



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

PASPORTIZACE BYTOVÉ JEDNOTKY PRO POTŘEBY REALITNÍHO TRHU

PASSPORTIZATION OF THE HOUSING UNIT FOR THE NEEDS OF THE REAL ESTATE MARKET

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Veronika Haragová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Bureš, Ph.D.

BRNO 2025

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav geodézie
Studentka: **Bc. Veronika Haragová**
Vedoucí práce: **doc. Ing. Jiří Bureš, Ph.D.**
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:

Pasportizace bytové jednotky pro potřeby realitního trhu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vyhotovte zjednodušenou technickou dokumentaci bytové jednotky s využitím různých metod měření včetně laserového skenování pro účely realitního trhu nebo pro účel podkladu pro rekonstrukci. Z naměřených dat zpracujte půdorys, popř. řez a model. Výsledky různých metod měření vzájemně porovnejte. Model bytu vhodně vizualizujte.

Cíle a výstupy diplomové práce:

Pasportizace bytové jednotky pro potřeby realitního trhu

Seznam doporučené literatury a podklady:

BÖHM J., RADOUCH V., HAMPACHER M. – Teorie chyb a vyrovnávací počet, GKP Praha, 1990

ČERNÝ, M.: Geodézie a geoinformace v informačním modelování staveb (BIM). Článek ve sborníku ze semináře Geodézie ve stavebnictví a průmyslu 2017, Český svaz geodetů a kartografů, 2017, str. 7-17.

DOSEDĚL A. a kol. - Čítanka výkresů ve stavebnictví. Nakladatelství Sobotáles, 2004, ISBN 80-86817-06-7

MICHALČÁK, O., VOSIKA, O., VESELÝ, M., NOVÁK, Z. – Inžinierska geodézia I, SNTL Praha 1985.

MICHALČÁK, O., VOSIKA, O., VESELÝ, M., NOVÁK, Z. – Inžinierska geodézia II, ALFA Bratislava 1990, ISBN 80-05-00678-0.

SLEZIAK, T, VEĽAS, M.: Zkušenosti s pořizováním a vyhodnocením dat 3D dokumentace stavebních objektů. Článek ve sborníku ze semináře Geodézie ve stavebnictví a průmyslu 2020, Český svaz geodetů a kartografů, 2020, str. 70-74.

ŠTRONER, M., POSPÍŠIL, J., KOSKA, B., KŘEMEN, T., URBAN, R., SMÍTKA, V., TŘASÁK, P - 3D skenovací systémy. Česká technika - nakladatelství ČVUT, Praha, 2013, ISBN 978-80-01-05371-3

ŠVÁBENSKÝ O., VITULA A., BUREŠ J. - Inženýrská geodézie I, GE16 modul 03, Návody ke cvičením,
studijní opora pro studijní programy s kombinovanou formou studia, VUT v Brně

<https://www.fig.net/fig2018/bim.htm>

Dokumentace programového systému REVIT.

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

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

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

ABSTRAKT

Táto diplomová práca sa zaoberá zberom a spracovaním dát a následným vyhotovením zjednodušenej technickej dokumentácie bytovej jednotky využiteľnej pre potreby realitného trhu alebo ako podklad pre rekonštrukciu. Zameranie bytu bolo realizované tromi odlišnými metódami: tachymetriou, dĺžkovým meraním pomocou ručného laserového diaľkomera a laserovým skenovaním. V rámci laserového skenovania boli použité dva typy zariadení – pozemný statický skener a mobilný skener využívajúci technológiu SLAM. Získané dáta boli spracované a následne porovnané z hľadiska presnosti, časovej náročnosti a efektivity. Na základe výsledkov porovnania bola určená najvhodnejšia metóda zberu dát, podľa ktorej boli vytvorené výstupy vo forme výkresovej dokumentácie a 3D modelu bytu.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

pasportizácia, bytová jednotka, laserové skenovanie, Trimble RealWorks, technológia SLAM, 3D model, Revit, technická dokumentácia

ABSTRACT

This thesis focuses on the collection and processing of spatial data and the subsequent creation of simplified technical documentation for an apartment unit, intended for use in the real estate market or as a basis for renovation. The apartment was surveyed using three different methods: tachymetry, distance measurement with a handheld laser distance meter, and laser scanning. Two types of devices were used within the laser scanning method — a terrestrial static scanner and a mobile scanner employing SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) technology. The acquired data were processed and subsequently compared in terms of accuracy, time efficiency, and overall effectiveness. Based on the results of this comparison, the most suitable data acquisition method was selected, and the final outputs — technical drawings and a 3D model of the apartment - were produced accordingly.

KEYWORDS

passportization, apartment unit, laser scanning, Trimble RealWorks, SLAM technology, 3D model, Revit, technical documentation

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HARAGOVÁ, Veronika. *Pasportizace bytové jednotky pro potřeby realitního trhu*. Brno, 2025. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí doc. Ing. Jiří Bureš, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Pasportizace bytové jednotky pro potřeby realitního trhu* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 29. 5. 2025

Bc. Veronika Haragová
autor

POĎAKOVANIE

Rada by som sa v prvom rade poďakovala vedúcemu mojej diplomovej práce doc. Ing. Jiřímu Burešovi Ph.D. za množstvo cenných rád, poznatkov a pripomienok v priebehu spracovávania záverečnej práce. Taktiež sa chcem poďakovať za vypožičanie laserového skeneru geodetickej kancelárií GEOPEN, s.r.o. V neposlednom rade veľké ďakujem patrí mojej rodine a priateľom, ktorí pri mne stáli po dobu celého štúdia, tešili sa so mnou pri mojich úspechoch a psychicky ma podporovali počas horších období, ktorých teda nebolo málo.

Obsah

Úvod	10
1 Teoretická časť	11
1.1 Pasportizácia	11
1.1.1 Pasport	11
1.1.2 Pasport stavby podľa legislatívy	12
1.1.3 Typy pasportov podľa účelu	13
1.1.4 Typy pasportov podľa podrobnosti	13
1.1.5 Časový vývoj pasportizácie budov	13
1.1.6 Postup pri pasportizácii	14
1.2 Význam pasportizácie bytu v kontexte realitného trhu	15
1.3 Druhy plôch	15
1.4 Metódy pasportizácie	17
1.4.1 Tachymetria	18
1.4.2 Metóda dĺžkového merania	18
1.4.3 Pozemné laserové skenovanie	18
1.4.4 Fotogrametria	19
1.4.5 BIM pasport a digitálne dvojča	20
2 Praktická časť	21
2.1 Záujmový objekt	21
2.1.1 Info o nájomnom dome	22
2.1.2 Informácie o bytovej jednotke	23
2.2 Jednotlivé metódy	23
2.2.1 Zameranie metódou tachymetrie	24
2.2.2 Zameranie metódou ručného dĺžkového merania	27
2.2.3 Zameranie statickým laserovým skenerom	28
2.2.4 Zameranie laserovým skenerom s technológiou SLAM	30
2.2.5 Porovnanie jednotlivých metód	33
3 Spracovanie nameraných dát	34
3.1 Tachymetria	34
3.2 Metóda dĺžkového merania	35
3.3 Laserové skenovanie skenerom FARO	35
3.3.1 Import dát	35
3.3.2 Registrácia	37
3.3.3 Georeferencovanie	40

3.3.4	Očistenie mračna	41
3.4	Laserové skenovanie technológiou SLAM	42
4	Porovnanie výsledkov jednotlivých metód	45
4.1	Analýza geometrickej presnosti mračien bodov	45
4.2	Kontrola kvality skenovaných dát	48
4.3	Porovnanie geometrie mračna bodov s vektorovými výkresmi	50
4.4	Vyhodnotenie	51
5	Tvorba 3D modelu	53
5.1	Tvorba výsledného bodového mračna	53
5.2	Tvorba projektu a pripojenie podkladov	54
5.3	Tvorba základných stavebných prvkov	55
5.4	Dverné a okenné výplne – vkladanie a modelovanie	56
5.5	Výsledný 3D model	58
6	Výstupy práce a ich využitie	60
6.1	Zjednodušený pasport pre účely realitného trhu	60
6.2	Podrobný technický pasport pre projektové účely	61
6.3	Interaktívny 3D PDF výstup pre vizualizáciu	61
	Záver	63
	Literatúra	64
	Zoznam obrázkov	68
	Zoznam tabuliek	70
	Zoznam skratiek	71
	Zoznam príloh	72

Úvod

Táto diplomová práca sa zameriava na vyhotovenie zjednodušenej technickej dokumentácie bytovej jednotky pomocou viacerých metód merania. Cieľom je vytvoriť pôdorys a 3D model bytovej jednotky a zároveň porovnať jednotlivé metódy z hľadiska presnosti, časovej efektivity a náročnosti spracovania. Meranie bolo realizované tromi spôsobmi – tachymetriou, metódou dĺžkového merania pomocou ručného laserového diaľkomera a laserovým skenovaním. V prípade laserového skenovania boli použité dve rozdielne zariadenia: pozemný statický skener a mobilný skener so SLAM technológiou, čo umožňuje porovnať ich praktické využitie v reálnych podmienkach.

V teoretickej časti sú vysvetlené základné pojmy pasportizácie, jej legislatívne východiská a význam v realitnej praxi. Súčasťou je aj problematika výpočtu úžitkovej, obytnej a celkovej plochy, ktorá zohráva dôležitú úlohu pri oceňovaní bytu či návrhu úprav. Popísané sú tiež meracie metódy – od tradičných po moderné technológie ako laserové skenovanie či digitálne dvojča.

Praktická časť sa zaoberá konkrétnym objektom – bytovou jednotkou v nájomnom dome. Opisuje lokalitu a technické parametre bytu a podrobne dokumentuje priebeh zamerania pomocou troch zvolených metód. Pri každej metóde sú uvedené konkrétne postupy, použité zariadenia a poznatky z merania.

Nasleduje kapitola, ktorá sa venuje spracovaniu dát získaných jednotlivými metódami. Tieto výstupy sú následne porovnané z hľadiska presnosti, časovej náročnosti a efektivity. Súčasťou je aj analýza presnosti mračien a ich porovnanie s vektorovými výkresmi, čo umožňuje zhodnotenie efektivity meracích prístupov. Na základe vyhodnotenia analýzy je vybraná najvhodnejšia metóda na tvorbu výsledného 3D modelu bytu a zjednodušenej technickej dokumentácie.

Záverečná kapitola predstavuje jednotlivé typy výstupov – od zjednodušenej technickej dokumentácie pre potreby realitného trhu až po podrobnejší pasport vhodný pre projektové účely. Samostatne je predstavený aj interaktívny 3D výstup vo formáte PDF, ktorý umožňuje intuitívnu vizualizáciu modelu. Práca tak ponúka prakticky využiteľné výstupy a poukazuje na možnosti štandardizácie a digitalizácie bytových jednotiek.

1 Teoretická časť

Táto kapitola poskytuje teoretický základ k problematike riešenej v diplomovej práci. V úvode je definovaný pojem pasportizácia ako všeobecne uznávaný odborný termín, pričom je objasnený jeho význam, účel a oblasti využitia. Následne je predstavený časový vývoj pasportizácie – od jej histórie až po súčasné metódy a využívané technológie.

Osobitná pozornosť je venovaná významu pasportizácie bytových jednotiek, najmä z pohľadu ich využitia v realitnej praxi a pri spracovaní dokumentácie pre rôzne účely. Ďalšie časti kapitoly sa sústreďujú na rozdelenie plôch v pasportizácii a predstavenie najčastejšie používaných meracích metód – od tradičných geodetických prístupov až po moderné technológie, ako je laserové skenovanie či digitálne modelovanie v BIM prostredí.

1.1 Pasportizácia

Pasportizácia predstavuje systematický proces zhromažďovania, dokumentovania a spracovania údajov o skutočnom stave stavieb, pozemkov, inžinierskych sietí a iných stavebných objektov. Jej cieľom je zaistiť aktuálne a presné informácie o technických a konštrukčných vlastnostiach objektu, ktoré sú nevyhnutné pre jeho správu, údržbu, rekonštrukciu alebo právne úkony (napr. predaj). V praxi sa pasportizácia týka najmä objektov, pri ktorých chýba pôvodná dokumentácia alebo zachovaná dokumentácia už nezodpovedá realite. Je jednoznačné, že u novostavieb, kde ide vyžiadať aspoň o dokumentáciu z projekčnej alebo realizačnej fázy bude proces pasportizácie jednoduchší ako u stavieb existujúcich, kde býva najpracnejšia práca v teréne – znovuvytvorenie geometrických plánov budovy, vysledovanie evidencie a popis jednotlivých prvkov pasportu [1, 2].

1.1.1 Pasport

Pasportom sa vo všeobecnosti označuje akýkoľvek výstup z procesu pasportizácie. V prípade pasportizácie stavby ide o tzv. zjednodušenú stavebnú dokumentáciu, ktorá slúži na zachytenie aktuálneho stavu objektu. Táto dokumentácia obvykle vzniká na základe zjednodušeného zamerania základných rozmerov stavby, ktoré sa následne prenášajú do výkresovej podoby.

Pri zložitejších alebo rozsiahlejších objektoch, ktoré majú členitejší pôdorys alebo výšku, sa rozmerové a tvarové údaje často zachytávajú aj vo forme 3D digitálneho modelu. Ten vzniká buď geodetickým meraním, alebo použitím moderných technológií, ako je laserové skenovanie.

Špecifickou oblasťou je pasportizácia bytu, ktorá zahŕňa podrobný popis a zhodnotenie jednotlivých prvkov bytovej jednotky – od dispozičného riešenia, konštrukčných prvkov, až po technické inštalácie. Takáto dokumentácia je dôležitá nielen pre správcov a vlastníkov nehnuteľností, ale aj pre realitné a projektové účely, či pri prípadných právnych alebo vlastníckych sporoch. V súčasnosti nadobúda pasportizácia na význame aj v kontexte digitalizácie stavebných údajov a zefektívnenia správy budov [3].

1.1.2 Pasport stavby podľa legislatívy

Pasport stavby je zjednodušená dokumentácia skutočného stavu stavby. Stavebný zákon (zákon č. 283/2021 Sb.) upravuje, kto je oprávnený pasport stavby vyhotoviť, ako aj všeobecné požiadavky na jeho obsah. Vyhláška č. 131/2024 Sb., o dokumentácii staveb, ktorá nadobla účinnosť 1. júla 2024, tieto požiadavky ďalej rozvádza a špecifikuje – najmä v súvislosti so štruktúrou, rozsahom a formou spracovania pasportu. Vypracovanie pasportu je povinnosťou vlastníka stavby v prípade, že sa dokumentácia nezachovala, nie je v náležitom stave alebo bola stavba realizovaná buď bez povolenia (v súlade s vtedajšími predpismi), alebo podľa starších predpisov bez povinnosti takúto dokumentáciu mať.

Zaobstarat' pasport stavby je povinnosťou vlastníka stavby. Ak vlastník túto povinnosť nesplní, stavebný úrad mu môže vypracovanie pasportu nariadiť. Zákon č. 283/2021 Sb., konkrétne § 245, ukladá povinnosť uchovávať dokumentáciu zodpovedajúcu skutočnému stavu po celú dobu existencie stavby. Nedodržanie tejto povinnosti môže viesť k právnym problémom, najmä pri predaji, rekonštrukcií alebo iným právnym jednaniam s nehnuteľnosťou.

Rozhodnutie o nariadení obstarania pasportu stavby sa vydáva ako prvý úkon stavebného úradu v konaní. Ak nie je potrebné pasport stavby doplniť, zmeniť alebo inak prepracovať, stavebný úrad ho overí. Za overenie pasportu sa platí poplatok vo výške 1000 Kč.

Pasport môže spracovať:

- autorizovaný projektant,
- osoba s vysokoškolským vzdelaním stavebného alebo architektonického smeru, alebo
- osoba so stredoškolským stavebným vzdelaním s maturitou a minimálne trojročnou praxou v projektovaní.

Pasport stavby obsahuje sprievodný list, súhrnnú technickú správu, zjednodušené situačné výkresy a zjednodušenú výkresovú dokumentáciu, pričom ďalšie podrobnosti obsahu pasportu stavby stanovuje vykonávací právny predpis [4, 5, 6].

1.1.3 Typy pasportov podľa účelu

Okrem už vyššie spomenutého pasportu stavby existujú aj ďalšie typy pasportov. Podľa účelu sa pasporty delia na niekoľko základných typov:

- **Priestorový pasport:** Obsahuje grafické a popisné údaje o vonkajších plochách, objektoch a areáloch. Slúži na prehľad o skladbe nehnuteľného majetku či využití priestorov.
- **Stavebný pasport:** Detailne popisuje technické a konštrukčné vlastnosti stavby vrátane vnútorného usporiadania, plôch a výplní otvorov.
- **Technický pasport:** Dopĺňa stavebný pasport o evidenciu technických zariadení a hnutelného majetku – s údajmi o výrobe, servise a záruke.
- **Technologický pasport:** Zameriava sa na vnútorné technológie budovy, najmä tam, kde je potrebné zabezpečiť bezpečnosť prevádzky.
- **Personálny pasport:** Obsahuje informácie o zamestnancoch v objekte – ich pracoviskách, smenách a kontaktoch. Využíva sa najmä vo väčších prevádzkach [7].

1.1.4 Typy pasportov podľa podrobnosti

- **Zjednodušený pasport:** Obsahuje pôdorysy podlaží so zakreslením vybavenia, číslovaním miestností, výkazmi plôch a základnými údajmi o stavebných prvkoch a zistených poruchách.
- **Stredný pasport:** Zahŕňa všetky pôdorysy (vrátane strechy), rezy, pohľady, technickú situáciu, výkazy miestností a technickú správu s hodnotením stavu konštrukcií a rozvodov TZB.
- **Úplný pasport:** Rozširuje stredný pasport o údaje o povrchoch, druhoch podláh a podhládov. Dokumentácia podrobne rozlišuje viditeľné konštrukcie a dôkladne hodnotí ich technický stav a poruchy [8].

1.1.5 Časový vývoj pasportizácie budov

Prístupy k pasportizácii budov sa v priebehu času líšili. Rovnako tak sa líšili účely, za ktorými sa jednotlivé pasporty vytvárali. Základnou ideou však vždy zostávalo zaznamenanie aktuálneho stavu objektu pre lepšie rozhodovanie a riadenie zmien.

Pojem pasportizácia sa začal používať po roku 1964 v rámci správy bytového fondu. Jej cieľom bolo zvýšiť efektivitu pri opravách budov a modernizácii, znížiť potrebu demolácií a zlepšiť plánovanie technických a materiálových zdrojov. Vznikli technicko-ekonomické pasporty, ktoré sa spracovávali pomocou výpočtovej techniky v celoštátnom systéme s dôrazom na pravidelnú aktualizáciu údajov.

V minulosti bola ich podrobnosť obmedzená technickými a organizačnými možnosťami, ako aj vysokými nákladmi na ich spracovanie a aktualizáciu. S príchodom počítačov, elektronického spracovania dát a nástrojov ako MS Word, Excel a grafických softvérov sa proces pasportizácie výrazne zjednodušil a zrýchlil.

V súčasnosti sa pri pasportizácii budov využívajú najmä relačné databázy a grafické vektorové formáty, ako sú napríklad CAD aplikácie. Tieto nástroje umožňujú efektívnu editáciu popisných informácií, správu číselníkov a zároveň poskytujú možnosť prevodu dát do 3D modelov. Významným trendom poslednej dekády je zavedenie konceptu BIM (Building Information Modeling) – informačného modelu budovy. Ide o jednotný digitálny model, ktorý zhromažďuje všetky údaje o stavbe od prípravnej fázy až po realizáciu. Do databázy majú prístup všetky profesie zapojené do projektovania a výstavby, pričom každá z nich model priebežne dopĺňa, aktualizuje a kontroluje kolízie či potrebné úpravy.

BIM významne podporuje facility management a ideálne sprevádza stavbu počas celého jej životného cyklu. Uchováva komplexné informácie, ktoré môžu byť využité nielen okamžite, ale aj v budúcnosti – napríklad pri údržbe, modernizácii alebo plánovaní zmien [1, 9].

1.1.6 Postup pri pasportizácií

Proces pasportizácie sa spravidla realizuje v dvoch hlavných fázach. V prvej fáze prebieha komunikácia so zadávateľom (napríklad so Spoločenstvom vlastníkov bytov), počas ktorej sa definujú základné parametre zákazky – najmä účel pasportizácie, požadovaná forma výstupu, rozsah prác a dohodnutý termín odovzdania. Až po ujasnení všetkých požiadaviek nasleduje druhá fáza zameraná na samotné šetrenie vrátane interpretácie zozbieraných výsledkov.

Táto etapa zahŕňa zber a vyhodnotenie dostupných informácií, predovšetkým zo stavebnej dokumentácie a kolaudačných rozhodnutí. V praxi sa však často ukazuje, že reálny stav bytových jednotiek nezodpovedá úplne projektovej dokumentácii. Z toho dôvodu je neoddeliteľnou súčasťou pasportizácie aj miestne zisťovanie – vykonávané podľa vopred stanovených pravidiel.

V rámci tohto šetrenia sa využíva nákresová dokumentácia, zameranie rozmerov, fotodokumentácia a v niektorých prípadoch aj videozáznam, ktorými sa zachytáva skutočný stav objektu. Napriek tomu, že celý proces môže na prvý pohľad pôsobiť jednoducho, pri podrobnejšom pohľade – napríklad na výpočet podlahovej plochy – možno ľahko pochopiť jeho komplexnosť. Rozmery síce ostávajú nemenné, no spôsoby výpočtu plochy sa môžu výrazne líšiť podľa účelu a metodiky [9].

1.2 Význam pasportizácie bytu v kontexte realitného trhu

Predmetom mojej diplomovej práce je spracovanie geodetickej časti pasportu bytovej jednotky, v rámci ktorej sú vytvorené viaceré výstupy – zjednodušený aj technický pasport. V tejto súvislosti sa v ďalšej časti práce musím podrobnejšie zamerať na rôzne druhy plôch, keďže práve spôsob ich výpočtu predstavuje kľúčový aspekt celého procesu. V praxi sa totiž rozlišujú viaceré typy plôch – napríklad zastavaná plocha, úžitková plocha, podlahová plocha, obytná plocha a ďalšie – pričom každá z nich má svoju vlastnú definíciu a výpočtovú metodiku, závislú od účelu spracovania dokumentácie (napr. projektovanie, oceňovanie, správa nehnuteľností). Tieto rozdiely je potrebné dôkladne analyzovať a pochopiť, aby bola zabezpečená správna interpretácia výsledkov geodetického zamerania a ich relevantnosť pre konkrétne potreby zadávateľa [9].

V kontexte realitného trhu často dochádza k nepresnostiam a zámenám medzi jednotlivými druhmi plôch, čo môže viesť k skresleným informáciám o nehnuteľnosti – napríklad pri inzercii, oceňovaní alebo uzatváraní kúpnych zmlúv. Bežným problémom je napríklad zamieňanie podlahovej plochy s úžitkovou či obytnou plochou, alebo dokonca uvádzanie zastavanej plochy ako plochy určenej pre bývanie.

Pasportizácia v tomto kontexte slúži ako nástroj na elimináciu takýchto chýb tým, že prináša jednotnú, preukázateľnú a odborne spracovanú dokumentáciu, ktorá vychádza z presného geodetického zamerania a metodického rozlíšenia jednotlivých typov plôch podľa platných noriem a účelu použitia.

1.3 Druhy plôch

Podlahová plocha

Od roku 2014 (presnejšie pri stavbách kolaudovaných po 1. 1. 2014) došlo k zmene právnych predpisov, ktoré určujú spôsob výpočtu podlahovej plochy bytu. Odvtedy sa do nej zahŕňa všetka vnútorná plocha bytu vrátane všetkých zastavaných plôch vo vnútri obvodu bytu, ako sú nosné steny, priečky, komíny, stĺpy a piliere.

Balkóny, lodžie, terasy a átriá sú spoločnými časťami domu a do podlahovej plochy bytu sa nezapočítavajú – ani vtedy, ak sú prístupné len z konkrétnych bytov a ich vlastníci k nim majú výlučné užívacie právo [10, 11].

Úžitková plocha

Úžitková plocha budovy (v českom jazyku „užitná plocha“) je definovaná v nariadení Komisie (EÚ) 2020/1197, ktorým sa ustanovuje jednotná metodika merania pre štatistické účely v rámci členských štátov Európskej únie.

Úžitková plocha budovy sa meria v rámci vonkajších stien, no nezahŕňa:

- konštrukčné plochy (napr. plochy prvkov, ktoré vymedzujú hranice stavby, ako sú nosné steny, podpery, stĺpy, šachty, komíny),
- funkčné plochy pre pomocné využitie (napr. priestory s technickým zariadením – kúrenie, klimatizácia, energetické generátory),
- priechodné priestory (napr. šachty schodísk, výťahy, eskalátory).

Treba venovať pozornosť terminologickému rozlíšeniu medzi jednotlivými typmi plôch. Český pojem „užitná plocha“, ktorý označuje súčet vnútorných plôch miestností, nie je totožný s pojmom „celková užitná plocha“. V minulosti sa navyše používal aj termín „úžitková plocha“, ktorý však v súčasnosti už nie je oficiálne platný. Napriek tomu sa s ním možno v praxi ešte príležitostne stretnúť, najmä v starších dokumentoch alebo neodbornej komunikácii [12].

Celková úžitková plocha

Na rozdiel od úžitkovej plochy, celková úžitková plocha zahŕňa nielen obytné miestnosti, ale aj ďalšie priestory ako balkóny, terasy, pivnice či podkrovie. Zohľadniť treba aj to, že do celkovej plochy sa započítavajú aj spoločné priestory, ktoré sú prístupné a využívané všetkými vlastníckmi bytov v danom dome – napríklad chodby, kočíkárne alebo miestnosti na bicykle. Dôsledkom toho je fakt, že celková úžitková plocha býva vo väčšine prípadov podstatne väčšia ako úžitková plocha [13].

Obytná plocha

Požiadavky na obytnú miestnosť stanovujú dva hlavné právne predpisy, ktoré sa navzájom dopĺňajú: Stavebný zákon (zákon č. 283/2021 Sb.) a Vyhláška č. 146/2024 Sb., o požiadavkách na výstavbu.

Podľa stavebného zákona musí obytná miestnosť spĺňať tieto podmienky:

- minimálnu podlahovú plochu 8 m²,
- aspoň 16 m², ak ide o jedinú obytnú miestnosť v byte,
- musí vyhovovať požiadavkám na veľkosť, osvetlenie, vetranie, vykurovanie a hlučnosť.

Obytnými miestnosťami sú zvyčajne obývacie izby, kuchyne a spálne. Do obytnej plochy sa nezapočítavajú kúpeľne, záchody, pivnice, balkóny, schodiská, chodby, terasy ani technické miestnosti [4].

Grafické rozlíšenie rôznych druhov plôch je prehľadne zobrazené na obr. 1.1.



Obr. 1.1: Rozlíšenie druhov plôch [14]

Zastavaná plocha

Zastavanou plochou stavby sa rozumie plocha ohraničená pravouhlými priemetmi vonkajšej hrany obvodových konštrukcií všetkých nadzemných aj podzemných podlaží do vodorovnej roviny. Do tejto plochy sa započítavajú aj plochy lodžii a arkierov [4].

1.4 Metódy pasportizácie

Začiatkom samotnej pasportizácie je zber dát. Následne sú dáta spracovávané a tvorené do výstupov, ktorými môžu byť 2D výkresy, 3D modely, tabuľky výmer atď. O zber dát pre pasportizáciu objektov sa starajú geodetické kancelárie, ktoré sa sústreďujú na toto odvetvie geodézie. Činnosť geodeta je nutná pre správne a presné polohové a tvarové zameranie objektu a garanciu dosiahnutých výsledkov. Prístup jednotlivých geodetických kancelárií sa odlišuje hlavne v spôsobe a metóde zberu dát. Niektoré sa držia tradičných metód a využívajú totálne stanice a ručné laserové diaľkomery (disto). Iné sa postupne prispôbujú trendu digitalizácie a využívajú najmodernejšie technické vybavenie na získavanie informácií metódou 3D laserového skenovania či fotogrametriou.

Pri voľbe vhodnej metódy zberu dát na pasportizáciu je na mieste zhodnotiť zložitosť a veľkosť objektu. V súčasnosti sa čoraz viac využívajú metódy 3D lase-

rové skenovanie a fotogrammetria napriek tomu, že sú často vnímané ako nákladné, pretože poskytujú komplexné, presné a opakovane využiteľné výstupy, ktoré z dlhodobého hľadiska šetria čas aj náklady [15].

1.4.1 Tachymetria

Je to jedna z klasických geodetických metód. Meria sa pomocou totálnej stanice a odrazného hranola. Najmodernejšie totálne stanice dokážu merať aj vzdialenosť na cieľ bez použitia odrazného hranola, kedy opadá nutnosť účasti dvoch meračov.

Tachymetria je metóda merania, ktorou určujeme polohu a výšku bodu súčasne. Poloha a výška jednotlivých bodov sa získavajú meraním polárnych súradníc, tj. vodorovného uhlu, zvislého uhlu a dĺžky zo stanoviska k jednotlivým bodom. Prevýšenie medzi určovaným bodom a stanoviskom sa počíta z meranej dĺžky a zenitového uhlu [16].

Pracnosť a časová náročnosť použitia tejto metódy závisí na vopred zvolenom detaile mapovania. Ak ide o miestnosti jednoduchého tvaru, tak sa často interpretujú zameraním 4 rohov miestnosti. Pri vyšších nárokoch na detail sa znižuje efektívnosť metódy a je vhodné zvážiť alternatívne metódy zamerania.

1.4.2 Metóda dĺžkového merania

V stavebnej praxi sa na realizáciu metódy dĺžkového merania bežne využíva ručný laserový dialkomer. Táto pomôcka slúži na presné a rýchle určovanie vzdialeností, čím predstavuje efektívny nástroj pri zameriavaní existujúcich objektov. Metóda sa uplatňuje pri geodetických prieskumoch, dokumentácii stavieb, architektonickom navrhovaní a v ďalších oblastiach stavebníctva.

Ručný laserový dialkomer je zariadenie, ktoré využíva laserový lúč na meranie vzdialenosti k cieľu. Tieto zariadenia sú často uprednostňované pred inými typmi meracích prístrojov, pretože poskytujú presnejšie výsledky a dajú sa použiť v širokom rozsahu podmienok – vrátane slabého osvetlenia alebo nepriaznivého počasia. Sú navyše pomerne malé a prenosné, takže sa dajú ľahko prenášať a používať v teréne.

1.4.3 Pozemné laserové skenovanie

Terestrické 3D skenovacie systémy ako technológie umožňujú bezkontaktné určovanie priestorových súradníc, 3D modelovanie a vizualizáciu zložitých stavieb a konštrukcií, podzemných priestorov, pamiatkových a ďalších objektov s mimoriadnou rýchlosťou, presnosťou a komplexnosťou. Väčšina skenovacích systémov využíva najmodernejšiu pulznú laserovú technológiu pre meranie dĺžok a určuje polohu bodov priestorovou polárnou metódou.

V porovnaní s geodetickými metódami je laserové skenovanie neselektívnou metódou merania. Body sú rozmiestnené v pravidelnom uhlovom raste a obecné nie sú merané charakteristické body objektu, ktoré je nutné získať modelovaním [17].

Pri zbere dát modernými technológiami nevznikajú iba bodové mračná. V závislosti od použitého typu skenera je často možné súčasne zaznamenávať aj videozáznam alebo vytvárať fotodokumentáciu. Pre architektov a projektantov tak predstavuje pridanú hodnotu nielen samotné 3D zameranie objektu, ale aj vizuálny záznam jeho aktuálneho stavu, ktorý môže slúžiť ako cenný podklad pre ďalšie spracovanie projektu [18].

1.4.4 Fotogrametria

Fotogrametria je meračská metóda, ktorá sa zaoberá rekonštrukciou tvaru, veľkosti a polohy predmetov z ich fotografických snímok. Je to metóda umožňujúca modelovanie v 3D priestore s využitím 2D snímky.

Fotogrametria je často využívaná pri dokumentácii pamiatkových objektov. V niektorých prípadoch je volená ako sekundárna metóda pomocou ktorej je priradená textúra povrchom.

V súčasnosti je jednou z najbežnejších foriem tzv. leteckej fotogrametrie práve dronová fotogrametria. Bezpilotné letecké prostriedky našli uplatnenie aj v oblasti realitného trhu, kde sa využívajú na vytváranie vizuálne atraktívnych záberov nehnuteľností. Takto získané snímky poskytujú potenciálnym záujemcom lepšiu predstavu o samotnom objekte a jeho bezprostrednom okolí. V stavebníctve sa drony využívajú na sledovanie priebehu výstavby a tvorbu časozberných videí, pričom GPS zaručuje snímanie z rovnakých pozícií. RTK moduly navyše umožňujú presné merania – výsledkom sú fotomapy a 3D modely s centimetrovou presnosťou. Tieto dáta využívajú nielen stavitelia, ale aj znalci a katastrálne úrady – na dokumentáciu, výpočty objemov zeminy či presné oceňovanie stavieb.

Výhodou tejto metódy je šetrenie času pri zbere dát v teréne a zber dát aj inak ťažko dostupných stavebných konštrukcií [19, 20].

Kombinácia moderných metód

Viaceré odborné štúdie preukázali, že fotogrametria a laserové skenovanie predstavujú skôr navzájom sa dopĺňajúce než konkurenčné metódy. Spojenie fotogrametrie a laserového skenovania umožňuje využiť prednosti oboch metód, čím sa výrazne zvyšuje presnosť a úroveň detailu výsledných trojrozmerných modelov. Fotogrametria prináša bohaté informácie o farbe a textúre povrchov, zatiaľ čo laserové skenovanie zabezpečuje vysokú geometrickú presnosť a spoľahlivosť priestorového zobrazenia.

Jedným z príkladov využitia moderných technológií pre tvorbu pasportu stavby je projekt Čiperovej vily v Zlíne, ktorý realizovala spoločnosť HRDLIČKA. Objekt bol detailne zameraný pomocou 3D laserového skenovania a fotogrametrie. Výstupom bol BIM model, ktorý slúži nielen na splnenie zákonných požiadaviek, ale aj ako nástroj pre budúcu správu a plánovanie rekonštrukcií. Zameranie prebehlo statickými skenermi Trimble SX10 a X7 a následne boli dáta georeferencované do systému S-JTSK. Pre zachytenie exteriéru a okolia budovy bola zvolená metóda fotogrametrie. Výsledné bodové mračno bolo spracované v softvéroch Autodesk ReCap a Revit, ktoré slúžilo ako podklad pre vytvorenie presného 3D modelu [21].

1.4.5 BIM pasport a digitálne dvojča

BIM nie je len formát výstupu – je to komplexná metóda práce so zberom, spracovaním a využitím údajov o stavbe. Predstavuje moderný prístup k pasportizácii, ktorý integruje tradičné technológie zberu dát – ako sú digitálna tachymetria, fotogrametria či laserové skenovanie – a posúva ich do vyššej úrovne informačného modelovania. Základom je 3D model, ktorý nielenže presne zachytáva geometriu objektu, ale nabaľuje na seba ďalšie negeometrické (negrafické) informácie, napríklad o použitých materiáloch, technickom stave, energetickej náročnosti či plánovaných rekonštrukciách.

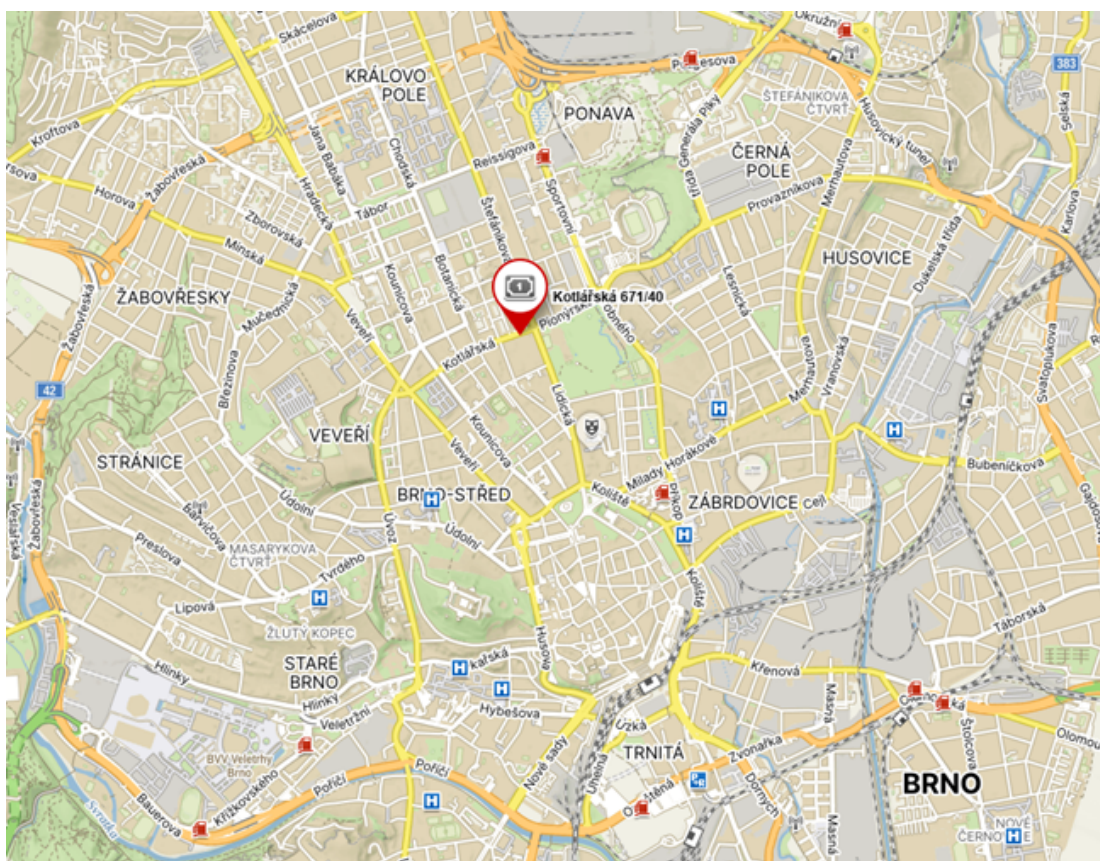
S pribúdajúcimi dátami dochádza k rozšíreniu modelu do ďalších dimenzií – od 4D (čas), cez 5D (financie), až po 6D (energetika) a 7D (správa objektu). Takto vzniká tzv. digitálne dvojča budovy – dynamická databáza informácií, ktorá je dostupná v reálnom čase všetkým účastníkom stavebného procesu, vrátane vlastníka. Vďaka moderným aplikáciám je prístup k týmto dátam rýchly, prehľadný a prenosný, čo výrazne zvyšuje efektivitu správy a údržby nehnuteľností [18].

2 Praktická časť

Táto kapitola je zameraná na popis lokality riešenej bytovej jednotky vrátane základných technických a dispozičných charakteristík. Postupne sa zaoberá metódami zvolenými na účely vlastného merania a meracou technikou, ktorá bola pri tom použitá. Záverečná časť kapitoly obsahuje porovnanie jednotlivých uplatnených metód z hľadiska ich presnosti, efektivity práce a vhodnosti pre účely pasportizácie.

2.1 Záujmový objekt

Bytová jednotka, ktorej vyhotovenie pasportu je predmetom náplne diplomovej práce sa nachádza v Brne, v mestskej časti Veverí, ktorá leží cca 1 km od samotného centra mesta (obr. 2.1). Ide o jeden z bytov nájomného domu č. p. 671 na ulici Kotlařská or. č. 40, pozemku parc. č. 1124/1. Katastrálne územie Veverí, okres Brno – město. Bytová jednotka sa nachádza na 5. nadzemnom podlaží.



Obr. 2.1: Lokalizácia objektu v rámci mesta Brno [22]

2.1.1 Info o nájomnom dome

História

Nájomný dom bol postavený v rokoch 1938-1940 podľa návrhu Jaroslava Brázdu ako súčasť projektu celkovo deviatich päťposchodových nájomných domov. Riešenie s úzkymi fasádami vyplývalo z ekonomickej snahy čo najefektívnejšie využiť dostupnú plochu – čím viac domov sa podarilo umiestniť, tým väčší bol finančný zisk. Architekt Brázda navrhol domy s hlbokou dispozíciou a zjednotenou fasádou s pásovými oknami a čiernym opaxitovým obkladom na parteri. Polkruhové schodisko osvetľuje strešný svetlík a sklobetónové podesty prepúšťajú svetlo do nižších podlaží [23].

Celkový popis nehnuteľnosti

Jedná sa o netypový bytový dom, radový, podpivničený s jedným hlavným vchodom z ulice Kotlařská. Celý dom je murovaný s jedným podzemným podlažím, šiestimi nadzemnými podlažiami a čiastočne obytným podkrovím pod sedlovou strechou. Dom je vybavený výťahom, ktorý bol naposledy rekonštruovaný v 80. rokoch. V roku 2004 prebehla rekonštrukcia elektroinštalácií spoločných priestorov.

Dom je orientovaný uličnou fasádou na sever až severovýchod. Objekt je napojený na všetky inžinierske siete z verejných uličných radov: vodu, kanalizáciu, plyn, elektrickú sieť a teplovodnú prípojku. Celkovo je v dome 13 bytových a 1 nebytová jednotka.

Konštrukčná charakteristika

Konštrukčný systém objektu tvorí železobetónový základový pás a tehlové zvislé obvodové nosné steny. Strešná konštrukcia je drevený sedlový krov. Vnútorne povrchové úpravy zahŕňajú vápennú dvojvrstvovú omietku. Keramické obklady sú použité v kúpeľniach a čiastočne aj v kuchyniach.

Výplne otvorov tvoria drevené dvere, ako aj dvojité drevené kastlové okná. Podlahové krytiny sú v štandardnom vyhotovení parapetové alebo PVC; v niektorých bytoch boli na vlastné náklady nájomcov inštalované plávajúce laminátové podlahy.

Vykurovanie objektu je centrálné, napojené na diaľkový systém. Kuchyne sú vybavené plynovými alebo kombinovanými sporákmi. Teplá voda je zabezpečená centrálnym ohrevom z výmenníkovej stanice. Ostatné vybavenie zodpovedá štandardnému technickému riešeniu.

2.1.2 Informácie o bytovej jednotke

Byt č. 11 sa nachádza na 5. nadzemnom podlaží (obr. 2.2), ktoré je prístupné schodiskom alebo výťahom. Má dispozičné riešenie 2 + 1. Z dôvodu zachovania anonymity nie je možné poskytnúť informácie o majiteľovi bytovej jednotky.



Obr. 2.2: Lokalizácia bytovej jednotky v rámci nájomného domu [Autor]

2.2 Jednotlivé metódy

Jedným z kľúčových cieľov zadania záverečnej práce je porovnanie rôznych metód zberu údajov z hľadiska ich presnosti, časovej náročnosti a celkovej efektivity. Bytová jednotka bola postupne zameraná s využitím viacerých vybraných meracích metód.

2.2.1 Zameranie metódou tachymetrie

Prvá metóda, ktorá bola použitá bola jedna z klasických geodetických a to zameranie bytu metódou tachymetrie za pomoci totálnej stanice. Pre tento účel bola zo skladu geodetických prístrojov a pomôcok Ústavu geodézie FAST VUT vypožičaná totálna stanica Trimble M3 DR2” zobrazená na obrázku 2.3 a spolu s ňou drevený statív Nedo, hranol na výtyčke a stabilizačné zariadenie pre nohy prístroja („pavúk“).

Totálna stanica Trimble M3 je ľahký, kompaktný a spoľahlivý prístroj navrhnutý pre efektívnu prácu v teréne. V kombinácii s poľným softvérom Trimble Access ponúka intuitívne rozhranie a pokročilé funkcie pre meranie, vytyčovanie či kontrolu, čím zvyšuje produktivitu a skracaje čas spracovania údajov [24].

V tabuľke 2.1 sú zosumarizované vybrané technické parametre totálnej stanice.



Obr. 2.3: Meranie bytu totálnou stanicou Trimble M3 [Autor]

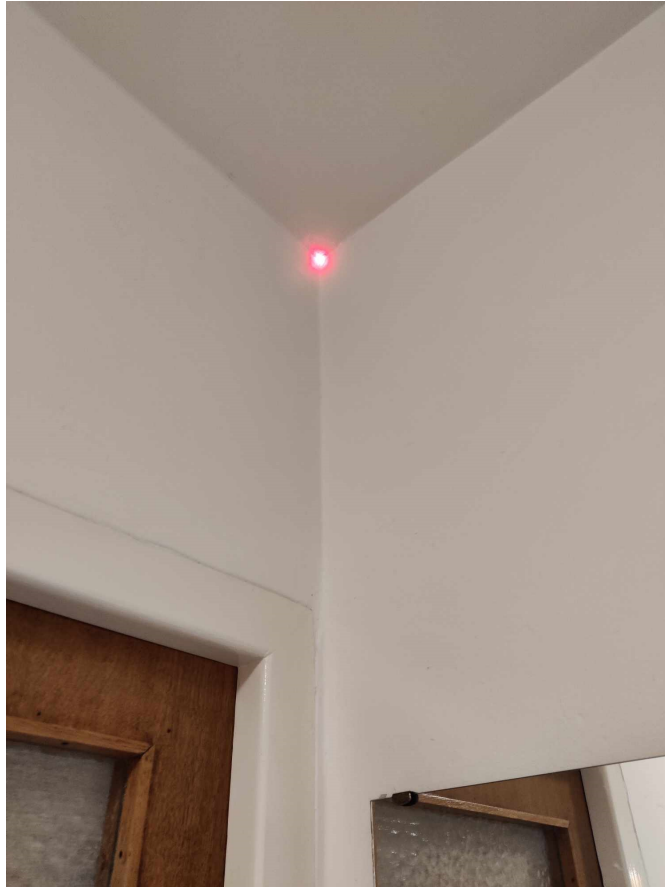
Tab. 2.1: Vybrané technické parametre totálnej stanice Trimble M3 [24]

Dĺžková presnosť	
Hranolový mód	$\pm 2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$
Bezhranolový mód	$\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$
Uhlová presnosť	
Vodorovná a zvislá	$2'' (0,5 \text{ mgon})$
Ďalekohľad	
Zväčšenie	$30\times$

Všetky ostatné parametre prístroja sú uvedené v technickom liste od výrobcu, ktorý je obsahom zdroja [24].

Jednotlivé stanoviská boli stabilizované za pomoci pevnej PVC lepiacej pásky na ktorej bol zaznačený krížik a príslušné číslo stanoviska. Výnimku tvorili dve obytné miestnosti, v ktorých sa na podlahe nachádza koberec. Tieto stanoviská boli stabilizované dočasne, len na nevyhnutnú dobu merania, pretože páska na koberci nedržala pevne. Stabilizátor nôh „pavúk“ bol použitý vo všetkých ostatných miestnostiach, pretože sú potiahnuté PVC podlahou a hrozilo riziko pádu statívu a s ním aj totálnej stanice. Navyše boli pod hroty statívu umiestnené malé štvorcové podložky z pevnej kobercovej látky, ktoré mali zabrániť poškodeniu alebo deformácii podlahového povrchu.

Začiatok samotného merania prebehol tak, že ako prvé stanovisko bolo zvolené miesto na chodbe, ktorá predstavuje centrálnu časť bytu. Tomuto stanovisku boli priradené lokálne súradnice $Y = 1000$, $X = 1000$, $Z = 100$. Za účelom orientácie bol zvolený význačný bod – v tomto prípade ľavý roh elektrického rozvádzača nachádzajúceho sa na chodbe. Zmeraná vzdialenosť bola následne premietnutá do jedného rozmeru vo vzťahu k prvému bodu, čím bol definovaný lokálny súradnicový systém. Následne boli zamerané z prvého stanoviska všetky ostatné stanoviská v jednotlivých miestnostiach v dvoch polohách.



Obr. 2.4: Bezhranolové meranie rohu miestnosti [Autor]

Ďalším krokom bolo bezhranolové zameranie podrobných bodov – išlo o geometrické body objektu a to rohy miestností (obr. 2.4) a hrany a rohy stavebných otvorov (okien a dverí). Jednotlivým podrobným bodom sa priradzovali kódy pre uľahčenie nasledovnej tvorby vektorovej kresby. Podobne sa pokračovalo na zvyšných stanoviskách, kde sa vždy orientovali na prvé stanovisko do chodby.

Z dôvodu malých rozmerov niektorých miestností v byte bolo náročné v nich postaviť prístroj, tak aby bola meračovi komfortná jeho obsluha. Nie vo všetkých prípadoch sa podarilo pomocou totálnej stanice zachytiť kompletnú geometriu jednotlivých miestností – v týchto situáciách bolo nutné domerať niektoré rozmery pomocou ručného laserového diaľkomeru (dista).

Podlahová konštrukcia vykazovala miernu nestabilitu, najmä v obytných miestnostiach, kde sa pod kobercovou krytinou nachádza pôvodná parketová podlaha. Tento stav však nemal výrazný vplyv na presnosť merania, nakoľko sa merania realizovali na krátke vzdialenosti, pri ktorých je riziko odchýlky minimálne.

2.2.2 Zameranie metódou ručného dĺžkového merania

Na rýchle zameranie rozmerov miestností bol použitý digitálny laserový diaľkometer Bosch GLM 40 Professional (obr. 2.5). Merací prístroj je určený k meraniu vzdialeností, dĺžok, výšok, odstupov a pre výpočet plôch a objemov. Je vhodné ho používať vo vnútorných, rovnako ako vo vonkajších priestoroch. Funkcia pamäte umožňuje jednoduchý prístup k posledným desiatim meraniam [25]. Základné parametre ručného laserového diaľkomeru sú usporiadané do prehľadnej tabuľky 2.2.



Obr. 2.5: Disto Bosch GLM 40 Professional [25]

Tab. 2.2: Základné parametre laserového diaľkomeru Bosch GLM 40 [25]

Technické parametre	
Merací rozsah	0,15 – 40 m
Presnosť merania	$\pm 1,5$ mm
Najmenšia zobrazovaná jednotka	1 mm

Všetky ostatné parametre prístroja sú uvedené v technickom liste od výrobcu, ktorý je obsahom zdroja [25].

Súčasne s meraním bol ručne vyhotovovaný náčrt na papier, do ktorého sa zapisovali namerané hodnoty. Jednalo sa o jednotlivé rozmery miestností, svetlú výšku miestností a rozmery spojené so zameraním stavebných otvorov (dverí a okien). V niektorých miestnostiach sa číselné hodnoty jedného meraného rozmeru líšili aj o 2 cm, ktoré boli pravdepodobne spôsobené inou vrstvou nanesej omietky, pretože

sa predpokladá pravouhlosť všetkých miestností. V tomto prípade sa zaznamenala priemerná hodnota.

Keďže prístroj Bosch GLM 40 má obmedzený rozsah merania, v situáciách, kde rozmery objektu nedosahovali jeho minimálnu merateľnú vzdialenosť, bolo nutné pristúpiť k meraniu tradičným spôsobom pomocou dvojmetra.

Aj napriek tomu, že použitie ručného laserového diaľkometru je veľmi jednoduché a efektívne, počas samotného merania sa vyskytli určité obmedzenia. Za nevýhodu tejto metódy možno považovať najmä sťaženosť identifikáciu hrúbky stien, v ktorých sa nenachádzajú stavebné otvory, čo môže negatívne ovplyvniť presnosť následného spracovania údajov. Ďalšou komplikáciou z praxe bola obývanosť bytu, ktorá v niektorých prípadoch sťažovala nájdenie prístupných plôch na protilahlých stenách, potrebných na zameranie požadovaných rozmerov.

2.2.3 Zameranie statickým laserovým skenerom

Zo skladu geodetických prístrojov a pomôcok Ústavu geodézie FAST VUT bol vypožičaný pozemný laserový skener FARO Focus 3D (obr. 2.6) a s ním sada 5 kvlcovacích gúľ o priemere 13,9 cm.

FARO Focus 3D S-120 predstavuje profesionálny vysokorýchlostný 3D laserový skener určený na presné meranie a dokumentáciu v rôznych oblastiach, ako sú architektúra, stavebníctvo, inžinierstvo či forenzná analýza. Skener je vybavený prehľadným dotykovým displejom, prostredníctvom ktorého možno jednoducho nastavovať všetky funkcie, parametre skenovania a zobrazovať stavové informácie.

Laserový skener využíva pokročilú laserovú technológiu, ktorá umožňuje rýchle a detailné zachytenie zložitých priestorov vo forme tzv. mračna bodov – digitálnej reprezentácie tvorenej miliónmi 3D súradníc. Skener FARO Focus 3D S-120 umožňuje úsporu až 50% času v porovnaní s konvenčnými meracími metódami [26].

Základné parametre laserového skeneru FARO Focus 3D sú predmetom prehľadnej tabuľky 2.3.

Tab. 2.3: Kľúčové technické parametre skenera FARO Focus 3D S-120 [26]

Základné technické údaje	
Merací rozsah	0,6 – 120 m (interiér/exteriér pri 90 % odrazivosti)
Presnosť merania	± 2 mm pri 10 m a 25 m
Rýchlosť skenovania	až 976 000 bodov/s
Zorné pole	Vertikálne: 300°, horizontálne: 360°

Všetky ostatné parametre prístroja sú uvedené v technickom liste od výrobcu, ktorý je obsahom zdroja [26].



Obr. 2.6: Meranie skenerom FARO [Autor]

Na základe zvolenej stratégie skenovania sa dospelo k záveru, že päť kusov štandardných vlicovacích gúľ nebude postačovať pre zabezpečenie dostatočného prekrytia medzi jednotlivými mračnami bodov. Z tohto dôvodu boli dodatočne zakúpené polystyrénové gule s priemerom 10 cm, ktoré slúžili ako dodatočné cieľové objekty na spojenie skenovacích stanovísk.

Gule boli rozmiestnené po priestore bytu tak, aby bolo medzi každými dvoma susednými skenovacími stanoviskami viditeľných aspoň tri z nich a zároveň aby boli rozložené rovnomerne. Tento zámer sa však nepodarilo naplniť vo všetkých prípadoch, čo je podrobnejšie vysvetlené v podkapitole 3.3.2.

Celkovo boli zamerané mračná bodov z 15 stanovísk. Meranie sa realizovalo priamo v jednotlivých miestnostiach a vo väčšine dverných otvorov s cieľom dosiahnuť väčší prekryt medzi mračnami. Po spustení štartu skenovania bolo vždy pár sekúnd odpočtu, počas ktorého sa obsluha skeneru mohla premiestniť mimo snímaný priestor. Zvolilo sa farebné skenovanie pre jednoduchšie následné spracovanie.

Parametre vlastného skenovania sú prehľadne zoskupené v tabuľke 2.4.

Tab. 2.4: Parametre nastavené na skenovanie bytu

Parametre skenovania	
Veľkosť skenu (scan size)	5120 × 2141 bodov (pixelov)
Vzdialenosť medzi bodmi (point distance)	12,3 mm / 10 m
Dĺžka skenovania (scan duration)	približne 5:53 (min:sek)
Objem dát (MPts)	11,0 miliónov bodov

2.2.4 Zameranie laserovým skenerom s technológiou SLAM

Na posledný spôsob zamerania bytovej jednotky bol využitý mobilný LiDARový skener s technológiou SLAM od Feima Robotics, ktorý bol požičaný od geodetickej firmy GEOPEN, s.r.o.

SLAM (Simultánna lokalizácia a mapovanie) je technológia využívaná v robotike a autonómnych systémoch, ktorá umožňuje súčasné vytváranie mapy neznámeho prostredia a určovanie polohy zariadenia v tomto priestore. V kombinácii so senzorom LiDAR (Light Detection and Ranging), ktorý na meranie vzdialeností využíva laserové lúče, poskytuje SLAM vysoko presné 3D mapovanie a lokalizáciu v reálnom čase.

Ručný panoramatický LiDAR SLAM2000 od Feima Robotics je inovatívny mobilný 3D skener, ktorý využíva SLAM technológiu na zber dát v reálnom čase v rozsahu 360°. Zariadenie SLAM2000 (obr. 2.7) je možné rozšíriť o rôzne externé príslušenstvo, ako je GNSS modul pre RTK merania, batoh, statív a ďalšie doplnky, čo umožňuje jeho všestranné využitie v exteriéri aj interiéri. Skener nachádza uplatnenie najmä pri geodetických meraniach, dokumentácii kultúrneho dedičstva, mapovaní podzemných priestorov a v rámci digitálnej správy objektov (napr. BIM a digitálne dvojča) [27]. Hoci ide primárne o ručný prístroj, môže byť inštalovaný aj do batohového systému neseného operátorom alebo použitý ako stacionárny skener umiestnený na statíve.

Hlavné parametre ručného LiDARového skeneru SLAM2000 sú usporiadané do prehľadnej tabuľky 2.5.

Tab. 2.5: Hlavné technické parametre zariadenia SLAM2000 [27]

Technické údaje	
Typ skenovania	Panoramatické, 360°
Dosah	70 m
Relatívna presnosť	2 cm
Absolútna presnosť	5 cm
Rýchlosť skenovania	200 000 bodov/s (40 laserových kanálov)
Batéria – výdrž	cca 95 minút
Pamäť	Interná kapacita 512 GB
Vizionálna kamera	12 Mpx pre SLAM a detailné snímky
Farebná kamera	12 Mpx, 210° FOV, 1"CMOS snímač

Všetky ostatné parametre prístroja sú uvedené v technickom liste od výrobcu, ktorý je obsahom zdroju [27].

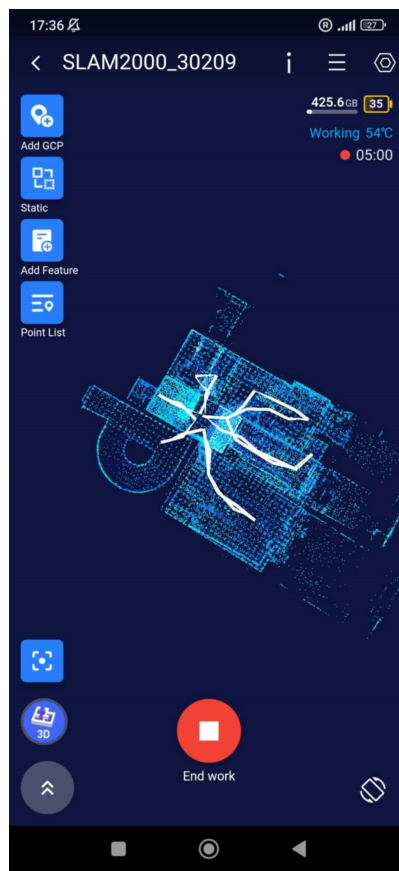


Obr. 2.7: Zariadenie SLAM2000 [Autor]

Samotné skenovanie sa ovláda pomocou mobilnej aplikácie SLAM GO (obr. 2.8). Je to softvér, ktorý poskytuje efektívne riešenie na mobilné zobrazovanie a spraco-

vane skenovacích dát v reálnom čase. Softvér umožňuje bezdrôtové prepojenie so skenerom, priebežnú vizualizáciu 2D a 3D dát počas merania, ako aj sledovanie vytváraného modelu a jeho aktuálnej pozície v priestore.

Po prihlásení do aplikácie je nutné sa bezdrôtovo pripojiť k zariadeniu. Po úspešnom pripojení začne zariadenie automatickú inicializáciu, ktorou je dosiahnutá optimalizácia presnosti prístroja počas skenovania. Inicializácia trvá približne minútu, kedy je nutné nechať zariadenie v pokoji na zemi. Po jej dokončení sa zariadenie prepne do pohotovostného režimu a je pripravené na samotné meranie. Pre meranie v interiéri je vhodné voliť uzavretú trasu a ako začiatkové a koncové voliť totožné miesto.



Obr. 2.8: Rozhranie aplikácie SLAM GO a ukážka mračna počas skenovania [Autor]

V mojom prípade išlo o prvú skúsenosť s podobným zariadením, preto samotné zameranie bytu prebehlo vo viacerých opakovaniach, aby bolo po spracovaní jednotlivých mračien možné posúdiť prípadné rozdiely v zozbieraných dátach na základe rozdielov v zameriavaní. Jedno kompletne zameranie bytu trvalo približne 6 minút.

Zároveň bola samostatne zameraná trasa od vstupu do bytového domu z ulice Kotlářská až po vstup do konkrétneho bytu vrátane schodiska. Hoci táto časť nie je priamym predmetom diplomovej práce, meranie bolo realizované v rámci testovania možností moderného meracieho zariadenia s cieľom overiť, ako bude výsledok takéhoto zamerania vizuálne a technicky vyzeráť. Na obrázku 2.9 je ukážka mračna bodov, ktoré bolo vedené od bytu schodmi k vstupu do bytového domu a naspäť.



Obr. 2.9: Prístup do bytovej jednotky [Autor]

2.2.5 Porovnanie jednotlivých metód

V tabuľke 2.6 je prehľad základných parametrov pomocou ktorých boli porovnávané jednotlivé metódy a prístroje zamerania. Uvedené časy sa vzťahujú na konkrétny prípad merania bytu.

Prístroj	Presnosť	Rýchlosť*	Náročnosť	Cena (cca)
Trimble M3	± 3 mm + 2 ppm	2,5 hodiny	odborná obsluha	200 000 Kč
Bosch GLM 40	$\pm 1,5$ mm	1 hodina	Jednoduché	2 000 Kč
FARO Focus 3D S120	± 2 mm na 25 m	1,5 hodiny	Jednoduché	200 000 Kč
Feima SLAM 2000	Relat.: 2 cm, abs.: 5 cm	10 minút	Jednoduché	350 000 Kč

Tab. 2.6: Porovnanie prístrojov na zameranie bytu

Pre potreby realitného trhu treba v prvom rade prihliadať na efektivitu, rýchlosť a náročnosť merania. Z tohto uhla pohľadu sa použitie totálnej stanice javí ako najmenej vhodné, napriek tomu, že je ním dosiahnuteľná najvyššia presnosť merania. Pre jednoduchý, rýchly, efektívny a finančne nenáročný prehľad o geometrii je vhodné použitie dista. Nie je ním ale možné vystihnúť tak detailne geometriu ako v prípade bodového mračna, ktoré vznikne použitím laserového skeneru.

3 Spracovanie nameraných dát

3.1 Tachymetria

Po zameraní charakteristických bodov bytovej jednotky bol z totálnej stanice vy-exportovaný zápisník merania vo formáte *.asc. Nasledovali výpočty v geodetickom programe Groma.

Program Groma (obr. 3.1) je určený ku geodetickým výpočtom a ide v ňom riešiť všetky základné geodetické úlohy. Vie spracovávať dáta vo formátoch všetkých bežných záznamníkov, či už dávkovo alebo jednotlivo. Všetky výpočetné úlohy prebiehajú v dialógových oknách, v ktorých sú prehľadne usporiadané všetky vstupné a výstupné údaje. Pri všetkých výpočtoch vznikajú automaticky textové protokoly o výpočte. Výhodou programu Groma je, že umožňuje priamu komunikáciu so systémom MicroStation a PowerDraft [28].

Pred započatím výpočtov boli skontrolované nastavenia programu. Z dôvodu, že išlo o meranie v lokálnom súradnicovom systéme nebolo zohľadnené skreslenie v Křovákom zobrazení a bola ponechaná hodnota 1. Následne bol importovaný merací zápisník prostredníctvom možnosti *Soubor – Importovat naměřená data*, pričom bolo nutné zvoliť formát MAPA2 v dialógovom okne. Pred samotným spracovaním zápisníka bolo nevyhnutné jeho manuálne upravenie, najmä z dôvodu chýb vzniknutých počas merania. Nasledovalo spracovanie zápisníku cez *Měření – Zpracovat zápisník*, kde boli spracované merania v 2 polohách.

Predc.	Číslo	Hz	Z	Vod. délka	oh	Signál	Popis
4001	0.0000	79.4601	2.752			0.000	STN
9999	207.2271	59.4087	5.148			0.000	
4004	170.3203	121.6237	4.092			0.000	
4003	272.8251	123.7365	3.747			0.000	
4005	76.0957	130.8534	2.717			0.000	
4006	9.7726	127.3814	3.149			0.000	
4007	100.4183	98.4818	2.387			0.000	
1	253.9288	62.0216	1.758			0.000	R
2	180.2627	60.5086	1.674			0.000	R
3	391.0818	75.1184	2.886			0.000	R
4	33.9225	74.9692	2.808			0.000	R
5	83.4583	82.9311	2.092			0.000	R
6	110.7129	80.5022	1.873			0.000	R
7	107.8749	62.0052	0.857			0.000	R
8	60.3125	72.9764	1.283			0.000	R
9	158.1227	80.0345	4.345			0.000	R
10	227.1613	85.1287	5.760			0.000	R
11	15.9481	89.9895	3.752			0.000	R
12	2.3776	86.9694	2.746			0.000	DZ
13	18.2197	86.8781	2.693			0.000	DZ
14	4.1298	88.6091	2.768			0.000	D
15	16.5321	88.5969	2.729			0.000	D
16	320.5391	68.9201	1.047			0.000	DZ
17	364.8581	76.7859	1.485			0.000	DZ
18	323.7507	72.0393	1.085			0.000	D
19	362.0557	78.9481	1.485			0.000	D
20	259.9945	78.8726	1.580			0.000	DZ
21	298.1551	70.0896	1.082			0.000	DZ
22	261.3145	80.1940	1.556			0.000	D
23	295.8778	72.4666	1.098			0.000	D
24	201.1456	77.0927	1.481			0.000	DZ

Predc.	Číslo	Y	X	Z	Kv.	Popis
4001	1 000 000	1 000 000	100 000			
9999	1 000 000	1 002 752	100 920			

Obr. 3.1: Prostredie softvéru Groma a ukážka výpočtu [Autor]

Ďalej bol importovaný zoznam súradníc o dvoch referenčných bodoch (4001 a 9999) vo formáte *.txt pomocou funkcie *Soubor – Importovat souřadnice*. Po príprave všetkých vstupných údajov bol výpočet realizovaný cez *Výpočty – Polární metoda dávkou*. Vypočítané súradnice všetkých bodov som si pomocou *Exportovat – Exportovat vše* uložila do formátu *.txt, aby som s nimi mohla ďalej pracovať. Tieto súradnice boli importované do softvéru MicroStation, kde na ich základe vznikol 2D výkres.

Na základe bodov a im priradeným kódom bola vyhotovená vektorová kresba bytu. Vzhľadom na použitú metodiku zberu údajov môže dochádzať k miernym geometrickým odchýlkam, najmä v dôsledku nepravidelností alebo nepresností v rohoch miestností. Tieto faktory môžu viesť k skresleniu výsledných rozmerov v porovnaní so skutočným stavom. Za účelom zvýšenia presnosti výstupu a zabezpečenia konzistentnosti geometrie pôdorysu bola vykonaná dodatočná úprava – konkrétne korigovanie pôdorysu na pravouhlosť. Táto korekcia vychádzala z dostupných meraných údajov.

Dverné a okenné otvory boli do výkresu zakreslené len schematicky na základe merania. Ich zobrazenie má ilustračný charakter, nespĺňa technické normy a výkres preto neslúži ako oficiálny výstup záverečnej práce, ale predovšetkým ako podklad na porovnanie s výstupmi získanými inými metódami merania.

3.2 Metóda dĺžkového merania

Údaje získané pomocou ručného laserového diaľkomeru nevyžadovali dodatočné úpravy. Na ich základe bol vytvorený 2D výkres, ktorý vychádzal z náčrtu zhotoveného počas merania. Rovnako ako v predchádzajúcom prípade, aj tento výstup slúži predovšetkým na porovnanie s výsledkami získanými inými použitými metódami merania. Výkres preto nespĺňa formálne požiadavky technického pasportu.

3.3 Laserové skenovanie skenerom FARO

3.3.1 Import dát

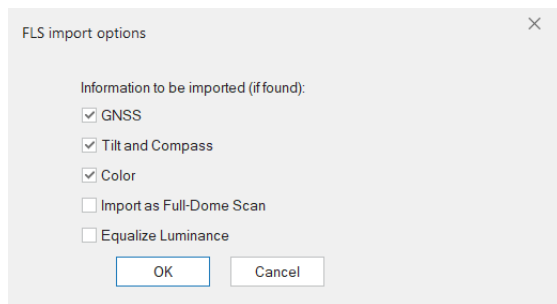
Zo skeneru boli dáta vyexportované vo formáte *.fls, každé stanovisko v samostatnej zložke. Spracovanie prebehlo v programe Trimble RealWorks 2024 verzie 2024.10.

Trimble Realworks je výkonný softvér, ktorý slúži pre spracovanie a analýzu mračien bodov ako pre profesionálov, tak aj pre začiatočníkov v oblasti 3D laserového skenovania. Softvér je ideálny pre geodetov a firmy zaoberajúce sa geopriestorovým

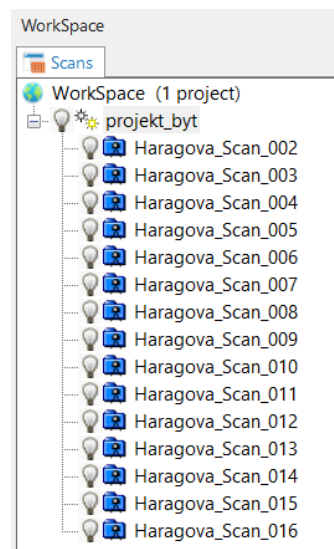
snímaním a je dostatočne výkonný aj pre spracovávanie veľmi objemných dát. Poskytuje komplexné riešenie pre efektívnu registráciu, analýzu, modelovanie a vytváranie výstupov s využitím dát prakticky z akéhokoľvek zdroja [29].

Po otvorení programu Trimble RealWorks bol vytvorený a uložený nový projekt vo formáte *.rwp a následne boli importované naskenované dáta cez *Import – Import FLS files*, kde bolo potrebné manuálne označiť všetky stanoviská. Pri importe boli zvolené parametre zobrazené na obr. 3.2.

Každé stanovisko je reprezentované jednou zložkou. Žltá zložka znamená, že stanovisko nebolo zhorizontované a pri registrácii by sa pohybovalo voľne v 3D. V prípade modrej zložky je stanovisko zhorizontované a pri registrácii sa nemení horizontálna zložka. Z obr.3.3 je patrné, že všetky stanoviská sú zhorizontované.



Obr. 3.2: Parametre importu skenov
[Autor]



Obr. 3.3: Modré zobrazenie zložiek
[Autor]

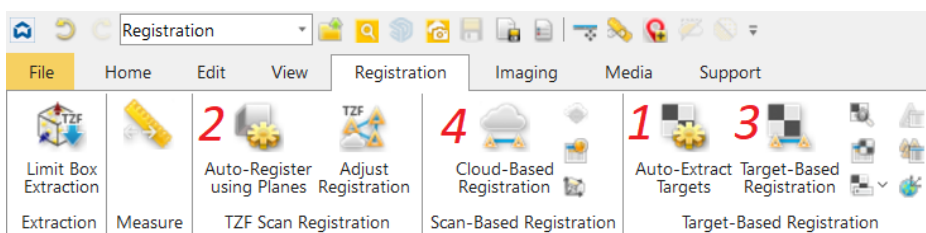
Ďalej bolo potrebné z každého naskenovaného súboru vytvoriť mračno bodov. Na to slúži funkcia *Create Sampled Scans*, kde si treba zvoliť interval medzi bodmi v mračne, prípadne maximálnu vzdialenosť od stanoviska a pod. Pri tvorbe mračna bol zvolený typ *Spacial Sampling* a nariadenie mračna na 1 cm medzi susednými bodmi v mračne.

3.3.2 Registrácia

V ďalšom kroku bolo nutné jednotlivé skeny spojiť do jedného celku. Na to slúži funkcia registrácia, ktorú je možné v programe Trimble RealWorks uskutočniť štyrmi rôznymi spôsobmi.

Registráciu je možné vykonať v rozhraní programu Trimble Realworks 4 spôsobmi (obr. 3.4):

1. Automaticky cez vlicovacie plochy (gule, čiernobiele terče)
2. Automaticky cez plochy
3. Manuálne cez vlicovacie body (gule, čiernobiele terče, identické body)
4. Manuálne mračno na mračno



Obr. 3.4: Lokalizácia jednotlivých spôsobov registrácie v Trimble RealWorks [Autor]

V rámci tejto práce boli použité dve z vyššie spomenutých metód spájania jednotlivých skenov. Cieľom bolo vykonať ich porovnanie z hľadiska vybraných parametrov. Vždy boli použité identicky pripravené dáta, ktoré boli následne spracované tromi spôsobmi: automatickým spojením na základe plôch, manuálnym spojením prostredníctvom vlicovacích gúl a manuálnym spojením pomocou identických bodov. Pôvodným zámerom bolo porovnať všetky štyri metódy registrácie, avšak počas spracovania sa zistilo, že prvý spôsob nie je možné realizovať, keďže použité vlicovacie gule nemali jednotný priemer, čo znemožnilo automatizované spracovanie. Štvrtá metóda bola vyhodnotená ako časovo neefektívna, a preto bola z porovnania vylúčená.

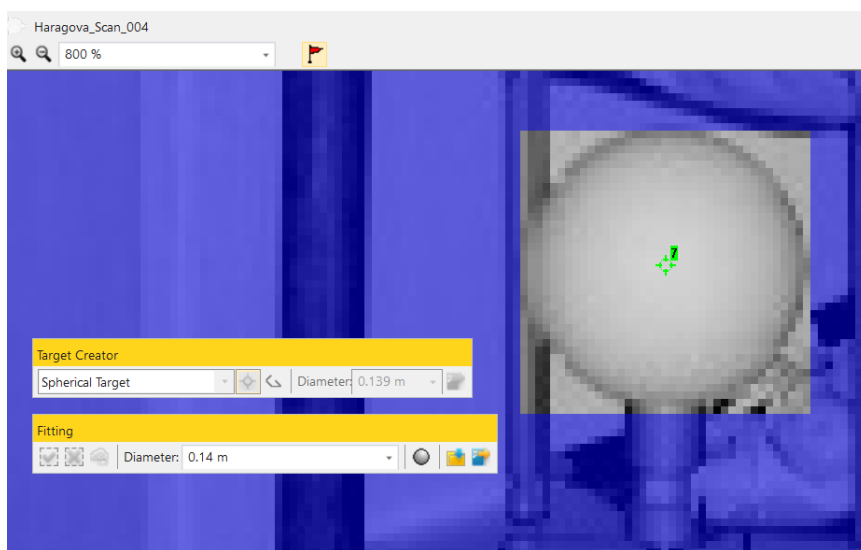
Registrácia automaticky cez plochy

Bol označený celý projekt a v záložke *Registration* bola spustená funkcia *Auto - register using Planes*. Ako referenčné stanovisko bol zvolený sken Haragova_Scan_005. Označili sa všetky ostatné stanoviská na pripojenie a tlačítkom *Start* program začal proces spájania. Následne bolo možné si uložiť protokol vo formáte *.rtf. Výsledná presnosť registrácie bola približne 0,7 mm. Celý protokol o registrácii je predmetom prílohy 1.1.

Registrácia manuálne pomocou vlicovacích gúľ

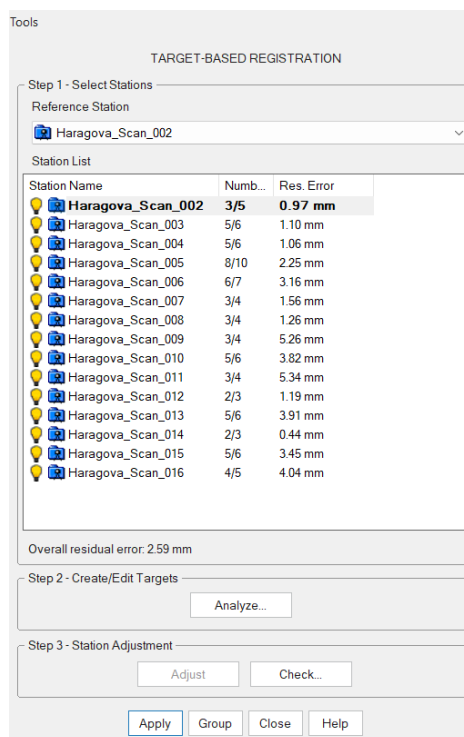
Druhý spôsob, ktorým boli spojené jednotlivé skeny prebehol za pomoci funkcie *Targed - Based Registration* v záložke *Registration*. Tak ako v predchádzajúcom spracovaní, aj tu bolo nutné mať označené všetky skeny, ktoré chceme spojiť. V mojom prípade som označila celý projekt.

Pre určenie vlicovacích bodov bolo nutné stlačiť *Analyze* v tabulke, ktorá vyskočila. Na každom stanovisku som následne našla, označila a očíslovala v grafickom okne každú vlicovaciu guľu, ktorú bolo z daného stanoviska vidieť. Na obr. 3.5 je ukázaný konkrétny prípad zamerania jednej z vlicovacích gúľ. Ako typ vlicovacieho bodu som zvolila *Spherical Target*. Zvýšenú pozornosť som musela dať na zadaný priemer gule, pretože v mojom zameraní som použila dva rozličné priemery gúľ na vlicovanie. Zároveň bol popri spracovávaní tvorený na papier náčrt pre lepší prehľad v umiestnení jednotlivých targetov a ich očíslovaní. Po označení všetkých gúľ na všetkých stanoviskách a skontrolovaní bolo nutné registráciu potvrdiť a taktiež potvrdiť, že chcem, aby nové vytvorené vlicovacie body boli zahrnuté do výpočtu. Po dokončení registrácie vyskočila tabuľka s protokolom o dosiahnutej presnosti, ktorý je predmetom prílohy 1.2. Celková smerodatná odchýlka transformácie medzi jednotlivými stanoviskami dosiahla hodnotu 2,6 mm (obr. 3.6).



Obr. 3.5: Ukážka tvorby nového cieľa [Autor]

Z dôvodu nedostatku skúseností s používanou metódou spájania boli niektoré vlicovacie guľe nevhodne umiestnené. To viedlo k nemožnosti správnej identifikácie ich geometrie, čím nebola splnená podmienka prepojenia susedných skenov prostredníctvom minimálne troch vlicovacích prvkov. Tento nedostatok sa následne negatívne prejavil na výslednej presnosti registrácie.



Obr. 3.6: Ukážka tabuľky dosiahnutej presnosti [Autor]

Registrácia manuálne pomocou identických bodov

Spracovanie prebiehalo v programe Trimble RealWorks pod rovnakou funkciou ako v predchádzajúcom prípade, s tým rozdielom, že boli na spojenie skenov použité identické body. Celý postup spracovania prebiehal obdobne ako pri registrácii pomocou vlicovacích gúľ. Ako identické body boli zvolené poväčšine rohy miestností, ojedinele roh zárubne, rozmedzie keramického obkladu a pod. Celková smerodatná odchýlka transformácie medzi jednotlivými stanoviskami dosiahla hodnotu 4,3 mm. Kompletný protokol o dosiahnutej presnosti sa nachádza v prílohe č. 1.3.

Na obr. 3.7 je vzniknuté bodové mračno po registrácii jednotlivých skenov.



Obr. 3.7: Registrované neorezané mračno bodov [Autor]

3.3.3 Georeferencovanie

Z dôvodu potreby presného porovnávania jednotlivých mračien bodov, ktoré boli získané rôznymi spôsobmi, bolo nevyhnutné transformovať všetky mračná bodov do rovnakého lokálneho súradnicového systému. Pred samotným začiatkom spracovania bolo nutné importovať do softvérového prostredia súradnice 3 zvolených identických bodov. Cez *Home - Import - Open* boli naimportované vo formáte *.txt 3 body o súradniciach X,Y,Z (obr. 3.8).

Poin.	X value	Y value	Z value	Description
1001	501.880	1000.000	100.000	Identicky bod
1002	500.000	1000.000	100.000	Identicky bod
1003	500.000	1004.115	100.000	Identicky bod

Obr. 3.8: Tabuľka importu identických bodov [Autor]

Samotné georeferencovanie prebehlo pomocou funkcie *Georeferencing*, ktorá sa nachádza v zložke *Registration*. Program Trimble RealWorks ponúka dve metódy georeferencovania – na základe čiernobielych terčov alebo výberom ľubovoľného manuálne zameraného bodu (*By picking*). Vzhľadom na to, že v rámci vlastného zamerania neboli použité čiernobiele terče, bola zvolená druhá metóda. Počas prvotných pokusov o označenie referenčných bodov v grafickom okne však dochádzalo k opakovaným zlyhaniu programu Trimble RealWorks verzie 2024.10, konkrétne pri využití funkcie *By picking*, kedy aplikácia náhle prestala pracovať. Na základe týchto technických problémov som pristúpila k vykonaniu georeferencovania v staršej a stabilnejšej verzii softvéru – Trimble RealWorks verzie 12.2, v ktorej bol tento proces úspešne dokončený.

Ako identické body boli zvolené tri rohy chodby, keďže ide o centrálnu časť bytu. Počet bodov na transformáciu bol zvolený v minimálnom potrebnom rozsahu, ktorý bol pre daný účel postačujúci. V grafickom okne bolo nutné na mračne bodov identifikovať roh miestnosti a následne mu priradiť zo zoznamu správne súradnice. Akonáhle boli v grafickom okne označené všetky 3 identické body, vyskočila tabuľka odchýlok, ktorú bolo treba potvrdiť (obr. 3.9).

Rovnaký postup bol zachovaný pri georeferencovaní všetkých troch mračien bodov. V prílohe 1.4 sú tabuľky georeferencovania všetkých mračien bodov. Priemerná chyba všetkých troch transformácií bola menšia ako 1 cm. Najväčšia použitá odchýlka na jednom z bodov bola 12 mm v mračne bodov spojenom manuálne pomocou vlicovacích gúľ.

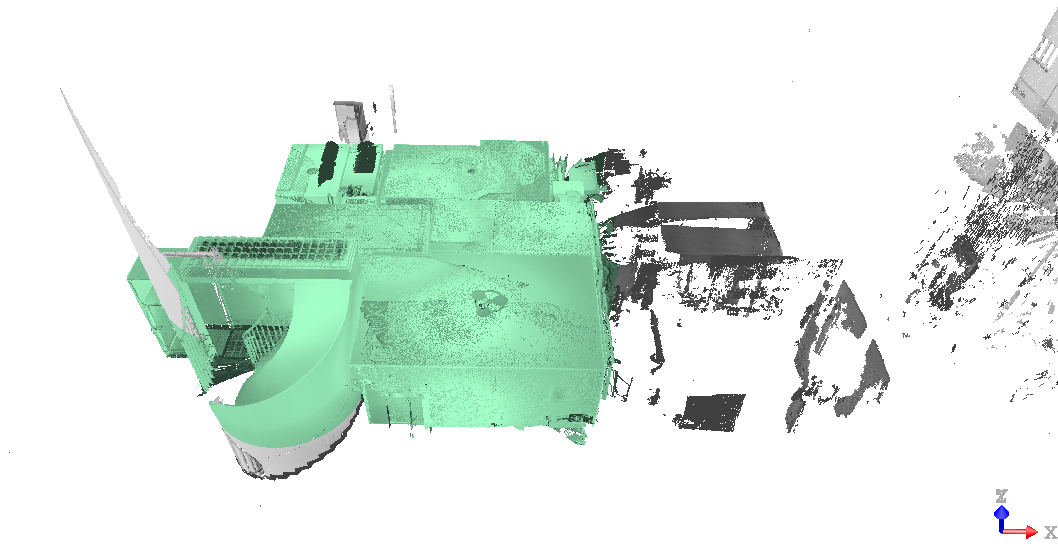
Name1	Name2	Error
<input checked="" type="checkbox"/> PickPoint 1	1002	1.29 mm
<input checked="" type="checkbox"/> PickPoint 2	1001	8.47 mm
<input checked="" type="checkbox"/> PickPoint 3	1003	8.99 mm
Average Error:		6.25 mm

Obr. 3.9: Ukážka tabuľky odchýlok georeferencovania [Autor]

3.3.4 Očistenie mračna

Samotné mračno bodov obsahovalo aj množstvo bodov, ktoré neboli potrebné pre účely tejto práce. Z tohto dôvodu bolo nevyhnutné pristúpiť k jeho vyčisteniu, aby sa eliminovali rušivé údaje, ktoré by mohli ovplyvniť presnosť ďalšieho spracovania a analýzy. Najvýraznejšia časť čistenia sa týkala odstránenia bodov vzniknutých v dôsledku odrazov od presklených plôch, ako sú okná a zrkadlá, ako aj bodov získaných počas meraní na lodžii.

V móde *Production* je funkcia *Segmentation* v zložke *Edit*. Nežiaduce časti mračna bodov boli označené pomocou polygonového výberu a následne vymazané. Po potvrdení úprav bol automaticky vytvorený nový projekt obsahujúci iba vyfiltrované dáta. Na obr. 3.10 je zelenou farbou zvýraznené bodové mračno po jeho očistení. Takto vyčistené mračno bolo exportované pomocou *Export - Export Selection* do formátu *.las, aby s ním bolo možné pracovať v ďalších programoch.



Obr. 3.10: Označené vyčistené bodové mračno [Autor]

Rovnakým spôsobom boli spracované tri samostatné mračná bodov, ktoré boli následne pripravené na porovnanie s mračnom bodov získaným použitím mobilného skenera SLAM200. Toto porovnanie tvorí obsah nasledujúcej kapitoly tejto práce.

3.4 Laserové skenovanie technológiou SLAM

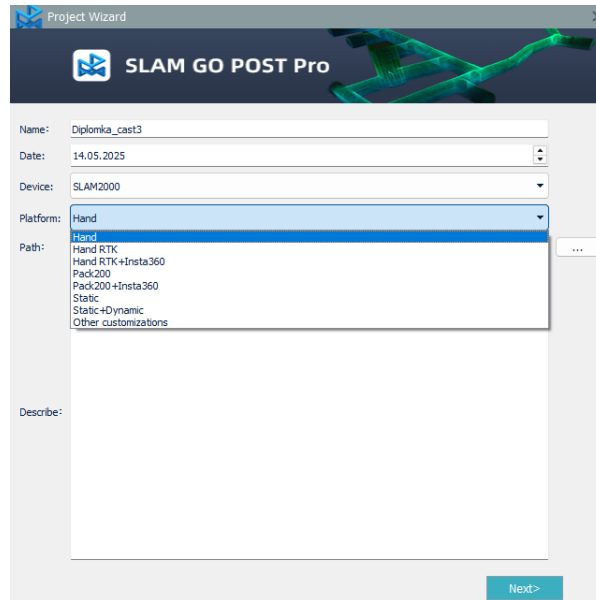
Namerané dáta boli spracované do výsledného mračna bodov za pomoci odborného vedenia od už vyššie zmieňovanej geodetickej kancelárie GEOPEN s. r. o.

Spracovanie nameraných dát prebehlo v softvéri SLAM GO POST Pro. SLAM GO POST Pro je softvér pre počítače navrhnutý na prácu s ručnými LiDAR skenermi značky FEIMA a je integrovaný v profesionálnej verzii softvéru UAVManager. Tento softvér podporuje spracovanie dát zo všetkých modelov ručných LiDAR skenerov značky FEIMA [30].

Umožňuje generovať farebné mračná bodov a panoramatické snímky s vysokou presnosťou. Podporuje rôzne režimy vizualizácie (výškový, intenzitný, textúrový) a zobrazenie trajektórie zberu dát. Zahŕňa aj meranie bodov, čiar a plôch. Vďaka

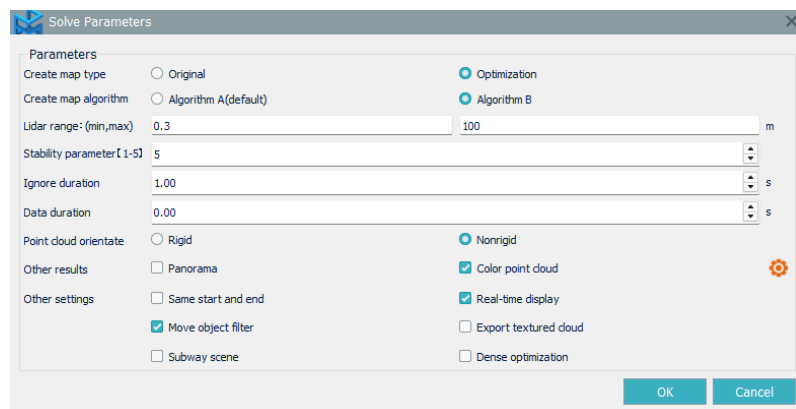
jednoduchému rozhraniu, sprievodcovi a spracovaniu jedným kliknutím je softvér vhodný aj pre menej skúsených používateľov [30].

Prvým krokom bolo založenie nového projektu. V tabuľke (obr. 3.11) je nutné vybrať akým prístrojom boli dáta zozbierané a taktiež zvoliť použitú metódu merania.



Obr. 3.11: Založenie projektu v SLAM GO POST Pro [Autor]

V ďalšom kroku sa naimportovali všetky dáta, ktoré boli zozbierané. Následne sa mohlo pristúpiť k samotnému spracovaniu mračna a to pomocou funkcie *One - Click Solve*, kedy sa v príslušnej tabuľke (obr. 3.12) nastavili parametre výsledného bodového mračna. Po potvrdení začal program spracovávať dáta podľa zvolených atribútov a výsledkom bolo mračno bodov, ktoré je možné v programe vizualizovať a pracovať s ním.



Obr. 3.12: Tabuľka *One - Click Solve* [Autor]

Takto spracované mračná bodov mi boli poskytnuté vo formáte *.las.

V dôsledku rýchleho spôsobu zberu dát prostredníctvom ručného LiDAR skenera bola bytová jednotka zameraná samostatne trikrát. V prostredí softvéru Trimble RealWorks boli jednotlivé bodové mračná navzájom porovnané. Porovnaním neboli zistené signifikantné rozdiely medzi jednotlivými meraniami; drobné odchýlky, napríklad v detaile zamerania rohov (obr. 3.13), pravdepodobne súviseli s odlišným spôsobom manipulácie so skenerom počas merania. Napriek týmto minimálnym rozdielom boli všetky tri záznamy vyhodnotené ako dostatočne presné pre potreby tvorby 3D modelu a spracovania výkresovej dokumentácie.

Pre ďalšie spracovanie bol zvolený ten sken, ktorý sa z hľadiska objemu získaných dát a ich obsahu javil ako najvhodnejší.



Obr. 3.13: Rozdielnosť mračien ukázaná na ľavom dolnom rohu miestnosti [Autor]

Mračno bodov bolo georeferencované do lokálneho súradnicového systému obdobne ako jednotlivé mračná namerané skenerom FARO. Priemerná chyba georeferencovania mala hodnotu necelých 7 mm. Tabuľka georeferencovania sa nachádza v prílohe 1.4.

4 Porovnanie výsledkov jednotlivých metód

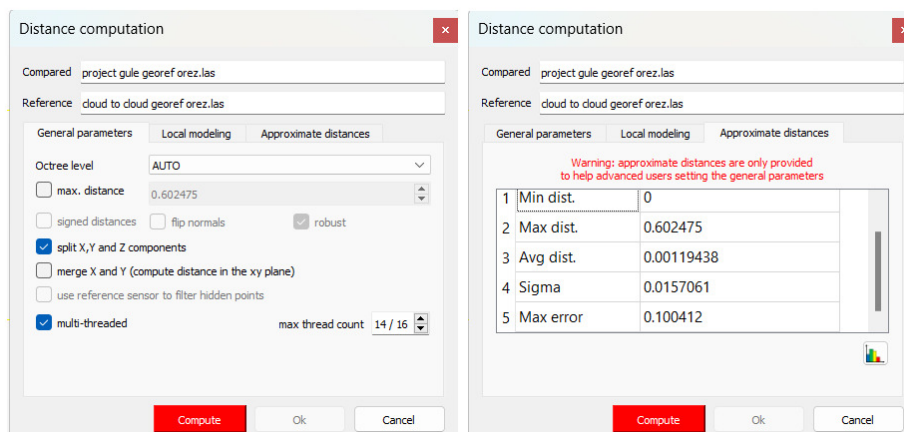
Táto kapitola sa zameriava na porovnanie všetkých spracovaných dátových výstupov – mračen bodov a vektorových kresieb – so zameraním na geometrickú presnosť. V prvej časti budú porovnané štyri mračná medzi sebou, následne budú v rezovej vzorke overené rozmery miestností voči referenčným hodnotám a napokon prebehne porovnanie vektorových výkresov s najpresnejším mračnom bodov.

Cieľom je zhodnotiť presnosť, náročnosť a efektivitu jednotlivých metód a určiť najvhodnejší výstup pre tvorbu 3D modelu a výsledných pasportizačných výstupov.

4.1 Analýza geometrickej presnosti mračen bodov

Vyhodnotenie geometrickej presnosti prebehlo v softvéri CloudCompare. CloudCompare je softvér určený na spracovanie a analýzu 3D mračen bodov. Podporuje funkcie ako registrácia, výpočet vzdialeností medzi mračnami (napr. cloud-to-cloud), segmentácia, filtrácia, vizualizácia a porovnanie 3D dát. Využíva sa najmä v geodézii, archeológii, strojárstve a ďalších oblastiach pracujúcich s 3D skenovaním [31].

Po importe jednotlivých mračen bodov vo formáte *.las bola v prostredí CloudCompare aplikovaná funkcia *Compute cloud/cloud distance*. Táto funkcia slúži na výpočet vzájomných vzdialeností medzi jednotlivými mračnami, pričom výsledné štatistické ukazovatele (RMS, priemer a štandardná odchýlka) poskytujú kvantitatívne vyjadrenie geometrickej zhody medzi porovnávanými datasetmi. Porovnávané sú dve mračná bodov, kde sa jedno stanoví ako referenčné (to, voči ktorému a meria) a cieľové (to, ktoré sa porovnáva), ako je zobrazené na obr. 4.1. Výsledkom je nové mračno, kde má každý bod uloženú svoju vzdialenosť k najbližšiemu bodu v druhom mračne.



Obr. 4.1: Nastavenie výpočtu a odhad vzdialenosti nového mračna [Autor]

Najprv boli medzi sebou porovnané tri mračná bodov získané skenerom FARO. Výsledky týchto porovnaní sú uvedené v tabuľke 4.1. Výsledky ukázali, že najnižšie hodnoty RMS chyby (0.005 m) a smerodajnej odchýlky (0.003 m) boli dosiahnuté pri porovnaní mračien registrovaných pomocou vlicovacích gúľ a automatickej metódy cez plochy. Naopak, mierne vyššie rozdiely sa vyskytli pri porovnaní mračna manuálne registrovaného pomocou identických bodov s ostatnými metódami, pričom RMS dosahovala hodnoty až 0.010 m. Napriek týmto rozdielom sa všetky porovnania pohybovali v rozmedzí 6 – 10 mm, čo zodpovedá chybe georeferencovania jednotlivých mračien bodov prezentovanej v predchádzajúcej časti práce.

Následne bolo porovnané mračno bodov získané použitím skeneru s technológiou SLAM voči dvoch mračnám bodov, ktoré vykazovali menšie odchýlky. Kvôli prehľadnosti tabuľky bola vyhotovená legenda (obr. 4.2) popisujúca identifikáciu jednotlivých mračien bodov.

Tab. 4.1: Štatistické porovnanie vzdialeností medzi mračnami bodov

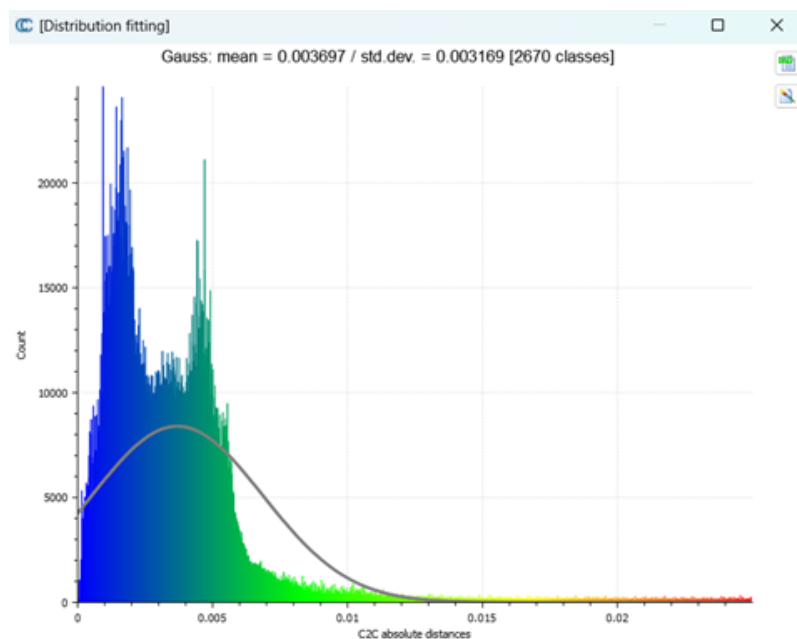
Porovnávaní dvojica mračien	RMS [mm]	Smerodajná odchýlka [mm]	Priemer [mm]	Rozsah zobrazených chýb
1 – 2	0,006	0,005	0,004	do 5 cm
1 – 2	0,005	0,003	0,004	do 2,5 cm
1 – 3	0,008	0,004	0,007	do 5 cm
1 – 3	0,008	0,004	0,007	do 2,5 cm
2 – 3	0,010	0,006	0,008	do 5 cm
2 – 3	0,009	0,005	0,008	do 2,5 cm
1 – 4	0,015	0,009	0,130	do 5 cm
1 – 4	0,012	0,006	0,011	do 2,5 cm
2 – 4	0,016	0,009	0,013	do 5 cm
2 – 4	0,012	0,006	0,010	do 2,5 cm

Tab. 4.2: Identifikácia a spôsob registrácie použitých mračien bodov

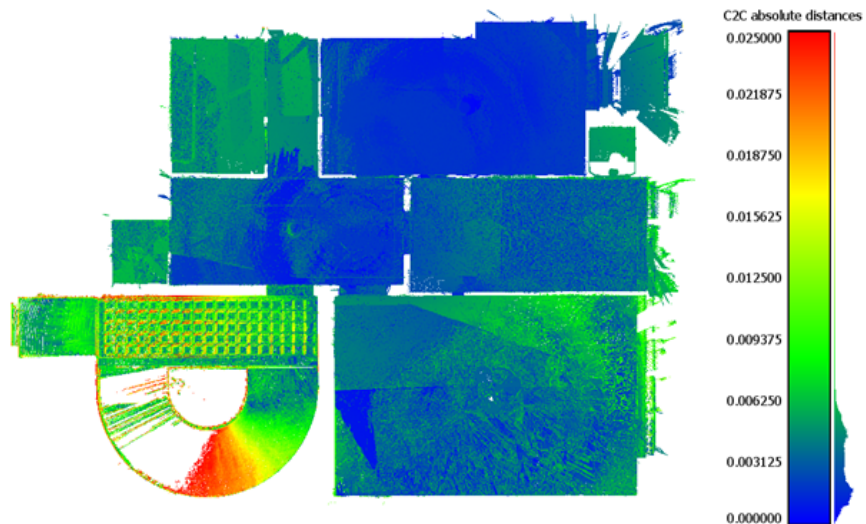
Č.	Identifikácia mračna bodov
1	FARO – Registrácia automaticky cez plochy
2	FARO – Registrácia manuálne pomocou vlicovacích gúľ
3	FARO – Registrácia manuálne pomocou identických bodov
4	SLAM

Z tabuľky 4.1 je zrejmé, že najväčšie odchýlky sa vyskytujú pri porovnaní s mračnom bodov získaného skenerom s technológiou SLAM, čo možno pripísať nižšej presnosti samotného zariadenia. Mobilné skenovací systémy založené na SLAM technológii sú vo všeobecnosti menej presné než stacionárne laserové skenery, čo sa odráža aj vo vyšších hodnotách RMS chyby a štandardnej odchýlky pri porovnaní s mračnami zo skenera FARO.

Príkladné výsledky analýzy porovnania mračna bodov 1 a 2 sú znázornené v podobe histogramu (obr. 4.2) a farebnej vizualizácie rozdielov (obr. 4.3). Tieto výstupy poskytujú prehľad o rozsahu a rozložení odchýlok medzi dvoma bodovými mračnami, pričom najväčšie rozdiely sa sústreďujú v oblastiach s nižšou hustotou bodov alebo slabším prekrytím skenov. Na obr. 4.3 vidieť, že najväčšie odchýlky medzi mračnami sú v mieste schodiska, ktoré už nie je predmetom bytovej jednotky.



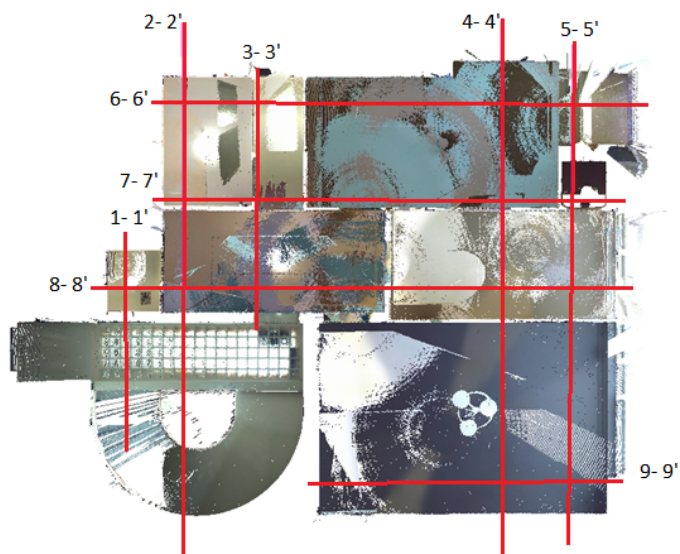
Obr. 4.2: Histogram absolútnych vzdialeností medzi mračnom bodov registrovaným pomocou vlicovacích gúľ a automatickou metódou cez plochy [Autor]



Obr. 4.3: Vizualizácia abs. vzdialeností medzi mračnom bodov registrovaným pomocou vlicovacích gúľ a automatickou metódou pomocou farebnej škály [Autor]

4.2 Kontrola kvality skenovaných dát

Ďalším krokom porovnania bola kontrola kvality skenovaných dát. V softvéri Trimble RealWorks (verzia 2024.10) bolo pre všetky štyri mračná vytvorených deväť zvislých rezov so šírkou 2,5 cm, ktoré pokrývali celý pôdorys bytu (obr. 4.4). Rezy boli exportované do formátu *.dxf a ďalej spracované v prostredí MicroStation, kde boli vložené ako referencie do jedného 3D výkresu. V ňom bolo možné presne zmerať horizontálne a vertikálne rozmery, ktoré sú zhrnuté v tabuľke 4.3.



Obr. 4.4: Rezy vyznačené v pôdoryse bytu [Autor]

Pri samotnom vytváraní rezov sa ako nevýhoda softvéru Trimble RealWorks ukázalo, že proces nebol pre používateľa taký intuitívny a interaktívny ako v prípade programu Atlas DMT. V Atlase bolo možné interaktívne posúvať rezáciu rovinu (polygón rezu), pričom sa jej zmena okamžite vizuálne prejavila v samotnom reze, čo výrazne uľahčovalo prácu. V dôsledku problémov s exportom dát z Atlasu do formátu *.dwg som však bola nútená pristúpiť k použitiu softvéru Trimble RealWorks. Export do tohto formátu bol nevyhnutný pre následné presné meranie rozmerov, ktoré nebolo v pôvodných programoch možné realizovať dostatočne efektívne.

Ako referenčná sada bola stanovená sada rozmerov v mieste rezu odmeraná pomocou ručného laserového diaľkomeru. Voči tejto sade sa porovnávali horizontálne a vertikálne rozmery odmerané z rezov jednotlivých mračien bodov. Kompletná tabuľka vyhodnotenia kontroly rozmerovej presnosti je predmetom prílohy 2. Rozdiely boli vyjadrené ako odchýlky od referenčnej hodnoty pre každý rozmer v jednotlivých miestnostiach. Na ich základe boli vypočítané tri základné štatistické ukazovatele:

Priemerný rozdiel – charakterizuje systematickú zložku chyby (t. j. konštantné posunutie),

Smerodajná odchýlka – vyjadruje náhodnú zložku chyby (rozptýlenie meraní),

Maximálna absolútna odchýlka – poukazuje na najväčšiu zistenú chybu.

Tab. 4.3: Prehľad výsledkov porovnania mračien bodov

	1	2	3	4
Priemerný rozdiel [m] (system. odchýlka)	-0,0010	0,0011	0,0011	-0,0003
Smerodajná odchýlka [m]	0,0026	0,0036	0,0036	0,0035
Max. abs. Odchýlka [m]	0,0070	0,0090	0,0110	0,0090

1	FARO - Registrácia automaticky cez plochy
2	FARO - Registrácia manuálne pomocou vlicovacích guľ
3	FARO - Registrácia manuálne pomocou identických bodov
4	SLAM

Na základe porovnania jednotlivých bodových mračien možno za najvhodnejšie považovať mračno zo statického skeneru FARO, kde boli jednotlivé skeny registrované pomocou plôch. Táto metóda vykázala najnižšiu maximálnu absolútnu odchýlku (0,0070 m) a zároveň konzistentné výsledky so smerodajnou odchýlkou len 0,0026 m, čo z nej robí najspoľahlivejší spôsob registrácie z hľadiska presnosti aj stability.

Hoci metóda SLAM dosiahla najnižšiu priemernú systematickú odchýlku, (-0,0003 m), jej maximálna odchýlka bola vyššia ako pri automatickej registrácii, čo znižuje jej vhodnosť pri aplikáciách s požiadavkou na vysokú presnosť.

Mračná bodov spojené manuálnymi metódami (cez vlčovací gule a identické body) dosiahli uspokojivé výsledky, no ich presnosť bola ovplyvnená väčším podielom subjektívneho zásahu. Celkovo sa ukazuje, že automatická registrácia cez plochy je najefektívnejším riešením, ktoré spája presnosť, spoľahlivosť a časovú efektívnosť a je vhodné ho použiť na ďalšiu prácu s mračnom.

4.3 Porovnanie geometrie mračna bodov s vektorovými výkresmi

Cielom tejto časti je porovnať výsledky spracovania dát získaných rôznymi metódami zamerania a vyhodnotiť ich presnosť.

V úvodnej fáze porovnania boli medzi sebou porovnané výkresy vytvorené na základe merania totálnou stanicou a ručným laserovým dialkomerom. Po ich navrstvení v pôdoryse bolo možné vizuálne identifikovať drobné polohové odchýlky predovšetkým na rohoch miestností. Tie predstavujú kľúčové referenčné body pre priestorové vyhodnotenie presnosti. Väčšina rohov miestností sa v porovnávaných pôdorysoch od seba líšila do 2 cm, pričom najväčšia odchýlka, zaznamenaná v rohu miestnosti, dosiahla 4,5 cm.

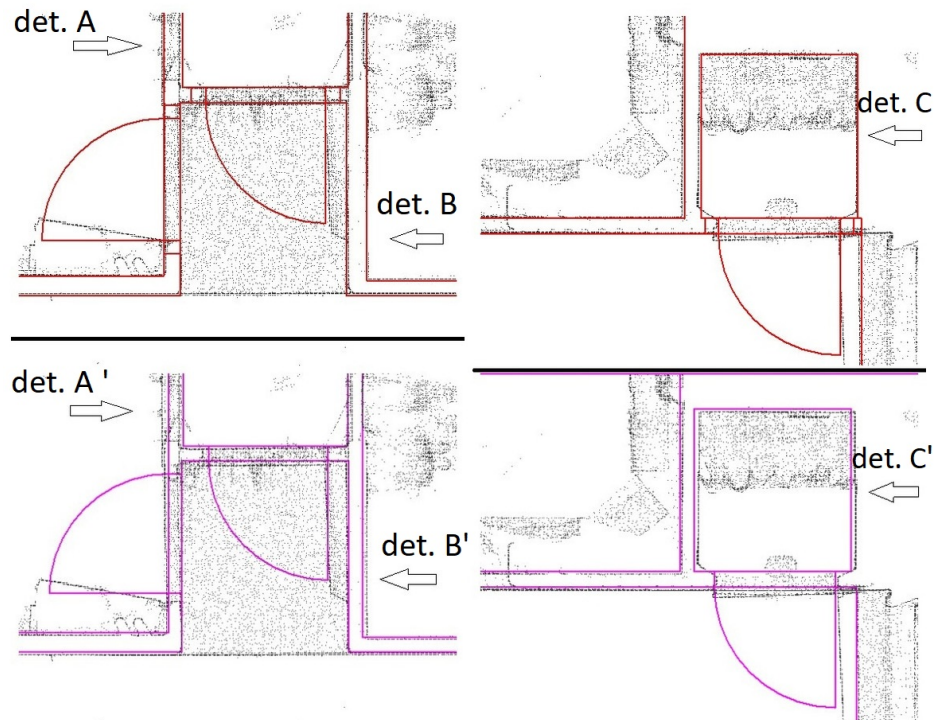
Tieto rozdiely súvisia s odlišnou metodikou merania. Pri použití ručného laserového dialkomera boli rozmery miestností získavané v rozličných výškach, podľa vybavenosti miestností, pričom v prípade menších rozdielov medzi meraniami na protilahlých stenách bol vypočítaný aritmetický priemer. Naopak, pri meraní totálnou stanicou boli zamerané horné rohy miestností, ktoré môžu byť ovplyvnené geometrickým skreslením spôsobeným sklonom stropu, stavebnými nerovnosťami alebo vrstvou nanesej omietky. Tieto faktory sa následne premietli do miernych rozdielov v polohe výkresových prvkov.

V ďalšom kroku bolo do pracovného prostredia importované mračno bodov, ktoré bolo na základe predchádzajúcich analýz vyhodnotenú ako najpresnejšie. Išlo o automaticky registrované mračno zo skenera FARO, pričom registrácia bola realizovaná na základe detekcie identických plôch.

Po porovnaní mračna bodov s vektorovou kresbou získanou z merania totálnou stanicou a z merania pomocou ručného laserového dialkomera možno konštatovať, že na mračno bodov lepšie korešponduje kresba z totálnej stanice. Najväčšia odchýlka pri tomto porovnaní dosahuje približne 2,5 cm v rohu miestnosti, zatiaľ čo pri porovnaní s kresbou z dista je maximálna odchýlka až 4,5 cm.

Na obrázku 4.5 sú zobrazené dva príkladové výrezy z pôdorysov vektorovej kresby, podložené mračnom bodov. Červenou farbou je znázornená vektorová kresba vytvorená na základe merania totálnou stanicou, zatiaľ čo fialová farba reprezentuje

pôdorys vyhotovený na základe rozmerov získaných ručným laserovým dialkometerom. Prostredníctvom trojice detailov A–A', B–B' a C–C' je znázornená odchýlka medzi oboma spôsobmi zamerania v porovnaní s mračnom bodov. Vo všetkých troch prípadoch sa odchýlka pri meraní totálnou stanicou pohybuje do 1,5 cm, zatiaľ čo pri meraní ručným laserovým dialkometerom sú odchýlky v rozmedzí 3 až 4 cm.



Obr. 4.5: Porovnanie zhodnosti vektorových kresieb s mračnom bodov [Autor]

4.4 Vyhodnotenie

V rámci praktickej časti boli analyzované štyri rôzne metódy zamerania interiéru bytu, a to z hľadiska časovej náročnosti, presnosti, zložitosti spracovania a vhodnosti pre ďalšie použitie v technickej dokumentácii a vizualizáciách. Každá z použitých technológií poskytla rozdielne výsledky v oblasti kvality údajov, komfortu zberu dát i následného spracovania.

Metóda dĺžkového merania pomocou zariadenia Bosch GLM 40 predstavuje rýchly a dostupný spôsob získavania základných údajov o rozmeroch miestností. Jej hlavnou výhodou je nízka časová náročnosť – samotné meranie bolo možné zrealizovať približne za jednu hodinu a vytvorenie zjednodušenej vektorovej výkresovej dokumentácie si vyžiadalo podobne dlhý čas. Zameranie touto metódou je najvhodnejšie pre jednoducho členené, pravoúhle priestory, kde sa vyžaduje presnosť a úroveň

detailu v rozsahu niekoľkých centimetrov. Keďže pri tomto type merania nie je určená priestorová poloha bodov, ale len ich vzájomné vzdialenosti, výsledný model je založený na predpoklade pravouhlosti stien. V porovnaní s referenčným mračnom bodov sa odchýlky v niektorých prípadoch pohybovali až do 4,5 cm. Nevyhnutnosťou zostáva manuálne dopasovanie jednotlivých rozmerov v rámci pôdorysu, čo znižuje celkovú presnosť a objektivitu výsledného modelu.

Pri použití metódy tachymetrie pomocou totálnej stanice sa zameranie ukázalo ako menej efektívne. Meranie trvalo približne dve hodiny a bolo náročné najmä v menších miestnostiach, kde bolo problematické umiestniť samotný prístroj a obsluhovať ho. Výsledkom boli miestami skreslené rohy, ktoré si následne vyžiadali dodatočnú úpravu výkresu smerom k pravouhlosti. Spracovanie údajov trvalo približne 1,5 hodiny. Napriek vyššej časovej náročnosti poskytuje táto metóda v porovnaní s distom lepšiu geometrickú konzistenciu. Odchýlky od referenčného mračna bodov sa na prevažnej časti pôdorysu pohybovali do 2 cm.

Statický 3D skener FARO umožnil zber údajov s vysokou hustotou bodov, pričom meranie trvalo približne 1,5 hodiny. Bola zvolená stratégia skenovania s vyšším počtom stanovísk skeneru, čo zabezpečilo kvalitné prekrytie jednotlivých polôh skenera. Porovnaním troch rôznych metód registrácie skenov – manuálne pomocou identických bodov, pomocou vlicovacích gúľ a automaticky na základe spoločných plôch – sa ako najpresnejšia a zároveň najefektívnejšia ukázala automatická registrácia podľa plôch. Čas spracovania bol výrazne krátky, v rámci pár minút, zatiaľ čo manuálna registrácia mohla trvať až dve hodiny. Výhodou automatickej registrácie je tiež eliminácia subjektívnych chýb obsluhy.

Pri použití ručného skenera s technológiou SLAM bolo možné vytvoriť mračno bodov v priebehu už šiestich minút. Tento typ zariadenia umožňuje sledovať priebeh skenovania v reálnom čase priamo v aplikácii. Hoci ide o veľmi rýchly a používateľsky jednoduchý spôsob zamerania, jeho presnosť je v porovnaní so statickým skenerom nižšia. V pôdoryse nie sú steny ostro definované, čo sťažuje presné vyhodnotenie ich hrúbky a geometrie. Spracovanie údajov závisí od objemu dát, no prebieha automatizovane prostredníctvom tzv. "jednotlačidlového riešenia".

Na základe vykonanej analýzy bolo ako najvhodnejšia metóda z hľadiska presnosti, efektivity a použiteľnosti vyhodnotené skenovanie statickým skenerom FARO s automatickou registráciou pomocou spoločných plôch. Na základe takto získaného mračna bodov bude v ďalšej kapitole vyhotovená zjednodušená technická dokumentácia a 3D model, ktoré budú slúžiť nielen na vizualizačné účely v rámci realitného marketingu.

5 Tvorba 3D modelu

Vzhľadom na to, že výstupom tejto diplomovej práce nie je len technická výkresová dokumentácia, ale aj priestorový 3D model určený na vizualizačné a prezentačné účely, zvolila som ako hlavný pracovný softvér Autodesk Revit. Tento softvér umožňuje parametrické modelovanie stavebných objektov v BIM prostredí, čo v praxi znamená, že pôdorysy, rezy aj 3D model vznikajú súbežne v rámci jedného súboru, čím sa zabezpečuje konzistentnosť a prepojenosť údajov.

Výhodou práce v Revite je možnosť spracovať výkresovú dokumentáciu a vizualizáciu v jednom prostredí, čím sa minimalizuje riziko chýb a nezhôd medzi výstupmi. Po dokončení modelu je možné vytvoriť výkresové výstupy – najmä pôdorysné zobrazenia, ktoré sa po doplnení grafických a popisných náležitostí (napr. kót, miestností, plôch či legendy) môžu použiť ako príloha ku kúpnej zmluve, ako informačný podklad pre realitný marketing, prípadne ako podklad pre projektanta pri plánovaní rekonštrukcie bytovej jednotky [32].

5.1 Tvorba výsledného bodového mračna

Ako bolo uvedené v závere predchádzajúcej kapitoly, 3D model bol vytvorený na základe mračna bodov získaného zo statického skenera FARO, pričom na registráciu jednotlivých skenov bola použitá metóda automatického spojenia na základe prekrytov plôch.

Pred samotným importom do softvéru Autodesk Revit bolo mračno bodov spracované v programe Trimble RealWorks, kde bolo aplikované filtrovanie s rasterizačným krokom 1 cm. Týmto spôsobom došlo k výraznému zníženiu počtu bodov – z pôvodných približne 7,7 milióna na približne 3,3 milióna bodov (obr. 5.1).

Takto optimalizované mračno bodov bolo následne exportované vo formáte *.rcp (ReCap Point Cloud) pre ďalšiu prácu a modelovanie v prostredí Revitu.



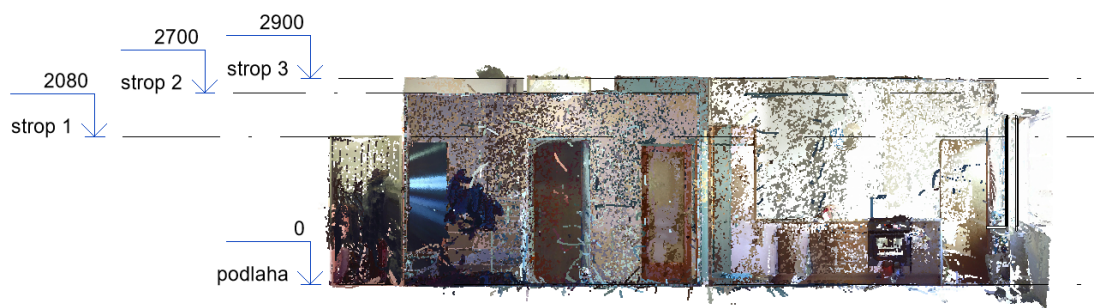
Obr. 5.1: Filtrácia mračna bodov
[Autor]

5.2 Tvorba projektu a pripojenie podkladov

Na vytvorenie 3D modelu bytovej jednotky bol použitý softvér Autodesk Revit 2023. Nevyhnutnou súčasťou novovytváraného projektu v Revite je výber vhodnej projektovej šablóny, ktorá definuje základné nastavenia prostredia. V tomto prípade bola použitá šablóna odporúčaná a štandardne využívaná na Ústave geodézie Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brne, ktorá obsahuje prednastavené systémové rodiny, parametre a štruktúru vhodnú pre spracovanie obdobných projektov.

Po založení projektu bolo do pracovného prostredia importované mračno bodov. Vzhľadom na to, že celý proces zamerania a následného spracovania dát prebiehal v lokálnom súradnicovom systéme, nebolo potrebné zavádzať do projektu globálny súradnicový alebo výškový referenčný systém.

Na základe importovaného mračna bodov bola v projekte nastavená výšková úroveň podlahy, ktorá slúžila ako referenčná báza. Ďalšie tri výškové úrovne boli definované podľa rôznych výšok stropov v jednotlivých miestnostiach bytu (obr. 5.2). Pre ich presné stanovenie bol využitý zvislý rez. Tieto výškové úrovne slúžia v prostredí Revitu na správne priradenie a vertikálne umiestnenie jednotlivých stavebných prvkov, ako sú steny, stropy alebo vybavenie a zabezpečujú konzistentné väzby medzi entitami a výškovými hladinami modelu.



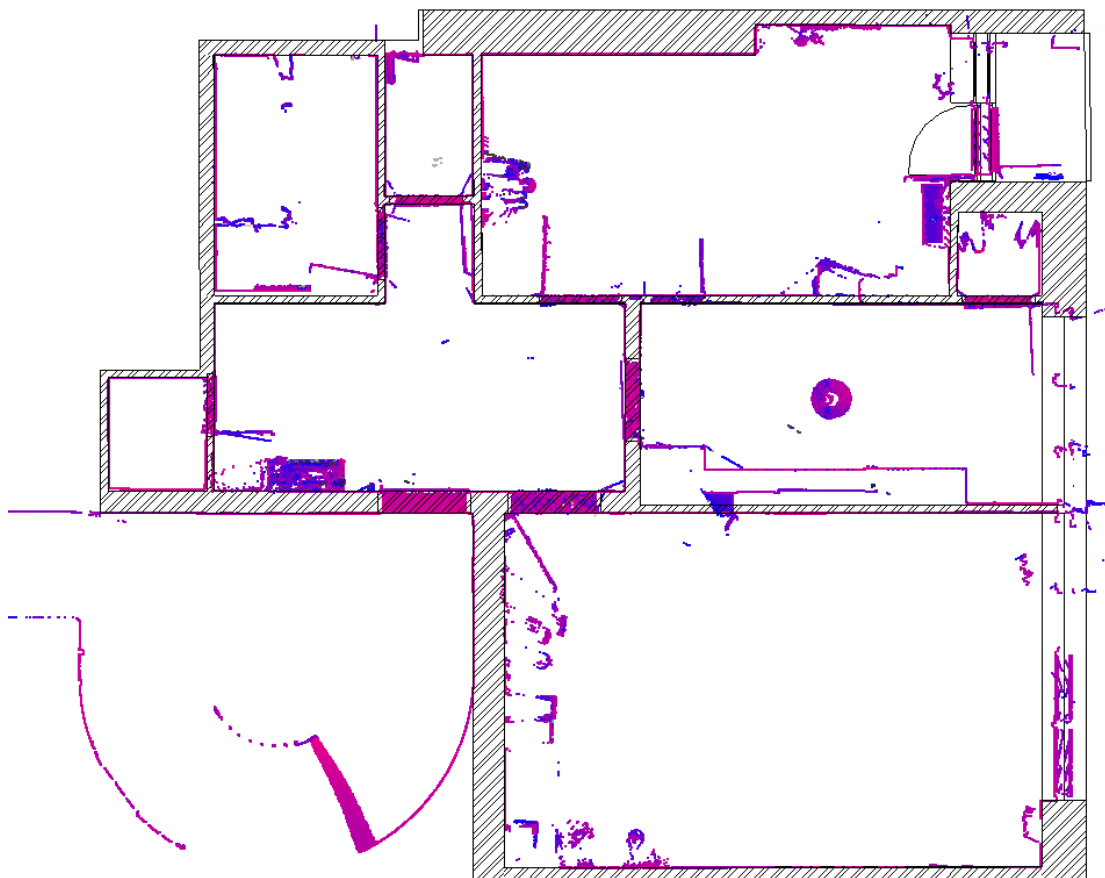
Obr. 5.2: Nastavenie výškových úrovní v projekte [Autor]

5.3 Tvorba základných stavebných prvkov

Po definovaní výškových úrovní sa pristúpilo k vytváraniu zvislých konštrukcií – stien, ktoré predstavujú základný prvok stavebnej konštrukcie. Nástroj na ich vloženie sa nachádza na karte *Architektúra*. Pred samotným umiestnením stien bolo nutné definovať jednotlivé typy stien, ktoré použijem. Keďže zameranie sa realizovalo v interiéri bytu, šírky obvodových stien nebolo možné určiť priamo z merania. V týchto prípadoch som vychádzala z archívnej technickej dokumentácie z roku 1939, ktorú mi poskytol správca bytového domu. Jednotlivé typy stien boli definované za pomoci duplikácie a následnej úpravy preddefinovaných typov stien v použitej šablóne. Každý stene bola zároveň priradená približná materiálová skladba, pričom dôraz bol kladený predovšetkým na vonkajší vzhľad modelu, keďže jeho hlavným účelom je vizualizácia. Ako hlavný konštrukčný materiál bola zvolená plná pálená tehla, ktorá bola doplnená o dokončovaciu vrstvu vo forme omietky, aby výsledné zobrazenie zodpovedalo súčasnému vizuálnemu stavu interiéru. Na obr. 5.3 je zreteľne vidieť zhodu medzi vytvoreným pôdorysom a bodovým mračnom, ktoré slúžilo ako podklad pre jeho tvorbu.

Ďalším modelovaným stavebným prvkom bola podlaha, ktorá tvorí základnú horizontálnu konštrukciu bytu. Vytvorená bola ako jedna súvislá plocha, ohraničená vonkajším obvodom bytu, s dvoma otvormi pre kúpeľňu a WC. V týchto miestnostiach bola upravená skladba a doplnená keramická dlažba, s cieľom zvýšiť vizuálnu prehľadnosť modelu. Navrhnutá podlaha slúži len na vizualizačné účely a nezodpovedá skutočnému konštrukčnému zloženiu.

Jednotlivé miestnosti boli v 3D modeli zhora uzatvorené pomocou prvku *Podhľad*, dostupného na karte *Architektúra*. Vzhľadom na to, že cieľom modelu bola predovšetkým vizualizácia interiéru a nie presné konštrukčné riešenie, bol tento nástroj využitý aj pre znázornenie hlavného stropu miestností. Táto metóda umožnila efektívne uzavretie priestoru zhora a bola dostatočná pre potreby prezentácie a spracovania výkresovej dokumentácie. Podhľady boli vytvorené samostatne pre každú miestnosť, pričom ich výškové osadenie bolo nastavené podľa výškových úrovní určených z mračna bodov.



Obr. 5.3: Súlad tvoreného pôdorysu s bodovým mračnom [Autor]

5.4 Dverné a okenné výplne – vkladanie a modelovanie

Základným stavebným prvkom v programe Revit sú tzv. rodiny. Ide o knižnice stavebných materiálov a objektov ako sú napr. dvere, okná, nábytok a pod. Základné rodiny jednotlivých objektov sú definované a dostupné v samotnom Revite, prípadne existujú online databázy, kde sa dajú stiahnuť konkrétne rodiny a použiť ich vo vlastnom projekte. V prípade dverí som vychádzala z existujúcej systémovej rodiny dostupnej v predvolenej šablóne projektu. Túto rodinu som duplikovala a následne upravila tak, aby zodpovedala skutočným rozmerom zameraných dverí. Úpravy zahŕňali najmä nastavenie šírky a výšky dverného krídla, ako aj zmenu typu výplne – podľa toho, či išlo o plné dvere alebo dvere s presklenou výplňou. Výsledná podoba vložených a upravených dverí je znázornená na obr. 5.4.



Obr. 5.4: Ukážka typov dverí v byte [Autor]

Po spracovaní dverných konštrukcií sa pozornosť sústredila na modelovanie okených výplní. Výrazným architektonickým prvkom bytu je dvojité pásové kastlové okno, ktoré zasahuje cez dve miestnosti. Vzhľadom na jeho netypickú geometriu a rozmery sa nepodarilo nájsť existujúcu rodinu v dostupných online knižniciach, ktorú by bolo možné jednoducho prispôbiť tomuto konkrétnemu prípadu. Z tohto dôvodu bolo okno vytvorené ako nová vlastná rodina priamo v editore rodín. Vzhľadom na charakter objektu by bola jeho úprava z inej existujúcej rodiny pravdepodobne časovo náročnejšia, než jeho samostatné vytvorenie. Porovnanie skutočného stavu a vymodelovanej rodiny jednej časti pásového okna je znázornené na obr. 5.5.

Okrem hlavného pásového okna bol do modelu doplnený aj samostatne modelovaný okenný prvok pri balkónových dverách a dva svetlíky, ktoré prepájajú miestnosť WC so susediacimi priestormi. Všetky takto vytvorené alebo upravené rodiny boli následne načítané do projektu a vložené do pôdorysu na príslušných miestach podľa mračna bodov.

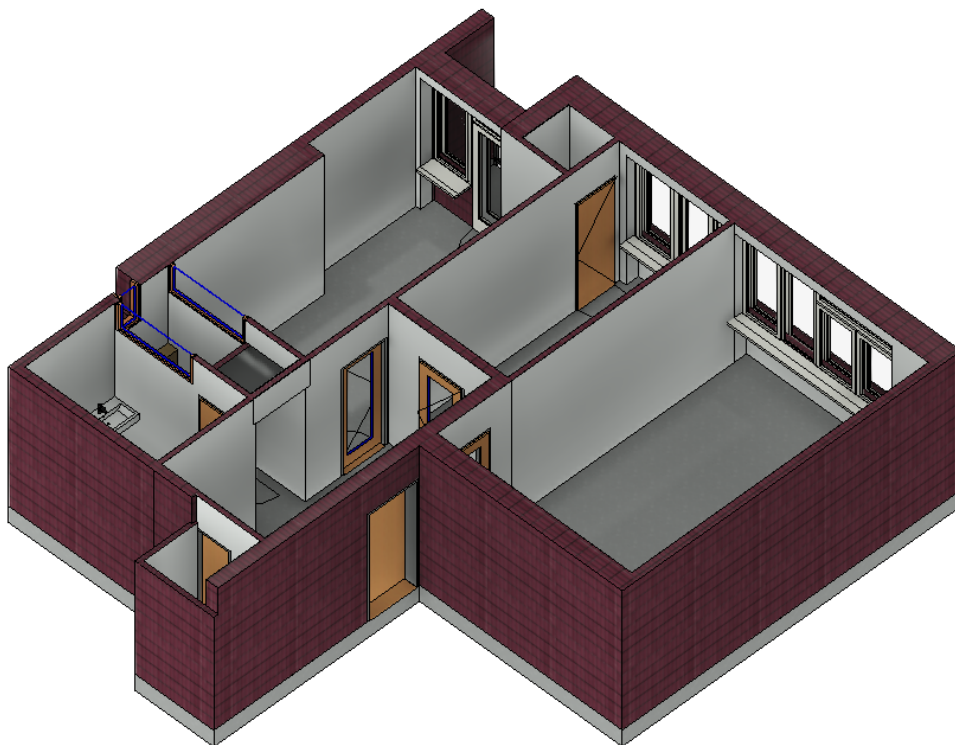


Obr. 5.5: Porovnanie skutočného stavu a vymodelovaného stavu vybranej časti okna
[Autor]

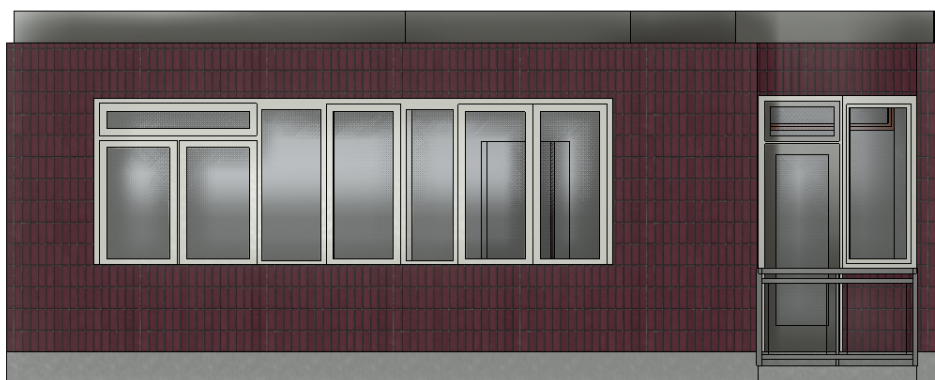
5.5 Výsledný 3D model

Na základe vyššie popísaných prvkov bol zostavený kompletný 3D model bytovej jednotky (obr. 5.6, 5.7), ktorý slúži ako priestorová reprezentácia existujúceho stavu. Jeho primárnym cieľom bolo vytvoriť prehľadnú a vizuálne presvedčivú prezentáciu bytu, ktorá zároveň čo najvernejšie zodpovedá skutočnej geometrii priestoru na základe zamerania laserovým skenerom FARO.

V rámci modelovania boli okrem základných stavebných konštrukcií doplnené aj vybrané prvky vybavenia interiéru, a to najmä tie, ktoré ovplyvňujú dispozíciu alebo priestorové členenie miestností. Prostredníctvom nástroja *Komponenta* na karte *Architektúra* bola do miestnosti WC vložená samostatná konštrukcia predstavujúca zabudovaný inštaláčny modul WC.



Obr. 5.6: Ukážka výsledného 3D modelu bytovej jednotky [Autor]



Obr. 5.7: Modelový pohľad na fasádu riešenej bytovej jednotky [Autor]

6 Výstupy práce a ich využitie

Hlavným cieľom tejto záverečnej práce bolo porovnanie viacerých metód zamerania interiéru bytovej jednotky a následné vyhotovenie výstupov na základe najefektívnejšie získaných a spracovaných dát. Tieto výstupy sú koncipované tak, aby boli prakticky využiteľné jednak pre potreby realitného trhu – najmä pri vizualizácii a prezentácii nehnuteľnosti potenciálnym záujemcom – ako aj pre projektantov, bytových architektov a odborníkov podieľajúcich sa na rekonštrukciách a úpravách bytových priestorov.

V nasledujúcich podkapitolách budú podrobne rozpracované jednotlivé typy výstupov, ich obsahová náplň, forma spracovania a cieľová skupina, pre ktorú sú určené. Týmto spôsobom bude možné posúdiť reálny prínos každého výstupu z hľadiska jeho využiteľnosti v praxi.

6.1 Zjednodušený pasport pre účely realitného trhu

Jedným z hlavných výstupov tejto záverečnej práce je zjednodušená výkresová dokumentácia obsahujúca pôdorys bytovej jednotky, určený najmä ako príloha ku kúpnej alebo nájomnej zmluve. Pri jeho vyhotovovaní bolo potrebné upraviť predvolený grafický výstup z Revitu tak, aby spĺňal základné náležitosti technického výkresu, no zároveň nebol vizuálne preťažený nadbytočnými informáciami, ktoré by znižovali jeho prehľadnosť a čitateľnosť pre bežného používateľa.

Všetky modelové pohľady vytvorené počas práce je možné preniesť do výkresovej časti pomocou funkcie *Výkres*, pričom formát výkresu a mierku je možné prispôbiť konkrétnemu účelu. V prípade tohto výstupu bol zvolený formát A4, ktorý je štandardne využívaný ako príloha k právnym dokumentom. Výkres bol zostavený tak, aby obsahoval všetky podstatné údaje, ktoré sa bežne vyžadujú pri zjednodušenom pasporte bytu.

Jedným z prvých krokov bolo určenie rezovej roviny vo výške 1,3 m nad úrovňou podlahy v pôdoryse. Vzhľadom na to, že nadsvetlíky medzi toaletou a susednými miestnosťami sú umiestnené vo väčšej výške, nebolo by ich pri tomto nastavení možné v pôdoryse zachytiť. Pomocou funkcie *Zalomená výška pohľadu* bola v týchto dvoch prípadoch výška rezovej roviny zmenená na hodnotu 2,2 m. Táto funkcia sa v pôdoryse zobrazí červenou prerušovanou čiarou, ktorá bola následne skrytá v pohľade.

Súčasťou výkresu je aj prehľadná tabuľka s výmerami jednotlivých miestností, ktorú Revit spracováva prostredníctvom funkcie *Výkaz miestností*. Na jej vytvorenie je potrebné najskôr do modelu vložiť miestnosti pomocou systémovej rodiny *Miestnosť*. Tento proces je používateľsky nenáročný – miestnosti sa vkladajú do uzatvorených

plôch definovaných stenami. V prípade, že priestor nie je kompletne ohraničený stenami (napr. lodžia), je nutné použiť nástroj *Oddělovač místnosti*, ktorý bol v tomto projekte využitý práve na ohraničenie lodžie.

Do výkresu boli ďalej doplnené údaje ako nameraná svetlá výška miestností, grafická mierka, severka, celková podlahová plocha bytovej jednotky a základné identifikačné údaje objektu.

Výsledný výkres predstavuje prezentovateľný pasport, ktorý je súčasťou príloh 3.1 a 3.2 tejto práce vo formátoch *.pdf a *.dwg.

6.2 Podrobný technický pasport pre projektové účely

Tento výstup predstavuje rozšírenú verziu základného pôdorysu, ktorá obsahuje detailnejšie technické informácie, čím je vhodná ako podklad pre projektovú dokumentáciu alebo rekonštrukčné práce. Hoci formálne vychádza z rovnakého modelového základu ako zjednodušený pôdorys určený na právne účely, jeho spracovanie je technicky podrobnejšie a vizuálne robustnejšie.

Výkres bol z dôvodu väčšieho rozsahu údajov spracovaný vo formáte A3, čo zabezpečuje dostatočnú prehľadnosť a čitateľnosť všetkých náležitostí. Súčasťou výstupu je technické kótovanie jednotlivých miestností, ktoré poskytuje presné informácie o rozmeroch a priestorovom usporiadaní bytovej jednotky.

Okrem pôdorysu obsahuje výstup aj tabuľku špecifikácie otvorových konštrukcií – t. j. okien a dverí, ako aj popisové pole so základnými údajmi o výkrese. Neoddeliteľnou súčasťou technického pasportu je aj textová technická správa (príloha 3.5), ktorá sumarizuje kľúčové informácie o bytovom dome a konkrétnej bytovej jednotke – od identifikačných údajov, cez dispozíciu a technické vybavenie, až po stručné zhodnotenie stavebno-technického stavu.

Tento výstup je určený predovšetkým pre projektantov, bytových architektov alebo technikov, ktorí na jeho základe môžu pripraviť rekonštrukciu, zmenu dispozície alebo modernizáciu bytového priestoru. Kompletný technický pasport sa nachádza v prílohe 3.3 vo formáte *.pdf a v prílohe 3.4 vo formáte *.dwg.

6.3 Interaktívny 3D PDF výstup pre vizualizáciu

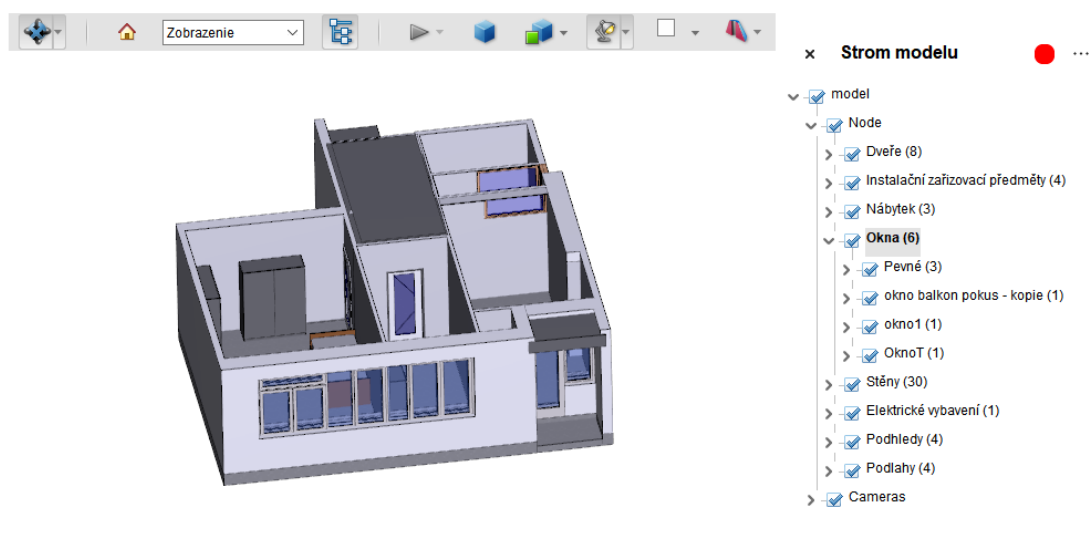
Ďalším výstupom vyplývajúcim z vytvoreného 3D modelu je zjednodušené interaktívne 3D PDF, určené najmä na vizuálnu prezentáciu bytu v prostredí dostupnom aj pre laickú verejnosť. Tento formát bol zvolený najmä pre potreby realitného trhu, kde zohráva úlohu efektívneho a prehľadného prezentačného nástroja – napríklad pre

záujemcov o kúpu nehnuteľnosti. Výsledné 3D PDF umožňuje používateľovi interaktívne zobrazovať jednotlivé stavebné prvky a prehliadať model v rôznych pohľadoch priamo v prostredí Adobe Acrobat Reader, bez potreby špecializovaného softvéru. Podmienkou funkčného zobrazenia 3D obsahu je povolenie tejto funkcie v nastaveniach programu: *Úpravy* → *Predvoľby (Ctrl + K)* → *3D a multimédiá* → *Povoliť prehrávanie 3D obsahu*.

Na export 3D modelu do PDF bol použitý softvér SimLab 3D PDF Exporter vo verzii 12.0, ktorý bol implementovaný ako doplnok do prostredia Autodesk Revit v záložke *Doplňky*. Pri exporte je možné nastavovať rôzne parametre – napríklad východiskový pohľad, vizualizačný štýl, kameru či vrstvy zobrazenia, čím sa výrazne zvyšuje užívateľská prívetivosť výstupu.

Nevýhodou tohto formátu je skutočnosť, že nepodporuje prenos technických parametrov jednotlivých objektov – napríklad názvy materiálov, typy konštrukcií či iné BIM dáta. Z tohto dôvodu je výstup vhodný výlučne na prezentačné účely, nie na odbornú technickú analýzu.

Zjednodušený 3D model vo formáte PDF, vytvorený pre účely realitnej prezentácie, je zaradený ako príloha 3.6 tejto práce. Na obr. 6.1 je ukážka ako sa zobrazuje 3D model s kategóriami stavebných prvkov vo výstupe 3D PDF.



Obr. 6.1: Výrez z 3D PDF [Autor]

Záver

Táto diplomová práca sa zaoberala problematikou zberu, spracovania a porovnania dát získaných rôznymi meracími metódami s cieľom vytvoriť zjednodušenú technickú dokumentáciu bytovej jednotky. V práci boli testované tri hlavné prístupy: tachymetria, manuálne dĺžkové meranie pomocou ručného laserového dialkomera a laserové skenovanie (statické a mobilné s technológiou SLAM). Výsledky jednotlivých metód boli následne analyzované z hľadiska presnosti, časovej náročnosti, praktickosti a kvality výstupov.

Na základe vykonanej analýzy bolo zistené, že najefektívnejším spôsobom zberu dát konkrétnej bytovej jednotky je pozemné laserové skenovanie pomocou zariadenia FARO Focus 3D S120 s využitím automatickej registrácie skenov na základe prekrytu spoločných plôch medzi jednotlivými stanoviskami. Táto metóda sa ukázala ako najpresnejšia a zároveň časovo efektívna. Vytvorené mračno bodov dosahovalo vysokú geometrickú presnosť a pokrytie všetkých dôležitých detailov bytu, pričom automatická registrácia výrazne zjednodušila a urýchlila spracovanie dát.

Tachymetria sa ukázala ako veľmi presná metóda, avšak jej nevýhodou je vyššia časová náročnosť a potreba väčšieho množstva ručného spracovania. Z tohto dôvodu nie je ideálna pre rýchly a efektívny zber dát v interiéroch. Naopak, manuálne meranie pomocou ručného laserového dialkomera je jednoduché na realizáciu a nenáročné na vybavenie. Jeho presnosť je však nižšia a zároveň nie je vhodné pre zložitejšie geometrie a detaily objektu. Pri porovnaní s referenčným mračnom bodov bolo zistené, že odchýlky medzi ním a vektorovými výkresmi vytvorenými pomocou tachymetrie aj ručného merania sa pohybovali v rozmedzí niekoľkých centimetrov, čo môže byť limitujúce pri požiadavkách na vyššiu presnosť výstupov.

Mobilné skenovanie so SLAM technológiou prinieslo výhody v rýchlosti zberu dát, avšak výsledné mračno vykazovalo vyššiu mieru odchýlok, čo je problematické pri tvorbe výkresovej dokumentácie vyššej presnosti.

Výstupmi práce sú zjednodušený a technický pasport bytovej jednotky a 3D model, ktorý bol pre účely vizualizácie prevedený do formátu interaktívneho 3D PDF. Takýto výstup je prístupný aj laikom, čo ho robí vhodným nástrojom pre realitné kancelárie a predajcov. Diplomová práca zároveň preukázala, že moderné technológie merania, predovšetkým laserové skenovanie, sú dnes plne využiteľné aj pri menších objektoch, akými sú byty. Poskytujú detailný a verný obraz o geometrii priestoru, pričom vytvorený 3D model môže slúžiť ako základ pre ďalšiu technickú dokumentáciu, prípadne pre tvorbu BIM modelu. Hoci všetky použité metódy umožnili vytvoriť základnú dokumentáciu, najväčší prínos pre realitnú prax prinieslo práve laserové skenovanie.

Literatúra

- [1] RUDOVSKÝ, Z., ŠTRUP, O. *Pasportizace / Passportization [online]*, JUNIORSTAV 2013 – 1.1 Architektura v pozemním stavitelství. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2013. [cit. 2025-05-16]. Dostupné z: <https://www.academia.edu/11563317/pasportizace-passportization>
- [2] ČESKO *Koncepce zavádění metody BIM v České republice [online]*, Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2017 [cit. 2025-05-16]. Dostupné z: <https://mpo.gov.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/2017/10/Koncepce-zavadeni-metody-BIM-v-CR.pdf>
- [3] VÝBORNÁ PROJEKCE s.r.o. *Pasportizace stavebních objektů [online]*., [cit. 2025-05-16]. Dostupné z: <https://www.vybornaprojekce.cz/sluzby/pasportizace-stavebnich-objektu/>
- [4] ČESKO *Zákon č. 283/2021 Sb., stavební zákon [online]*., Sbírka zákonů České republiky, částka 124/2021, 2021 [cit. 2025-05-16]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-283>
- [5] ČESKO *Vyhláška č. 131/2024 Sb., o dokumentaci staveb [online]*, Sbírka zákonů České republiky. 2024. [cit. 2025-05-16]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2024-131>
- [6] ČESKO *Ověření pasportu stavby [online]*, Portál veřejné správy, 2025 [cit. 2025-05-16]. Dostupné z: <https://portal.gov.cz/sluzby-vs/overeni-pasportu-stavby-S47342>
- [7] BERÁNKOVÁ, E. *Pasportizace a pasporty při správě majetku [online]*, TZB-info.cz, 2013 [cit. 2025-05-16]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/udrzba-budov/10595-pasportizace-a-pasporty-pri-sprave-majetku>
- [8] ŠMAHEL, M. *Problematika podrobnosti zpracování pasportizace objektů pozemních staveb. [online]*, XXIII. mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství – ExFoS 2014. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2014, s. 97–102. ISBN 978-80-214-4923-0. [cit. 2025-05-16]. Dostupné z: <https://dspace.vut.cz/server/api/core/bitstreams/d59ba2ed-f40a-45e7-9761-e66de453b46b/content>
- [9] ZACHARIÁŠOVÁ, I. *Účel pasportizace [online]*, Fulsoft.cz, 2016 [cit. 2025-05-16]. Dostupné z: <https://www.fulsoft.cz/33/ucel-pasportizace-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Ekvnipidnicqu7-ItOXryfFrJfTGJxQrnQ/?query=pasportizaceserp=1>

- [10] ČESKO *Nariadení vlády č. 366/2013 Sb., o úpravě některých záležitostí souvisejících s bytovým spoluvlastnictvím [online]*, Sbírka zákonů České republiky, částka 143/2013, 2013 [cit. 2025-05-16]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-366>
- [11] TŮMOVÁ, L. *Co se počítá do podlahové plochy bytu? [online]*, LucieTumova.cz, 2015 [cit. 2025-05-16]. Dostupné z: <https://lucietumova.cz/co-se-pocita-do-podlahova-plocha-bytu/>
- [12] EVROPSKÁ UNIE *Prováděcí nařízení Komise (EU) 2020/1197 ze dne 30. července 2020, kterým se stanoví technické specifikace a úprava podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/2152 o evropských podnikových statistikách a zrušení deseti právních aktů v oblasti podnikových statistik [online].*, Úřední věstník Evropské unie, L 271, 18. 8. 2020, s. 1–146 [cit. 2025-05-16]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/pravoEU/dokument?celex=32020R1197>
- [13] GJURIČ, Š. *Užitná, podlahová, obytná a celková plocha nemovitosti: Jaký je mezi nimi rozdíl? [online]*, RE/MAX Horizont, 2023 [cit. 2025-05-16]. Dostupné z: <https://www.remaxhorizont.cz/blog/uzitna-podlahova-obytna-celkova-plocha-nemovitosti>
- [14] HAVIČ, J. *Definice ploch užitná, podlahová, obytná a užitková [online]*, Havic.cz, 2019 [cit. 2025-05-16]. Dostupné z: <https://www.havic.cz/blog/definice-ploch-uzitna-podlahova-obytna-uzitkova>
- [15] MICHALÍK, B. *Inovace v pasportizaci [online]*, Časopis Stavebnictví, 2021 [cit. 2025-05-16]. Dostupné z: <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-inovace-v-pasportizaci.html>
- [16] VONDRÁK, J. *Tachymetrie*, 2020, Prezentácia použitá na výučbu predmetu GE03 - Geodézie II. Brno: Fakulta stavební, Ústav geodézie
- [17] ŠTRONER, M. a kol. *3D skenovací systémy*, Fakulta stavební ČVUT v Prahe, 2013. ISBN 978-80-01-05371-3
- [18] ŽEMLIČKA, M. *Výhody pasportizace staveb metodou BIM [online]*, EARCH.cz, 2020 [cit. 2025-05-16]. Dostupné z: <https://www.earch.cz/technologie/clanek/vyhody-pasportizace-staveb-metodou-bim>
- [19] VALA, K. *Vyfotit, změřit, odhadnout: drony ve stavebnictví a znalectví [online]*, TZB-info, 2024 [cit. 2025-05-17]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/27810-vyfotit-zmerit-odhadnout-drony-ve-stavebnictvi-a-znalectvi>

- [20] KALVODA, P. *01- Úvod do fotogrammetrie*, 2023, Prezentácia použitá na výučbu predmetu Fotogrammetrie I. Brno: Fakulta stavební, Ústav geodézie
- [21] PROJEKTANTI TVSTAV.CZ *Pasport stavby – nezbytný krok ke správě nemovitosti a splnění zákonné povinnosti [online]*, TVstav.cz, 2024 [cit. 2025-05-16]. Dostupné z: <https://tvstav.cz/clanek/7966-pasport-stavby-nezbytny-krok-ke-sprave-nemovitosti-a-splneni-zakonne-povinnosti>
- [22] SEZNAM.CZ, a.s *Mapy.com: mapy a navigácia [online]*, Praha: Seznam.cz, 2025 [cit. 2025-05-17]. Dostupné z: <https://mapy.com/sk/>
- [23] BRNĚNSKÝ ARCHITEKTONICKÝ MANUÁL *Nájemní domy [online]*, Brno: Dům umění města Brna, 2025 [cit. 2025-05-17]. Dostupné z: <https://www.bam.brno.cz/objekt/c248-najemni-domy>
- [24] TRIMBLE *Totální stanice Trimble M3 – technický list [online]*, Praha: Geotronics Praha, 2014 [cit. 2025-05-17]. Dostupné z: Technický list Trimble M3
- [25] BOSCH *Laserový měřič vzdálenosti GLM 40 Professional [online]*, Bosch-shop.cz [cit. 2025-05-17]. Dostupné z: <https://bosch-shop.cz/products/laserovy-meric-vzdalenosti-glm-40-professional>
- [26] XPERT SURVEY EQUIPMENT *Faro Focus3D S 120 3D Laser Scanner [online]*, [cit. 2025-05-18]. Dostupné z: <https://www.xpertsurveyequipment.com/faro-focus3d-s-120-3d-laser-scanner.html>
- [27] SHENZHEN FEIMA ROBOTICS CO., LTD. *SLAM2000 Handheld LiDAR Scanner – Product Manual [online]*, Shenzhen Feima Robotics Co., Ltd., [cit. 2025-05-18]. Dostupné z: <https://fcc.report/FCC-ID/2A7JA-SLAM2000/7233798.pdf>
- [28] GROMA spol. s r.o. *Groma – geodetický softvér a služby. [online]*, Groma spol. s r.o., [cit. 2025-05-19]. Dostupné na: <https://www.groma.cz/cz/groma>
- [29] GEOTRONICS Praha, s.r.o. *Trimble RealWorks – softvér pre spracovanie mračien bodov. [online]*, Praha: GEOTRONICS Praha, s.r.o., [cit. 2025-05-19]. Dostupné na: <https://geotronics.cz/geodezie/software/trimble-realworks/>
- [30] SHENZHEN FEIMA ROBOTICS CO., LTD. *SLAM GO POST: Post-Processing Software. Product Manual 202502.*, Shenzhen: Feima Robotics Co., Ltd., s.a.

- [31] CLOUDCOMPARE *CloudCompare – Presentation [online]*, [cit. 2025-05-23].
Dostupné na: <https://cloudcompare.org/presentation.html>
- [32] ERHART, D. *Stavařův průvodce Revitem (pro verzi 2024)*, Praha: Arkance Systems, 2023. 952 s. Elektronická kniha.

Zoznam obrázkov

1.1	Rozlíšenie druhov plôch [14]	17
2.1	Lokalizácia objektu v rámci mesta Brno [22]	21
2.2	Lokalizácia bytovej jednotky v rámci nájomného domu [Autor]	23
2.3	Meranie bytu totálnou stanicou Trimble M3 [Autor]	24
2.4	Bezhranolové meranie rohu miestnosti [Autor]	26
2.5	Disto Bosch GLM 40 Professional [25]	27
2.6	Meranie skenerom FARO [Autor]	29
2.7	Zariadenie SLAM2000 [Autor]	31
2.8	Rozhranie aplikácie SLAM GO a ukážka mračna počas skenovania [Autor]	32
2.9	Prístup do bytovej jednotky [Autor]	33
3.1	Prostredie softvéru Groma a ukážka výpočtu [Autor]	34
3.2	Parametre importu skenov [Autor]	36
3.3	Modré zobrazenie zložiek [Autor]	36
3.4	Lokalizácia jednotlivých spôsobov registrácie v Trimble RealWorks [Autor]	37
3.5	Ukážka tvorby nového cieľa [Autor]	38
3.6	Ukážka tabuľky dosiahnutej presnosti [Autor]	39
3.7	Registrované neorezané mračno bodov [Autor]	40
3.8	Tabuľka importu identických bodov [Autor]	40
3.9	Ukážka tabuľky odchýlok georeferencovania [Autor]	41
3.10	Označené vyčistené bodové mračno [Autor]	42
3.11	Založenie projektu v SLAM GO POST Pro [Autor]	43
3.12	Tabuľka <i>One - Click Solve</i> [Autor]	43
3.13	Rozdielnosť mračien ukázaná na ľavom dolnom rohu miestnosti [Autor]	44
4.1	Nastavenie výpočtu a odhad vzdialenosti nového mračna [Autor]	45
4.2	Histogram absolútnych vzdialeností medzi mračnom bodov registrovaným pomocou vlicovacích gúľ a automatickou metódou cez plochy [Autor]	47
4.3	Vizualizácia abs. vzdialeností medzi mračnom bodov registrovaným pomocou vlicovacích gúľ a automatickou metódou pomocou farebnej škály [Autor]	48
4.4	Rezy vyznačené v pôdoryse bytu [Autor]	48
4.5	Porovnanie zhodnosti vektorových kresieb s mračnom bodov [Autor]	51
5.1	Filtrácia mračna bodov [Autor]	53
5.2	Nastavenie výškových úrovní v projekte [Autor]	54
5.3	Súlad tvoreného pôdorysu s bodovým mračnom [Autor]	56

5.4	Ukážka typov dverí v byte [Autor]	57
5.5	Porovnanie skutočného stavu a vymodelovaného stavu vybranej časti okna [Autor]	58
5.6	Ukážka výsledného 3D modelu bytovej jednotky [Autor]	59
5.7	Modelový pohľad na fasádu riešenej bytovej jednotky [Autor]	59
6.1	Výrez z 3D PDF [Autor]	62

Zoznam tabuliek

2.1	Vybrané technické parametre totálnej stanice Trimble M3 [24]	25
2.2	Základné parametre laserového dialkomeru Bosch GLM 40 [25]	27
2.3	Kľúčové technické parametre skenera FARO Focus 3D S-120 [26]	28
2.4	Parametre nastavené na skenovanie bytu	30
2.5	Hlavné technické parametre zariadenia SLAM2000 [27]	31
2.6	Porovnanie prístrojov na zameranie bytu	33
4.1	Štatistické porovnanie vzdialeností medzi mračnami bodov	46
4.2	Identifikácia a spôsob registrácie použitých mračien bodov	46
4.3	Prehľad výsledkov porovnania mračien bodov	49

Zoznam skratiek

BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
GNSS	Global Navigation Satellite System
RTK	Real Time Kinematic
SLAM	Simultaneous Localisation and Mapping
RMS	Root Mean Square

Zoznam príloh

1. Protokoly
 - 1.1 Protokol registrácia 1 (.rtf)
 - 1.2 Protokol registrácia 2 (.rtf)
 - 1.3 Protokol registrácia 3 (.rtf)
 - 1.4 Protokol georeferencovanie (.pdf)
2. Kontrola rozmerovej presnosti (.pdf)
3. Výstupy
 - 3.1 Zjednodušený pasport (.pdf)*
 - 3.2 Zjednodušený pasport (.dwg)
 - 3.3 Technický pasport (.pdf)*
 - 3.4 Technický pasport (.dwg)
 - 3.5 Technická správa (.pdf)
 - 3.6 Model bytovej jednotky (.pdf)

Pozn. * označuje prílohy, ktorú sú v tlačenej aj elektronickej podobe. Ostatné prílohy sú iba v elektornickej podobe.