy vzduchotechniky a kanalizace. Avšak po prostudování těchto výkresů bylo rozhodnuto, že k tomu nemám dostatečnou kvalifikaci. Po domluvě s objednatelem budou tyto rozvody přenechány do další etapy tvorby BIM modelu, pro kterou bude pravděpodobně vypsáno téma na samostatnou diplomovou práci.

2.2 Model panelového domu

Dalším zásadním podkladem byl model suterénu, který vytvořil Ing. Ondřej Vystavěl v rámci své bakalářské práce. [1] Tento model byl následně upraven v diplomové práci Bc. Hany Kuchařové podle skutečného stavu a poskytnut pro účely modelování technického zařízení budovy (TZB) v této diplomové práci. V pozdější fázi byl dodán i kompletní model panelového domu, který umožnil modelování svislých trubních vedení v přesně definovaných místech.

2.3 Podklady z Komplexního projektu 2018

V rámci předmětu Komplexní projekt v roce 2018 probíhaly měřické práce na panelovém domě a jeho okolí. Pro tuto práci byl z Komplexního projektu poskytnut půdorys suterénu s vyznačením rozvodů teplé a studené vody, cirkulace, plynu a ústředního topení, což značně usnadnilo rekognoskaci objektu a identifikaci čísel sklepních kójí, které bylo nutné otevřít pro laserové skenování. Dalším cenným podkladem byl situační výkres, který sloužil jako podklad pro náčrt pomocné měřické sítě.

Posledním dostupným podkladem bylo mračno bodů z Komplexního projektu, které však nakonec nebylo využito. Již při prvotní kontrole bylo zřejmé, že mračno nebylo pořízeno s fotografiemi, a navíc nedosahovalo požadovaného rozsahu. Porovnání s nově pořízeným mračnem je uvedeno v kapitole 6.3.

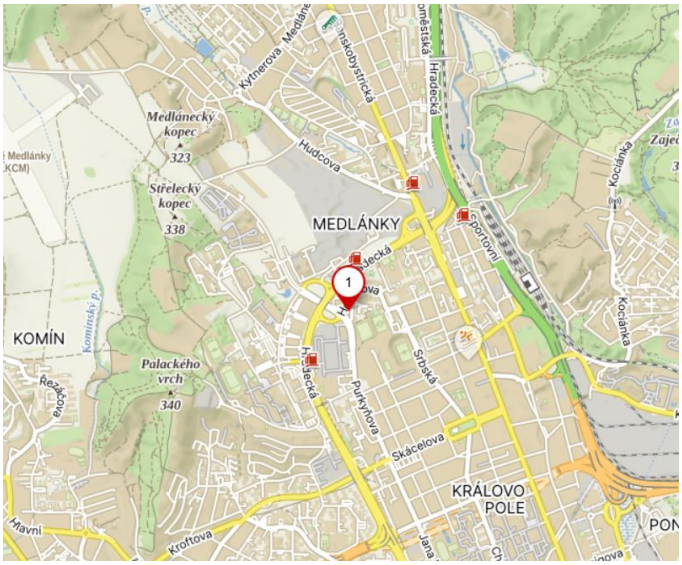
2.4 Dokumentace z archivu Společenství vlastníků jednotek Herčíkova 2

Pro informační část BIM modelu bylo od výboru Společenství vlastníků jednotek (SVJ) Herčíkova 2 zapůjčeno několik různých dokumentů, které bylo potřeba do BIM modelu implementovat. Jednalo se o čísla vodoměrů teplé a studené vody každého bytu, čísla měřičů tepla radiátorů každého bytu a zprávu o revizi plynového zařízení s informací, do které bytové jednotky je plyn zaveden. Pro správné přiřazení identifikačních čísel vodoměrů k částem modelu byla také zapůjčena tabulka rozdělení bytů pro jednotlivé stoupačky vodovodu a plynovodu.

Dalším podkladem byly různé smlouvy a dokumentace o provedení rekonstrukce vodovodního potrubí atd. Z těchto dokumentů se dala vyčíst například tloušťka izolace nebo průměr trubek.

3 Zájmový objekt

Předmět zájmu této diplomové práce je především suterén věžového domu, který je situovaný v Brně, v městské části Královo Pole, na adrese Herčíkova 2493/2.



Obrázek 1: Lokalita zájmového objekt [2]

Věžový dům má celkem 14 podlaží a obsahuje 77 bytových jednotek různých velikostí. Stavba byla realizována na počátku 70. let 20. století, a to firmou Stavoprojekt, krajskou projektovou a inženýrskou organizací. Investorem projektu byl podnik Investprojekt Brno.

Diplomová práce je zaměřena na technické zařízení budovy, konkrétně na potrubní rozvody teplé a studené vody, vytápění a plynu. Hlavní rozvody těchto systémů jsou umístěny v suterénu objektu, který je poměrně členitý.

V suterénu se nachází několik technických a společných prostor. Patří mezi ně dvě kolárny, zasedací místnost, dílna, úklidová místnost, popelárna, dvě skupiny sklepních kójí, rozvodna společnosti CETIN, dva výtahy a kotelna, která byla rekonstruovaná v roce 2009.

4 Teoretický základ

Jelikož je výsledek této diplomové práce a související diplomové práce Bc. Hany Kuchařové informační model panelového domu (BIM), bude v této kapitole představen teoretický základ problematiky BIM. Dále bude přiblíženo téma technického zařízení budov, které tvoří hlavní náplň této práce a ve třetí podkapitole bude objasněn společný cíl obou diplomových prací, Facility management.

4.1 BIM

4.1.1 Proč BIM?

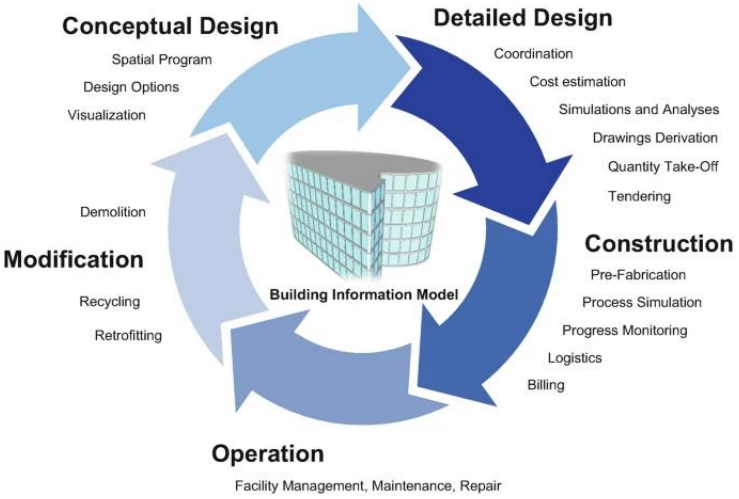
V posledních dekádách probíhá rozsáhlá digitalizace průmyslového světa, která přináší vyšší kvalitu, produktivitu a širší spektrum možností. V architektuře, stavebnictví a obecně v inženýrství jsou digitální nástroje již běžnou praxí, nicméně ucelená správa a využívání informací v průběhu životního cyklu staveb zaostává. Největším problémem zůstává způsob předávání informací. Stále se využívají digitální či tištěné výkresy, při jejichž předávání mezi jednotlivými fázemi stavby často dochází ke ztrátám informací.

Pro fungování stavby je klíčová mezioborová spolupráce. Každý obor však využívá vlastní metody publikace dat, což komplikuje efektivní spolupráci. Výměna výkresů je neefektivní, náchylná k chybám a často se stává, že změny ve výkresu nejsou včas předány všem zúčastněným stranám, což může vést k nesouladům, které jsou často odhaleny až při samotné stavbě. Řešení vzniklých problémů zvyšuje časovou a tím i finanční náročnost. Papírové ani digitální výkresy navíc neumožňují automatické výpočty, analýzy ani simulace a data se musí opět manuálně zpracovávat.

Uvedené nedostatky odstraní přístup Building Information Modeling/Building Information Management (BIM), která přináší nový pohled na projektování, výstavbu i správu stavby. Výkresy jsou nahrazeny informacemi, které jsou vkládány do digitálního informačního modelu budovy, jenž obsahuje sdílená a aktuální data dostupná všem složkám v reálném čase. [3]

4.1.2 Co je BIM?

BIM je přístup pro budování, správu a sdílení informací o digitálních modelech budov během celého životního cyklu budovy, počínaje návrhem, přes výstavbu, provoz až po demolici.



Obrázek 2: Životní cyklus budovy [3]

Kromě 3D geometrie stavby model obsahuje také další důležité informace o jednotlivých prvcích, jako jsou materiály, typy konstrukcí, technické parametry, vazby mezi objekty, časové a nákladové aspekty. [3]

BIM není nová metoda, první zmínky sahají až do 70. let 20. století. V této době Douglas C. Engelbart a Charles M. Eastman představili první principy týkající se práce s digitálním modelem budovy. V roce 1975 vytvořil Eastman koncept Building Dexcription System, kde využíval databáze atributů pro stavební prvky, čímž položil základy pro současnou metodu BIM. V 90. letech BIM podpořil vznik softwarových nástrojů, jako jsou ArchiCAD, Revit nebo ALLplan a začal si budovat svou pozici i v praxi.

Termín BIM (Building Information Modeling) byl poprvé použit v roce 1992 a jeho šíření od roku 2003 podpořila především společnost Autodesk. Význam BIM se postupně rozšiřoval z modelování až k jeho komplexní správě informací. V současnosti je na BIM pohlíženo jako na týmovou spolupráci, která zahrnuje tři hlavní aspekty:

- společné datové prostředí (CDE),
- sdílený informační model stavby (IMS),
- datové standardy (DSS).

BIM je tedy efektivní metodou sdílení informací mezi všemi účastníky stavebního procesu, eliminuje možné duplicitní a neaktuální práce a snižuje riziko vzniku chyb v dokumentaci. [3][4]

4.1.3 Výhody BIM v jednotlivých fázích stavby

Projektová fáze

Po vytvoření BIM modelu se automaticky otevírá možnost generování různých výkresů (půdorysy, řezy, detaily), což zajišťuje jejich aktuálnost. Model rovněž identifikuje místa, kde mohou pří stavbě nastat kolize mezi jednotlivými stavebními profesemi, což umožňuje řešení problému ještě před zahájením stavby a tím se šetří zbytečné náklady. Další výhodou jsou výpočty, analýzy a různé simulace. V projekční fázi lze simulovat například osvětlení objektu sluncem nebo provádět různé statické zkoušky a analýzy energetické náročnosti budovy. [3]

Stavební fáze

BIM model umožňuje kalkulaci nákladů a detailní plánování stavby krok za krokem. Do modelu lze zavést čtvrtou dimenzi, čas, což umožňuje optimalizaci stavebních postupů a logistické plánování. Dále existují softwarové nástroje, které zprostředkovávají vizualizaci modelu stavby přímo v reálném světě, což nachází uplatnění například v reklamních kampaních. [3]

Fáze provozu

Dokončením stavby úloha BIM nekončí, naopak pokračuje do další, velmi důležité fáze, správy budovy. Do modelu lze zaznamenávat majetkoprávní informace, údaje o jednotlivých místnostech, technickém zařízení budov a mnoho dalších parametrů. BIM model šetří čas a zvyšuje bezpečnost správy budovy tím, že shromažďuje všechny potřebné dokumenty na jednom místě, například zprávy o nutných revizích a kontrolách technického zařízení. Veškeré informace se poté v poslední fázi stavby, při demolici budovy, využijí k co nejefektivnějšímu způsobu její likvidace. [3]

4.2 Technické zařízení budov

Technické zařízení budov (TZB) je část stavebnictví, která zahrnuje technické systémy a instalace zajišťující fungování objektu. Hlavní úlohou je hospodaření s energií a efektivní provoz. S rostoucí složitostí těchto systémů je nezbytné věnovat zvýšenou pozornost jejich vzájemné koordinaci a uplatňování udržitelných, ekologicky šetrných řešení. TZB lze rozdělit do tří oborů:

- instalace a rozvody systémů – vytápění, vzduchotechnika, plyn, voda, kanalizace a další,
- elektrotechnické instalace – silnoproudá a slaboproudá elektroinstalace, měření a regulace (MaR), datové sítě, telefonní rozvody a další,
- další technická zařízení – osvětlení, výtahy, sanitární technika a další vybavení. [5]

Po dohodě s objednatelem budou v této diplomové práci modelovány systémy z prvního oboru, instalace a rozvody systémů, a proto budou jednotlivá odvětví stručně vysvětlena.

4.2.1 Kanalizace

Kanalizaci lze rozdělit na venkovní a vnitřní. Venkovní kanalizace zahrnuje centrální stokové sítě a kanalizační přípojky k jednotlivým objektům, zatímco vnitřní kanalizace je součástí samotných nemovitostí. V minulosti se v interiérech používala litinová potrubí, v exteriéru a základech pak potrubí kameninová. V současnosti se tato stará potrubí nahrazují plastovými. Mezi prvky vnitřní kanalizace patří především:

- zařizovací předměty - např. WC, umyvadla, sprchy,
- odtokové potrubí – odvádí vodu ze zařizovacích předmětů,
- odpadní potrubí – odvádí odpadní vody (splaškové a dešťové),
- větrací potrubí – vede až nad střechu a zajišťuje větrání a vyrovnání tlaku. [6]

4.2.2 Zásobování vody

Vodovodní potrubí se dělí na venkovní a vnitřní. Venkovní potrubí přivádí vodu přímo z vodáren, případně ze soukromého zdroje, například ze studny. Vnitřní potrubí se dále rozděluje na několik druhů. Samostatné potrubí má studená voda, teplá voda

a cirkulace. Dalším systémem je potrubí pro požární vodu – hydranty a případně suchovody.

Hydrant slouží k rozvodu vody pro požární účely a bývá veden většinou schodištěm. Suchovod je prázdné potrubí, ke kterému lze připojit zdroj vody a následně jej využít pro požární zásah, pokud samotné hydranty nestačí.

Vnitřní vodovod se skládá z několika částí, patří sem například ležaté potrubí, stoupací potrubí a podlažní potrubí. Pro zajištění teplé vody se v rozvodu nacházejí ohřívače vody, které lze podle druhu použité energie rozdělit na plynové, elektrické a na pevná paliva. Voda se může ohřívat centrálně pro celou budovu či skupinu budov, nebo lokálně v jednotlivých bytech pomocí zásobníkových ohřívačů vody (bojlerů).

U rozvodu teplé vody se používá samostatné potrubí cirkulace. Toto potrubí je zpravidla vedeno souběžně s potrubím teplé vody a připojuje se k němu v nejvyšších bodech systému nebo těsně před odběrným místem. Z těchto míst odvádí ochlazenou vodu zpět do výměníku ke znovuohřevu. Oběh vody zajišťuje čerpadlo, které zároveň snižuje tepelné ztráty. Hlavní výhodou tohoto řešení je úspora vody, která by se jinak odpustila a komfort okamžité dostupnosti teplé vody. [6]

Potrubí pro cirkulaci, teplou i studenou vodu je po celé délce rozvodu opatřeno tepelnou izolací, jejímž cílem je minimalizace tepelných ztrát. Materiál pro potrubí se v současnosti volí především plast.

4.2.3 Rozvod plynu

Plynová instalace zahrnuje plynovou přípojku z hlavního přívodu a navazující vnitřní rozvody ke spotřebičům. Každý objekt, do něhož je plyn přiváděn, musí mít hlavní uzávěr plynu (HUP) umístěný tak, aby byl přístupný z veřejného prostranství. Plynové spotřebiče se dělí do tří skupin podle přívodu spalovacího vzduchu a odvodu spalin:

- **Skupina A, otevřené spotřebiče** – nasávají spalovací vzduch a odvádí spaliny přímo do prostoru, ve kterém je umístěný. Typickými zástupci jsou plynové sporáky;
- **Skupina B, spotřebiče otevřené** – nasávají vzduch z okolního prostoru, avšak spaliny odvádějí komínem do venkovního prostoru, patří sem například plynové kotle nebo pece;

- **Skupina C, spotřebiče uzavřené** – přívod vzduchu i odvod spalin je veden potrubím z a do venkovního prostředí, spadají sem například plynové průtokové ohřívače. [6]

4.2.4 Vytápění

V současnosti existuje celá řada způsobů, jak zajistit vytápění interiéru. Mezi nejčastěji využívané zdroje tepla patří plynové kotle, elektrická topná zařízení, tepelná čerpadla, zařízení na spalování tuhých paliv a solární systémy.

Plynové vytápění je oblíbené zejména díky relativně nízkým pořizovacím nákladům a příznivé ceně paliva. Elektrické vytápění se uplatňuje především v menších objektech, kde se využívají systémy podlahového nebo stropního vytápění. Zařízení na spalování tuhých paliv vynikají nezávislostí na dodávkách ostatních energií, avšak v současné době jsou nejčastěji používána jako doplňkový zdroj tepla.

Stále většího uplatnění nacházejí tepelná čerpadla, solární termické systémy a fotovoltaické panely. Tyto technologie se vyznačují vyššími investičními náklady, které jsou však s postupem času kompenzovány nízkými provozními náklady a významným přínosem k energetické soběstačnosti objektu. [7]

V případě panelových domů je nejčastějším způsobem vytápění centrální dodávka tepla prostřednictvím teplovodního systému napojeného na lokální teplárny nebo centrální kotelny. Teplo je zde obvykle vyráběno spalováním zemního plynu, biomasy či jiných paliv. Ohřátá topná voda je vedena tepelně izolovaným potrubím do objektu, kde je prostřednictvím centrálního rozvodu rozváděna do jednotlivých stoupacích vedení. Z těchto stoupaček jsou následně napojeny přívody k jednotlivým topným tělesům.

Po průchodu otopným systémem se ochlazená voda (tzv. vratná voda) vrací stoupačkami zpět do hlavního rozvodu budovy a odtud zpět do zdroje tepla, kde dochází k jejímu opětovnému ohřevu a recirkulaci v rámci soustavy. [8]

4.2.5 Vzduchotechnika

Vzduchotechnika slouží k zajištění dostatečné výměny vzduchu v interiéru, k odvádění škodlivin a zápachu vznikajícího například při vaření a k prevenci vzniku plísní a kondenzace vodních par, zejména v prostorách s vyšší vlhkostí, jako jsou koupelny. Existuje několik způsobů, jak lze větrání technicky realizovat.

Přirozené větrání probíhá prostřednictvím větracích šachet nebo otevíratelných oken a je závislé na klimatických a tlakových podmínkách. U moderních, zateplených budov je však jeho účinnost zpravidla nedostatečná. Podtlakové větrání se zařízením pro zpětné získávání tepla je častým řešením zejména u panelových domů – k odsávání vzduchu se využívají střešní ventilátory. Tento systém je sice energeticky náročnější, ale konstrukčně jednoduchý a provozně spolehlivý. Podobný princip uplatňují decentralizované větrací jednotky, které jsou osazeny přímo v jednotlivých bytech a zajišťují řízenou výměnu vzduchu pomocí integrovaných ventilátorů. [6]

4.3 Facility management

Facility management (FM) představuje soubor činností zaměřených na řízení, správu a údržbu nemovitostí a jejich technické infrastruktury. Uplatňuje se v různých typech objektů, jako jsou administrativní budovy, obchodní centra nebo obytné komplexy. Cílem FM je optimalizace provozních nákladů, zajištění bezpečnosti, zvýšení efektivity provozu a zlepšení komfortu uživatelů objektu.

Mezi hlavní oblasti facility managementu patří:

- **Technická správa** – zahrnuje údržbu budovy a správu jejích technických zařízení. Patří sem pravidelné revize, opravy a provozní činnosti spojené s vytápěním, elektroinstalací, vodovodními a kanalizačními rozvody apod.,
- **Bezpečnost** – zaměřuje se na ochranu osob i majetku. Jedná se například o zabezpečovací systémy (kamerové systémy, elektronické přístupy, fyzická ostraha) a zajištění požární ochrany,
- **Doplňkové služby** – mezi tyto činnosti patří například úklid, údržba zeleně, správa odpadového hospodářství nebo energetický management.

Pro zajištění plynulého a efektivního provozu nemovitosti je nezbytné vést podrobnou dokumentaci o budově, jednotlivých místnostech a technických zařízeních, stejně jako plánovat a realizovat pravidelné údržby, revize a kontroly. Klíčovým nástrojem pro evidenci těchto činností je provozní deník, do něhož jsou všechny provedené zásahy zaznamenávány.

Součástí facility managementu je rovněž shromažďování a správa veškeré technické a provozní dokumentace vztahující se k danému objektu. Jedná se například o archivní

výkresovou dokumentaci, která může být využita při rekonstrukcích nebo modernizacích, dále o záznamy o prováděné údržbě, kontrolách a revizích. Systém FM navíc umožňuje sledování termínů plánovaných revizí a inspekcí, čímž zajišťuje přehlednost a minimalizuje riziko opomenutí povinných úkonů. Součástí správy budovy je i evidence smluv, například s dodavateli služeb nebo s nájemci. [9]

5 Měřické práce

Tato kapitola se zaměřuje na terénní práce. Postupně bude popsán celý průběh činností od přípravných prací až po finální skenování. Součástí kapitoly je také stručné představení použitého přístrojového vybavení.

5.1 Rekognoskace

Dne 16. července 2024 proběhla rekognoskace objektu za přítomnosti Ing. Aleny Berkové, která je členem domovního výboru SVJ panelového domu. Cílem této rekognoskace bylo získání podkladů a potřebných informací pro další zpracování diplomové práce.

Prvním krokem bylo prohledání dostupné původní stavební dokumentace. Během tohoto procesu jsme se zaměřili na materiály, které mohou být užitečné při modelování technického zařízení budovy. Tyto dokumenty byly následně zapůjčeny k dalšímu studiu a zpracování.

Po seznámení se s podklady následovala prvotní obhlídka suterénních prostor, které tvoří hlavní část tohoto projektu. Právě zde se nachází technická zařízení, která byla předmětem modelování. K dispozici byl výkres vedení potrubí, vytvořený v předmětu Komplexní projekt v roce 2018. Na základě tohoto výkresu jsme prováděli průzkum jednotlivých místností v suterénu.

Zaměřili jsme se na vizuální kontrolu a dokumentaci rozvodů potrubí pro vodu, plyn a ústřední vytápění. Postupně jsme rovněž procházeli sklepní kóje a určovali, které z nich bude nutné zpřístupnit pro nadcházející laserové skenování. Během tohoto průzkumu jsme se snažili identifikovat potenciálně problematické oblasti, které by mohly ovlivnit budoucí zpracování modelu technického zařízení budovy.

Rekognoskace přinesla cenné poznatky a umožnila se seznámit se skladbou suterénních prostor. Získané podklady sloužily jako základ pro další fáze diplomové práce, zejména pro tvorbu 3D modelu provozních systémů objektu.

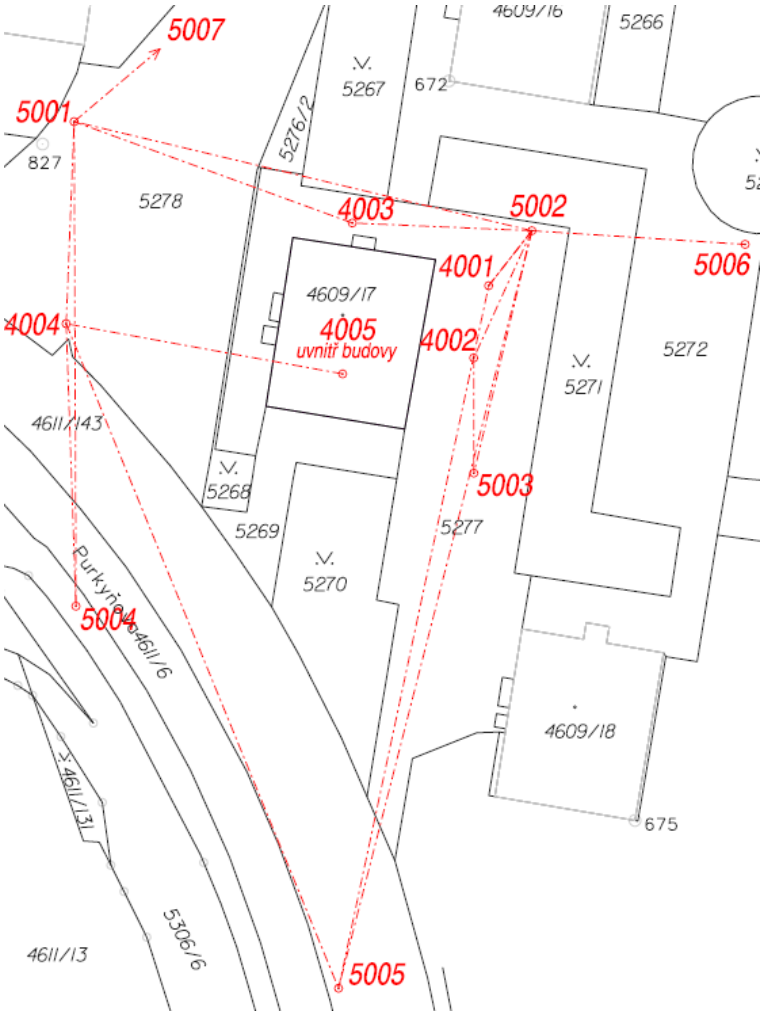
5.2 Pomocná měřická síť

Vybudování pomocné měřické sítě proběhlo 31. července 2024 a zahrnovalo několik kroků. V první fázi byla stabilizována a zaměřena kostra měřické sítě pomocí technologie GNSS metodou RTK s připojením na síť permanentních stanic CZEPOS. Celkem bylo stabilizováno sedm bodů tvořící základní rámec sítě. Stabilizace byla realizována měřickými hřeby, které byly pro lepší viditelnost zvýrazněny barevným sprejem. Jeden z bodů, umístěný v travnatém porostu, byl stabilizován dřevěným kolíkem.

K určení polohy bodů byla použita GNSS aparaturu značky CHC. Aparatura byla upevněna na výtyčce upevněné v trojnožce, aby se eliminoval pohyb během průběhu observace. Na každém bodě byla provedena observace po dobu 45 sekund, což zajišťovalo dostatečnou přesnost měření pro daný účel. Po zaměření všech bodů základní kostry následovala kontrola připojení do závazného referenčního systému na zhušťovacích bodech. Tato kontrola, realizovaná na bodech ZhB č. 239 a č. 257 (Triangulační list č. 4421), prokázala správnost určení a splnění požadavků. Dosažené odchylky v poloze splňují mezní kritéria dle vyhlášky č. 31/1995 Sb.

Ve druhé fázi bylo přistoupeno k síťovému proměření kostry pomocí robotické totální stanice. Tímto krokem byl zajištěn nadbytečný počet měření, který byl ve fázi zpracování využit pro vyrovnání měřické sítě. Ze základní kostry byly určeny další čtyři pomocné měřické body, které byly rovněž síťově proměřeny. Tyto body byly umístěny strategicky v blízkosti oken, což umožnilo snadné zaměření vlícovacích bodů uvnitř objektu. V jednom případě byl vytvořen rajón pro získání stanoviska přímo uvnitř objektu, které bylo stabilizováno pomocí papírového terče přelepeného lepící páskou na podlaze suterénu. Z tohoto stanoviska byly změřeny další tři vlícovací body na stěnách sklepu. Veškeré vlícovací body byly stabilizovány papírovými šachovnicovými terči, které byly připevněny lepící páskou na zdi.

Pro dodržení postupů stanovených vyhláškou 31/1995 Sb. bylo na závěr měření provedeno opakované GNSS měření. Tento krok sloužil k ověření přesnosti původních výsledků a zajistil, že celý proces odpovídá platným předpisům.



Obrázek 3: Schéma pomocné měřické sítě

Následně bylo realizováno výškové připojení pomocí technické nivelace. Měření bylo zahájeno na bodě základní měřické kostry a dále pokračovalo přes další body kostry směrem k bodům České státní nivelační sítě (ČSNS) č. JM-071-359 a č. JM-071-360.1. Výška byla převzata z bodu č. JM-071-359 a následně ověřena na bodu č. JM-071-360.1, čímž byla potvrzena její správnost. Po převzetí výšky byla nivelace vedena stejnou trasou zpět, což umožnilo kontrolu přesnosti nivelace a identifikaci případných odchylek. Tento obousměrný postup minimalizoval možné chyby způsobené například vlivem prostředí, přístrojovým vybavením či lidským faktorem a zajistil dodržení požadované přesnosti výškového připojení.

5.3 Laserové skenování

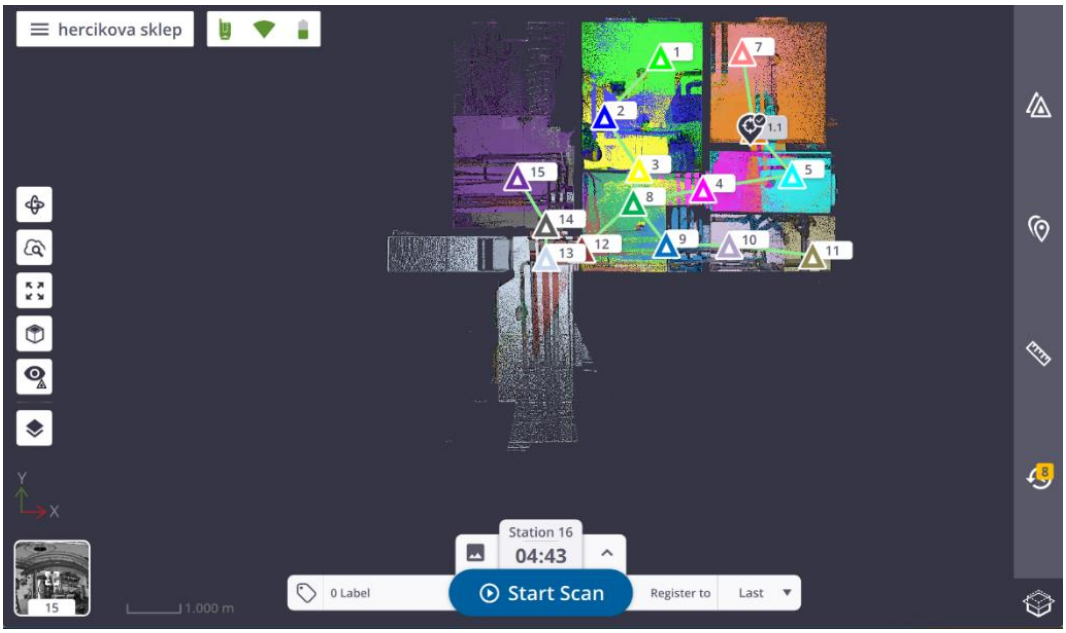
Laserové skenování proběhlo přístrojem Trimble X7 dne 28. srpna 2024 za účasti Ing. Aleny Berkové, která zajistila přístupnost veškerých potřebných prostor a vedoucího mé diplomové práce Ing. Ondřeje Vystavěla.

V průběhu měření bylo nezbytné odstraňovat různé překážky, aby bylo možné přesně zachytit trasování potrubních rozvodů. Celkem bylo pořízeno 64 skenů. Kvalita skenování byla nastavena na vysoký stupeň, aby bylo potrubní vedení zaznamenáno s co největší hustotou. Samotné skenování na jednom stanovišti trvalo přibližně pět minut, načež následovalo dvouminutové fotografování sloužící k obarvení mračna bodů.

Výjimku tvořily tři prostory: prostor pod schodištěm, který nebyl fotograficky zaznamenán z důvodu nedostatečného osvětlení, a dvě další místnosti, které byly skenovány bez fotografií za účelem urychlení postupu, neboť neobsahovaly žádné potrubní instalace. Tyto dva skeny byly pořízeny pro možné budoucí využití mimo rámec této práce.

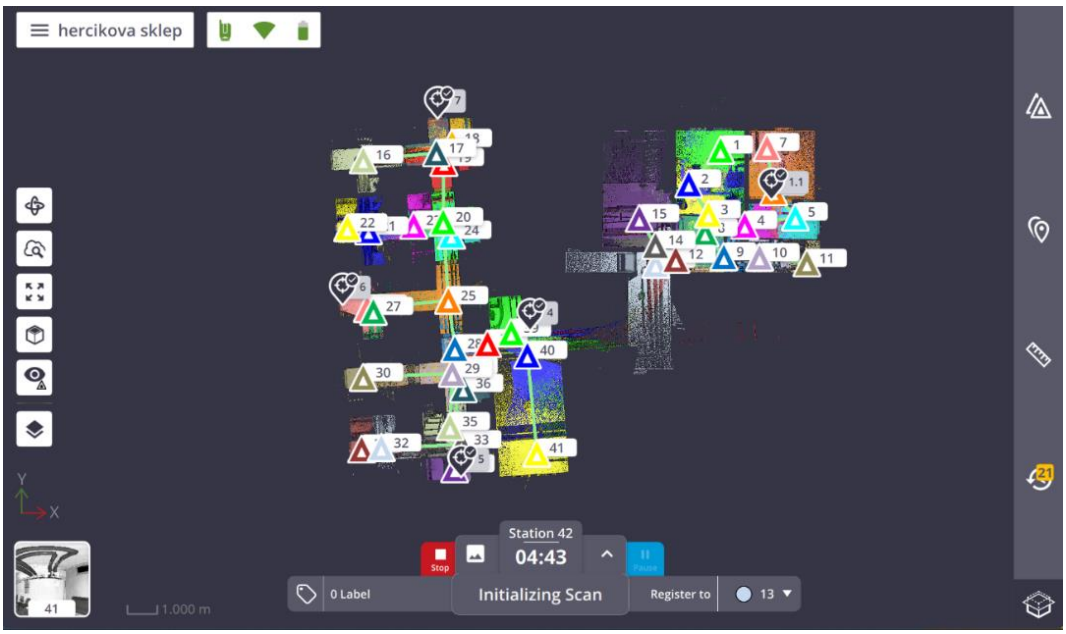
Za účelem zajištění co nejpřesnější registrace jednotlivých skenů byl při přechodu mezi místnostmi vždy umístěn sken ve dveřním otvoru zachycující částečně obě místnosti. Předběžná registrace probíhala již během samotného skenování prostřednictvím ovládacího tabletu – předchozí sken byl automaticky načten a registrován na předcházející, pokud nebylo nastaveno jinak.

V první fázi probíhalo skenování a následné spojování jednotlivých skenů v oblasti teplárny a rozvodů společnosti CETIN. Ze snímku obrazovky ovládacího tabletu (viz Obrázek 4) je patrné, že automatická registrace se standardně provádí vůči předchozímu skenu, není-li vybrán jiný. Vždy se přitom jedná o napojení na jeden referenční sken. Na jeden sken lze napojit více skenů, ale nelze vytvářet smyčky. Software Trimble Perspective umožňuje i celkové zpřesnění projektu na závěr skenování. Tímto krokem ale často dojde k rozpadnutí stávajících zregistrovaných skupin a nedosahuje dostatečné přesnosti.



Obrázek 4: Registrace skenů

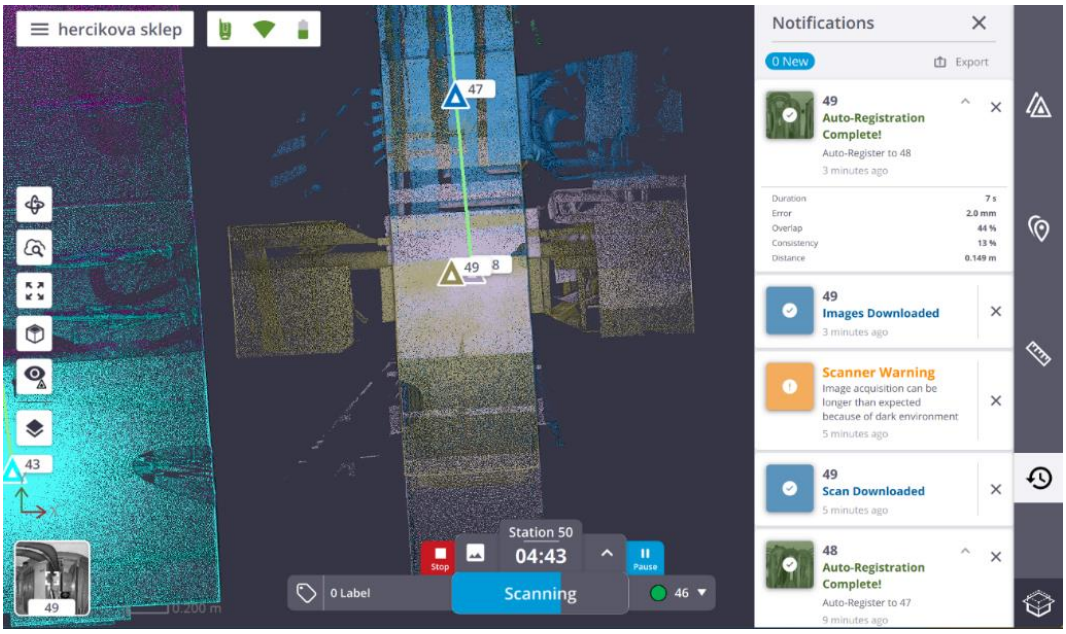
Ve druhé fázi skenování byly zaznamenány rozsáhlejší sklepní kóje. Ze snímku obrazovky ovládacího tabletu je patrné z Obrázek 5, že skupina těchto registrovaných skenů je vůči skupině z první fáze pootočena. Počáteční sken č. 16 byl do prostoru umístěn ručně na základě vizuálního odhadu.



Obrázek 5: Skupiny skenů

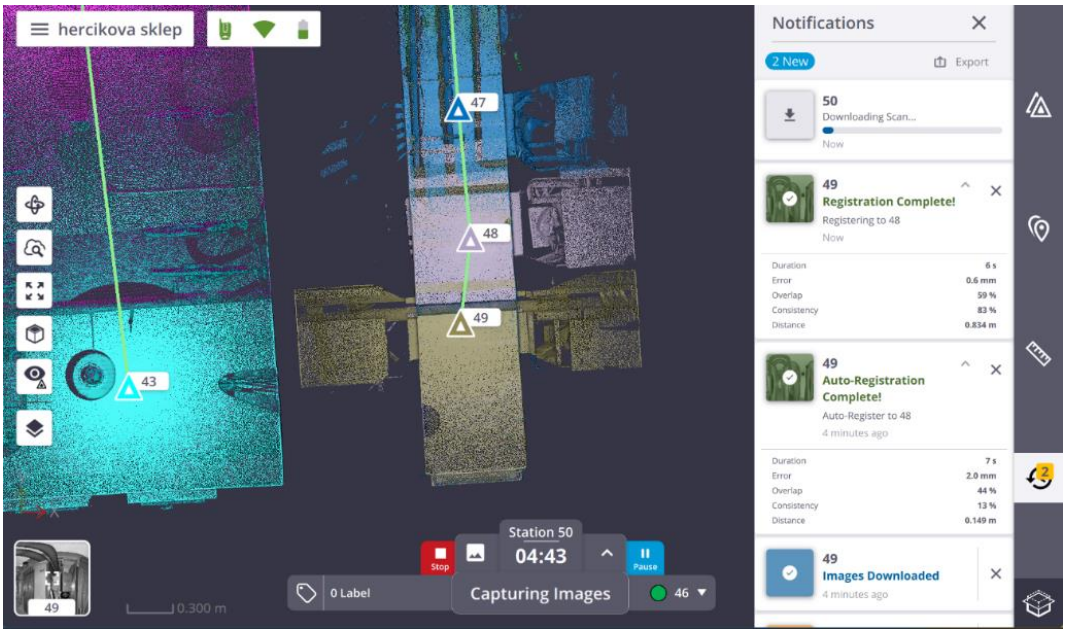
Správné umístění bylo následně provedeno přeregistrací skenů z druhé fáze skenování na odpovídající sken z fáze první. Ve třetí fázi byly poté zaznamenány zbývající části sklepních prostor, včetně schodiště a popelárny.

V průběhu automatické registrace bylo nutné pečlivě kontrolovat správnost přiřazení jednotlivých skenů, zejména ve sklepních kójích, kde jsou si jednotlivé snímky vzhledově velmi podobné. Na Obrázek 6 je patrné, že sken č. 49 byl chybně zaregistrován přímo na sken č. 48, místo aby byl správně umístěn vedle něj.



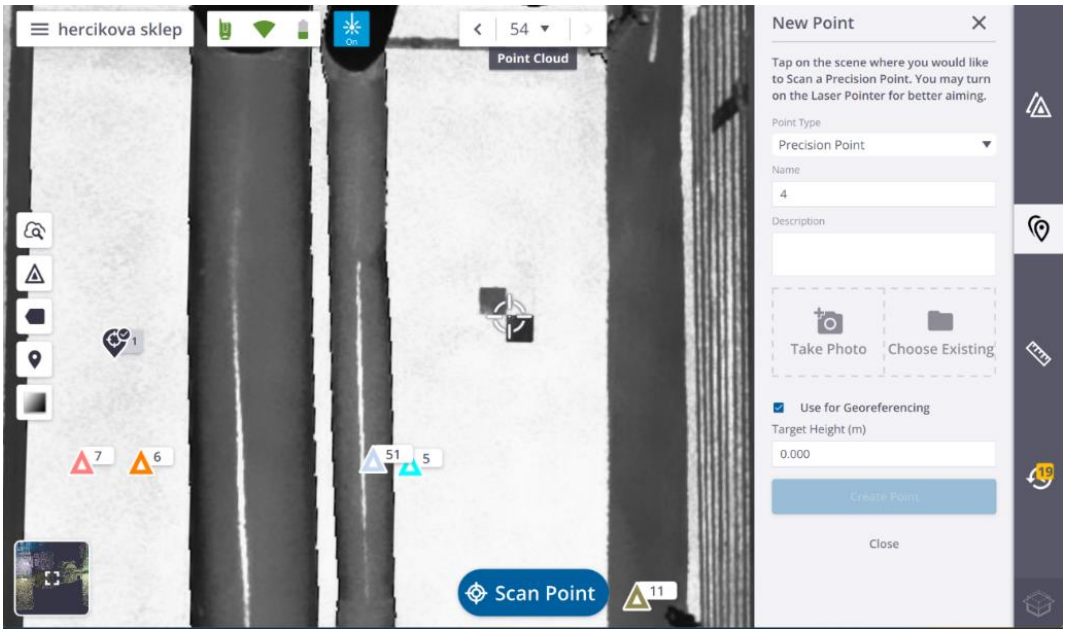
Obrázek 6: Chybná registrace skenu

Na Obrázek 7 je znázorněno správné propojení skenu č. 49 se skenem č. 48. Zároveň je zde zachycen aktuální postup při skenování, konkrétně proces stahování předchozího skenu a vyhodnocování parametrů automatické registrace.



Obrázek 7: Opravená registrace skenu

V průběhu skenování byly zároveň zaměřovány vlícovací body, které slouží k usnadnění následného georeferencování. Zaměření těchto bodů bylo prováděno ručně prostřednictvím cíleného nasměrování laserového paprsku pomocí ovladače v ovládacím tabletu.



Obrázek 8: Zaměření vlícovacího bodu

5.4 Použité přístroje

Přístrojová technika a měřické pomůcky byly zajištěny z několika různých zdrojů. Zařízení pro vybudování pomocné měřické sítě, konkrétně totální stanice Trimble S5 a GNSS aparatura CHC i73, byly spolu s dalšími měřickými pomůckami (kladivo, měřické hřeby, značkovací sprej, kolíky, dvoumetr a výtyčky) čerpány z vlastních zdrojů.

Pro výškové připojení měřické sítě byl zapůjčen nivelační přístroj Nedo F24 včetně nivelačních latí a podložek z Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně. Laserový skener Trimble X7 byl zapůjčen Ing. Ondřejem Vystavělem ze společnosti Geodetika s.r.o. Prostějov.

5.4.1 Totální stanice Trimble S5

Totální stanice Trimble S5 je robotické měřické zařízení dostupné ve čtyřech variantách úhlové přesnosti: 1″, 2″, 3″ a 5″. V rámci tohoto projektu byla použita varianta s úhlovou přesností 5″. Stanice je ovládána prostřednictvím kontroleru Trimble TSC3, přičemž ovládací software Trimble Access poskytuje uživatelsky přívětivé a intuitivní rozhraní. Komunikace mezi kontrolerem a totální stanicí je realizována pomocí rádiového přenosu.

Při měření byl využíván pasivní minihranol. Stanice je vybavena dálkoměrem DR Plus, který umožňuje měření s přesností ± (2 mm + 2 ppm), a to jak při použití hranolu, tak i v bezhranolovém režimu. Maximální dosah dálkoměru činí 5 500 m při měření na hranol a 1 300 m při bezhranolovém měření za optimálních podmínek. Automatické sledování hranolu zajišťuje technologie Trimble Autolock. Dalekohled stanice disponuje 30násobným zvětšením, což výrazně usnadňuje manuální cílení nebo vizuální kontrolu automatického zacílení. [10]

Obrázek 9: Trimble S5 s ovládacím zařízení

Obrázek 10: GNSS aparatura CHC i73 s ovládacím zařízení

5.4.2 GNSS aparatura CHC i73, kontroler android CHCE 320

GNSS aparatura CHC i73 je přijímač určený pro geodetická měření v terénu. Podporuje široké spektrum satelitních systémů, konkrétně GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, SBAS a QZSS. Při využití technologie RTK dosahuje přijímač přesnosti ± 8 mm + 1 ppm v horizontálním směru a ± 15 mm + 1 ppm ve vertikálním směru.

Přístroj je vybaven inerciální jednotkou (IMU), která umožňuje kompenzaci náklonu výtyčky až do úhlu 45°. Aparatura splňuje standard odolnosti IP67, což zajišťuje úplnou prachotěsnost, vodotěsnost a schopnost odolat pádu na betonový povrch z výšky až dvou metrů.

Ovládání zařízení je realizováno prostřednictvím kontroleru CHCE 320 s operačním systémem Android. Pro správu a zpracování naměřených dat je využíván software LandStar 7. [11]

5.4.3 Nivelační přístroj Nedo F24

Nivelační přístroj Nedo F24 je lehké optické zařízení německé výroby, určené pro výšková měření v terénu. Přesnost měření převýšení dosahuje hodnoty 2,5 mm na vzdálenost 1 km. Optická soustava přístroje zahrnuje dalekohled s 24násobným zvětšením a objektivem o průměru 30 mm. Minimální zaostřovací vzdálenost činí 60 cm,

což umožňuje práci i v prostorově omezených podmínkách. Pro zajištění horizontace je přístroj vybaven krabicovou libelou a vestavěným magneticky tlumeným kompenzátorem, který zvyšuje stabilitu a spolehlivost měření. [12]

Obrázek 11: Nedo F24 [12]

5.4.4 Laserový skener Trimble X7

K získání klíčových dat v rámci této diplomové práce byl použit 3D laserový skener Trimble X7. Jedná se o zařízení kombinující vysokou rychlost sběru dat s intuitivním ovládáním, které umožňuje efektivní práci i uživatelům s menšími zkušenostmi.

Mezi zásadní vlastnosti skeneru patří automatická kalibrace prostřednictvím systému Trimble X-Drive, která zajišťuje dlouhodobou přesnost bez nutnosti pravidelného laboratorního seřizování. Významnou funkcí je rovněž samourovnávání přístroje s přesností < 3", což při vzdálenosti 20 m odpovídá přesnosti přibližně 0,3 mm. Tato schopnost umožňuje provádět georeferencování přímo v terénu.

Skener je vybaven technologií Trimble VISION, která umožňuje rychlé pořizování snímků a následnou registraci skenů již v průběhu měření. Ovládání je realizováno pomocí výkonného tabletu se softwarem Trimble Perspective. Ten umožňuje v reálném čase zpracovávat dříve pořízené skeny, provádět jejich registraci (automatickou i manuální) a současně kontrolovat kvalitu naměřených dat.

Trimble X7 je schopen zaznamenávat až 500 000 bodů za sekundu do maximální vzdálenosti 80 m. Výrobce udává prostorovou přesnost 2,4 mm při vzdálenosti 10 m a 3,5 mm při 20 m. Hmotnost zařízení včetně baterie činí 5,8 kg. Odolnost přístroje

odpovídá standardu IP55, což umožňuje jeho použití i v náročnějších venkovních podmínkách. Naměřená data jsou ukládána na SD kartu a je možné je exportovat v široké škále výstupních formátů, např. LAS, E57 a dalších. [13]

Obrázek 12: Trimble X7 s ovládacím tabletem [14]

5.5 Sběr doplňujících informací

V průběhu zpracování modelu byly zjištěny určité nedostatky v dostupných datech. Z tohoto důvodu bylo nezbytné panelový dům opakovaně navštívit a doplnit chybějící informace.

V první fázi byly pomocí posuvného měřítka (šuplery) doměřovány průměry potrubí a tloušťky izolace u vedení plynu, cirkulace, teplé a studené vody. Z dostupného mračna bodů bylo možné určit pouze celkový průměr trubek včetně izolace, nikoliv jejich jednotlivé rozměry.

V objektu byla vyhledána místa, kde bylo možné izolaci šetrně odklopit bez jejího poškození a následně byl změřen i průměr samotného potrubí. U vedení teplé vody, studené vody a cirkulace postačilo provést měření v jednom bodě, neboť jejich průměry se v průběhu trasy nemění. V případě plynového potrubí však bylo nutné provést měření na více místech, neboť docházelo ke změnám průměru vedení.

Dále bylo potřeba pořídit fotografie sklepní kóje, v níž se nacházelo vedení vody a cirkulace, které bylo opomenuto při původním laserovém skenování.

Ve druhé fázi byla realizována odborná konzultace s rodinným příslušníkem jedné z obyvatelek domu, který pracuje jako topenář a má dlouholetou praxi v oblasti ústředního vytápění. Konzultace se týkala především prostor teplárny. Přestože měl konzultant desítky let zkušeností, nebylo pro něj jednoduché na základě výkresové dokumentace pochopit princip vedení. Po několika úpravách došel k jednoznačnému závěru a vysvětlil mi fungování systému ústředního vytápění a ohřevu vody.

Při modelování podle výkresové dokumentace probíhaly další konzultace s mým známým, který pracuje jako instalatér. Pomohl mi se čtením původních výkresů a vysvětlil funkce jednotlivých komponentů.

V této fázi bylo rovněž nutné objekt znovu navštívit a pořídit fotografie radiátorů v přízemí u hlavního vchodu a v místnosti rozvodny. Během této návštěvy se podařilo vyřešit problém s jednou větví stoupacího vedení, když byla u rozvodny pozorována změna směru potrubí.

Dále byly změřeny výšky a hloubky radiátorů, počet žeber a výšky jejich přívodních a odvodních potrubí nad podlahou. V jednom z bytů byl kontrolně ověřen průměr stoupacího potrubí ústředního topení, jelikož se v tomto ohledu neshodovala výkresová dokumentace půdorysu a výškového schématu.

Na závěr návštěvy bylo pomocí ručního laserového dálkoměru značky Bosch provedeno několik kontrolních měření s cílem ověřit přesnost mračna bodů.

Při poslední návštěvě objektu byla ověřena identifikační čísla vodoměrů ve dvou bytech, neboť byly v papírové dokumentaci objeveny duplicity. Dále byla provedena kontrola existence plynové přípojky v jednom bytě, u kterého nebylo jednoznačné, zda je na plynové potrubí napojen. Na závěr byly oměřeny kompenzátory na stoupacím vedení ústředního topení.

6 Zpracování dat

Tato kapitola se věnuje postupu zpracování naměřených dat a jejich přípravě pro následné využití. Na závěr je provedeno stručné vyhodnocení přesnosti získaného mračna bodů.

6.1 Pomocná měřická síť

6.1.1 Data z technologie GNSS

Naměřená data byla pořízena s využitím softwaru LandStar ve verzi 7.3.7. Po ukončení měření byla exportována ve formátu *.rw5, který obsahuje surové výstupy GNSS měření.

Tato data byla následně zpracována pomocí webového nástroje RW5 Converter, dostupného na adrese https://www.geoserver.cz/rw5/index.php. Nástroj umožňuje převod záznamů do čitelnějšího textového formátu a zároveň provádí transformaci souřadnic do souřadnicového systému S-JTSK (Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální) a převod výšek do výškového systému Bpv (Balt po vyrovnání).

Všechny body byly měřeny dvakrát opakovaně stejným postupem. Vyhodnocené rozdíly opakovaných měření odpovídají vnitřní přesnosti použitého přijímače. Výsledné souřadnice byly tedy určeny jako aritmetický průměr obou měření.

6.1.2 Data z totální stanice

Data naměřená totální stanicí byla exportována ve formátu zápisníku MAPA2.asc a následně importována do softwaru Groma verze 13.1. V tomto prostředí byl proveden výpočet zápisníku a zároveň import výsledných souřadnic získaných technologií GNSS. Na základě těchto vstupů byly pomocí polární metody dávkou vypočteny přibližné souřadnice bodů pomocné měřické sítě.

Při výpočtech nebyl uplatněn měřítkový koeficient vyplývající z Křovákova konformního kuželového zobrazení, ani korekce vzhledem k nadmořské výšce. Koeficient byl ponechán ve výchozí hodnotě 1. Toto rozhodnutí bylo učiněno s ohledem na potřebu zachovat jednotné měřítko pro následnou práci s mračnem bodů. Aplikace

těchto korekcí by si vyžádala plošnou transformaci celého mračna, což by bylo v kontextu této práce časově neefektivní a z hlediska jejího zaměření bezvýznamné.

6.1.3 Nivelační pořad

Nivelační měření bylo zpracováno standardním způsobem pro technickou nivelaci. Výpočty převýšení, kontrola uzávěru, následné rozdělení zjištěné chyby na jednotlivé úseky a další výpočty byly provedeny v rámci vyplněného nivelačního zápisníku, který je přílohou 3.2 této práce.

Na základě výsledků těchto výpočtů byla určena nadmořská výška pomocného měřického bodu č. 5007, který byl následně využit jako výškový referenční bod pro výškové vyrovnání sítě.

6.1.4 Vyrovnání sítě

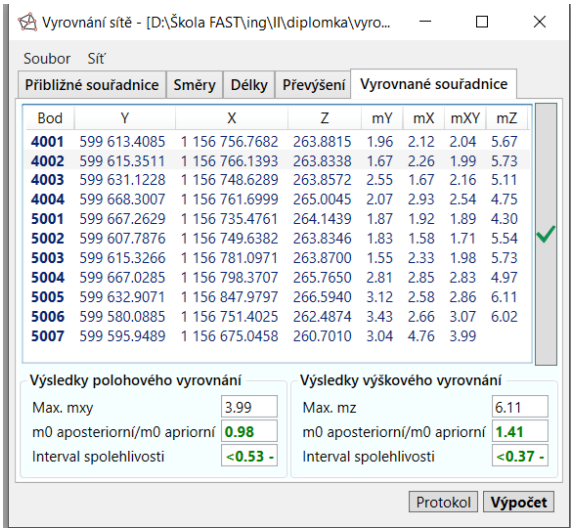
Pro vyrovnání měřické sítě byly použity přibližné souřadnice a výšky bodů vypočtené v předchozím kroku. Pro polohové vyrovnání byla zvolena metoda volné sítě s následnou Helmertovou transformací, přičemž transformační body byly určeny pomocí měření technologií GNSS. Zbývající body sítě byly zadány jako volné.

Jako identické body pro sestavení transformačního klíče sloužily všechny body měřické sítě s přibližnými souřadnicemi. Jejich optimální rozložení je patrné z Obrázek 3.

Poměr apriorní a aposteriorní jednotkové střední chyby vyšel 0,98, což svědčí o dobré shodě mezi předpokládanou a skutečně dosaženou přesností měření. Maximální střední souřadnicová chyba (m_{xy}) po vyrovnání dosáhla hodnoty 4 mm.

Pro výškové vyrovnání byl jako pevný bod zvolen bod 5007, který byl výškově navázán prostřednictvím technické nivelace do závazného referenčního systému Balt po vyrovnání. Apriorní střední chyba převýšení byla nastavena na 10 mm, což odpovídá běžné přesnosti technické nivelace v daných podmínkách.

Vlícovací body nebyly do vyrovnání zahrnuty. Jejich souřadnice a výšky byly určeny z výsledných bodů pomocné měřické sítě prostorovou polární metodou.



Bod	Y	X	Z	mY	mX	mXY	mZ
4001	599 613.4085	1 156 756.7682	263.8815	1.96	2.12	2.04	5.67
4002	599 615.3511	1 156 766.1393	263.8338	1.67	2.26	1.99	5.73
4003	599 631.1228	1 156 748.6289	263.8572	2.55	1.67	2.16	5.11
4004	599 668.3007	1 156 761.6999	265.0045	2.07	2.93	2.54	4.75
5001	599 667.2629	1 156 735.4761	264.1439	1.87	1.92	1.89	4.30
5002	599 607.7876	1 156 749.6382	263.8346	1.83	1.58	1.71	5.54
5003	599 615.3266	1 156 781.0971	263.8700	1.55	2.33	1.98	5.73
5004	599 667.0285	1 156 798.3707	265.7650	2.81	2.85	2.83	4.97
5005	599 632.9071	1 156 847.9797	266.5940	3.12	2.58	2.86	6.11
5006	599 580.0885	1 156 751.4025	262.4874	3.43	2.66	3.07	6.02
5007	599 595.9489	1 156 675.0458	260.7010	3.04	4.76	3.99	

Obrázek 13: Výsledná vyrovnaná síť

6.2 Mračno bodů

6.2.1 Registrace skenů

Prvotní registrace skenů probíhala již během samotného měření v ovládacím tabletu. Skeny byly automaticky spojovány na základě detekce společných ploch, v případě potřeby bylo možné provádět i ruční posuny a rotace jednotlivých skenů. Tato metoda však umožňuje pouze párové spojování jednotlivých skenů (tj. jeden na jeden), nikoliv komplexní propojení všech skenů mezi sebou.

Pro zajištění vyšší přesnosti a úplnosti registrace byl zvolen specializovaný software Trimble RealWorks, ve kterém byla provedena dodatečná automatická registrace pomocí funkce Refine Using Scans. Tato funkce využívá podobný princip jako registrace v terénu, avšak umožňuje současné propojení více mračen bodů, což vede k lepším výsledkům z hlediska přesnosti a spolehlivosti registrace. Pomocí funkce proběhne automatické upřesnění registrace všech skenů s využitím celého pořízeného mračna bodů.

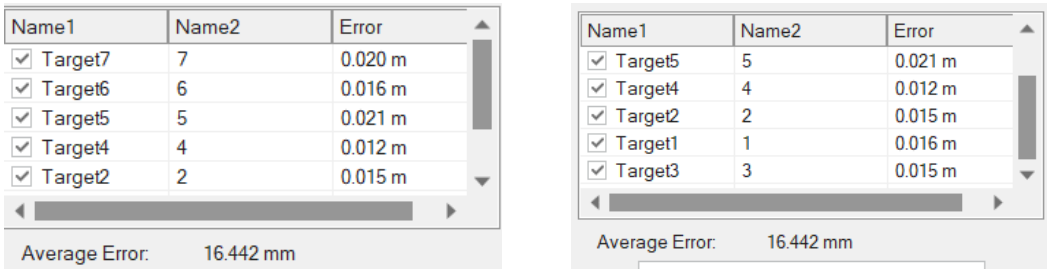
Po dokončení registrace byl vygenerován protokol o registraci, který uvádí celkovou střední chybu registrace 0,83 mm. Tato hodnota je pro účely této diplomové práce zcela vyhovující. Protokol je uveden v příloze č. 3.6. Správnost registrace byla ověřena vizuálně prostřednictvím funkce Registration Visual Check. Nebyly odhaleny žádné systematické a jiné posuny skenů vůči ostatním.

6.2.2 Georeferencování

Možnost georeferencování byla k dispozici již během samotného procesu skenování prostřednictvím ovládacího tabletu. V terénu byly zaměřovány vlícovací body, přičemž po naskenování příslušné oblasti bylo možné v tabletu identifikovat pozici vlícovacího bodu a následně ručně zaměřit laserový paprsek na jeho střed.

Tato funkce však nebyla v rámci projektu využita. Georeferencování bylo provedeno až následně v prostředí softwaru Trimble RealWorks. Pro transformaci skenovaného mračna bodů do geodetického souřadnicového systému bylo využito všech sedm vlícovacích bodů, neboť žádný z nich nevykazoval výrazně vyšší odchylku, která by bránila jeho použití. Body byly rozmístěny především po obvodu skenované oblasti, přičemž dva byly situovány blíže jejímu středu, což přispělo ke stabilitě transformace.

Výsledná střední chyba georeferencování činila 16,4 mm, jak je vidět na Obrázek 14, což je pro účely této diplomové práce považováno za dostatečně přesné.



Name1	Name2	Error
Target7	7	0.020 m
Target6	6	0.016 m
Target5	5	0.021 m
Target4	4	0.012 m
Target2	2	0.015 m

Average Error: 16.442 mm

Name1	Name2	Error
Target5	5	0.021 m
Target4	4	0.012 m
Target2	2	0.015 m
Target1	1	0.016 m
Target3	3	0.015 m

Average Error: 16.442 mm

Obrázek 14: Přesnost georeferencování

6.2.3 Příprava mračna bodů pro modelování

Vzhledem k tomu, že po registraci obsahovalo mračno více než tři miliardy bodů, byla manipulace s takto rozsáhlým souborem značně náročná na výpočetní kapacitu. Navíc pro účely 3D modelování není takto vysoká hustota bodů potřebná. Z tohoto důvodu bylo mračno bodů zředěno pomocí nástroje Spatial Sampling, a to s nastavením prostorového rozestupu bodů na hodnotu 3 mm. Tato metoda umožňuje rovnoměrné prostorové zředění dat, přičemž výsledný počet bodů činil přibližně 200 milionů.

V následujícím kroku byla provedena segmentace mračna. Přestože zředěné mračno představovalo výrazně menší objem dat, stále se jednalo o soubor s vyššími

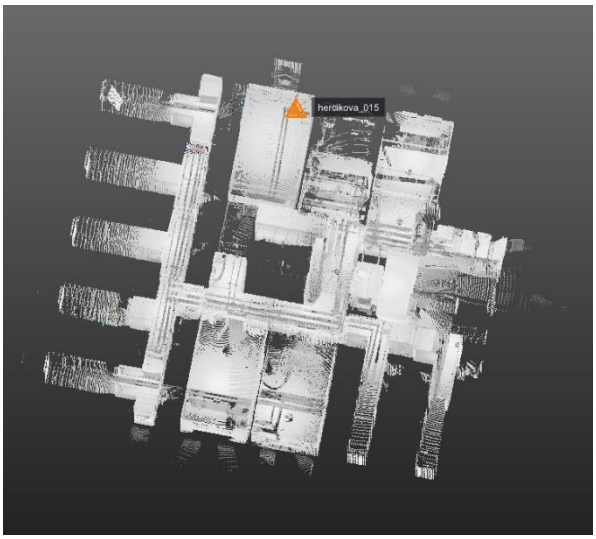
nároky na zpracování. Pomocí nástroje Segmentation bylo proto mračno rozděleno na jednotlivé místnosti. Výsledné části, stejně jako kompletní mračno, byly exportovány ve formátu *.rcs, který je kompatibilní se softwarem Autodesk Revit.

Pro potřeby vizualizace a zjednodušení modelování byla také vytvořena prohlížečka mračna bodů pomocí funkce Scan Explorer. Vytvořená aplikace EXE umožňuje náhled na mračno ze stanovisek skeneru, různá nastavení zobrazení a např. měřické funkce. Tato funkce však není plně kompatibilní se síťovými disky a je nutné ji otevírat na lokálním disku nebo přímo z prostředí programu Trimble RealWorks. Prohlížečka umožňuje další realističtější náhled na pořízená data, čímž významně napomáhá prostorové orientaci při následném modelování.

6.3 Zhodnocení původního mračna z podkladů pro práci

Již při prvotním zhodnocení bylo zřejmé, že poskytnuté mračno bodů, které vzniklo v rámci výuky předmětu Komplexní projekt v roce 2018 na Fakultě stavební VUT, není pro účely této diplomové práce vhodné. Skenování bylo provedeno bez současného pořizování fotografií, což znamená, že mračno nemohlo být obarveno.

Dalším zásadním omezením je nevhodně zvolená skenovací strategie. Lze předpokládat, že původní skenování bylo provedeno primárně za účelem tvorby půdorysné dokumentace, nikoliv pro detailní modelování TZB. Tomu odpovídá jak rozsah skenovaných prostor, tak i nízká úroveň jejich detailu. Pro potřeby 3D modelování je zpracované mračno nedostačující.

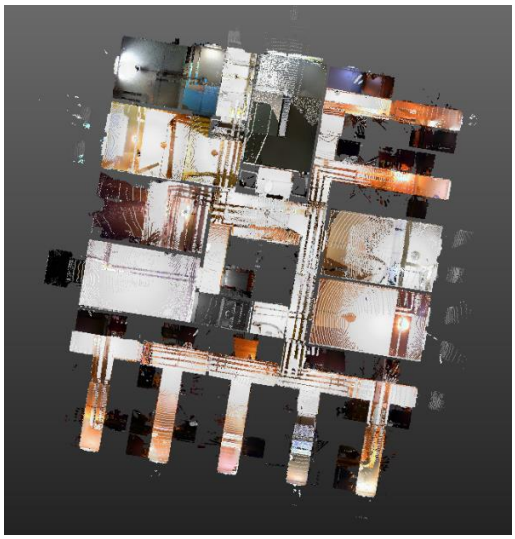


Obrázek 15: Náhled na původní mračno

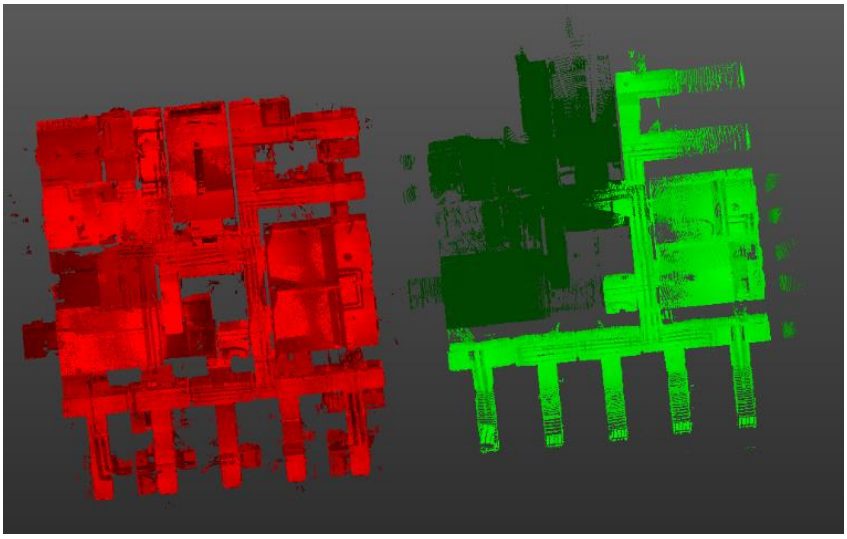
Jak je patrné z Obrázek 15 skener byl u sklepních kójí umisťován převážně na začátky jednotlivých větví. Tato strategie skenování výrazně omezuje viditelnost potrubních rozvodů, které nejsou zachyceny v dostatečné kvalitě ani rozsahu. Obecně platí, že dokumentace technických zařízení budov, zejména potrubních systémů, vyžaduje odlišný přístup — často je nutné umístit skener opakovaně i v rámci jediné místnosti, aby byly zajištěny potřebné průhledy a viditelnost jednotlivých prvků ze všech stran.

Závažnějším nedostatkem však zůstává úplná absence některých klíčových prostor. Ve starším mračnu zcela chybějí samotné sklepní kóje, kde dochází k přechodu rozvodů vody a plynu z horizontálních do vertikálních, případně k větvení systému ústředního vytápění do jednotlivých stoupaček. Dále nebyla nasnímána místnost s technologiemi společnosti Cetin ani prostor pod schodištěm, kde se nachází hlavní přívod a zpětné potrubí ústředního topení.

Vzhledem k výraznému rozdílu v rozsahu a podrobnosti obou datových sad by přímé porovnání mračen postrádalo vypovídací hodnotu. Z tohoto důvodu bylo přistoupeno pouze k vizuálnímu porovnání, kdy byla obě mračna otevřena současně v jednom projektu. Na Obrázek 16 je patrné, že původní mračno je zobrazeno v bílé barvě, zatímco nově pořízené, barevně zobrazené mračno, pokrývá širší oblast. Z překryvu obou mračen je vidět, které části nového mračna prostorově přesahují původní. Na Obrázek 17 jsou pak vidět jednotlivá mračna odděleně.



Obrázek 16: Porovnání mračen



Obrázek 17: Porovnání mračen

6.4 Přesnost pořízeného mračna

Pro představu o kvalitě a případném dalším využití pořízeného mračna bodů, byla vyhodnocena jeho přesnost vůči skutečnému stavu. Přesnost byla interpretována pomocí směrodatné odchylky na základě 30 provedených měření podobných rozměrů skenovaného objektu – z toho 22 vodorovných a 8 svislých.

Tyto rozměry byly nejprve změřeny přímo v objektu a následně porovnány s odpovídajícími hodnotami odečtenými v řezech mračna bodů, případně v prohlížečce.

Naměřené hodnoty a příslušné odchylky od hodnot v mračnu bodů jsou uvedeny v Tabulka 1. Výsledná směrodatná odchylka činila 6,1 mm. Skutečná hodnota však může být menší, neboť místa měření délek nebylo možné zcela ztotožnit. Další překážkou byly křivé plochy měření, které znemožnily kolmé měření na stěny.

	Horizontální						
č.měření	realita [m]	mračno [m]	di [m]	č.měření	realita [m]	mračno [m]	di [m]
1	3,333	3,34	0,007	12	2,055	2,05	-0,005
2	0,989	0,99	0,001	13	3,276	3,27	-0,006
3	1,697	1,69	-0,007	14	0,959	0,96	0,001
4	3,364	3,36	-0,004	15	5,751	5,75	-0,001
5	2,693	2,68	-0,013	16	5,822	5,82	-0,002
6	2,339	2,33	-0,009	17	5,816	5,82	0,004
7	3,393	3,40	0,007	18	0,797	0,81	0,013
8	6,966	6,96	-0,006	19	5,766	5,76	-0,006
9	6,969	6,97	0,001	20	5,772	5,78	0,008
10	0,954	0,96	0,006	21	3,346	3,34	-0,006
11	5,735	5,73	-0,005	22	5,756	5,76	0,004

	Vertikální		
č.měření	realita	mračno	di [m]
23	2,605	2,60	-0,005
24	2,606	2,61	0,004
25	2,608	2,61	0,002
26	2,581	2,59	0,009
27	3,753	3,75	-0,003
28	2,598	2,60	0,002
29	2,59	2,59	0,000
30	2,603	2,61	0,007

Tabulka 1: Porovnání mračna se skutečností

Výsledná přesnost je pro účely této diplomové práce více než dostačující. V průběhu modelování jsou realizovány posuny pro přizpůsobení modelu, které jsou v řádech několika centimetrů.

7 Modelování v softwaru Revitu

Tato kapitola se věnuje hlavnímu tématu diplomové práce, kterým je modelování technických zařízení budov v softwaru Autodesk Revit. Modelována byla trubní vedení plynu, teplé a studené vody, cirkulace a topení.

Popis bude veden formou přibližující se návodu, aby bylo zřejmé, jakým způsobem model vznikal a jaké byly jednotlivé fáze práce. Modelování bude rozděleno do dvou hlavních částí:

- modelování podle skutečného stavu na základě dat z mračna bodů pořízeného 3D laserovým skenováním,
- modelování na základě výkresové dokumentace a doplňujících informací, např. fotografií a videí.

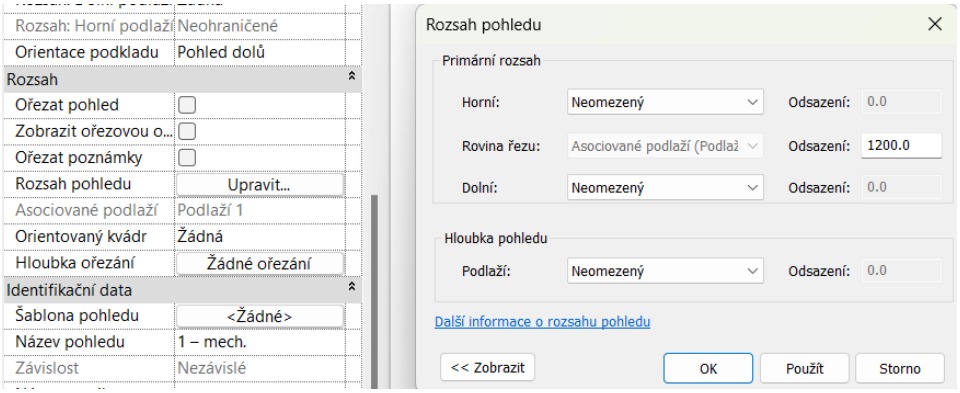
Dále bude popsán postup založení a rozvržení projektu, obecné principy modelování a samotný průběh práce, včetně přístupu k jednotlivým částem systému TZB.

7.1 Založení projektu

Při zakládání projektu v softwaru Autodesk Revit je nejprve třeba zvolit vhodnou šablonu. Stavební, architektonická a konstrukční šablona byla vyřazena, jelikož jejich výchozí nastavení nabízí pouze rozdělení na půdorysy a pohledy. Pro modelování TZB přichází v úvahu čtyři základní šablony, mechanická, systémová, elektrická a instalační. Za nejvhodnější byla zvolena systémová šablona, neboť nabízí nejkomplexnější přednastavení. Projekt je v ní automaticky rozdělen do kategorií mechanických systémů, elektroinstalací a rozvodů domovních instalací. Tento přístup umožňuje projekt v budoucnu dále rozšiřovat, například o elektroinstalace.

Po založení projektu je do prostředí Revitu připojen referenční model, který slouží jako podklad pro modelování. Model suterénu je připojen prostřednictvím karty *Vložit* pomocí nástroje *Připojit Revit*. Jelikož v aktuálním projektu nebyl dosud definován žádný souřadnicový systém, nezáleží na zvoleném typu připojení.

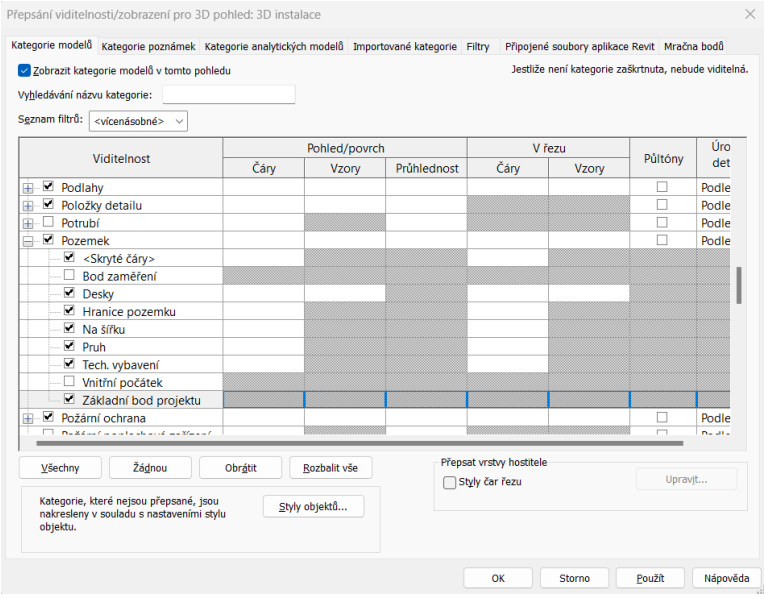
Po připojení referenčního modelu je vhodné otevřít půdorys a nastavit rozsah pohledu na „neomezený“, aby byl celý model připojeného objektu dobře viditelný.



Obrázek 18: Nastavení rozsahu pohledu

Aby byl model TZB kompatibilní s modelem panelového domu, je nezbytné synchronizovat jejich souřadnicové systémy. Tohoto kroku lze dosáhnout prostřednictvím karty *Správa*, v sekci *Umístění objektu*, pomocí nástroje *Souřadnice*. Po rozbalení nabídky se zobrazí několik možností, zvolí se varianta *Získat souřadnice z modelu* a následně se klikne na připojený půdorys modelu suterénu.

Správnost převzetí souřadnic lze ověřit například prostřednictvím základního bodu projektu. Tento bod lze zobrazit v okně viditelnosti, které se otevře pomocí klávesové zkratky VG. V dialogovém okně *Viditelnost/Grafika* je třeba na kartě *Kategorie modelů*, v sekci *Pozemek*, aktivovat volbu *Základní bod projektu* zaškrtnutím příslušného pole.



Obrázek 19: Viditelnost základního bodu projektu

Pro usnadnění budoucího připojování modelu TZB k modelu panelového domu je vhodné přesunout základní bod projektu na pozici základního bodu projektu panelového domu. Toho lze dosáhnout úpravou souřadnic a natočením souřadnicové osy podle hodnot odpovídajících modelu panelového domu. Aby nedošlo k nechtěnému posunu základního bodu projektu, je optimální jeho viditelnost opět skrýt. Tento krok se provádí obdobným způsobem jako jeho zviditelnění, tj. prostřednictvím okna *Viditelnost/Grafika* (klávesová zkratka VG).

Závěrečným krokem této části je připojení mračna bodů do modelu. Na kartě *Vložit*, v sekci *Připojit*, se zvolí možnost *Mračno bodů*. Typ připojení je nastaven na *Automaticky – podle sdílených souřadnic*.

Po připojení mračna bodů bylo zjištěno, že v některých místech neodpovídá přesně půdorysu panelového domu. Konkrétně byl model oproti mračnu bodů ve všech směrech o několik centimetrů větší. Tento rozdíl je pravděpodobně způsoben tím, že model panelového domu byl vytvořen na základě projektové dokumentace, nikoliv z reálně naměřených dat. Rozdíly však nejsou významné a z hlediska cílů této diplomové práce jsou zanedbatelné.

Přesto bylo mračno bodů ručně upraveno, konkrétně posunuto o 4 cm na sever a 3 cm na východ, aby se minimalizovala odchylka mezi modelem a mračnem bodů.

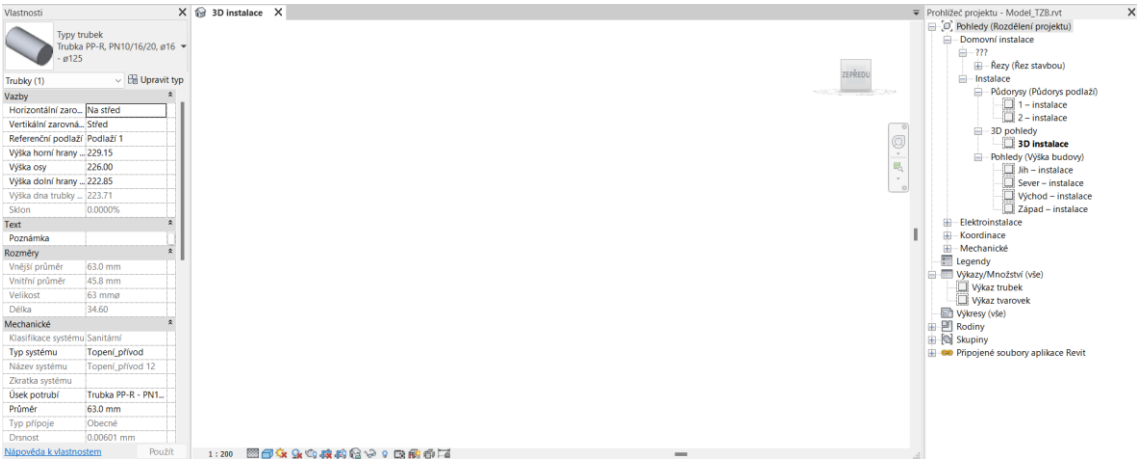
7.2 Příprava pracovního prostředí

Pro efektivní a pohodlné modelování je vhodné si nejprve upravit pracovní prostředí Revitu. Po spuštění softwaru se standardně zobrazí výchozí rozložení oken, které však není zcela optimální, neboť jsou všechny panely seskupeny pod sebou na levé straně obrazovky.

Během práce je nezbytné průběžně sledovat několik důležitých oken. Prvním z nich je okno *Vlastnosti*, které doporučuji umístit jako panel podél levého okraje obrazovky. V tomto panelu jsou zobrazeny vlastnosti jednotlivých objektů – zejména výška osy potrubí, zařazení do systémů, průměr trubky, případně je zde možné doplnit komentáře k jednotlivým objektům.

Druhé klíčové okno je *Prohlížeč projektu*. Ten lze přetáhnout uchopením za jeho záhlaví a umístit na pravý okraj obrazovky, kde se automaticky ukotví jako svislý panel.

V tomto panelu je zobrazen seznam všech disciplín v projektu, například domovní instalace, elektroinstalace a další. Každá disciplína je dále členěna na jednotlivé náhledy, jako jsou půdorysy, řezy, 3D pohledy, boční pohledy apod. Dále jsou zde dostupné výkazy, rodiny a připojené soubory, čímž tento panel poskytuje komplexní přehled o struktuře projektu.



Obrázek 20: Pracovní prostředí

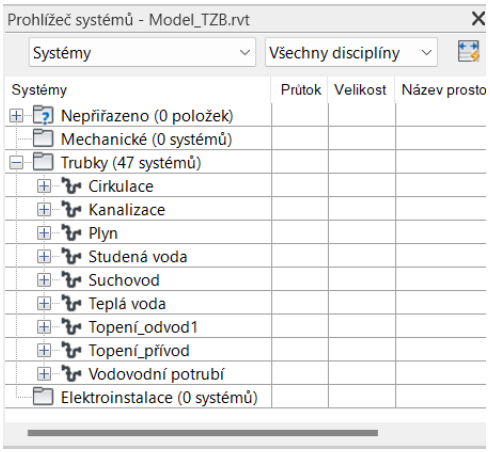
Na základě dohody s pracovníkem společnosti Aquatis, a.s. byly zapůjčeny rodiny trubek za účelem využití výhradně v rámci této diplomové práce. Jejich další použití nebo šíření je zakázáno.

Postup importu zapůjčených rodin je následující. Nejprve se otevře projekt, do kterého byly tyto rodiny již nahrány. Tento projekt se otevře v samostatném okně vedle hlavního projektu diplomové práce. Poté se všechny požadované objekty označí a pomocí funkce kopírování a vložení se přenesou do aktuálního projektu.

Při vložení konkrétních typů potrubí do modelu se automaticky importují také všechny související rodiny, jako jsou kolena, tvarovky a různé průměry potrubí, které jsou s těmito prvky propojeny.

Pro účely rozdělení potrubí podle jejich zaměření je nutné nastavit příslušné systémy. Klávesovou zkratkou F9 otevřeme okno *Prohlížeče systémů*, kde jsou zobrazeny výchozí, přednastavené systémy. Tyto systémy lze duplikovat pomocí pravého tlačítka myši a přejmenovat podle aktuálních potřeb projektu. V rámci této diplomové práce byly

postupně vytvořeny systémy pro cirkulaci vody, teplou vodu, studenou vodu, plyn, přívod a odvod topení a také suchovod. Prohlížeč systémů představuje další důležité pracovní okno, které lze přetažením za horní lištu umístit pod hlavní panel *Prohlížeče projektu*.



Obrázek 21: Prohlížeč systémů

7.3 Příprava pohledů

Pro efektivní modelování je nezbytné pracovat s několika typy pohledů, zejména s půdorysem a jeho výškovou rovinou řezu, s podélnými a příčnými řezy a také s 3D pohledem.

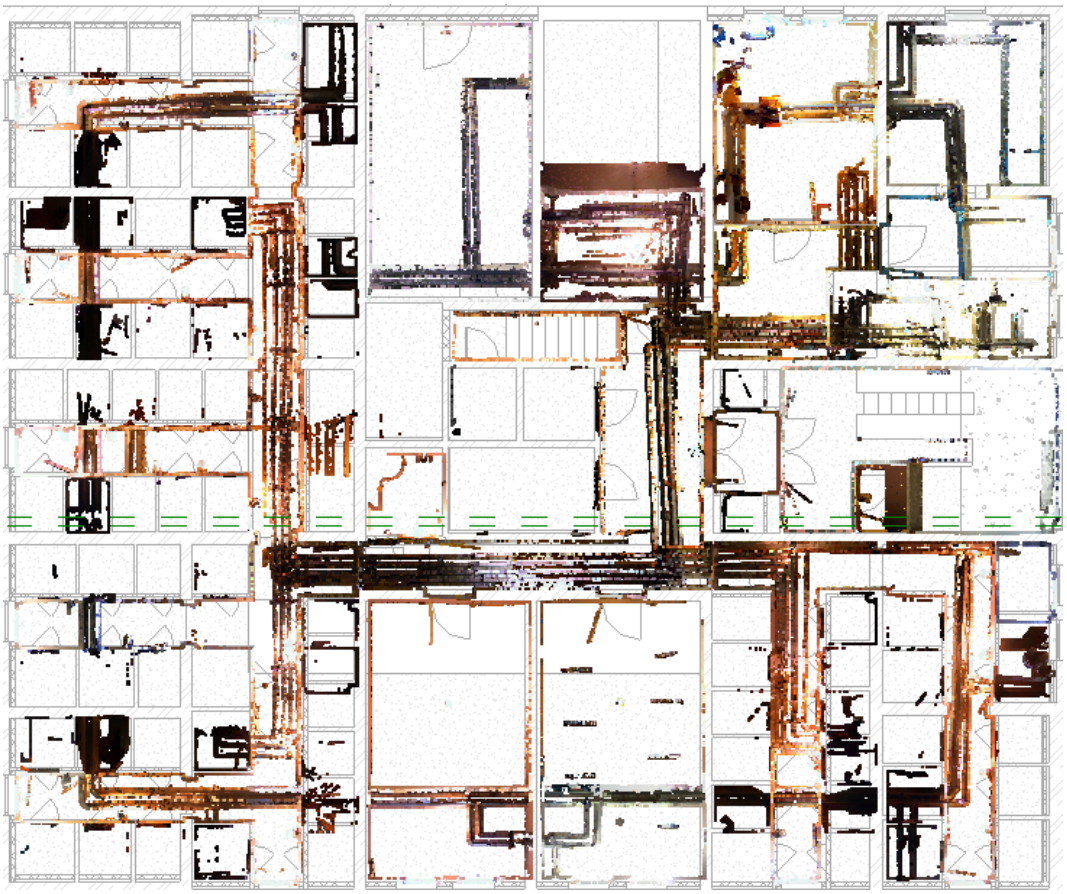
7.3.1 Půdorys

Vzhledem k tomu, že model technického zařízení budovy (TZB) musí být kompatibilní s referenčně připojeným modelem panelového domu, využije se již existující půdorys. Pro účely modelování se použije půdorys prvního nadzemního podlaží, který bude v pohledu *Jih* přesunut do výškové úrovně podlahy suterénu. Výška suterénu byla určena na základě podlahy v modelu, nikoliv podle mračna bodů.

Pohled půdorysu je následně nastaven tak, aby po zviditelnění mračna bodů zobrazoval pouze trubní vedení a obrysy stěn. V panelu vlastností, v sekci *Rozsah*, se upraví parametry tak, aby řezná rovina odpovídala přibližné výšce vedení trubek. Výšku roviny lze orientačně zjistit například pomocí prohlížečky.

Horní a dolní odsazení se nastaví asociativně k prvnímu podlaží. Cílem je zobrazit výhradně trubky bez zbytečného zobrazení stropních nebo podlahových konstrukcí.

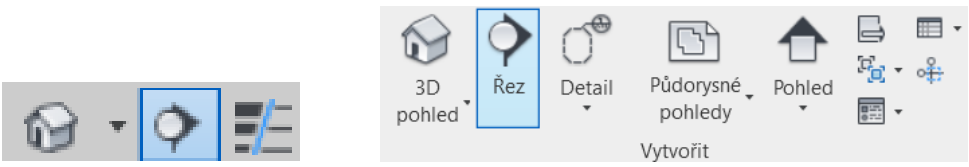
Hodnoty těchto odsazení byly určeny experimentálně metodou pokus–omyl, aby bylo dosaženo co nejlepší viditelnosti potrubí. Horní odsazení definuje, jak velkou část modelu bude možné zobrazit nad rovinou řezu. Dolní odsazení bylo upraveno obdobně, a to tak, aby se v pohledu nezobrazovala podlaha.



Obrázek 22: Zobrazení trubek v půdorysu

7.3.2 Řezy

Řezy se vytvářejí z půdorysného pohledu pomocí ikony v horní liště, případně prostřednictvím karty *Pohled* v sekci *Vytvořit*, funkcí *Řez*.

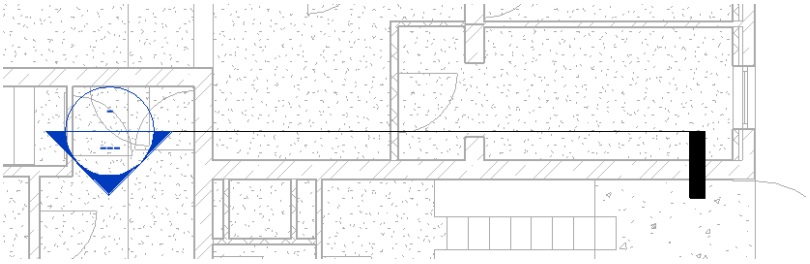


Obrázek 23: Funkce vytvoření řezu

Při modelování budeme využívat jak podélné, tak příčné řezy. Proces jejich vytváření je však jednotný – výsledný typ řezu závisí pouze na tom, jakým směrem je řez veden v půdorysném pohledu. Po vytvoření řezu se tento pohled automaticky zobrazí v *Prohlížeči projektu* ve skupině *Řezy*.

Pohled řezu lze otevřít buď dvojitým kliknutím v panelu *Prohlížeč projektu*, nebo kliknutím pravým tlačítkem myši na grafické znázornění řezu v půdorysu a zvolením možnosti *Přejít na pohled*.

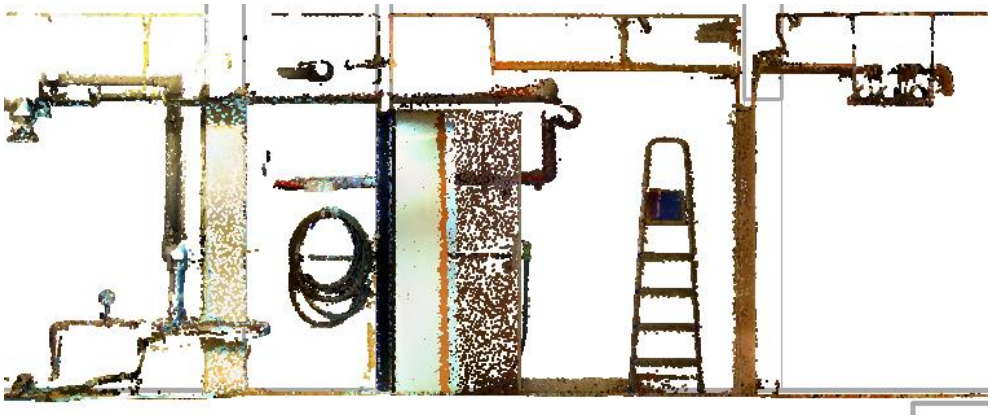
Po vytvoření lze řez dále upravovat. Jednou z důležitých funkcí je možnost *Převrátit směr řezu*, což je užitečné v případě potřeby změnit pohledovou stranu. Směr řezu je v půdorysu znázorněn modrou šipkou a černým kvádrem na koncích čáry řezu.



Obrázek 24: Zobrazení řezu v půdorysu

Dalším důležitým nastavením je parametr *Odsazení zadního ořezání*, který se nachází v panelu *Vlastnosti* v sekci *Rozsah*. Tento parametr určuje vzdálenost od roviny řezu, do které budou objekty ve výřezu zobrazeny. Při modelování je často žádoucí eliminovat zobrazení překážejících prvků, například stěn, které by mohly zhoršit viditelnost potrubí. Proto je vhodné vést řez těsně před potrubím a nastavit odsazení zadního ořezání na hodnotu, která zajistí, že objekty za potrubím již nebudou ve výřezu zobrazeny.

Obrázek 25: Pohled v řezu před úpravou



Obrázek 26: Pohled v řezu po úpravě

Pokud je potřeba řez rozšířit nebo naopak zúžit, klikneme v pohledu řezu na jeho ohraničující rámeček, kde se na každé straně zobrazí modrý bod. Tento bod lze uchopit myší a libovolně s ním posouvat, čímž měníme velikost řezu.

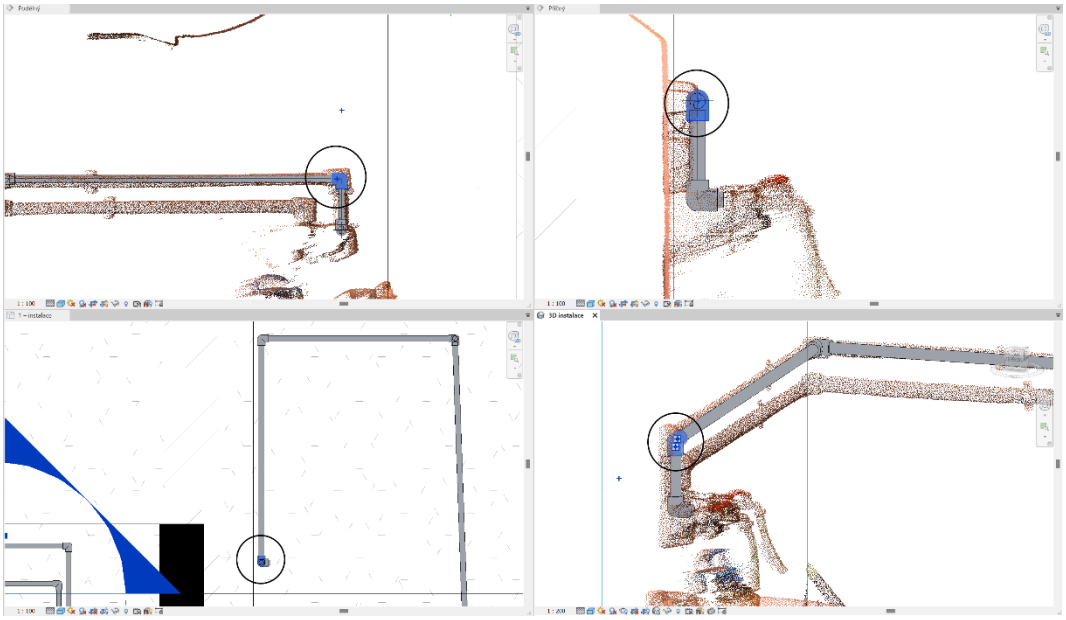
Poslední úpravou je skrytí nepotřebných popisů, například označení podlaží či výškových kót, které pocházejí z referenčně připojeného modelu panelového domu. Pravým tlačítkem myši klikneme na vybraný popis, zvolíme možnost *Skrýt v pohledu* a v rozbalené nabídce vybereme položku *Kategorie*. V případě potřeby opětovného zobrazení těchto prvků klikneme ve spodní liště na ikonu žárovky označující *Zobrazit skryté prvky*. Následně pravým tlačítkem klikneme na požadovaný popis a vybereme možnost *Zobrazit v pohledu*.

7.4 Princip modelování

Pro pohodlné, a především korektní modelování potrubních rozvodů bylo nezbytné zvolit efektivní strategii. Vzhledem k tomu, že model je vytvářen na základě mračna bodů a zároveň v prostředí již existujícího modelu panelového domu, je nutné průběžně sledovat a kontrolovat několik klíčových parametrů – výšku potrubí, jeho polohu vůči okolním konstrukcím, tvar trasy v půdorysu a celkové prostorové umístění vzhledem k mračnu bodů.

Aby bylo možné tyto aspekty spolehlivě sledovat, pracuje se současně se čtyřmi typy pohledů. Půdorys slouží ke kontrole směru vedení trubek, příčný a podélný řez umožňují sledování výškového vedení potrubí a jeho vztahu ke stavebním konstrukcím. 3D pohled pak poskytuje celkový přehled a umožňuje vizuální porovnání modelu s mračnem bodů.

Pro zobrazení všech těchto pohledů současně se využívá funkce *Pohled do dlaždic*, kterou lze aktivovat na kartě *Pohled* v sekci *Okna*. Tato funkce rozdělí pracovní prostředí na čtyři části, ve kterých jsou jednotlivé pohledy zobrazeny vedle sebe.



Obrázek 27: Zobrazení do dlaždic, zvýraznění stejné komponenty ve všech pohledech současně

V takto rozloženém pracovním prostředí je možné sledovat každý vytvářený prvek současně ve všech zvolených pohledech. Teoreticky by pro kontrolu postačovaly pouze tři pohledy, neboť výšku trubek lze zkontrolovat jak v podélném, tak i příčném řezu a půdorysný pohled lze částečně nahradit jejich kombinací. V průběhu modelování však byla využívána různá kombinace pohledů podle aktuální potřeby a nejlepší viditelnosti konkrétních oblastí.

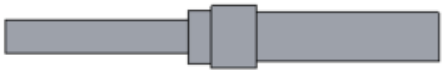
Pro vytvoření nové trubky přejdeme na kartu *Systémy*, sekce *Domovní instalace* a *Trubky*, kde zvolíme nástroj *Trubka*. V levém panelu *Vlastnosti* je následně nutné vybrat typ trubky. Po aktivaci nástroje se zobrazí zelená lišta s možností výběru požadovaného průměru potrubí prostřednictvím rozbalovací nabídky. Dále se ve stejném panelu nastaví typ systému, do něhož bude nová trubka přiřazena. Zatímco typ systému lze během modelování kdykoli změnit, změna průměru již vytvořeného potrubí je v některých případech omezená nebo zcela nemožná.

Pokud je potřeba trubku zalomit, pokračuje se v kreslení bez ukončení příkazu klávesou Esc. Trasa může být vedena kolmo či pod úhlem, který Revit automaticky umožní a v příslušném místě vloží koleno. Pokud byla kresba trubky již ukončena a je nutné na ni navázat novou větev, provede se to kliknutím levým tlačítkem myši na příslušnou trubku. Po označení se na jejích koncích zobrazí body. Kliknutím pravým tlačítkem na některý z nich a výběrem možnosti Nakreslit trubku lze pokračovat v kresbě.

Obrázek 28: Navázání na existující trubku

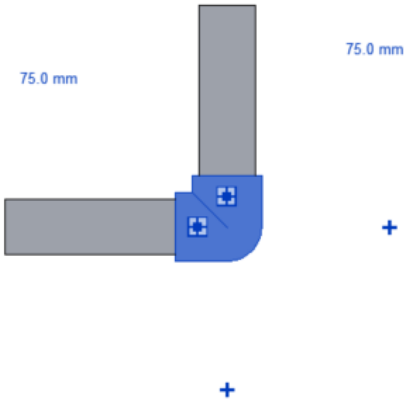
Pokud je potřeba trubku prodloužit nebo zkrátit, lze jednoduše uchopit její koncový bod a táhnout myší ve zvoleném směru. Další běžnou úpravou je změna průměru potrubí v jeho průběhu. V takovém případě po volbě možnosti *Nakreslit trubku* stačí

v panelu *Vlastnosti* zvolit jiný průměr. Aplikace Revit následně na místě změny průměru automaticky vloží odpovídající redukci.



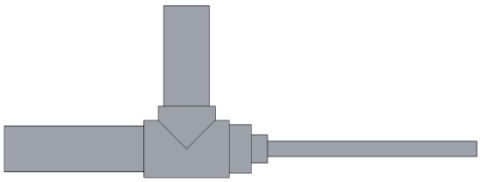
Obrázek 29: Redukce průměru

V případě potřeby vytvoření T-spoje se nejprve vymodeluje zalomení potrubí v požadovaném místě. Následně se klikne na automaticky vložené koleno, které se po označení zvýrazní. Na zbývajících stranách kolena se zobrazí symboly „+“, představující možné směry pokračování. Kliknutím na symbol ve směru, v němž má potrubí pokračovat, Revit automaticky vloží odpovídající T-spoj.



Obrázek 30: Tvorba T-spoje

Pro pokračování potrubí ze spoje se postupuje obdobně jako při navázání na samotnou trubku. Nejprve je nutné kliknout na spoj, který se po označení zvýrazní a zobrazí úchopový bod. Kliknutím pravým tlačítkem myši na tento bod a výběrem možnosti *Nakreslit trubku* lze zahájit pokračování potrubní větve. I v tomto případě je možné změnit průměr trubky, přičemž Revit automaticky vloží jednu či více redukcí podle zvoleného průměru.



Obrázek 31: Ukázka T-spoje se zakomponovanou redukcí průměru

Se všemi prvky potrubního systému lze i po jejich vymodelování dále manipulovat. Po označení požadovaného prvku kliknutím myši dojde k jeho zvýraznění, a poté jej lze levým tlačítkem přetáhnout do nové pozice. Pokud aplikace Revit nalezne odpovídající řešení, je možné libovolně posouvat T-spoje, kolena, jednotlivé úseky potrubí či celé jeho větve.

Je však nutné dbát na to, aby navržený posun byl technicky proveditelný. Například při posunu dvou kolen umístěných za sebou je nutné zajistit, aby mezi nimi zůstala dostatečná vzdálenost a nedošlo k jejich vzájemnému překrytí. Podobně v případech, kdy se koleno nachází za redukcí, je třeba zajistit, aby nedošlo k jejich konfliktu.

V případě, že by navržená změna vedla k neplatné konfiguraci, Revit na situaci upozorní. Může buď operaci zcela zamítnout, pokud není možné zachovat platnost modelu, nebo uživatele informuje, že nebude možné udržet konektivitu spoje a daný úsek potrubí bude automaticky rozpojen.

Existují dva základní způsoby manipulace s již vytvořenými prvky. Prvním z nich je přibližné umístění pomocí přetažení myší na základě vizuální orientace vůči mračnu bodů. Tento způsob je využíván zejména při kreslení nového úseku potrubí nebo při změně výškové úrovně například při odbočení z hlavní trasy, kdy je cílem co nejvíce se přiblížit skutečnému stavu zachycenému v mračnu.

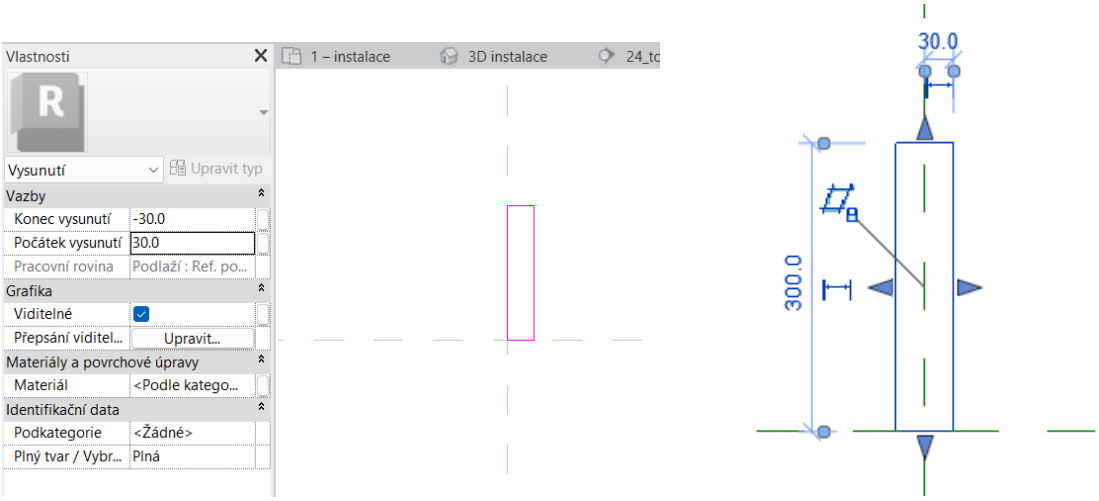
Druhým, přesnějším způsobem, je nominální nastavení výšky osy prvku. Po označení prvku se v levém panelu *Vlastnosti* zobrazí sekce *Vazby*, ve které lze manuálně upravit hodnoty výšky osy, případně výšku horní nebo dolní hrany (v závislosti na typu prvku, např. u trubek). Tato metoda byla často využívána v návaznosti na přibližné umístění, s cílem zaokrouhlit výšku nad podlahou na celé centimetry.

7.5 Tvorba rodin

V rozvodech vody, plynu i topení se nachází celá řada různých uzávěrů, vypouštěcích ventilů a dalších prvků. Na základě dohody s objednatelem budou tyto komponenty v modelu nahrazeny zjednodušenými objekty, například kvádry nebo krychlemi, s cílem zaznamenat především jejich polohu. Typ a specifikace jednotlivých komponent bude zaznamenán názvem komponenty, popřípadě bude uvedena v parametru *Komentář*.

Novou rodinu vytvoříme přes nabídku *Soubor* > *Nové* > *Rodina*. V nabídce šablon zvolíme soubor *Obecný model.rft*. Otevře se nové pracovní prostředí, ve kterém komponentu vytvoříme pomocí funkce *Vysunutí*. Střed kříže v půdorysu reprezentuje budoucí bod připojení, proto je vhodné orientovat kratší stranu kvádru horizontálně a delší vertikálně. Tento způsob usnadňuje pozdější připojování prvku k trubce.

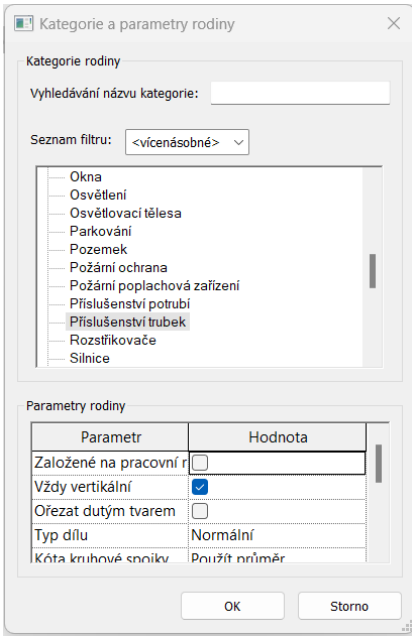
Po dokončení náčrtu půdorysu nastavíme v panelu *Vlastnosti* hodnoty počáteční a koncové výšky vysunutí.



Obrázek 32: Proces vysunutí

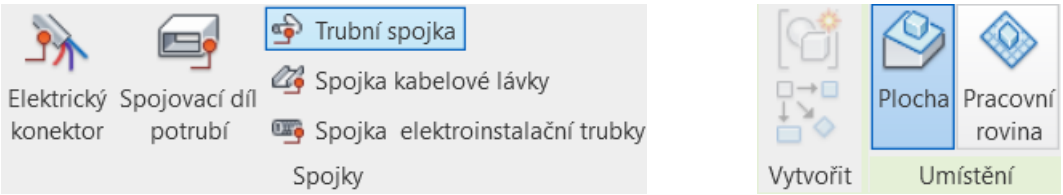
Následně potvrdíme vytvoření vysunutí a pomocí kót od výchozího kříže umístíme komponentu tak, aby její střed ležel v ose svislé čáry. Aby byla komponenta kompatibilní s trubkami, je nutné změnit její kategorii na *Příslušenství trubek*. Tuto změnu provedeme na záložce *Upravit*, v sekci *Vlastnosti*, kde zvolíme možnost

Kategorie rodiny. V nově otevřeném okně pak vybereme kategorii *Příslušenství trubek* a potvrdíme výběr.



Obrázek 33: Kategorie a parametry rodiny

V dalším kroku otevřeme 3D pohled v panelu *Prohlížeč projektu* a přejdeme na kartu *Vytvořit*. V sekci *Spojky* vybereme funkci *Trubní spojka* a následně zkontrolujeme, že v sekci *Umístění* je zvolen způsob *Plocha*.

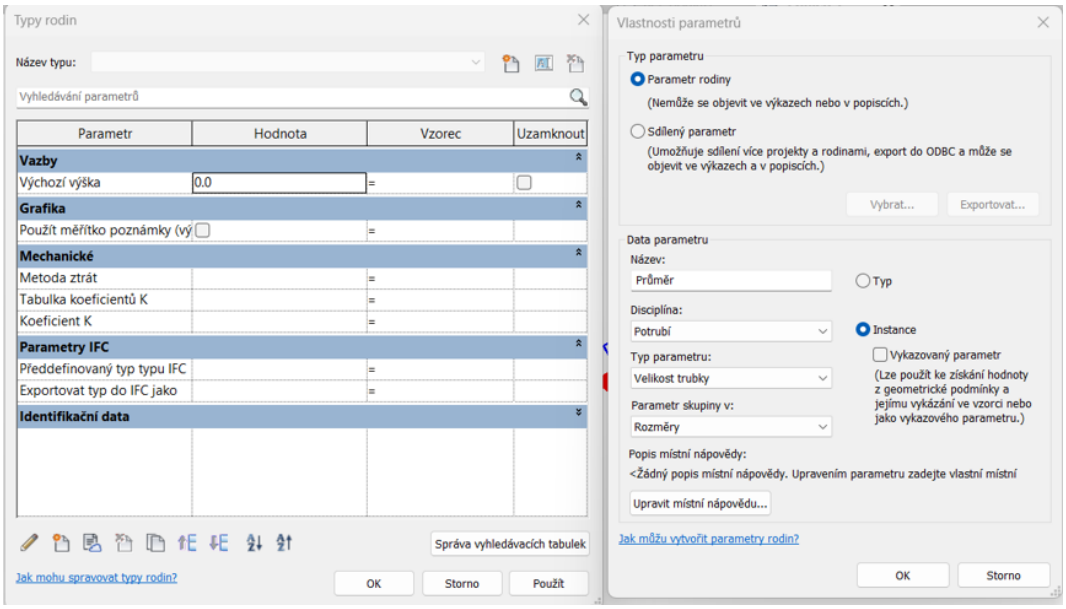


Obrázek 34: Vytvoření trubní spojky

Myší klikneme na hranu plochy, kterou se bude komponenta připojovat a zobrazí se velká kružnice. Klávesou Esc ukončíme režim tvorby trubní spojky a poté klikneme na vytvořenou kružnici. V panelu *Vlastnosti* v části *Rozměry* zadáme průměr trubky, ke které se má komponenta připojovat. V řádku *Klasifikace systému* zvolíme možnost

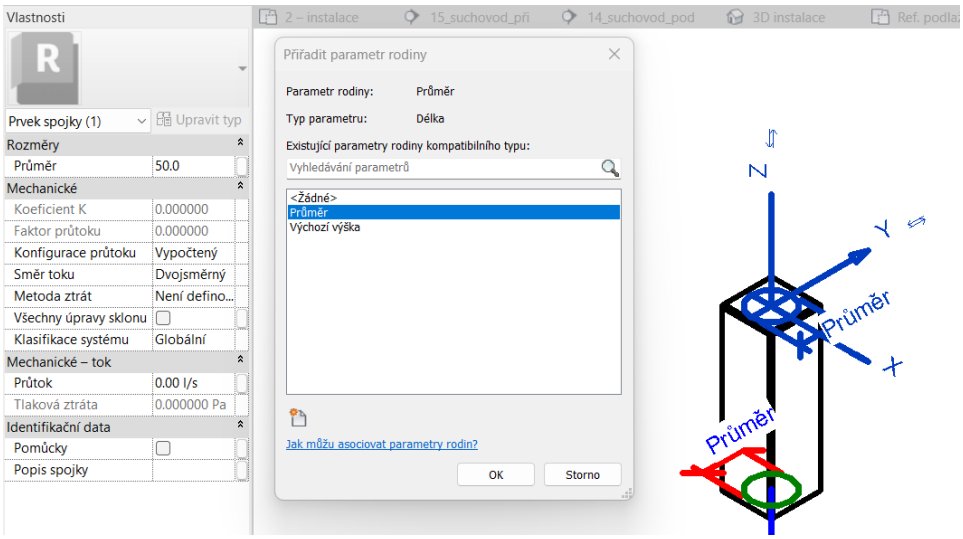
Globální, aby komponenta správně přebírala systémový název. Stejný postup zopakujeme i na protilehlé přípojné ploše, odkud bude trubka dále pokračovat.

V případě, že bude komponenta napojena na trubky s různými průměry, vytvoříme parametr průměr. Na kartě *Upravit* v sekci *Vlastnosti* klikneme na možnost *Typy rodin*. Ve spodní části dialogového okna zvolíme *Přidat nový parametr*, čímž se otevře další dialog. Zde zadáme název parametru a nastavíme jeho vlastnosti podle schématu uvedeného na Obrázek 35.



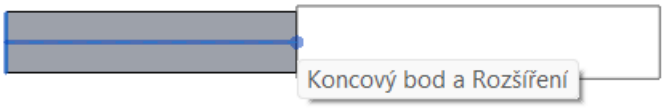
Obrázek 35: Tvorba parametru rodiny

Poté klikneme na kružnici znázorňující připojovací průměr a vedle políčka pro zadání hodnoty průměru rozbalíme nabídku. Zvolíme možnost *Přidat parametr*, vybereme právě vytvořený parametr *Průměr* a potvrdíme. Následně opět zkontrolujeme, že klasifikace systému je nastavena na *Globální*.



Obrázek 36: Přiřazení parametru

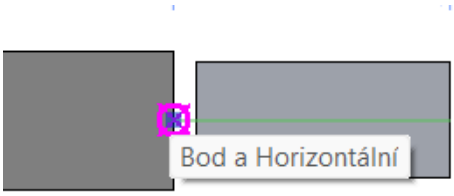
Hotovou rodinu uložíme a pomocí funkce *Načíst do projektu* v sekci *Editor rodin* ji vložíme do modelu. Komponentu připojujeme přímo na konec trubky v půdorysu nebo v řezu. Přiblížíme kurzor ke konci trubky a po zobrazení *Koncový bod a Rozšíření* provedeme kliknutí pro připojení.



Obrázek 37: Připojení komponenty

Komponenta se po vložení chová jako běžná tvarovka – stačí na ni kliknout, vybrat koncový bod a pomocí volby *Nakreslit trubku* pokračovat v kreslení potrubí. V některých případech se však může stát, že komponenta není správně napojena a Revit vytvoří nový, oddělený systém.

Pokud k této situaci dojde, je nutné trubku, která má odlišný systém, nejprve mírně odsunout od komponenty. Následně ji opět přiblížíme k ose komponenty tak, aby se zobrazilo růžové kolečko s křížem. V tento okamžik by měl být systém vystupující trubky shodný se systémem vstupujícím do komponenty.



Obrázek 38: Znovupřipojení komponenty

7.6 Průběh modelování podle mračna

Modelování probíhalo ve více etapách. V první etapě byl aplikován teoretický princip modelování v praxi, přičemž došlo k jeho ověření a postupnému zdokonalení. Pro tuto fázi byl zvolen plynový rozvod, který se jevil jako nejjednodušší z hlediska prostorové orientace i množství prvků.

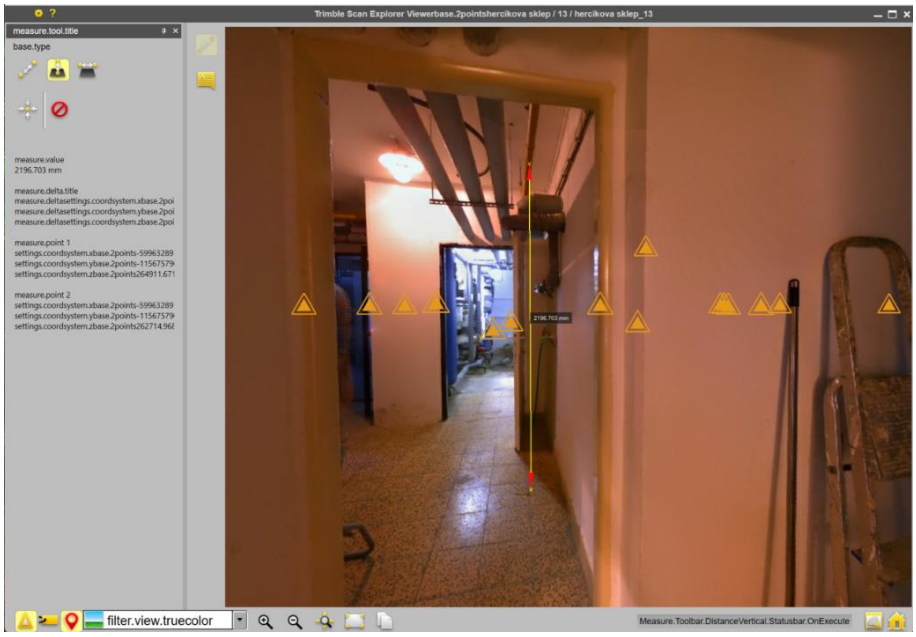
Ve druhé etapě následovalo souběžné modelování tří systémů – rozvodu teplé vody, studené vody a cirkulace.

V závěrečné, třetí, etapě bylo vytvořeno potrubní vedení ústředního topení, které obsahovalo množství navazujících větví a vyžadovalo spolupráci s výkresovou dokumentací.

7.6.1 Plynovod

Přestože by logickým výchozím bodem pro modelování plynovodu byl přívod z exteriéru, modelování bylo záměrně zahájeno v prostoru u vstupních dveří do teplárny, která je považována za technické jádro objektu. Trasa potrubí byla vedena směrem k výtahům, kde byla již v počáteční fázi vytvořena první redukce a následně odbočka z hlavní větve. Součástí trasy byla také prostorově náročnější zatáčka. Díky tomu byl celý modelovací postup důkladně prověřen již na začátku procesu.

Pro kontrolu výškového osazení potrubí byla využita prohlížečka programu Trimble RealWorks, která nabízí možnost měření vodorovných i svislých vzdáleností na základě mračna bodů v kombinaci s fotografickými podklady. Tento nástroj se ukázal jako velmi přínosný doplněk pro modelování, především při kontrole správného prostorového umístění jednotlivých prvků.

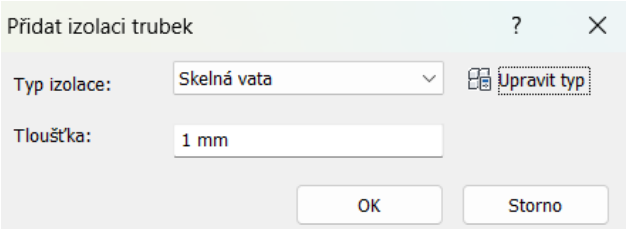


Obrázek 39: Měření vertikální vzdálenosti v prohlížečce

Hned při následujícím větvení hlavního plynového rozvodu se projevil jeden z nedostatků softwaru Revit. Tento program je primárně určen pro projekční činnost a při modelování skutečného stavu může vykazovat jistá omezení, zejména při práci s netypickými úhly vedení. Revit totiž preferuje pravoúhlé napojení prvků a manipulace s jinými směry je často obtížná.

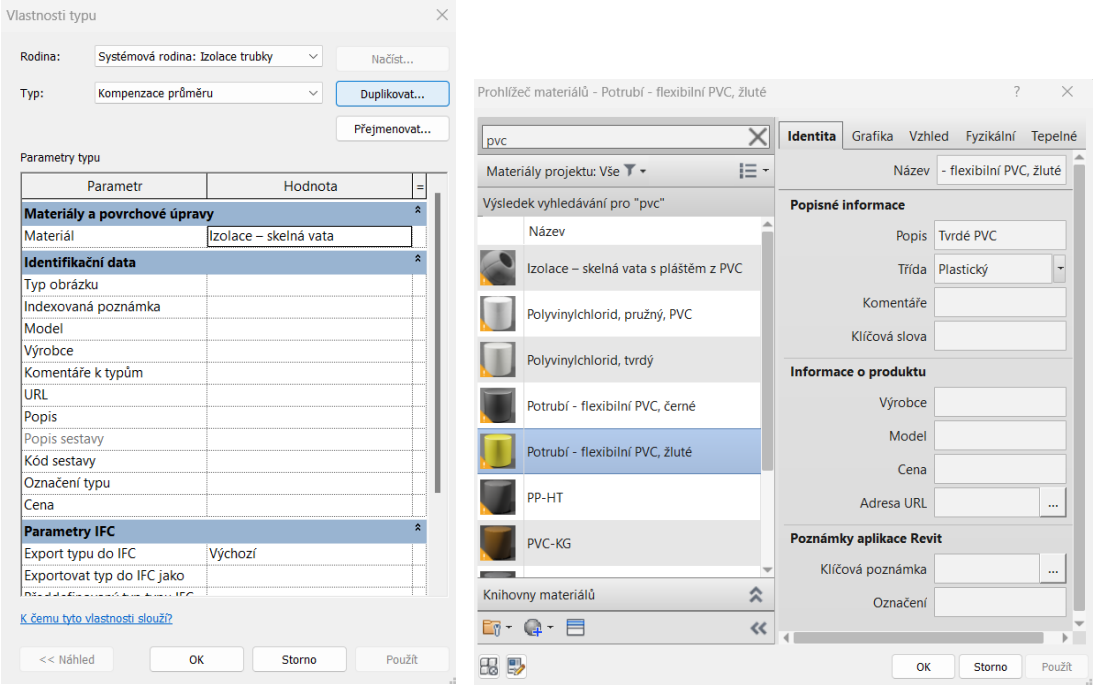
Při modelaci zatáčky směrem k větším sklepním prostorám, kde vedení nebylo kolmé, bylo nutné použít dvě kolena za sebou, mezi nimiž byla vložena velmi krátká trubka. Takové řešení je vizuálně přijatelné, avšak časově náročné, neboť je třeba hledat kombinaci úhlů a délek, které Revit dokáže geometricky a systémově zpracovat. V další části trasy se již obdobné komplikace nevyskytly.

Z důvodu absence některých požadovaných průměrů a potřeby barevného odlišení plynovodu byla vytvořena speciální izolace s názvem „Kompenzace průměru“. Pro její aplikaci je nutné označit požadovanou trubku, poté v záložce *Upravit trubku* v sekci *Izolace trubky* zvolit funkci *Přidat izolaci*. V následně otevřeném dialogovém okně je třeba kliknout na *Upravit typ*, kde se definuje nový vzhled a případně i rozměry izolace.



Obrázek 40: Přidání izolace

Nový typ izolace vytvoříme pomocí tlačítka *Duplikovat*, čímž vznikne kopie původní šablony. Té následně přiřadíme odlišný vzhled a materiál. Materiál izolace se nastavuje v poli *Materiály a povrchové úpravy*, kde klikneme na ikonu se třemi tečkami. Otevře se prohlížeč materiálů, v jehož horní části je možné využít vyhledávací pole k rychlému nalezení požadovaného materiálu. V rámci této práce byla pro kompenzaci průměru zvolena izolace z materiálu žluté PVC.



Obrázek 41: Tvorba nové izolace

Po úpravě materiálu a názvu nového typu izolace vše potvrdíme tlačítkem *OK*. V následujícím okně *Přidat izolaci trubek* vybereme právě vytvořenou izolaci a zadáme požadovanou tloušťku. Je nezbytné mít na paměti, že izolace se aplikuje rovnoměrně

po celém obvodu potrubí. Pokud je tedy cílem kompenzovat průměr například o 4 mm, je nutné zadat tloušťku izolace pouze 2 mm, aby výsledný vnější průměr odpovídal požadované hodnotě.

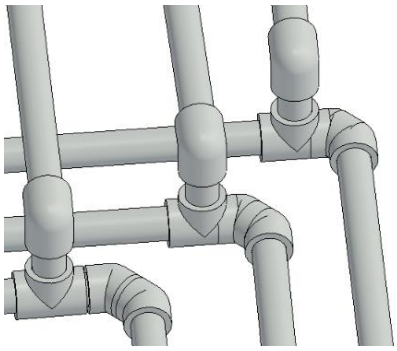
7.6.2 Cirkulace, teplá a studená voda

Vedení cirkulace, teplé i studené vody bylo modelováno souběžně, protože jejich osy se nacházejí ve stejné výškové úrovni, probíhají rovnoběžně v těsné blízkosti a mají shodné průměry. Výhodou tohoto přístupu bylo, že stačilo vytvořit a upravit pouze jeden příčný a podélný řez, které bylo následně možné snadno posouvat. Po vymodelování části jednoho vedení bylo možné druhé vedení modelovat snadněji, neboť Revit umožňuje vést trubky rovnoběžně se sousedními.

Modelování začalo, podobně jako u plynového potrubí, u dveří teplárny a trasa byla zpočátku totožná. Na rozdíl od plynového vedení jsou však potrubí s teplou a studenou vodou místy tvarově odlišná, například zakřivená. Tento průběh byl zjednodušen modelováním na přímé úseky viz Obrázek 42.

Obrázek 42: Zjednodušení trasy potrubí

Další problémovou oblastí byly, stejně jako u plynového vedení, oblouky v okolí výtahů, zejména odbočka směřující do sklepních prostor.

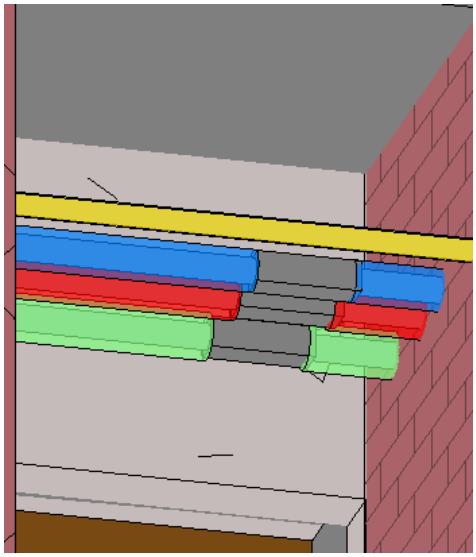


Obrázek 43: Dvojitá kolena u odbočky

Po časově velmi náročném modelování jsem se rozhodl v dalším postupu vytvářet potrubní vedení výhradně s pravými úhly, a to i za cenu drobných odchylek od skutečného průběhu. Toto rozhodnutí bylo schváleno i objednatelem, neboť pro něj bylo důležité pouze přibližné prostorové umístění vedení. Klíčové bylo zejména to, zda potrubí vede vpravo nebo vlevo podél stěny.

Odbočka do kóje, která nebyla zahrnuta ve skenování, byla modelována na základě pořízené fotografie. Z hlavního vedení byla odbočka v mračnu bodů ještě patrná, a podle fotografie bylo následně vymodelováno její zalomení směrem vzhůru do stoupaček. Trubky bylo možné dodatečně zaměřit pomocí metru, ale k tomu nakonec nedošlo, neboť vertikální vedení bylo upravováno tak, aby odpovídalo modelu – konkrétně tak, aby procházelo příslušnou instalační šachtou a zároveň nezasahovalo do zdi.

V průběhu potrubního vedení se dále vyskytují různé uzávěry a vypouštěcí ventily. Tyto prvky byly modelovány pomocí komponent. Ve většině případů se bezprostředně za uzávěrem nacházel vypouštěcí ventil. Tato konfigurace byla řešena komponentou ve tvaru kvádru, jehož šířka byla o 1 cm větší než průměr potrubí a délka odpovídala vzdálenosti mezi uzávěrem a vypouštěcím ventilem. Jedinou komponentou tak bylo možné nahradit oba prvky – uzávěr i ventil. Pokud se na trase vyskytoval pouze uzávěr, byl modelován kvádrem s délkou hrany o 1 cm větší než průměr daného potrubí.



Obrázek 44: Komponenty reprezentující uzávěr a vypouštěcí ventil

Specifickým místem z hlediska modelování byla místnost teplárny, kde byl po dokončení měřických prací změněn přívod studené vody. V rámci skenovacích prací pro související diplomovou práci byly pořízeny dva nové skeny zachycující změny v přívodu. Tyto skeny již nebyly dále zpracovávány, místo toho z nich byla vytvořena prohlížečka v softwaru Trimble RealWorks, v níž byla prováděna měření vzdáleností od stěn, na jejichž základě byla příslušná část modelována.

Další zvláštností této místnosti byla vysoká technická náročnost zařízení, která byla prostorově provázána s technologiemi ústředního vytápění. Po konzultaci s objednatelem bylo rozhodnuto tuto část zjednodušit a doplnit ji na základě pořízených fotografií.

V závěrečné fázi modelování byla do modelu doplněna izolace. Na základě smlouvy o provedení trubního vedení, kterou poskytl objednatel, byla tloušťka izolace stanovena na 20 mm pro teplou vodu a cirkulaci a 15 mm pro studenou vodu. Pro zajištění vizuálního rozlišení typů potrubí byla izolace barevně odlišena: cirkulace byla označena zeleně, teplá voda červeně a studená voda modře.

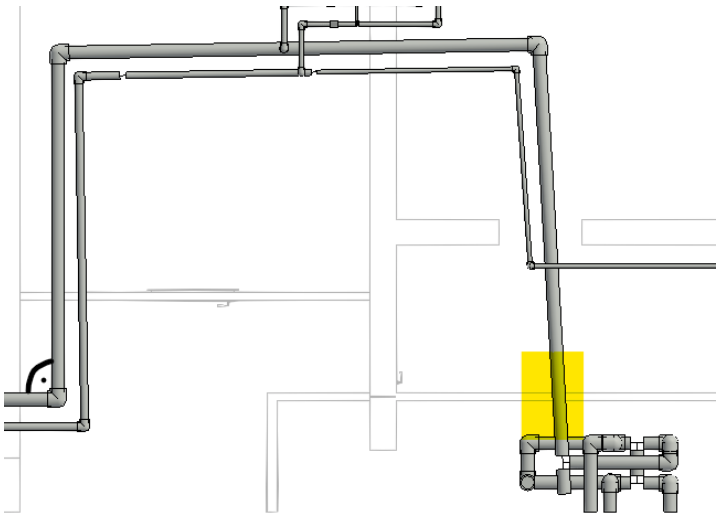
7.6.3 Ústřední vytápění

Modelování systému ústředního vytápění bylo časově i technicky nejnáročnější částí práce. Zásadní výzvou bylo správné určení, která trubka představuje přívod teplé vody a která odvod ochlazené vody. Již během počáteční fáze modelování podle mračna bodů byly využívány i dostupné výkresy. V první verzi modelu se však ukázalo, že přívod a odvod byly omylem zaměněny, což si vyžádalo přepracování příslušné části rozvodů. Naštěstí byla chyba odhalena včas, kdy větší část systému ještě nebyla vymodelována.

K chybné identifikaci přívodu a odvodu přispělo i chybné umístění informačních štítků v některých částech objektu. K pochybnostem došlo ve chvíli, kdy došlo k nečekané záměně průměrů potrubí přívodu a odvodu, což vzbudilo podezření. Po podrobnějším rozboru bylo zjištěno, že průměry se v průběhu trasy logicky mění – přívodní potrubí je na začátku nejširší a směrem ke koncovým bodům se zmenšuje v důsledku odboček k jednotlivým stoupačkám, které postupně odebírají teplou vodu do radiátorů. Naopak vratné potrubí (odvod) se směrem zpět k teplárně postupně rozšiřuje, neboť sbírá

ochlazenou vodu z jednotlivých topných těles. Tato teorie byla následně potvrzena konzultací se zkušeným odborníkem.

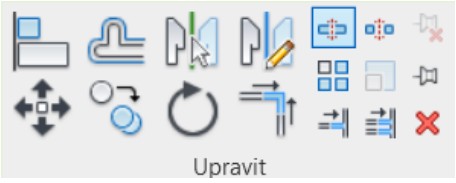
Modelování bylo zahájeno v místnosti rozvodů společnosti CETIN, kde byl původně chybně identifikován nejširší přívod z teplárny. Po zjištění omylu bylo již vytvořené potrubí využito, přičemž bylo pouze převedeno do správného systému. V této místnosti bylo potrubí modelováno pod úhlem dle skutečnosti, zachycené v mračnu bodů, aby se odvodní potrubí napojilo na místnost teplárny ve správné pozici a nekomplikovalo modelování již tak složitého prostoru. Na Obrázek 45 je žlutě zvýrazněno místo, kvůli němuž bylo potrubí vedeno dle skutečné trasy. V levém dolním rohu je dále znázorněna značka pravého úhlu, odkud již bylo potrubí ústředního vytápění vedeno pravoúhle.



Obrázek 45: Trasa pod úhlem podle skutečnosti

V první fázi modelování byl vytvořen hlavní okruh přívodu a odvodu, vedoucí od místnosti CETIN až po vstup do prostoru pod schodištěm. Následně byly modelovány jednotlivé odbočky z hlavní větve k jednotlivým stoupačkám. Pro tento účel byla využita funkce rozdělení potrubí v konkrétním místě.

Po výběru požadovaného potrubí se v horní liště aktivuje záložka *Upravit*, ve které je k dispozici nástroj *Rozdělit prvek*. Po kliknutí na zvolené místo potrubí se automaticky vloží spojka. Po jejím odstranění zůstane potrubí rozdělené na dvě části, z nichž je možné vytvořit odbočku. Ta je následně napojena na hlavní větev pomocí komponenty T-spojky.



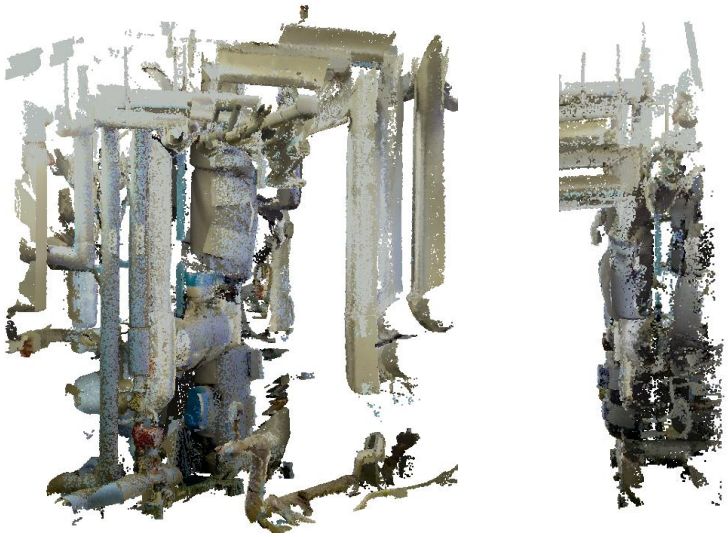
Obrázek 46: Funkce rozdělit prvek

V průběhu modelování se objevila řada problémových míst. Odbočky z hlavní větve, které se následně stáčely vzhůru do stoupaček, se až na výjimky nacházely ve sklepních kójích. Přestože byly kóje skenovány, často obsahovaly množství předmětů, které znemožnily úplný vizuální průhled na celé vedení potrubí. Z tohoto důvodu nebylo vždy možné přesně určit jejich trasu. Pro potřeby výsledného modelu však postačilo přibližné určení jejich umístění.

Další komplikací bylo odbočení do stoupacího vedení v místnostech zasedací místnosti a velké kolárny. Přívod a odvod bylo možné z mračna bodů rozeznat, avšak u zdi byly trubky společně zaizolovány, takže nebylo zřejmé, která trubka se stáčí nahoru vpravo a která vlevo. Tento problém byl vyřešen fyzickým nahlédnutím do bytu, kterým stoupačky vedou, kde bylo možné přesně určit polohu přívodu a odvodu.

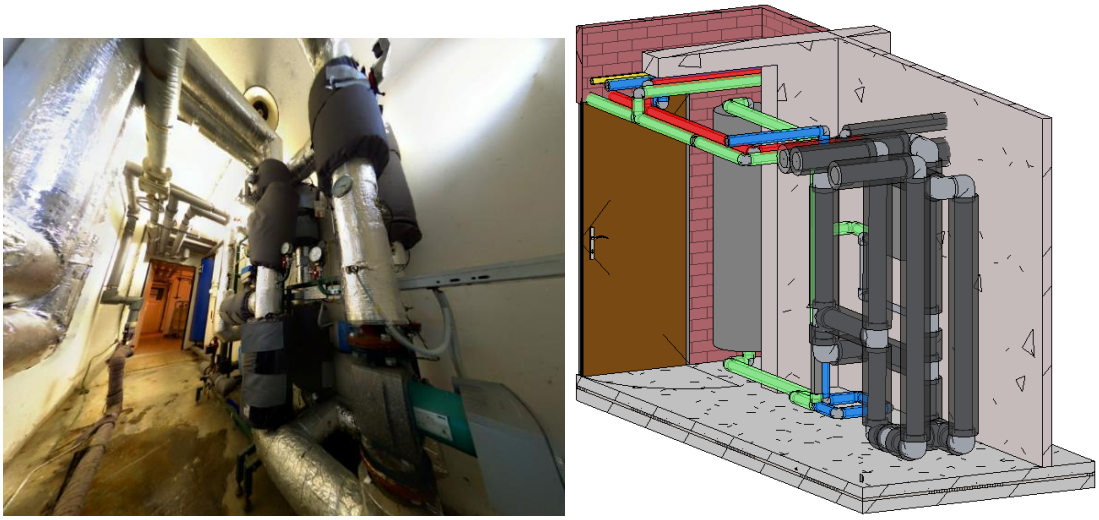
Složitá situace nastala také v prostoru pod schodištěm. Vzhledem k velmi stísněným podmínkám zde nebylo možné nasnímat trubky ze všech stran. Modelace byla proto založena na průstupech potrubí ze sousedních místností. V kombinaci s částečně zachyceným mračnem a pořízeným videozáznamem byla následně domodelována i zbylá část potrubního vedení, včetně přívodu a odvodu směrem do exteriéru budovy. Obě potrubí byla ponechána jako otevřená v místě vstupu/výstupu z objektu.

Značné komplikace se vyskytly rovněž v místnosti teplárny. Vzhledem k vysoké koncentraci potrubí, zařízení a tvarových prvků na relativně malém prostoru nebylo možné v mračnu bodů přehledně rozlišit jednotlivé prvky. Přední část místnosti byla zaznamenána poměrně kvalitně, avšak technologie umístěné ve druhé řadě již nebyly z mračna jednoznačně identifikovatelné.



Obrázek 47: Ukázka mračna bodů části teplárny

Větším problémem však byly chybějící detailní znalosti celého zařízení. Přestože byl k dispozici výkres technologie, jeho schématické znázornění mi znemožnilo jednoznačně přiřadit jednotlivé části výkresu k reálným prvkům v prostoru. Naštěstí tato část modelu není klíčová pro jeho výsledné využití, protože správu či řešení poruch této části zařízení neprovádí výbor SVJ, ale přímo dodavatel Teplárny Brno. Využitím pořízeného videa byla tato část modelu maximálně zjednodušena a vytvořena bez detailního zobrazení příslušných zařízení, jako jsou čerpadla, uzávěry, kompresory a další.



Obrázek 48: Skutečnost a odpovídající část modelu

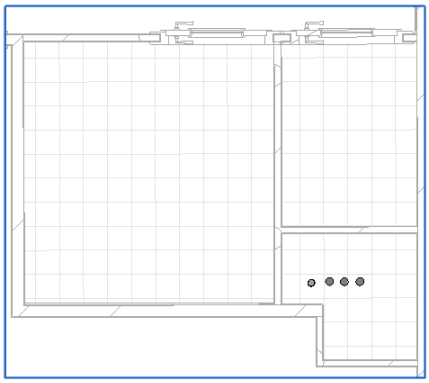
Obdobně jako u plynu a vody se i v systému ústředního topení vyskytovaly uzávěry a vypouštěcí ventily, které byly rovněž modelovány pomocí komponenty představující vzdálenost mezi uzávěrem a ventilem. Šířka této komponenty byla o 1 cm větší než průměr potrubí.

7.7 Modelování podle výkresové dokumentace a fotografií

Tato kapitola je věnována modelování na základě jiných zdrojů, které nebyly získány přímým měřením v terénu. Podklady pro následující práci zahrnují především výkresovou dokumentaci, dále fotografie, videa a existující BIM model panelového domu. V této části se zaměřujeme především na svislé, stoupací potrubí, s výjimkou několika málo případů vodorovných vedení.

7.7.1 Vodovod a plynovod

Jelikož vedení plynu, cirkulace, teplé a studené vody přechází z vodorovného vedení na svislé vždy rovnoběžně vedle sebe, byla tato vedení modelována současně. V první fázi byly všechny čtyři systémy vytaženy do druhého nadzemního podlaží (2. NP). Následně byl otevřen 3D pohled natočený shora a aktivován ořezový kvádr. Model byl ořezán na bezprostřední okolí trubek, které se nacházejí v šachtě pro stupačky, což je znázorněno čtvercovou sítí spolu s koupelnou (viz Obrázek 49). Dále byl model ořezán tak, aby v daném pohledu nebyl vidět suterén ani střecha.



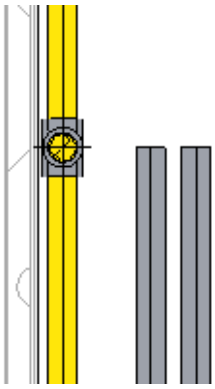
Obrázek 49: Půdorys koupelny a WC se stoupací šachtou

Pokud se vedení v určeném místě nenachází a vybíhá ven nebo zasahuje do zdi, je nutné vedení přizpůsobit modelu, i když tím pravděpodobně dojde k mírnému odchýlení od reality v suterénu. Pro tento účel vytvoříme podélný a příčný řez a potrubí ve směru, kterým vystupuje ze šachty, přetažením posuneme tak, aby se vešlo do šachty.

V dalším kroku budeme vytvářet odbočky do jednotlivých bytů, na které budou následně připojeny komponenty reprezentující vodoměry nebo plynoměry. Měřiče se netýkají vedení cirkulace, zde bude vedena pouze rovná trubka vedle teplé vody, na kterou se napojí za poslední přípojkou. Jelikož se po celé délce nemění průměr potrubí, stačí vytvořit jedno vedení pro danou stoupačku a pro další dvě potrubí jej lze zkopírovat a vložit na příslušné místo.

První odbočka je vytvořena libovolně, poté na ni klikneme a zadáme výšku, ve které má být umístěna. Bylo stanoveno, že přípojky budou ve výšce 140 cm nad podlahou, přičemž nulová úroveň je v suterénu, tudíž první přípojka bude ve výšce 420 cm. Klikneme tedy na přípojku a v panelu *Vlastnosti*, v sekci *Vazby*, přepíšeme výšku osy na hodnotu 420 cm. Následně pokračujeme dále. Výšku můžeme upravovat buď opakovaným přepisováním ve vlastnostech, nebo si odměříme délku T-spoje a po pokračování další trubky zadáme délku odpovídající výšce další přípojky.

Po vymodelování všech přípojek až do posledního patra přepneme na příčný řez, kterým sledujeme stranu s přípojkami a vytáhneme ostatní systémy do výšky první přípojky viz Obrázek 50.



Obrázek 50: Vytažení trubek ostatních systémů

Následně označíme celou větev s přípojkami a pomocí funkce *Kopírovat* ze sekce *Upravit* ji zkopírujeme přes střed první přípojky. Poté tuto kopii jednoduše přesuneme na střed trubek ostatních systémů. Pokud je potřeba změnit průměr trubek, označíme celou větev a průměr upravíme, větev bude automaticky přegenerována i s T-spojkami.

Celkem bylo vytvořeno šest skupin tohoto stoupacího vedení. Jedna z nich, vedoucí kolem garsonek, neobsahuje plynové potrubí. Podle původní výkresové dokumentace bylo v objektu celkem osm stoupacích vedení. V roce 2006 ale proběhla rekonstrukce, během níž došlo ke sloučení dvojice stoupacích vedení obsluhujících garsonky. Z původních dvou bylo zachováno jedno (za WC), z něhož byly následně napojeny i části, které byly dříve obsluhovány samostatným vedením (kuchyňský kout). Druhé stoupací vedení, původně vedené přes společné místnosti pro úklid na každém podlaží, bylo zcela zrušeno. Pouze jedna úklidová místnost v suterénu byla nově napojena přímo z hlavní větve vodorovného potrubí.

Na závěr byly vytvořeny komponenty ve tvaru krychle, jejichž strana je o 1 cm větší než průměr trubky, které slouží jako zástupné prvky pro vodoměry a plynoměry.

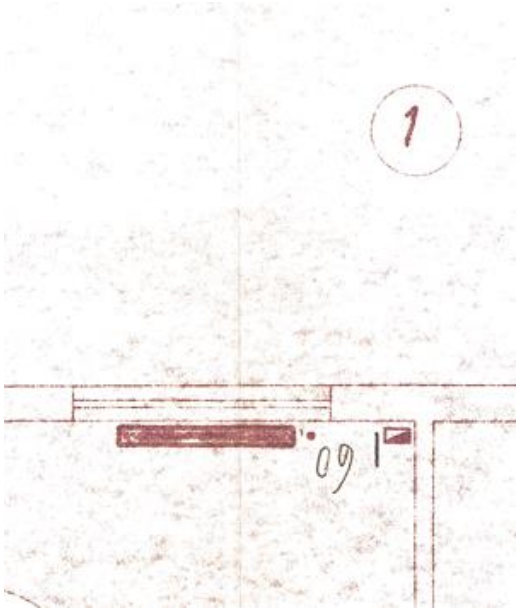
Poslední chybějící částí byl úsek teplárny, konkrétně oblast propletená s rozvody ústředního vytápění. Tato část byla modelována z mračna bodů do místa, kde ještě bylo možné jednotlivé prvky jednoznačně rozpoznat. Následně byla pořízena sada fotografií, podle kterých byla zbylá část systému zjednodušeně domodelována.

Obdobným způsobem jako plynovod a vodovody byly modelovány i suchovod a potrubí pro hydranty, s tím rozdílem, že v suterénu byla v mračnu bodů viditelná dvířka od obou systémů. Díky tomu bylo možné určit jejich výšku nad podlahou, od které se následně odvíjelo další modelování, konkrétně byla k této výšce postupně přičítána hodnota 280 cm pro každé další podlaží.

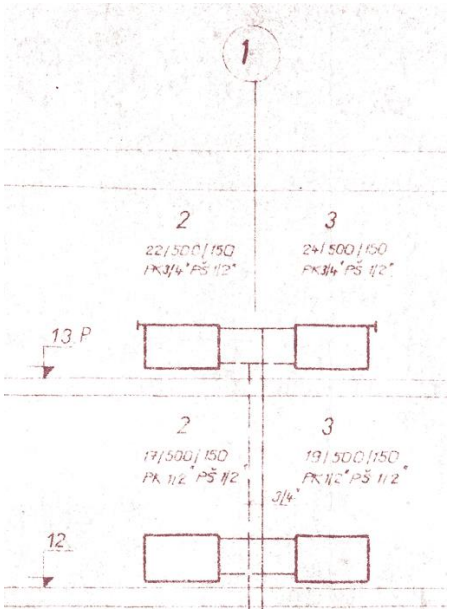
7.7.2 Ústřední vytápění

Při modelování stoupacího vedení ústředního topení byla hlavním podkladem stavební dokumentace, která byla na několika místech ověřena a doplněna vlastním měřením výšky os přívodu a odvodu radiátorů. Dva radiátory byly navíc zachyceny na fotografiích, na jejichž základě byly přesněji vymodelovány.

Na rozdíl od plynovodu a vodovodu musela být každé větev přívodu i odvodu modelována samostatně, neboť se jejich průměry měnily v různých úsecích. Jako podklad sloužil půdorysný výkres a výškové schéma ústředního vytápění (viz příloha č.2). V půdorysu byly naznačeny řezy s číselným označením, kterým ve výškovém schématu odpovídala vždy jedna konkrétní větev stoupacího vedení. Celkově se v panelovém domě nachází 13 větví stoupacího vedení. Ve třech bytech s dispozicí 3+1 jsou vždy tři samostatné větve, ve dvou bytech typu 1+1 je vedena vždy jedna větev, v garsoniéře je rovněž jedna větev a poslední, zkrácená větev, je situována na únikovém schodišti. Samotné modelování probíhalo ve více etapách.



Obrázek 51: Výstřižek půdorysu s označením řezu 1



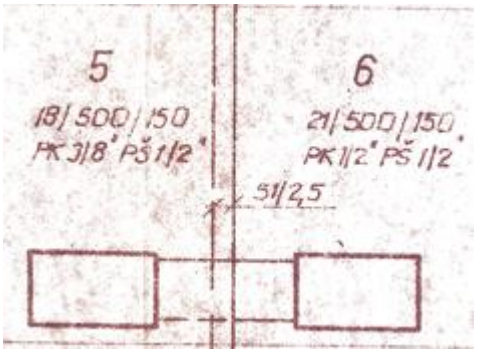
Obrázek 52: Výstřižek odpovídající části na výkrese výškového schéma

První fáze se zaměřila na změny průměru hlavní stoupací větve. Každá z třinácti větví byla modelována v příčném řezu, který zobrazoval stoupačku z boku – s exteriérem budovy na jedné straně a interiérem na druhé. V každém podlaží byla vytvořena odbočka bez určení přesné výšky. Změny průměrů byly čteny z výkresu. Někdy byly redukce zakótované přímo ve výkrese, jindy ne – v takových případech byla redukce umístěna přibližně do středu podlaží.

Tímto způsobem bylo vytvořeno všech 13 větví pro přívod i odvod. U větve číslo sedm byl zaznamenán rozpor v průměrech mezi půdorysem a výškovým schématem. Naštěstí se jednalo o byt, který bylo možné fyzicky zpřístupnit, a tak došlo k ověření rozměrů přímo na místě. Výsledek ukázal, že správné průměry byly uvedeny ve výškovém schématu – v půdorysu byly průměry přívodu a odvodu prohozené.

Druhá fáze řešila průměry a výšky odboček ze svislého vedení do vodorovného, tedy přívodu a odvodu k radiátorům. I v této části se pracovalo v již připravených příčných řezech z první fáze. Modelování probíhalo opět podlaží po podlaží, protože umístění i průměry přívodů a odvodů se různě měnily. Absolutní výšky os přívodů a odvodů byly pro každé podlaží spočítány a zaznamenány do tabulky, která sloužila jako hlavní vodítko pro zbytek modelování.

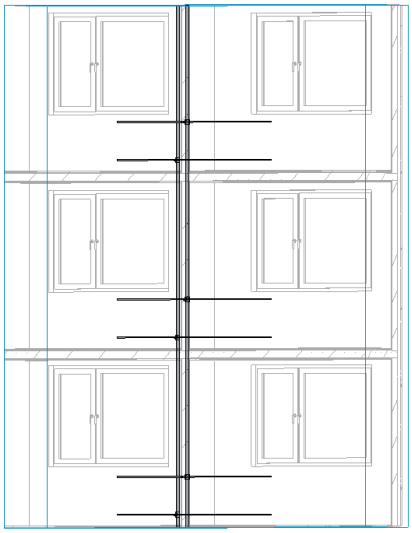
Každé podlaží a větev byly ve výkresu následně projity a připravené odbočky upraveny podle výkresu – změnil se jak jejich průměr, tak i výška dle tabulky. Průměry přívodů a odvodů byly čteny z výškového schématu, kde byly uvedeny pod typem radiátoru. Zkratka PK (přímý kohout) označovala přívod, zatímco PŠ (přímé šroubení) odpovídalo průměru odvodu.



Obrázek 53: Ukázka zápisu PK (přímý kohout) a PŠ (přímé šroubení)

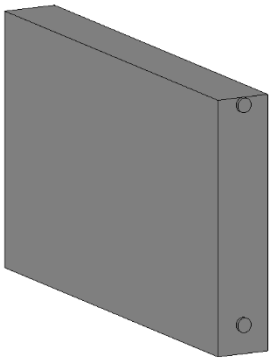
Na závěr modelace každé stoupací větve byla hlavní stoupací trubka posunuta tak, aby se nacházela 3 až 5 cm od stěny a délky všech odboček byly sjednoceny na 15 cm od stěny.

V následující části bylo nutné vytvořit příčný řez a umístit jej tak, aby se nacházel těsně před odbočkami z hlavní stoupací větve. V tomto pohledu pak byly modelovány trubky navazující na odbočky přívodu a odvodu, které vedly podélně podél stěny až k místu připojení radiátoru. V některých půdorysech jednotlivých podlaží byly tužkou doplněny délky těchto trubek, a tyto hodnoty byly následně aplikovány napříč celou danou stoupací větví. Po dokončení modelace všech trubek vedoucích k radiátorům byl model připraven na samotné připojování jednotlivých otopných těles.



Obrázek 54: Připravený pohled pro vkládání radiátorů

V závěrečné fázi byly modelovány samotné radiátory. Na základě dohody s objednatelem byly v modelu zjednodušeně reprezentovány kvádrem odpovídajících rozměrů. Aby se však i tato zjednodušená komponenta alespoň částečně přiblížila skutečnému vzhledu radiátoru, byla doplněna o naznačená místa připojení přívodu a odvodu.

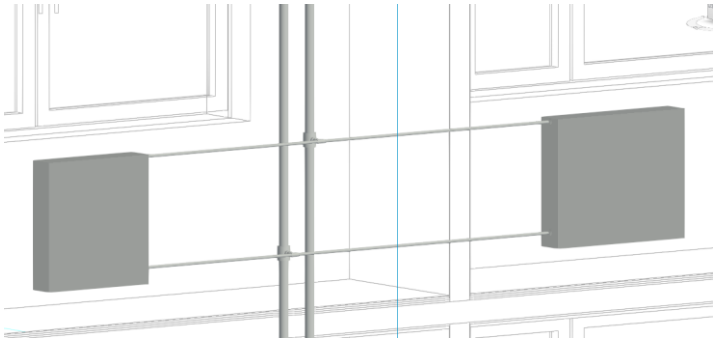


Obrázek 55: Komponenta reprezentující radiátor

Typ radiátoru byl převzat z výkresů jednotlivých podlaží, kde byl označen formátem 15/600/150. Tento zápis udává počet žeber (15), výšku radiátoru (600 mm) a hloubku (150 mm). Šířka jednoho žebra byla změřena na 6 cm. Při kontrole několika bytů však vyšlo najevo, že uvedené rozměry neodpovídají skutečně osazeným radiátorům – zatímco počet žeber byl správně, výška radiátorů se lišila. Tento nesoulad pomohl

vyřešit objednatel, který provedl kontrolu vybraných bytů a určil, jaké rozměry radiátorů si v jednotlivých místnostech přeje osadit.

V první fázi byl vytvořen jeden univerzální typ radiátoru, který se dle potřeby upravoval a následně ukládal jako samostatná varianta. Poté byly jednotlivé radiátory vkládány do projektu, napojeny nejprve na přívod a následně propojeny s odvodem.

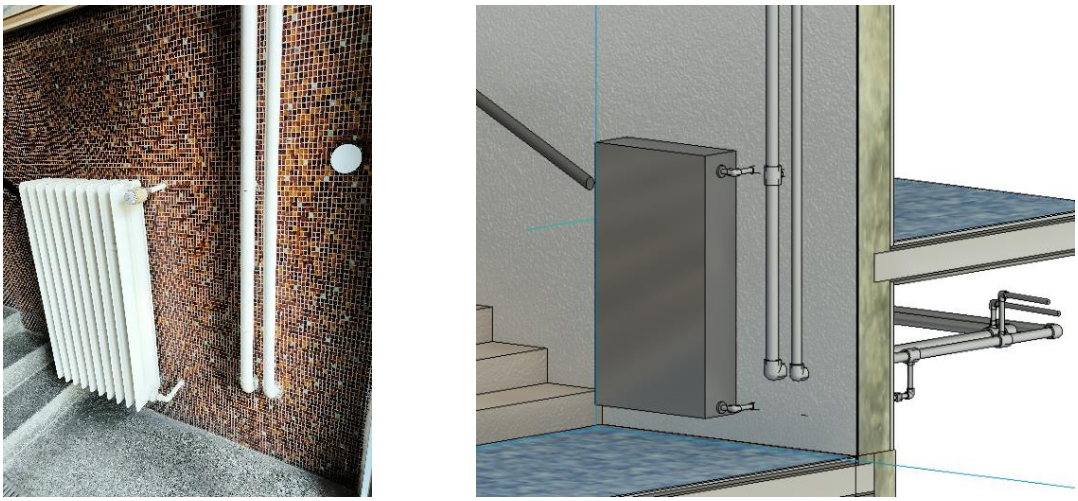


Obrázek 56: Připojené radiátory k větvi ÚT

Ve dvou případech bylo nutné modelovat radiátory podle fotografií nebo videozáznamu. Prvním z nich je radiátor umístěný v 1.NP v prostoru rozvodny, který byl do objektu dodatečně instalován a v původní výkresové dokumentaci se nevyskytuje. Přívodní potrubí vedoucí z větve umístěné v popelárně bylo modelováno na základě mračna bodů, avšak po prostupu stropem bylo další vedení rekonstruováno již podle fotografické dokumentace a naměřených délkových údajů.

Obrázek 57: Skutečný radiátor a odpovídající část modelu

Druhý případ nastal u hlavního vstupu. Radiátor sice byl uveden v původní dokumentaci, avšak jeho přesná poloha nebyla zakótována, proto byl modelován na základě natočeného videa. Navíc zde nastal problém, protože podle mračna bodů byl z větve v popelárně modelován pouze odvod, který však po průchodu zdí vystupoval na jiném místě, než bylo patrné z fotografie. Pravděpodobně tedy potrubí ve zdi zatáčelo podobně jako sousední stoupací větev vedoucí k radiátorům v patrech. Z této stoupací větve se následně odděloval přívod, který vedl do zdi a u radiátoru ze zdi opět vycházel.



Obrázek 58: Skutečný radiátor a odpovídající část modelu

7.8 Vkládání informací

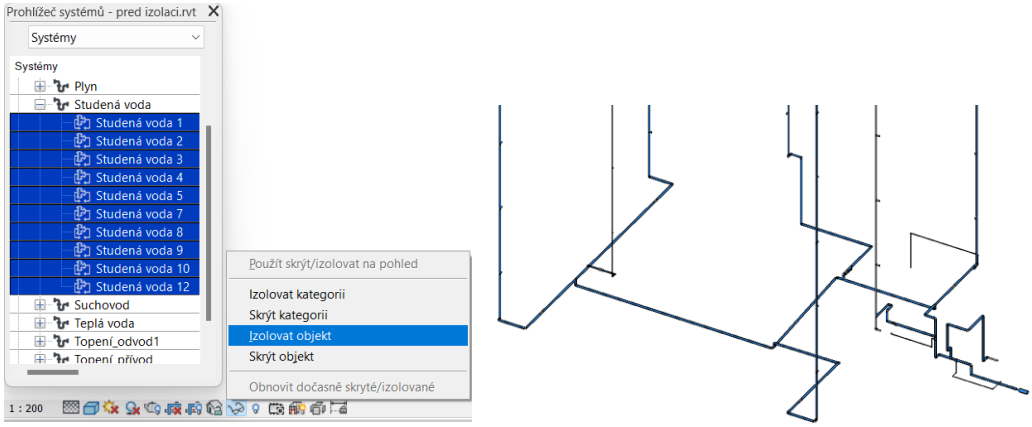
Po dokončení modelu následovala fáze doplňování informací, která je klíčová pro funkční využití modelu při správě objektu.

V první řadě byla provedena kontrola jednotlivých technických systémů. Během procesu modelování občas docházelo k nesprávnému napojení některých komponent, což vedlo ke vzniku několika nežádoucích subsystémů. Tyto chyby bylo nutné opravit přepojením, případně opětovným vložením některých prvků.

Pro efektivní kontrolu systémů bylo nejvhodnější využít 3D pohled. Každý systém byl ověřován samostatně tak, že byl v grafickém zobrazení izolován od ostatních prvků modelu.

Kontrola probíhala následujícím způsobem: pomocí klávesy F9 byl otevřen prohlížeč systémů, kde byla rozbalena nabídka požadovaného systému. Při současném podržení klávesy Ctrl byly označeny všechny jeho subsystémy. Tímto způsobem bylo možné vizuálně vybrat celé potrubní vedení systému.

Ve spodní části okna pak byla kliknutím na ikonu „brýlí“ a následnou volbou *Izolovat objekt* zobrazena pouze větev daného systému, což umožnilo její kontrolu bez rušivých prvků okolního modelu.



Obrázek 59: Izolování objektu

Ve zvoleném zobrazení byla provedena kontrola každého systému zvlášť. Postupoval jsem tak, že byl vždy označen jeden subsystém, čímž bylo možné sledovat jeho průběh a zjistit, odkud kam vedení vede a kde dochází k jeho přerušení nebo přechodu na jiný subsystém. V místech těchto přechodů byla následně provedena oprava.

V dalším kroku byl každý systém rozdělen na subsystémy a jednotlivé větve byly opatřeny popisy odpovídajícími jejich funkci. Dělení probíhalo za uzávěry s vypouštěcím ventilem, přičemž samotný uzávěr a ventil byly vždy přiřazeny do větve obsluhující bytové jednotky.

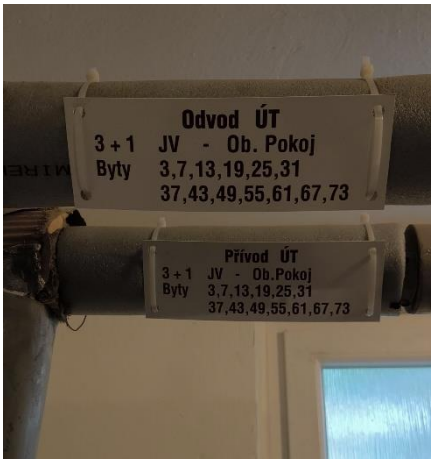
Vodovodní a plynové rozvody byly označovány pomocí strukturovaného formátu ve znění:

- typ rozvodu (Plynovod, Cirkulace, Teplá voda, Studená voda),
- označení stoupačky (písmeno A až F) viz příloha č. 2.8,
- číslo sklepní kóje, kde dochází k přechodu z vodorovného na svislé vedení (např. *K:66*),
- a seznam bytových jednotek, které daná větev obsluhuje (např. *B:3,10*).

Příklad pojmenování větve: *Cirkulace A-K: 65, 66 B: 2, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66, 72*.

Rozvody ústředního topení (přívod a odvod) byly pojmenovány podle popisů uvedených na štítcích u jednotlivých větvení hlavního rozvodu. Slovo *Byty* bylo zkráceno na *B*.

Příklad pojmenování větve přívodu ÚT: Přívod ÚT: 3+1 JV - Ob. Pokoj; B: 3, 7, 13, 19, 25, 31, 37, 43, 49, 55, 61, 67, 73



Obrázek 60: Popisný štítek ÚT

Další důležitou informací jsou identifikační čísla vodoměrů pro studenou a teplou vodu, která byla vložena do příslušných komponent reprezentujících jednotlivé měřiče. Tato čísla byla zadána do pole *Označení* v sekci *Identifikační data*, kterou lze nalézt v panelu *Vlastnosti* po označení dané komponenty. Pro jednoznačné přiřazení k bytové jednotce bylo do pole *Komentář* zároveň zapsáno číslo bytu, ke kterému daný vodoměr náleží. Stejným způsobem byly evidovány také měřiče tepla na radiátorech – jejich

identifikační údaje byly zaznamenány přímo do komponent reprezentujících radiátory. V případě plynoměrů bylo zjišťováno pouze jestli se v daném bytě nachází nebo ne. Když byt plynoměr obsahoval, byl interpretován komponentou stejně jako vodoměr, v případě že byt plyn neobsahoval, odbočka do bytu nebyla vytvořena.

V závěrečné fázi bylo řešeno zateplení a průměry potrubí ústředního vytápění. Byly zvoleny dva typy izolace. První typ byl použit v suterénu na vodorovném potrubí a sloužil zároveň jako kompenzace průměru trubky a znázornění samotné izolace. Na základě dohody s objednatelem byla zavedena jednotná tloušťka izolace, která byla stanovena rozdílem mezi změřeným obvodem trubky a projektovaným průměrem potrubí dle výkresové dokumentace. Pro hlavní přívodní a odvodní větve byla určena tloušťka 40 mm, pro vedlejší větve pak 25 mm. Druhý typ izolace byl aplikován na svislé vedení, a to výhradně za účelem kompenzace průměru potrubí.

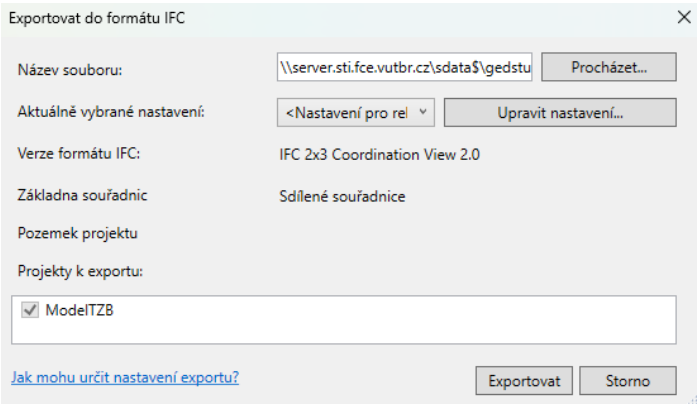
8 Vizualizace v Trimble Connect

Po dokončení modelu v softwaru Revit následuje jeho vizualizace a další využití v prostředí Trimble Connect, kde bude BIM model sloužit objednateli jako nástroj pro správu objektu. Tato kapitola se zaměřuje na proces exportu modelu do formátu *.ifc, stručný popis uživatelského rozhraní a možností webového prohlížeče Trimble Connect a samotné prohlížení modelu.

8.1 Export IFC

Trimble Connect umožňuje import modelů ve formátu .ifc nebo ve formátu nativním pro Revit (.rvt). V rámci této diplomové práce byl zvolen formát *.ifc, jelikož pro nahrání modelu ve formátu *.rvt je nutné do aplikace Revit nainstalovat speciální doplněk, k čemuž však na školním zařízení nemám potřebná administrátorská práva.

Export do formátu IFC se provádí v horní liště softwaru Revit, v záložce *Soubor* zvolíme možnost *Export* a následně vybereme položku *IFC*. Poté určíme cílové umístění souboru a jeho název a přejdeme do nabídky *Upravit nastavení*, kde lze definovat konkrétní parametry exportu.



Obrázek 61: Export do IFC

V nastavení exportu ve formátu *.ifc zaškrtneme na kartě *Sady vlastností* následující volby: *Exportovat sady vlastností aplikace Revit, Exportovat běžné sady vlastností IFC, Exportovat základní množství.*

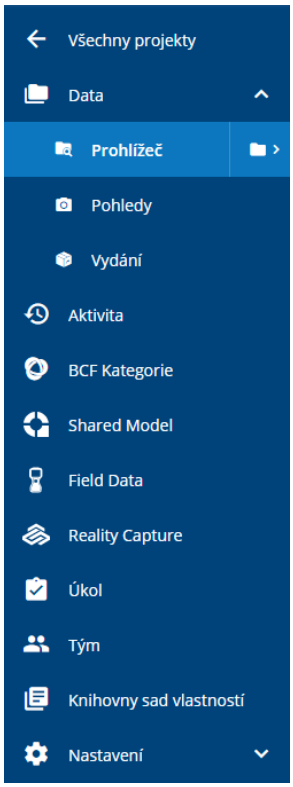
Na kartě *Úroveň detailů* nastavíme u položky *Úroveň detailů geometrie určitých prvků* hodnotu *Vysoká*. Nastavení potvrdíme tlačítkem *OK* a spustíme export.

Na poslední záložce *Geografická reference* je nezbytné zkontrolovat, že položka *Základna souřadnic* je nastavena na *Sdílené souřadnice*. Tím zajistíme, že exportovaný model bude prostorově kompatibilní s ostatními souvisejícími modely panelového domu a korektně se zobrazí i ve webovém prohlížeči Trimble Connect.

8.2 Prostředí Trimble Connect

Po přihlášení (po předchozí registraci u Trimble Connect) do webové aplikace *Trimble Connect* se zobrazí přehled všech projektů, do kterých je uživatel zapojen. V rámci bezplatné verze je možné vytvořit jeden projekt zdarma, pro tvorbu více projektů je nutné přejít na placenou verzi. Nový projekt založíme kliknutím na tlačítko *Nový* v pravém horním rohu obrazovky.

Po otevření projektu se na levé straně obrazovky zobrazí panel funkcí. Uživatelé bezplatné verze mají přístup pouze k omezenému rozsahu funkcí:



Obrázek 62: Panel funkcí

- *Prohlížeč:* slouží jako přehled všech dat nahraných do projektu. Data lze organizovat do složek a pracovat s nimi obdobně jako v běžném souborovém systému v počítači.
- *Pohledy*: uchovávají uložené 2D a 3D pohledy. Pokud uživatel vytvoří a uloží konkrétní pohled s nastavenými parametry, v této sekci jej lze později znovu otevřít.
- *Aktivita*: zaznamenává všechny činnosti v rámci projektu – od importu a správy dat až po jejich mazání. Zobrazují se zde časové údaje i informace o uživateli, který operaci provedl.

Další dostupné funkce v neplacené verzi zahrnují:

- *Úkol*: přehled vytvořených úkolů v rámci projektu.
- *Tým*: správa členů projektu, včetně možnosti přiřazovat oprávnění, přidávat nové uživatele nebo odstraňovat stávající.

V sekci *Nastavení* lze upravovat například podrobnosti o projektu, oprávnění nebo jednotky používané v projektu. [15]

8.3 Import a vizualizace dat

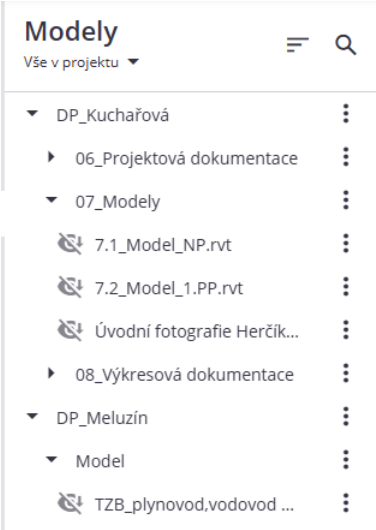
Pro import dat do projektu přejdeme do sekce *Data* a v pravém horním rohu klikneme na modré tlačítko *Přidat*. Otevře se nabídka, ve které je možné buď vytvořit novou složku nebo přímo nahrát soubor.

Vzhledem k tomu, že jeden projekt slouží pro dvě diplomové práce, byla vytvořena samostatná složka s názvem *DP_Meluzín*. V této složce byly následně vytvořeny další složky podle typu dat:

- Modely – model TZB ve formátu *.ifc.
- Původní výkresová dokumentace – naskenované původní projektové výkresy.
- Revize – dokumenty o revizích hromosvodů, elektrických zařízení, plynových zařízení, požární kontroly a průkaz energetické náročnosti budovy (PENB).
- Rekonstrukce domu – záznamy o rekonstrukcích rozdělené TZB.

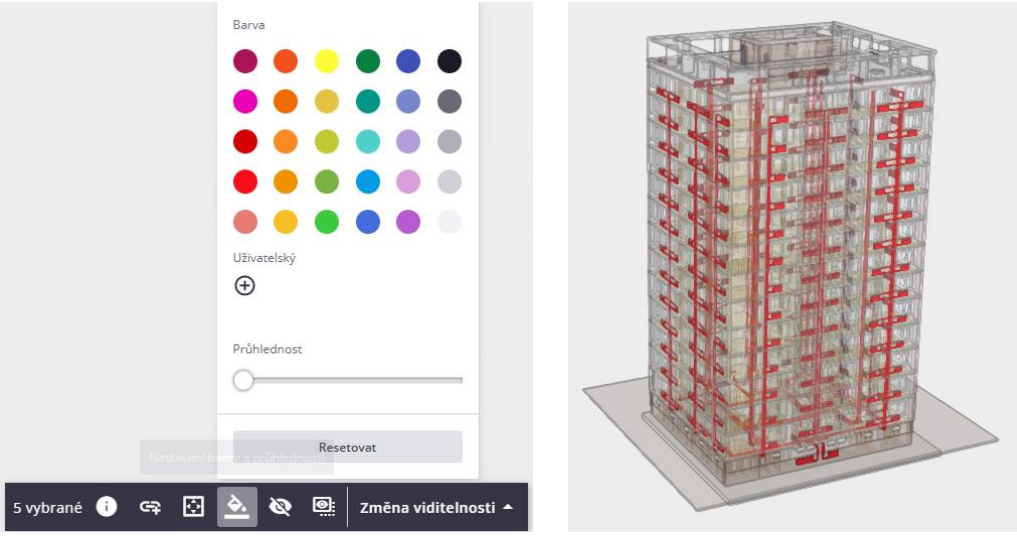
Po nahrání modelu existují dvě možnosti jeho zobrazení. Pokud chceme zobrazit pouze TZB model bez stavební konstrukce, klikneme přímo na příslušný model ve složce, čímž se otevře samostatně. Lepší variantou je zobrazení TZB modelu společně s modelem celého panelového domu. V takovém případě klikneme na tlačítko *3D*, které se nachází v pravém horním rohu vedle tlačítka *Přidat*. Tato možnost je dostupná odkudkoli ze sekce *Data* v záložce *Prohlížeč*.

Na levé straně se zobrazí panel se všemi složkami projektu. V rámci tohoto panelu je možné se postupně proklikat ke konkrétním umístěním jednotlivých modelů. Zobrazení vybraných modelů se provádí kliknutím na symbol „přeškrtnutého oka“, kterým se zobrazení aktivuje. Následně se všechny zvolené modely zobrazí současně v jednom pohledu.



Obrázek 63: Struktura modelu

Vzhledem k tomu, že model TZB je umístěn uvnitř modelu panelového domu, je nezbytné upravit průhlednost modelu budovy tak, aby byl model TZB viditelný. V levém panelu aplikace vybereme při současném stisknutí klávesy Ctrl jednotlivé části modelu panelového domu. Tím se ve spodní části obrazovky zobrazí panel nástrojů, kde zvolíme možnost *Nastavení barev a průhlednosti*. Pomocí posuvného měřítka následně nastavíme požadovanou míru průhlednosti, přičemž nejvyšší průhlednost umožní nejlepší přehled. Pro zvýšení kontrastu a lepší identifikaci lze následně stejným nástrojem změnit barevné zobrazení TZB modelu, například nastavením červené barvy.



Obrázek 64: Nastavení průhlednosti a obarvení

8.4 Vizualizace negeometrických informací

S modelem je možné provádět řadu činností, které umožňují detailní pohledy, výběry prvků a další operace. Pro účely správy budovy je klíčové například zjistit, která stoupačka obsluhuje konkrétní byty, nebo naopak určit, na kterou stoupačku je daný byt napojen. Stejně tak je možné identifikovat typ radiátoru instalovaného v konkrétním bytě a další údaje nezbytné pro efektivní správu objektu.

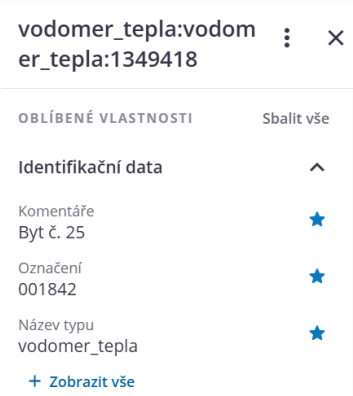
Nejprve v levém panelu vedle záznamu TZB modelu klikneme na ikonu tří teček, čímž se zobrazí rozšířené možnosti. Zvolíme položku *Hierarchie modelu*, čímž se rozbalí seznam systémů pojmenovaných dle trendu zavedeném v softwaru Revit. Po kliknutí

na vybraný systém se v grafickém okně zvýrazní odpovídající větev, což usnadňuje její identifikaci a další práci s ní.

Dalším způsobem, jak získávat informace z modelu, je přímý výběr konkrétní trubky, komponenty či jiného prvku. Po kliknutí na vybraný objekt se ve spodním panelu aktivuje ikona „i“, jejímž stisknutím se na pravé straně obrazovky zobrazí panel s podrobnými vlastnostmi daného prvku. Každý typ prvku obsahuje jak obecné vlastnosti, tak i specifické parametry odpovídající jeho funkci.

V případě potrubí je nejdůležitější sekcí *Mechanické*, která obsahuje informace o typu systému a jeho názvu. Tyto údaje je možné přidat do oblíbených položek pomocí ikony hvězdy vedle příslušného parametru. Takto označené položky se následně zobrazují na začátku seznamu vlastností, což výrazně usnadňuje orientaci.

U komponent reprezentujících vodoměry a měřiče tepla je klíčová sekce *Identifikační data*, kde je uvedeno identifikační číslo měřidla. V poli *Komentář* je dále uvedeno číslo bytu, ke kterému daný měřič náleží. U komponent představujících radiátory je navíc uveden typ konkrétního otopného tělesa. I tyto parametry lze obdobným způsobem zařadit mezi oblíbené položky pro rychlejší přístup.



Obrázek 65: Panel vlastností, oblíbené vlastnosti v popředí

8.5 Tvorba úkolu

Funkce *Úkoly* může být v rámci projektu využita například pro zaznamenání termínů revizí, kontrol technických zařízení nebo plánované údržby. Každý úkol lze přiřadit konkrétní osobě nebo skupině osob. V případě, že budou mít do projektu přístup

i nájemníci objektu/vlastníci bytových jednotek, lze touto cestou efektivně sdělit informace například o plánovaných odečtech nebo výměnách vodoměrů a měřičů tepla. Možnosti využití této funkce jsou velmi široké.

Existují dva způsoby, jak nový úkol vytvořit. Prvním je využití panelu nástrojů – v sekci *Úkol* klikneme v pravém horním rohu na tlačítko *Nový*, čímž se otevře formulář pro vytvoření úkolu. Do pole *Pověřená osoba* přidáme konkrétní osobu, případně skupinu, které se má úkol zobrazit. Po vyplnění a uložení se úkol automaticky zaznamená do systému a zároveň se daným osobám odešle e-mailové upozornění. V náhledu úkolu lze následně provádět další úpravy, jako je přidání komentáře nebo přílohy.

Druhou možností je vytvoření úkolu přímo z modelu, pokud se úkol vztahuje ke konkrétní komponentě. V tomto případě označíme příslušný prvek, klikneme v horní liště na možnost *Přidat úkol* a pokračujeme obdobným způsobem jako v prvním případě. Výhodou této varianty je automatické propojení úkolu s vybranou komponentou – při otevření úkolu je možné se jedním kliknutím přenést přímo k danému prvku v 3D zobrazení.

Jedním z nedostatků funkce *Úkoly* je absence možnosti nastavení zaslání upozornění e-mailem v konkrétní požadovaný čas, například týden před plánovanou revizí. Upozornění je odesláno ihned po vytvoření úkolu, což znemožňuje plánování úkolů s větším časovým předstihem. Tento nedostatek však lze částečně kompenzovat využitím externích nástrojů, například kalendářových aplikací, kde si pověřená osoba může nastavit vlastní upomínku a vytvoření úkolu v Trimble Connect provést až těsně před danou událostí.

Dalším omezením bezplatné verze platformy je možnost zapojení maximálně pěti uživatelů. Po přidání člena do projektu navíc není možné jeho odstranění, což může být v případě střídání správců nebo zapojení více uživatelů problémem. Z těchto důvodů je vhodné zvážit přechod na placenou verzi Business, jejíž roční cena činí 110 € (v přepočtu přibližně 2 700 Kč). Tato verze poskytuje neomezený počet členů projektu a zároveň nabízí další rozšířené funkce. Pro jednoduché využití těchto funkcí lze využít výuková videa, která jsou volně dostupná například na YouTube kanálu Construsoft CZ&SK. [16][17]

9 Závěr a zhodnocení práce

V této diplomové práci byl vytvořen informační model technického zařízení budov pro panelový dům na adrese Herčíkova 2493/2 v Brně. Proces zahrnoval sběr a zpracování dat pomocí technologie GNSS, technické nivelace, prostorové polární metody, 3D laserové skenování a archivní dokumentace. Na základě těchto podkladů, doplněných o pořízené fotografie, byl vypracován model v softwaru Autodesk Revit 2023, do kterého byly na závěr doplněny informace o jednotlivých trubních vedeních a identifikační čísla zařízení.

Model byl následně vizualizován ve webové aplikaci Trimble Connect, která umožňuje přístup k informacím o objektu. Pro efektivnější správu budovy byly do uložiště webové aplikace importovány veškeré dostupné podklady od SVJ Herčíkova 2 včetně naskenované původní výkresové dokumentace.

Přínosem práce je nejen samotný informační model TZB dané budovy, ale také podrobný popis postupu jeho tvorby, který může sloužit jako návod pro obdobné projekty. V budoucnu je možné model dále rozšířit o další systémy TZB, například o elektroinstalace, vzduchotechniku, kanalizaci a další, což by umožnilo ještě efektivnější správu provozu budovy.

Je však třeba poznamenat, že modelování TZB je časově a tím pádem i ekonomicky náročné. Během modelování byly zjištěny určité nedostatky technologie laserového skenování zejména v případech, kdy jsou potrubní vedení špatně viditelná. Lze tedy diskutovat o vhodnosti použití této technologie pro podobné účely. V přehledných prostorách jako jsou chodby nebo prázdné místnosti lze laserové skenování považovat za efektivní. Naopak pro složitá technologická zařízení (například teplárna u tohoto projektu) nebo hůře přístupné, či zaskládané místnosti, je vhodné tuto technologie doplnit nebo nahradit ručním elektronickým dálkoměrem či klasickým metrem v kombinaci s fotodokumentací.

10 Seznam použitých zdrojů

[1] VYSTAVĚL, Ondřej. *Model suterénu budovy v programu Revit*. Brno, 2020. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Alena Berková.

[2] SEZNAM.cz. Mapy.cz – *základní mapa: Brno, adresa ID 8931840* [online mapový podklad]. [cit. 2025-05-24]. Dostupné z: https://mapy.cz/zakladni?source=addr&id=8931840&ds=1&x=16.5823766&y=49.2300865&z=16

[3] *Building Information Modeling: Why? What? How?* Online. Cham, Švýcarsko: Springer International Publishing, 2018. ISBN 978-3-319-92862-3. Dostupné z: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-92862-3. [cit. 2025-05-26].

[4] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Historie BIM* [online]. KoncepceBIM.gov.cz, 2023 [cit. 2025-05-24]. Dostupné z: https://koncepcebim.gov.cz/bim/co-je-bim/historie-bim/

[5] TZB-info. *Co znamená TZB* [online]. 2023 [cit. 2025-05-24]. Dostupné z: https://www.tzb-info.cz/co-znamena-tzb

[6] VRÁNA, Jakub a kol. *Technická zařízení budov v praxi*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2007. 332 s. ISBN 978-80-247-1588-9.

[7] GABOTHERM. *Formy vytápění: 5 způsobů vytápění vašeho domova* [online]. 2023 [cit. 2025-05-24]. Dostupné z: https://www.gabotherm.cz/formy-vytapeni/

[8] TARDIE. *Jak funguje topení v paneláku? Od teplárny (nebo kotelny) až k vám do obýváku* [online]. 2024 [cit. 2025-05-24]. Dostupné z: https://tardie.cz/jak-funguje-topeni-v-panelaku-od-teplarny-nebo-kotelny-az-k-vam-do-obyvaku/

[9] APTIEN. *Základy facility managementu* [online]. 2025 [cit. 2025-05-24]. Dostupné z: https://aptien.com/cs/kb/articles/fundamentals-of-facility-management

[10] GEOTRONICS. *Trimble S5 – technický popis* [online]. 2021 [cit. 2025-05-24]. Dostupné z: https://geotronics.cz/wp-content/uploads/2021/04/022516-153G-cs-CZ_TrimbleS5_DS_A4_0121_LR-1.pdf

[11] CHC Navigation. *CHCNAV i73 – technický list* [online]. 2020 [cit. 2025-05-24]. Dostupné z: https://surveyour.eu/wp-content/uploads/2020/12/i73_DS_EN_Surveyour2.pdf

[12] GEOOBCHOD. *Kvalitní nivelační přístroj NEDO F24* [online]. [cit. 2025-05-24]. Dostupné z: https://www.geoobchod.cz/cs/kvalitni-nivelacni-pristroj-nedo-f24/product#tab1

[13] Trimble Inc. *Trimble X7 – technický popis* [online]. 2020 [cit. 2025-05-24]. Dostupné z: https://geotronics.cz/wp-content/uploads/2021/07/022516-364D-cs-CZ_Trimble-X7_DS_A4_1020_LR.pdf

[14] Oradea STEAM Park. *Facilities* [online]. [cit. 2025-05-24]. Dostupné z: https://www.oradeasteampark.com/facilities. Obrázek.

[15] Construsoft CZ&SK. *NWebinář: Představení CDE platformy Trimble Connect* [online]. [cit. 2025-05-24] Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=VI23cU3_zlw.

[16] Trimble Connect. *Ceník* [online]. [cit. 2025-05-24]. Dostupné z: https://trimbleconnect.cz/cenik

[17] Construsoft CZ&SK. *Construsoft CZ&SK – oficiální YouTube kanál* [online]. [cit. 2025-05-24]. Dostupné z: https://www.youtube.com/@ConstrusoftCZSK

11 Seznam použitých zkratek

TZB	technické zařízení budovy
BIM	building information modeling
GNSS	globální navigační satelitní systém
RTK	real time kinematic
SVJ	společenství vlastníků jednotek
CDE	společné datové prostředí
IMS	informační model stavby
HUP	hlavní uzávěr plynu
FM	facility management
ZhB	zhušťovací bod
ČSNS	Česká státní nivelační síť
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
IMU	inerciální měrná jednotka
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
Bpv	Balt po vyrovnání
a.s.	akciová společnost
NP	nadzemní patro
PK	přímý kohout
PŠ	přímé šroubení
ÚT	ústřední vytápění

12 Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1: Lokalita zájmového objekt [2] ... 13
Obrázek 2: Životní cyklus budovy [3] ... 15
Obrázek 3: Schéma pomocné měřické sítě ... 24
Obrázek 4: Registrace skenů ... 26
Obrázek 5: Skupiny skenů ... 26
Obrázek 6: Chybná registrace skenu ... 27
Obrázek 7: Opravená registrace skenu ... 28
Obrázek 8: Zaměření vlícovacího bodu ... 28
Obrázek 9: Trimble S5 s ovládacím zařízení ... 30
Obrázek 10: GNSS aparatura CHC i73 s ovládacím zařízení ... 30
Obrázek 11: Nedo F24 [12] ... 31
Obrázek 12: Trimble X7 s ovládacím tabletem [14] ... 32
Obrázek 13: Výsledná vyrovnaná síť ... 36
Obrázek 14: Přesnost georeferencování ... 37
Obrázek 15: Náhled na původní mračno ... 39
Obrázek 16: Porovnání mračen ... 40
Obrázek 17: Porovnání mračen ... 40
Obrázek 18: Nastavení rozsahu pohledu ... 43
Obrázek 19: Viditelnost základního bodu projektu ... 43
Obrázek 20: Pracovní prostředí ... 45
Obrázek 21: Prohlížeč systémů ... 46
Obrázek 22: Zobrazení trubek v půdorysu ... 47
Obrázek 23: Funkce vytvoření řezu ... 47
Obrázek 24: Zobrazení řezu v půdorysu ... 48
Obrázek 25: Pohled v řezu před úpravou ... 49
Obrázek 26: Pohled v řezu po úpravě ... 49
Obrázek 27: Zobrazení do dlaždic, zvýraznění stejné komponenty ve všech pohledech současně ... 50
Obrázek 28: Navázání na existující trubku ... 51
Obrázek 29: Redukce průměru ... 52
Obrázek 30: Tvorba T-spoje ... 52
Obrázek 31: Ukázka T-spoje se zakomponovanou redukcí průměru ... 53
Obrázek 32: Proces vysunutí ... 54
Obrázek 33: Kategorie a parametry rodiny ... 55

Obrázek 34: Vytvoření trubní spojky ... 55
Obrázek 35: Tvorba parametru rodiny ... 56
Obrázek 36: Přiřazení parametru ... 57
Obrázek 37: Připojení komponenty ... 57
Obrázek 38: Znovupřipojení komponenty ... 58
Obrázek 39: Měření vertikální vzdálenosti v prohlížečce ... 59
Obrázek 40: Přidání izolace ... 60
Obrázek 41: Tvorba nové izolace ... 60
Obrázek 42: Zjednodušení trasy potrubí ... 61
Obrázek 43: Dvojitá kolena u odbočky ... 61
Obrázek 44: Komponenty reprezentující uzávěr a vypouštěcí ventil ... 62
Obrázek 45: Trasa pod úhlem podle skutečnosti ... 64
Obrázek 46: Funkce rozdělit prvek ... 65
Obrázek 47: Ukázka mračna bodů části teplárny ... 66
Obrázek 48: Skutečnost a odpovídající část modelu ... 66
Obrázek 49: Půdorys koupelny a WC se stoupací šachtou ... 67
Obrázek 50: Vytažení trubek ostatních systémů ... 68
Obrázek 51: Výstřižek půdorysu s označením řezu 1 ... 70
Obrázek 52: Výstřižek odpovídající části na výkrese výškového schéma ... 71
Obrázek 53: Ukázka zápisu PK (přímý kohout) a PŠ (přímé šroubení) ... 72
Obrázek 54: Připravený pohled pro vkládání radiátorů ... 73
Obrázek 55: Komponenta reprezentující radiátor ... 73
Obrázek 56: Připojené radiátory k větvi ÚT ... 74
Obrázek 57: Skutečný radiátor a odpovídající část modelu ... 74
Obrázek 58: Skutečný radiátor a odpovídající část modelu ... 75
Obrázek 59: Izolování objektu ... 76
Obrázek 60: Popisný štítek ÚT ... 77
Obrázek 61: Export do IFC ... 79
Obrázek 62: Panel funkcí ... 80
Obrázek 63: Struktura modelu ... 81
Obrázek 64: Nastavení průhlednosti a obarvení ... 82
Obrázek 65: Panel vlastností, oblíbené vlastnosti v popředí ... 83

Tabulka 1: Porovnání mračna se skutečností ... 41

13 Seznam příloh

1. TZB model: TZB_plynovod_vodovod_ÚT.ifc (elektronická verze)
2. Dokumenty od SVJ (papírová verze a elektronicky v CDE Trimble Connect v projektu Herčíkova 2)
   - 2.1 1.podzemní podlaží č. výkresu 701.jpg
   - 2.2 1.nadzemní podlaží č. výkresu 702.jpg
   - 2.3 2.,3.,4. podlaží č. výkresu 703.jpg
   - 2.4 5.-11. podlaží č. výkresu 704.jpg
   - 2.5 12.,13. podlaží č. výkresu 705.jpg
   - 2.6 Schema č. výkresu 706.jpg
   - 2.7 PS02_Herčíkova 2_Schema_půdorys.pdf
   - 2.8 Čísla bytů na jednotlivých stoupačkách.pdf (pouze elektronická verze)
3. Protokoly a zápisníky (elektronická verze)
   - 3.1 Zápisník: Herčíkova2.asc
   - 3.2 Zápisník: Technická nivelace.pdf
   - 3.3 Protokol o zpracování GNSS.pdf
   - 3.4 Protokol terestrického zpracování.pdf
   - 3.5 Seznam souřadnic.txt
   - 3.6 Protokol o registraci skenů.pdf
   - 3.7 Protokol o georeferenci mračna bodů.pdf
4. Vizualizace (papírová i elektronická verze)
   - 4.1 Malé sklepy – přívod plynu z exteriéru, vedení ústředního topení.pdf
   - 4.2 Prostor pod schody – přívod ÚT z exteriéru.pdf
   - 4.3 Teplárna – provázání ÚT s rozvody cirkulace, studené a teplé vody.pdf
   - 4.4 Velké sklepy – změna horizontálního potrubí na vertikální u plynu, cirkulace, studené a teplé vody.pdf
   - 4.5 Chodba před velkou kolárnou – větvení rozvodů plynu, cirkulace, studené a teplé vody.pdf
   - 4.6 Velká kolárna – větvení ÚT do stoupaček a k radiátoru.pdf
   - 4.7 Velké sklepy – větvení rozvodů plynu, cirkulace, studené a teplé vody.pdf