

Analýza měřických metod pro komplexní zaměření stavebních objektů

Ing. Pavel Hánek, Ph.D.,
Ing. Tomáš Vacek,
Ing. Michal Volkman,
Výzkumný ústav geodetický,
topografický a kartografický, v. v. i.

Abstrakt

Článek informuje o výsledcích analýzy různých měřických technologií vhodných pro tvorbu dokumentace stavebních objektů. Byly získány z reálných zaměření tří vybraných testovaných stavebních objektů uskutečněných komerčními společnostmi podnikajícími v oblasti zeměměřických činností. Výsledky analýzy slouží jako doporučení pro návrh optimální sestavy komplexního systému pro mapování budov.

Analysis of Measuring Methods for the Complex Surveying of Buildings

Abstract

The article informs about results of the analysis of various surveying technologies suitable for creation of the construction documentation. They were gained from the real observations and documenting of three testing buildings carried out by the selected commercial surveying companies. The conclusions from the analysis serve as the recommendation for the formation of an optimal set of the complex system for mapping of buildings.

Keywords: BIM, laser scanning, buildings, UAS, construction documentation

1. Úvod

Cílem článku je seznámit čtenáře s poznatky, které byly získány v rámci analýzy pro projekt Operačního programu Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky (MPO ČR) reg. č. CZ.01.1.02/0.0/0.0/17_107/0012396 Efektivní postupy tvorby výkresové dokumentace stávajících staveb – komplexní mapovací systém budov. Tato analýza bude sloužit jako podklad pro výběr optimálního technologického vybavení pro zaměřování stavebních objektů a tvorbu jejich dokumentace při dodržení požadavků informačního modelování staveb (BIM). Uživatelé této analýzy a provozovateli přístrojového vybavení a technologií tvořících komplexní mapovací systém budov budou organizace, které jsou primárně orientovány na aplikování informačních technologií a geografických informačních systémů při projektování a dokumentování staveb.

Cílem analýzy bylo z různých hledisek posoudit dostupné technologie zaměřování budov a učinit závěry o vhodnosti jejich použití a navrhnout optimální složení komplexního mapovacího systému budov. Tento systém má obsáhnout celý proces vypracování dokumentace stavebního objektu od jeho zaměření, přes výpočetní zpracování a vytvoření 2D dokumentace splňujícím platné normy. Požadovaným obsahem stavební dokumentace budov jsou vnější pláště budov, jejich interiéry a vybrané prvky technického zařízení budov stanovené v interním normativním dokumentu Správy železnic, státní organizace (dále Správa železnic) *Specifikace zaměření železničních budov – dle požadavků SŽDC* [1]. V analýze byly komplexně posouzeny a v četných grafech a tabulkách doloženy výsledky posouzení všech technologických kroků, přičemž bylo zvažováno několik různých hledisek. Její podrobné výsledky, závěry a doporučení jsou zpracovány v poměrně rozsáhlém dokumentu *Analýza výsledků dodaných experimentálních dat z hlediska přesnosti, úplnosti a formátů* [2], který také specifikuje funkční a technické požadavky na techno-

logické systémy i konkrétní minimální technické a funkční parametry jednotlivých typů měřických přístrojů a výpočetních prostředků. Zkoumání ekonomických aspektů jednotlivých technologií nebylo zadavatelem požadováno.

Článek si klade za cíl seznámit s výsledky uvedené analýzy týkající se především měřické části technologie automatizovaného zpracování stavební dokumentace a s návrhem optimální sestavy měřických přístrojů, který byl vypracován na základě provedených četných praktických zkoušek. Podrobněji popisuje:

- přehled a stručné charakteristiky základních testovaných metod,
- časové nároky použitých základních metod měření a následného výpočetního zpracování,
- objemy dat z laserového skenování a jejich vlivy,
- posouzení kvality dokumentace zpracované jednotlivými metodami,
- zhodnocení využitelnosti jednotlivých metod zaměření,
- návrh optimální sestavy komplexního systému pro mapování budov.

Uvedený projekt MPO ČR byl řešen konsorciem řešitelů v období 01/2018 – 10/2020 pod vedením společnosti ENEX GROUP, s. r. o., spolu s Výzkumným ústavem geodetickým, topografickým a kartografickým, v. v. i. (VÚGTK) byla dalším členem konsorcia společnost HSI com, s. r. o. Praktické zaměření testovaných objektů a vytvoření stavební dokumentace bylo realizováno firmami, které mají oprávnění k zeměměřické činnosti i požadovanou úroveň odborného a technologického zázemí a které byly vybrány na základě otevřeného výběrového řízení.

Cílem testování bylo ověřit všechny hlavní, v současnosti dostupné technologie, použitelné k zaměřování vnějšího pláště budov, jejich nejbližšího okolí a interiéru, včetně technologického vybavení. Jednalo se tedy o využití širokého spektra metod od klasických terestrických, přes pozemní laserové skenování až po fotogrammetrické zpracování dat pořízených senzory nesenými bezpilotními prostředky (UAS) [3].

Testování bylo provedeno na třech stavebních objektech ve správě Správy železnic, do nichž byl možný volný přístup. Při výběru testovaných budov hrály hlavní roli, spolu s aktuálními provozními podmínkami, především jejich typy tak, aby byly zastoupeny nejčtenější typy výpravní budovy, které má Správa železnic ve správě.

Mezi vybranými objekty je „klasická“ výpravní budova v Otavici, v jejímž objektu jsou umístěny kromě provozních prostor i bytové prostory. Představuje vůbec nejčtenější typ výpravní. Dalším objektem je výpravní budova v Kralupích nad Vltavou, která byla vybrána jako reprezentativní vzorek pro zaměření a vyhodnocení vnitřního prostoru odbavovací haly s galerií a části podzemního patra, kde jsou umístěny technologie a rozvody nutné pro provoz objektu. Třetím vybraným objektem je cihlová nádražní budova ve Staré Boleslavi, u níž byly testovány různé metody zaměření části vnějšího pláště objektu.

Ukázky jednotlivých objektů jsou na **obr. 1, 2, 3 a 4**.

2. Analýza měřických metod

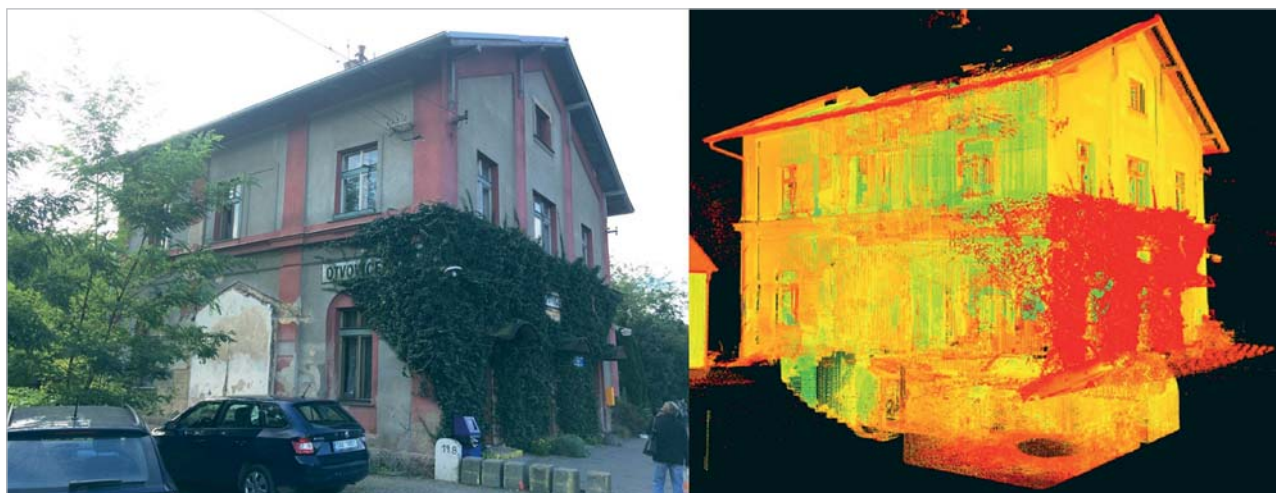
2.1 Přehled analyzovaných měřických metod

Pro získání objektivních výsledků hodnocení metod provádělo stejné úlohy na daném testovaném objektu vždy

několik různých, na sobě nezávisle pracujících měřických skupin několika geodetických společností. Tyto byly cíleně vybrány tak, aby jejich technické vybavení mělo odstupňovanou úroveň měřické techniky, měly různé typy měřických přístrojů stejné kategorie a odlišného výrobce. Jako referenční sloužila měření a výsledky zpracování provedené pracovníky VÚGTK na všech testovaných objektech.

Stručné charakteristiky použitých měřických metod:

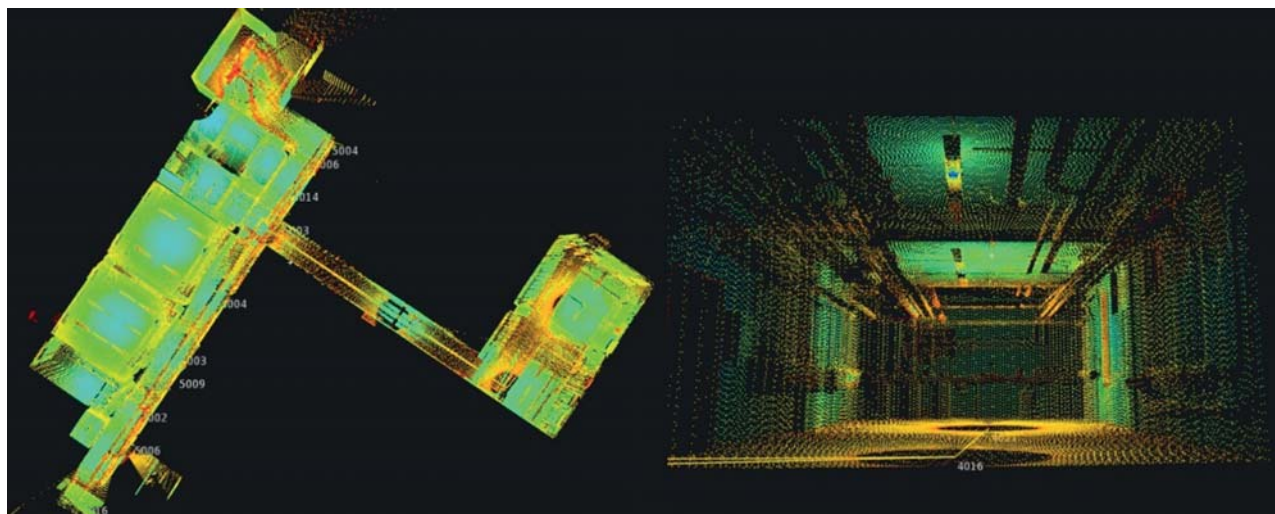
- 1. Geodetické zaměření** – klasické metody inženýrské geodézie založené na využívání totální stanice. Měřením se určují vzájemné polohy bodů na zemském povrchu nebo v prostoru ve zvoleném souřadnicovém systému. Využitelné pro zaměření interiéru a exteriéru všech druhů stavebních objektů.
- 2. Stavební geodetické zaměření** – klasické geodetické metody, za použití totální stanice, spojené s generalizací a optimalizací tvorby výkresové dokumentace pro účely správy a revitalizace objektu. Měřením se určují vzájemné polohy bodů na zemském povrchu nebo v prostoru ve zvoleném souřadnicovém systému. Využitelné zejména pro zaměření a zpracování stavebních prvků interiéru a exteriéru stavebních objektů.
- 3. Stacionární laserové skenování** – bezkontaktní způsob určování prostorových souřadnic, zaměřením vzniká 3D mračno bodů. Efektivní využití k zaměření interiéru i exteriéru všech druhů stavebních objektů. Omezení technologie je v malých místnostech nebo silně zastavěných místnostech.



Obr. 1 Otovice



Obr. 2 Kralupy nad Vltavou – vstupní hala s galerií



Obr. 3 Kralupy nad Vltavou – podzemní patro s technologiemi



Obr. 4 Stará Boleslav

4. Mobilní laserové skenování – bezkontaktní způsob sběru dat, za pomoci skeneru umístěného na pohyblivém nosiči. Zaměřením vzniká 3D mračno bodů. Vhodné pro komplexní zaměření interiérů a exteriérů stavebních objektů.

5. Letecká fotogrammetrie – spočívá ve zpracování digitálních fotografií pořízených z leteckého bezpilotního prostředku vybaveného měřickou kamerou. Může být vybaven systémem inerciální navigace nebo globálním navigačním družicovým systémem (GNSS). Metoda je velmi vhodná a efektivní pro zaměřování fasád, střech budov a blízkého okolí mapovaných objektů. Hlavní výhodou je možnost zpracování dokumentace v situacích, kdy je obtížné měřit klasickými geodetickými metodami (totální stanicí), nebo stacionárními skenery (např. vysoké budovy a střechy, úzká uliční síť, nepřístupný terén před měřenou fasádou atd.).

V tab. 1 je uveden přehled metod použitých jednotlivými měřickými skupinami pro zaměření testovaných objektů za účelem následného zpracování stavební výkresové dokumentace. Orientačně je uvedeno i jejich hlavní měřické vybavení. Volba optimálních měřických metod pro typové úlohy a z toho plynoucích doporučení pro výběr

technického vybavení, byla provedena s ohledem na potřeby partnerských společností řešících projekt. Kromě na první pohled zřejmých rozdílů v technologickém vybavení, a tím i v možnostech jednotlivých skupin a zvolených metod, se na dodaných výsledcích projeví někdy i značné rozdíly v odborné erudici a v pečlivosti práce jednotlivých měřických skupin. Kromě lidského faktoru výsledky zpracování jednotlivými skupinami ovlivnila i firemní kultura a zvyklosti u některých dodavatelů geodetických prací. Tyto zkušenosti budou zohledněny při formulování požadavků při budoucích výběrových řízeních na dodávky geodetických prací a zpracování stavební výkresové dokumentace.

2.2 Hlediska porovnání měřických metod

Měřické metody a technologie byly hodnoceny z následujících tří hledisek:

- Časová náročnost pro vytvoření 2D stavební dokumentace.
- Velikost datových souborů mračen bodů stavebního objektu ze skenovacích systémů.

Tab. 1 Přehled metod zaměření a použitého měřického vybavení

Metoda zaměření a použité měřické vybavení		Výpravní budova		
		Otovice	Kralupy n. Vltavou	Stará Boleslav
1.	Geodetické zaměření Totální stanice, GNSS, ruční dálkoměr, nivelační přístroj	ano	ne	ano
2.	Stavební geodetické zaměření Totální stanice, GNSS, ruční dálkoměr, svinovací metr	ano	ano	ne
3.	Stacionární laserové skenování Laserový skener Faro Focus M70, GNSS, totální stanice	ano	ano	ano
4.	Stacionární laserové skenování Laserový skener Leica BLK 360, GNSS, totální stanice	ano	ano	ne
5.	Stacionární laserové skenování Laserový skener Leica RTC 360, GNSS, totální stanice	ano	ano	ano
6.	Mobilní laserové skenování Ruční laserový skener GeoSLAM ZEB1, GNSS, totální stanice	ano	ano	ano
7.	Mobilní laserové skenování Mobilní mapovací vozík M6	ne	ano	ne
8.	Mobilní laserové skenování Mobilní mapovací systém Leica Pegasus: Two, GNSS, totální stanice	ne	ne	ano
9.	UAS - Letecká fotogrammetrie Dron DJI Phantom 4 Advanced, totální stanice	ano	ne	ano
10.	UAS - Letecká fotogrammetrie Dron DJI Phantom 4 RTK	ano	ne	ano

- Porovnání kvality předané výkresové dokumentace s ohledem na míru shody rozměrů stavebních prvků a úplnost identifikace prvků technického zařízení budov.

2.2.1 Časová náročnost pro vytvoření 2D stavební dokumentace

Jako jedno ze základních porovnávacích kritérií bylo zvoleno porovnání časové náročnosti pro vytvoření 2D stavební dokumentace.

Toto časové hledisko zahrnuje jak samotné měření daného objektu, tak i jeho následné zpracování a vykreslení výsledné 2D stavební dokumentace, která je kromě základních stavebních prvků obohacena i o specifické prvky technického zařízení budov požadované Správou železnic. Uváděné hodnoty jsou převzaty ze závěrečných zpráv zpracovatelů zaměření a jsou uváděny v člověkohodinách.

Otovice

Předmětem testování v případě výpravní budovy v Otovicích bylo kompletní zpracování stavební dokumentace celé budovy na základě zaměření úplného interiéru, vnějšího pláště budovy včetně střechy a ve vytvoření polohopisu a výškopisu nejbližšího okolí budovy (do vzdálenosti 3 m). Zaměření provedlo pět geodetických společností, které použily rozdílné technologie a přístrojové vybavení. Jedna z firem provádějících stacionární terestrické laserové skenování zaměřila kontrolně stavební objekt v Otovicích dvakrát, nezávisle různými stacionárními skenery jednoho výrobce (Leica RTC360 a Leica BLK360).

Z celkového počtu šesti kompletních zaměření výpravní budovy však byly z hodnocení vyloučeny výsledky získané metodou geodetického zaměření, protože se celkovou velmi nízkou kvalitou zpracování dokumentace výrazně lišily od všech ostatních, a navíc předané údaje byly ve zjevném rozporu se skutečností.

Časové nároky jednotlivých metod zaměření a následného zpracování 2D stavební dokumentace jsou znázorněny na [obr. 5](#).

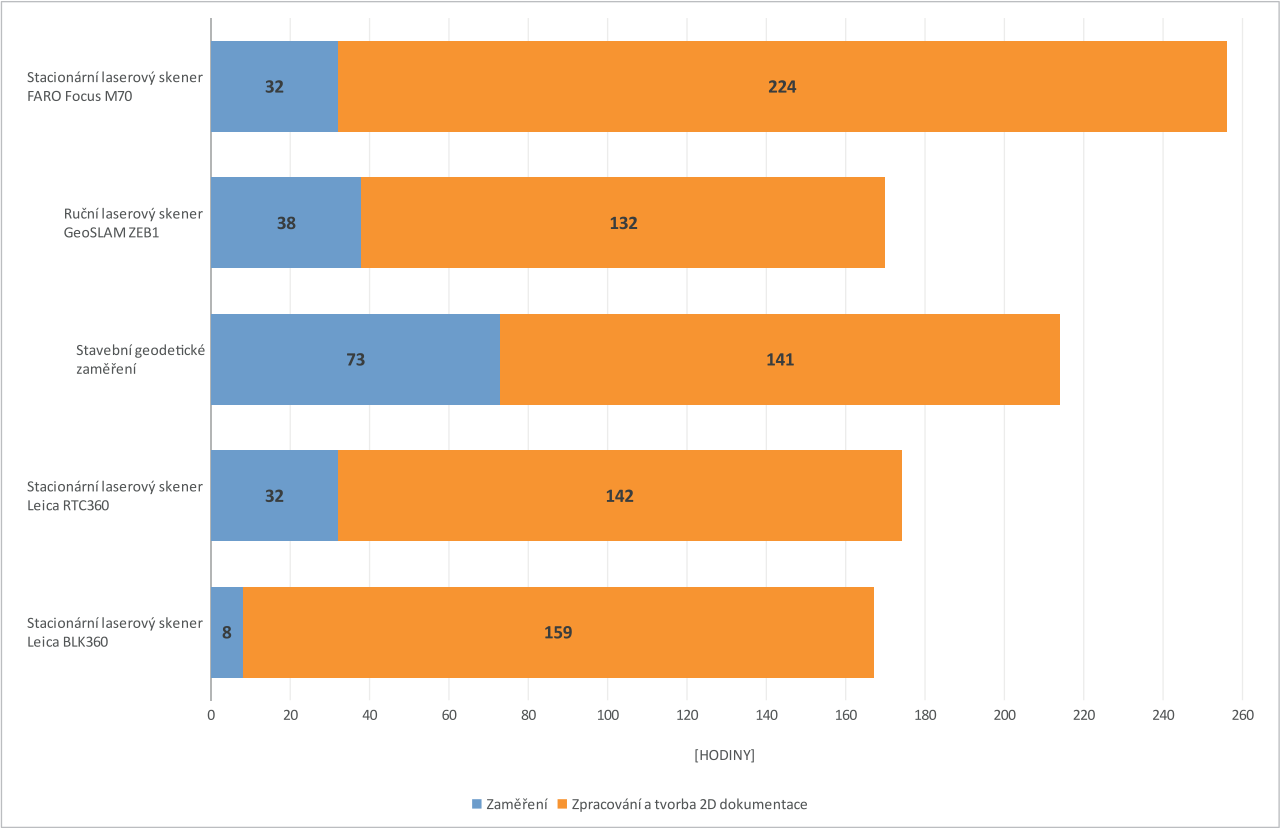
Kralupy nad Vltavou

Pro zaměření vybraných částí stavebního objektu v Kralupech nad Vltavou bylo vybráno ve veřejné soutěži rovněž celkem pět firem. Jejich úkolem bylo zaměřit a zdokumentovat velkou vstupní a odbavovací halu s galerií a rozsáhlé suterénní prostory se zabudovanými technologickými systémy zabezpečujícími provoz celého objektu. Cílem tohoto testování bylo vzájemné porovnání předností a nedostatků stavební geodetické metody oproti škále metod laserového skenování (ručním skenerem, dvěma druhy mobilních skenerů, dvěma typy stacionárního skeneru). Zajímavé bylo především zjištění, jaké jsou časové nároky a jakou kvalitu dokumentace lze získat geodetickým zaměřením velmi členitého prostoru.

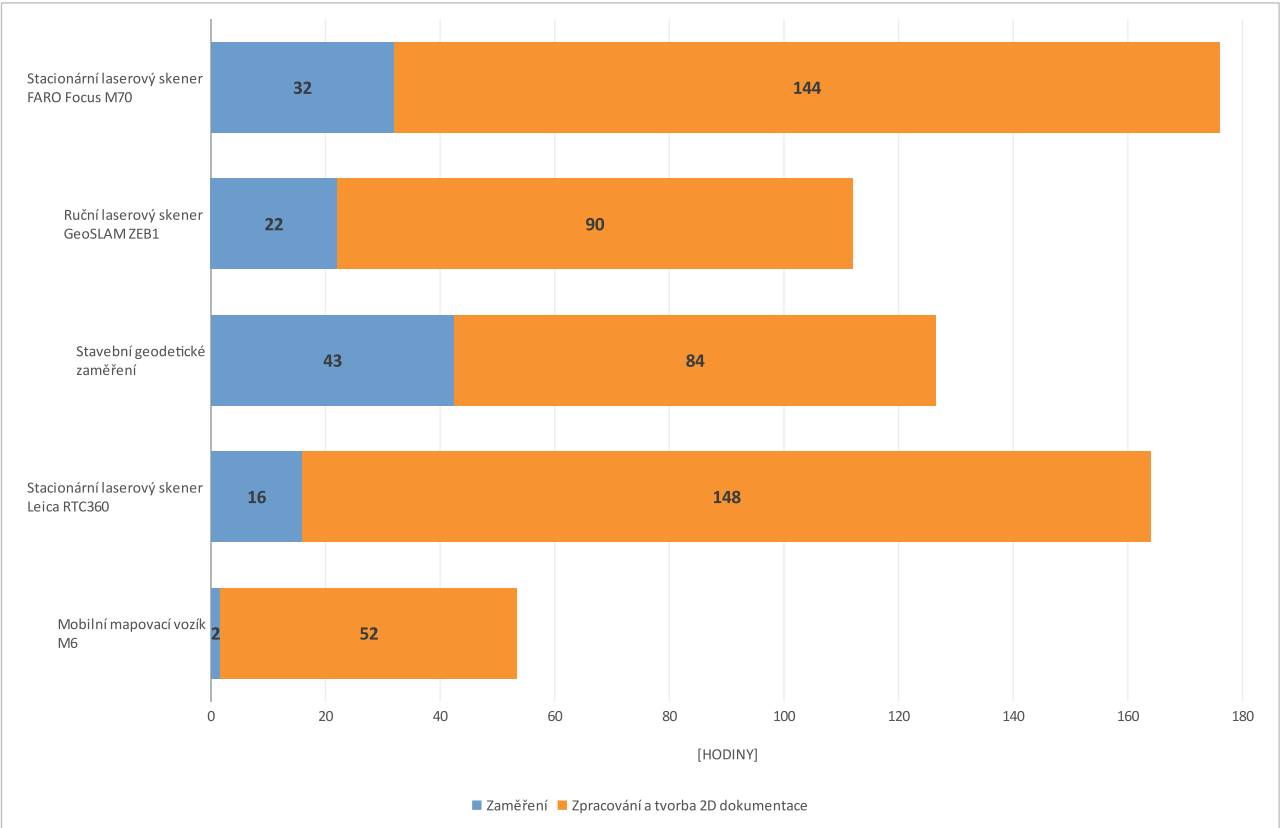
Na [obr. 6](#) jsou graficky vyjádřeny časové údaje pro měřické práce a zpracování a tvorbu 2D dokumentace pro objekt výpravní budovy v Kralupech nad Vltavou.

Stará Boleslav

U výpravní budovy ve Staré Boleslavi bylo testováno pouze zaměření jedné rozsáhlé fasády. Měření a zpracování dat uskutečnilo pět společností, přičemž jedna z nich pro-



Obr. 5 Časová náročnost – Otovice



Obr. 6 Časová náročnost – Kralupy nad Vltavou

provedla zaměření a vyhodnocení s využitím dvou rozdílných systémů pro dálkové snímání pomocí bezpilotních letounů (dronů), z nichž jeden měl integrovanou aparaturu GNSS [3]. Vývoj rychlých a efektivních metod zaměření vnějšího pláště má velký potenciál úspor nákladů při jeho obnově a údržbě, úpravách a zateplování stavebních objektů.

Porovnání časové náročnosti jednotlivých testovaných metod zaměření fasády objektu výpravní budovy ve Staré Boleslavi je na [obr. 7](#).

Dílčí závěr k časové náročnosti tvorby stavební dokumentace

Z grafů je zřejmé, že čas potřebný pro zpracování výsledků mnohonásobně převyšuje čas měření v terénu. To hraje významnou roli, protože měřické práce představují překážku omezující nebo i přerušující běžný provoz stavebního objektu. Z tohoto hlediska se jako vhodné jeví zejména moderní technologie laserového skenování a letecké fotogrammetrie. I zde však platí, že není možné „slepě“ přehlížet specifická omezení jednotlivých technologií při jejich použití. U perspektivních technologií laserového skenování a letecké fotogrammetrie s využitím platform UAV (Unmanned Aerial Vehicle) to jsou např. vlivy zastavenosti prostoru a okolí, legislativy a opatření Úřadu pro civilní letectví, odrazivosti povrchových materiálů atd.

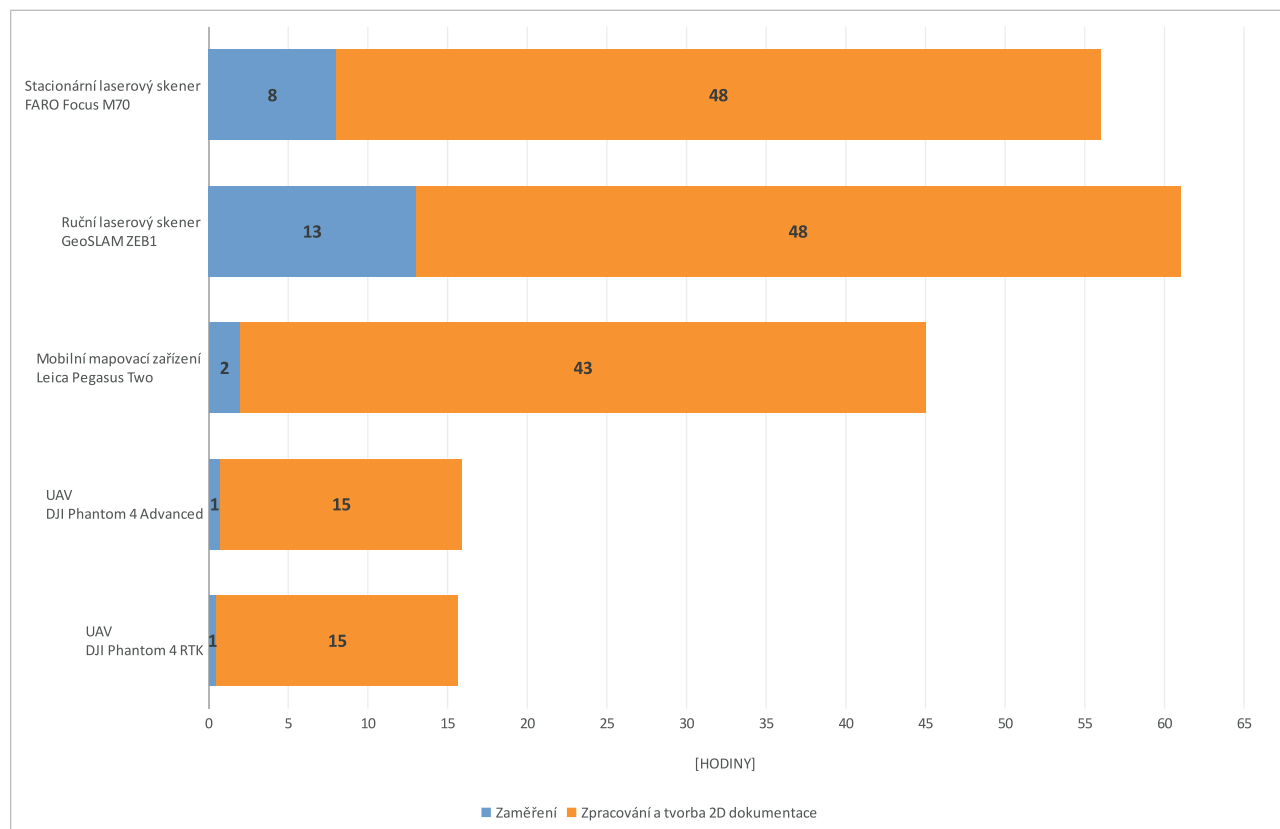
Rozdíly v časech vykázaných na stejné nebo srovnatelné měřické práce nejsou jen logickým důsledkem produktivity jednotlivých testovaných technologií, ale jsou způsobeny v mnoha případech také různou mírou praktických zkušeností měřičů s moderními testovanými technologiemi, nestejnou mírou sladění a výkonnosti měřické skupiny i odlišnými přístupy jednotlivých měřických skupin

ke splnění přijatého smluvního závazku dodat dokumentaci stavebních objektů zpracovanou pečlivě a důsledně podle požadované specifikace.

K poměrně vysokým časovým nárokům na zpracování dat získaných skenováním je potřebné poznamenat, že jejich velkou část představuje dávkové výpočetní zpracování mračen bodů, které běží v dávce na serverech zpravidla v nočních hodinách.

2.2.2 Velikosti datových souborů z laserového skenování – vlivy a jejich porovnání

Objemy dat z mobilního i stacionárního laserového skenování jsou významným faktorem ovlivňujícím délku zpracování stavební dokumentace z dat pořízených těmito metodami. Velikost dat je závislá na nastavení parametrů laserového skenovacího systému před samotným skenováním (podrobnost měření/rozestup mezi jednotlivými body). Dále jsou porovnávány datové soubory s mračením bodů ve čtyřech hustotách/rozestupech bodů. Byl zvolen běžně používaný datový formát „LAS“, který je podporován většinou systémů CAD a GIS. Zaměření bylo provedeno s různými hodnotami parametru „hustota bodů“, přičemž původní hodnota v každém provedeném měření je v grafu označena „Originál“ a byla ve všech případech menší než 1 x 1 cm. Výjimku tvoří měření prováděné tzv. multistanicí Leica MS50, kde bylo z časových důvodů měřeno menší hustotou bodů. Tato surová data byla poté programem CloudCompare zředita do souborů s rozestupy bodů 1 x 1 cm, 3 x 3 cm a 5 x 5 cm. Hodnotu parametru „Originální hustota“ nastavovali měřiči na základě svých dosavadních měřických zkušeností s danými skenery.



Obr. 7 Časová náročnost – Stará Boleslav

Otovice

Soubory obsahují data ze zaměření interiéru i exteriéru objektu, který je charakterizován četnými poměrně malými místnostmi zastavěnými předměty pro běžné užívání objektu. Zaměření bylo provedeno několika typy stacionárních laserových skenovacích systémů, ručním laserovým skenovacím systémem a tzv. multistanicí Leica MS50. Velikosti souborů dat pro jednotlivé systémy a hustoty bodů jsou graficky znázorněny na obr. 8.

Kralupy nad Vltavou

U tohoto objektu se jednalo o zaměření prostoru větší odstavovací haly s galerií a části suterénu s provozními technologickými systémy. Zaměření bylo provedeno několika typy stacionárních laserových skenovacích systémů, ručním laserovým skenovacím systémem, mobilním mapovacím vozíkem a tzv. multistanicí Leica MS50. Obr. 9 znázorňuje velikosti souborů dat rozčleněných podle jednotlivých skenovacích systémů a hustot bodů.

Stará Boleslav

Data prezentují zaměření čelní fasády tohoto objektu (cca 260 m²). Zaměření bylo provedeno dvěma stacionárními laserovými skenovacími systémy, ručním laserovým skenovacím systémem, mobilním mapovacím systémem umístěným na vozidle a tzv. multistanicí Leica MS50. Velikosti souborů dat pořízených jednotlivými systémy s různými hustotami bodů jsou graficky znázorněny na obr. 10.

Dílí závěr k vlivům velikosti datových souborů

Volba optimálních parametrů skenování má pro kteroukoliv z metod laserového skenování klíčový význam. Velikost souboru dat mračna bodů roste kvadraticky s husto-

tu nasnímaných bodů a z toho vyplývá i enormní nárůst již tak velmi vysokých požadavků na výkonové parametry výpočetního systému pro dosažení racionální doby jejich zpracování a na kapacity pro případnou následnou archivaci dat. Je proto nezbytné zvolit takovou hodnotu hustoty bodů, aby byly splněny požadavky norem na polohovou přesnost interpretovaných bodů při minimálním objemu dat.

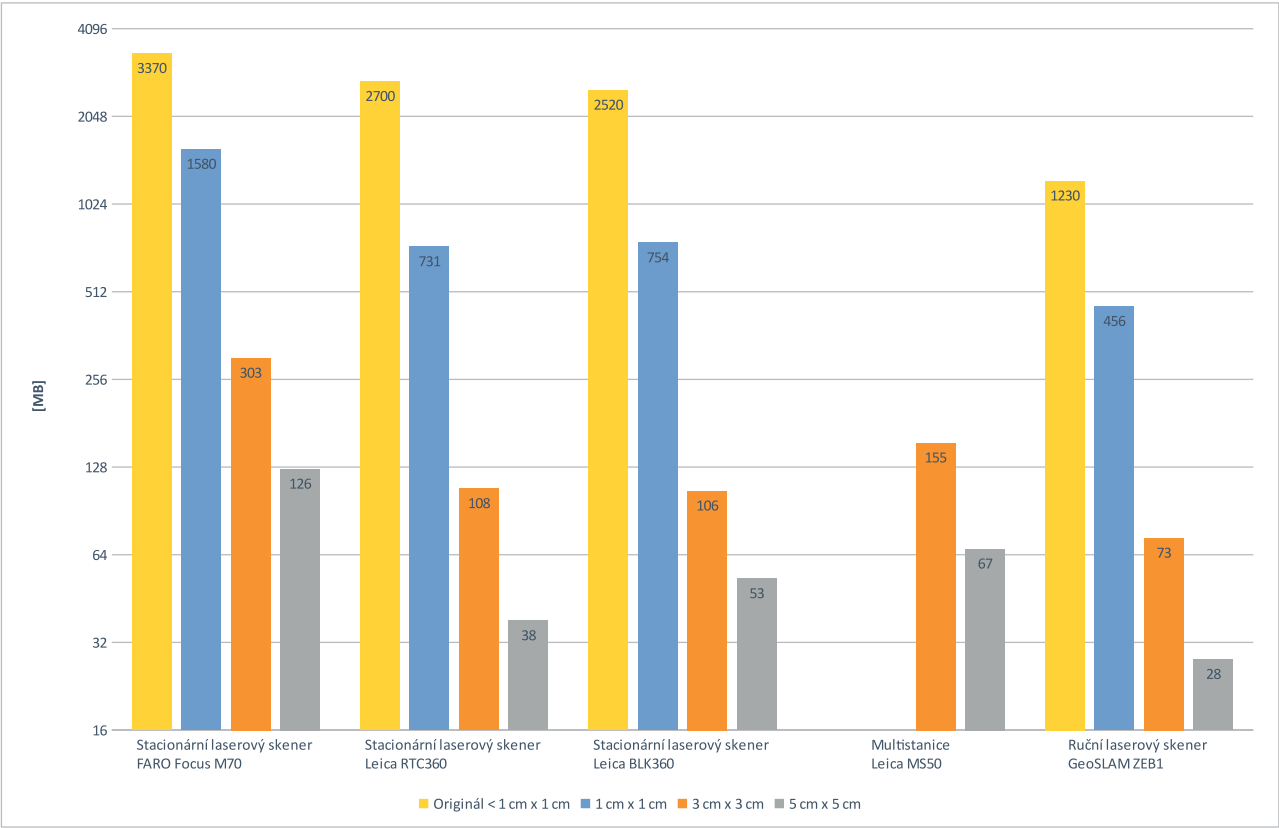
Skenovací systémy a současné metody výpočetního zpracování pořízených mračen bodů umožňují dosáhnout polohovou a rozměrovou přesnost určených bodů, které dalece převyšuje požadavky norem a uživatelů na přesnost stavební dokumentace. Je důležité, aby nebyla tato polohová přesnost a celková kvalita znehodnocena nekvalifikovanými zásahy nezkušené obsluhy systému.

Dlouhodobé archivování dat pořízených laserovým skenováním nebo snímáním pomocí UAS se zpravidla nepředpokládá. Důvodem jsou obrovské objemy originálních i zředených dat, jejich rychlé zastarávání a možnost v případě nové potřeby poměrně pohotově a nepříliš nákladně pořídit nová aktuální data. Uchovávání a archivace dat však mohou být užitečné pro sledování změn objektů nebo k rekonstrukci historicky cenných objektů, a pokud existuje reálný předpoklad využití těchto dat i k dalším účelům, pro něž zůstanou uchovaná data validní.

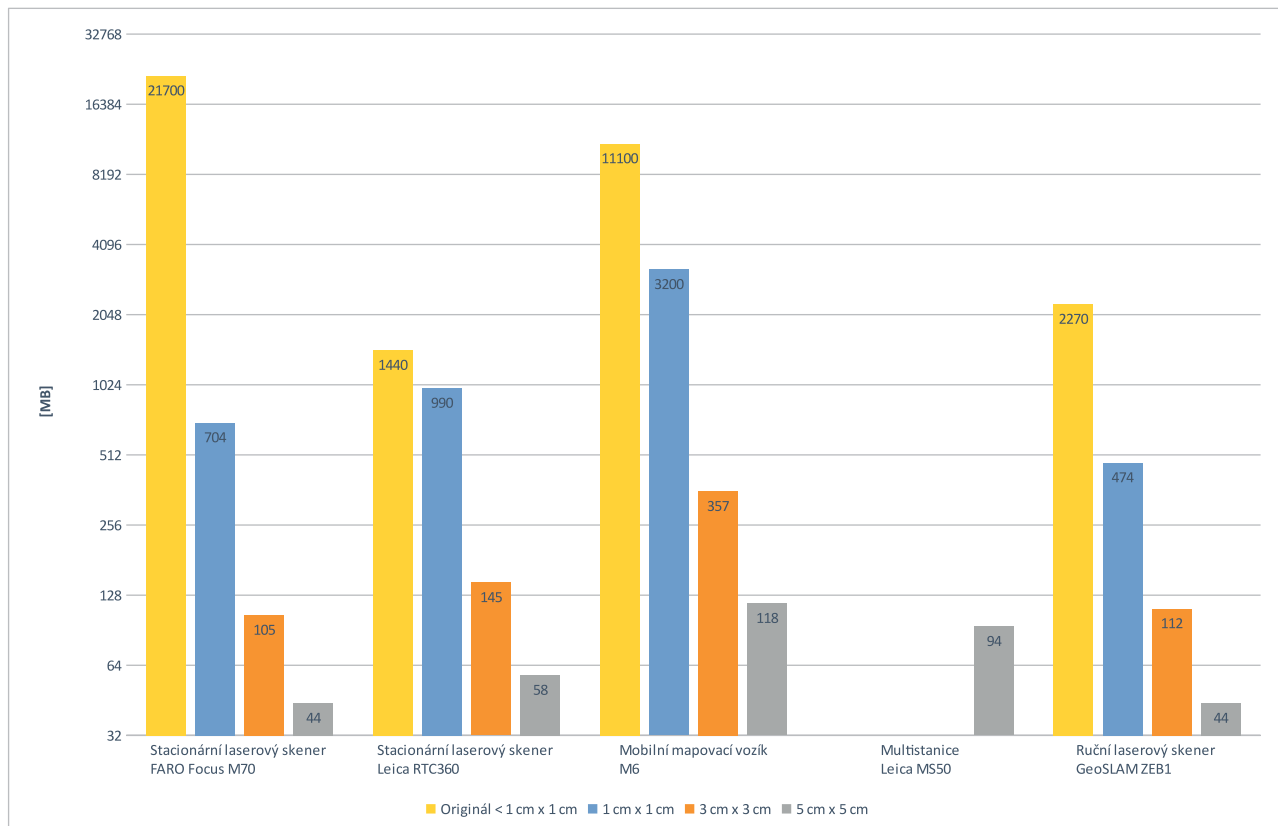
2.2.3 Porovnání kvality předané výkresové dokumentace

Kvalita výsledné stavební výkresové dokumentace byla posuzována z následujících dvou hledisek:

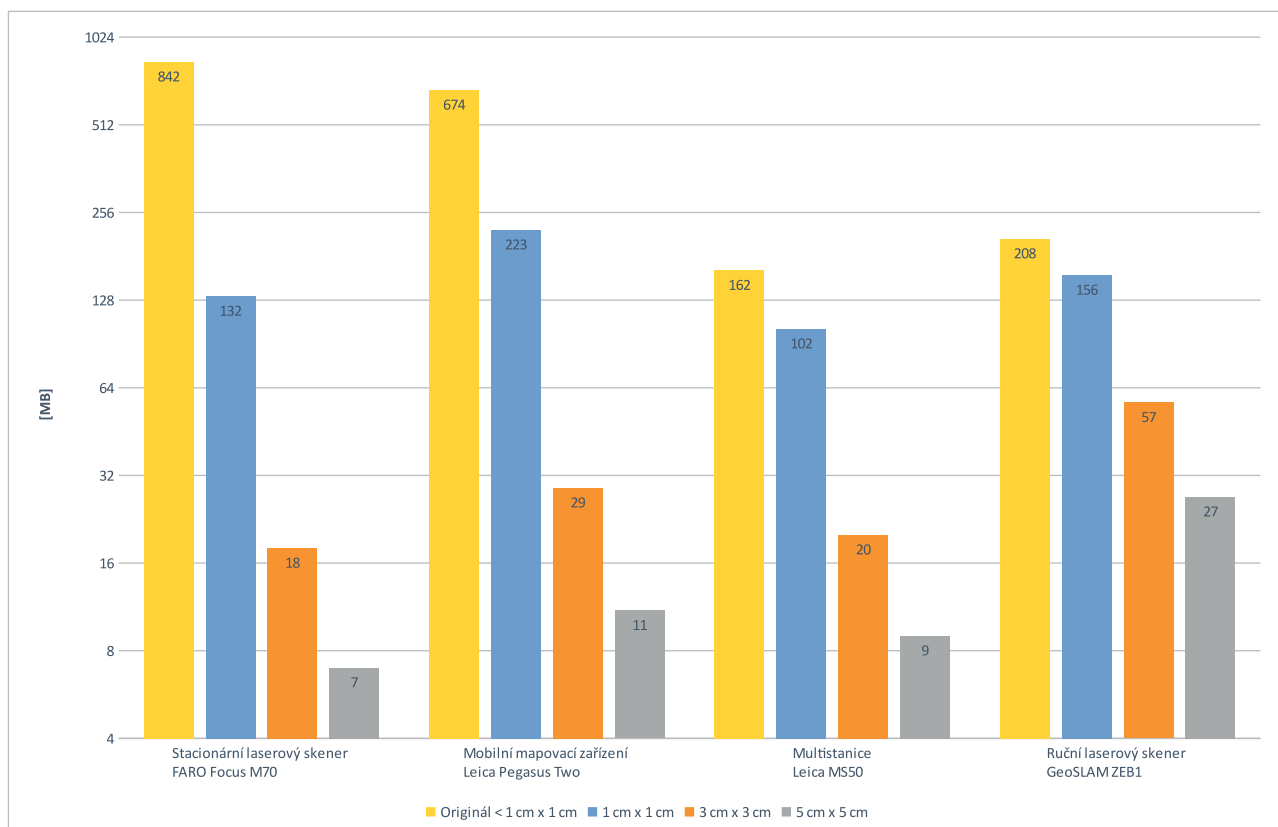
- míra shody rozměrů stavebních prvků,
- úplnost a správnost identifikace prvků technického zařízení budov.



Obr. 8 Velikosti datových souborů – Otovice



Obr. 9 Velikosti datových souborů – Kralupy nad Vltavou



Obr. 10 Velikosti datových souborů – Stará Boleslav

Vyhodnocení míry shody rozměrů stavebních prvků

Předmětem kontroly shody rozměrů bylo ověření délkových a úhlových údajů vybraných charakteristických prvků v půdorysech a jednotlivých pohledech a jejich porovnání s referenčními hodnotami zjištěnými přesným zaměřením geodetickými metodami a statistickými výpočty. Z 97 porovnávaných parametrů byl pouze ve čtyřech případech překročen test odlehklých hodnot, přičemž ani v těchto případech nedosahovaly tyto odchylky příliš značných hodnot. Tyto prvky se vyskytovaly na vnějších fasádách a byly obtížněji identifikovatelné.

U některých prvků vznikly problémy vyplývající z ned jednoznačnosti definic pro určení jejich rozměrů (např. u okna, zda se jedná o stavební otvor nebo světlý rozměr rámu). V dokumentaci se tedy odrazily firemní (měřické) zvyklosti, resp. zvyklosti převzaté od zadavatelů. Definice rozměrů je potřebné upravit v novelizacích norem a respektovat ve firemních směrnících.

Z porovnání dokumentací k objektu v Otavovicích vyplynuly významné přednosti použitých metod. Všechny měřické skupiny svými měřickými postupy zjistily a následně do dokumentace zanesly, že stavební objekt vykazuje pokles cca o 0,1 m, který se v dokumentaci „prokresluje“ do výšek podlah v jednotlivých úrovních i stavební konstrukce střechy. Lze předpokládat, že měření prováděná „čistými stavaři“ s použitím svých metod by tento nebezpečný trend neodhalila.

Na druhé straně byly ve výkresech pro odbavovací halu v Kralupech nad Vltavou zjištěny hrubé chyby v dokumentování nosných sloupů galerie (např. chybějící sloup, nesprávné rozměry sloupů).

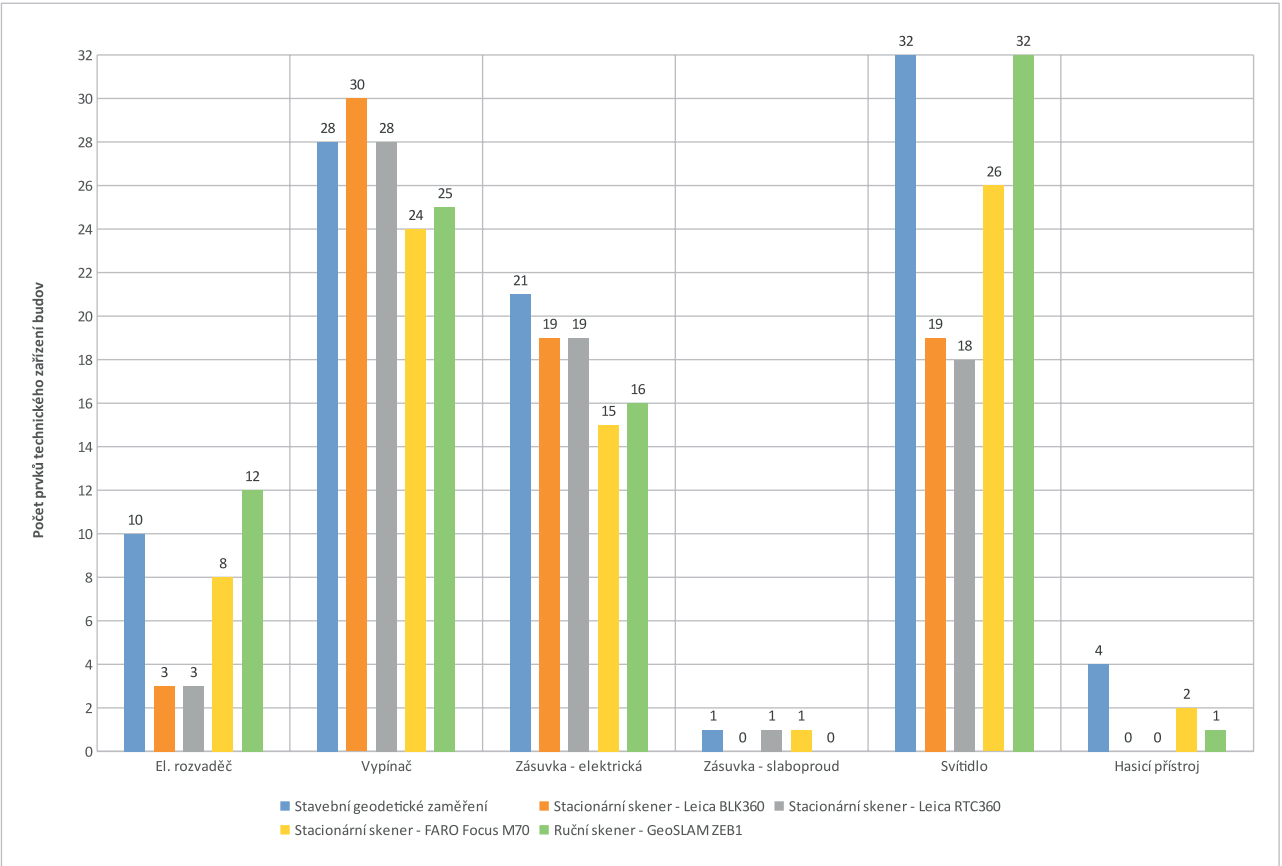
Vyhodnocení úplnosti a správnosti identifikace prvků technického zařízení budov

Dalším hodnotícím kritériem pro porovnání vhodnosti použitých technologií bylo posouzení míry, do jaké jsou splněny požadavky dokumentu *Specifikace zaměření železničních budov – dle požadavků SŽDC* [1]. Tato specifikace určuje prvky technického zařízení budov, které musí být obsahem výkresové stavební dokumentace pro potřebu Správy železnic. Byla zpracována po konzultacích VÚGTK se Správou železnic a stala se podkladem všech veřejných výběrových řízení na dodávky služeb.

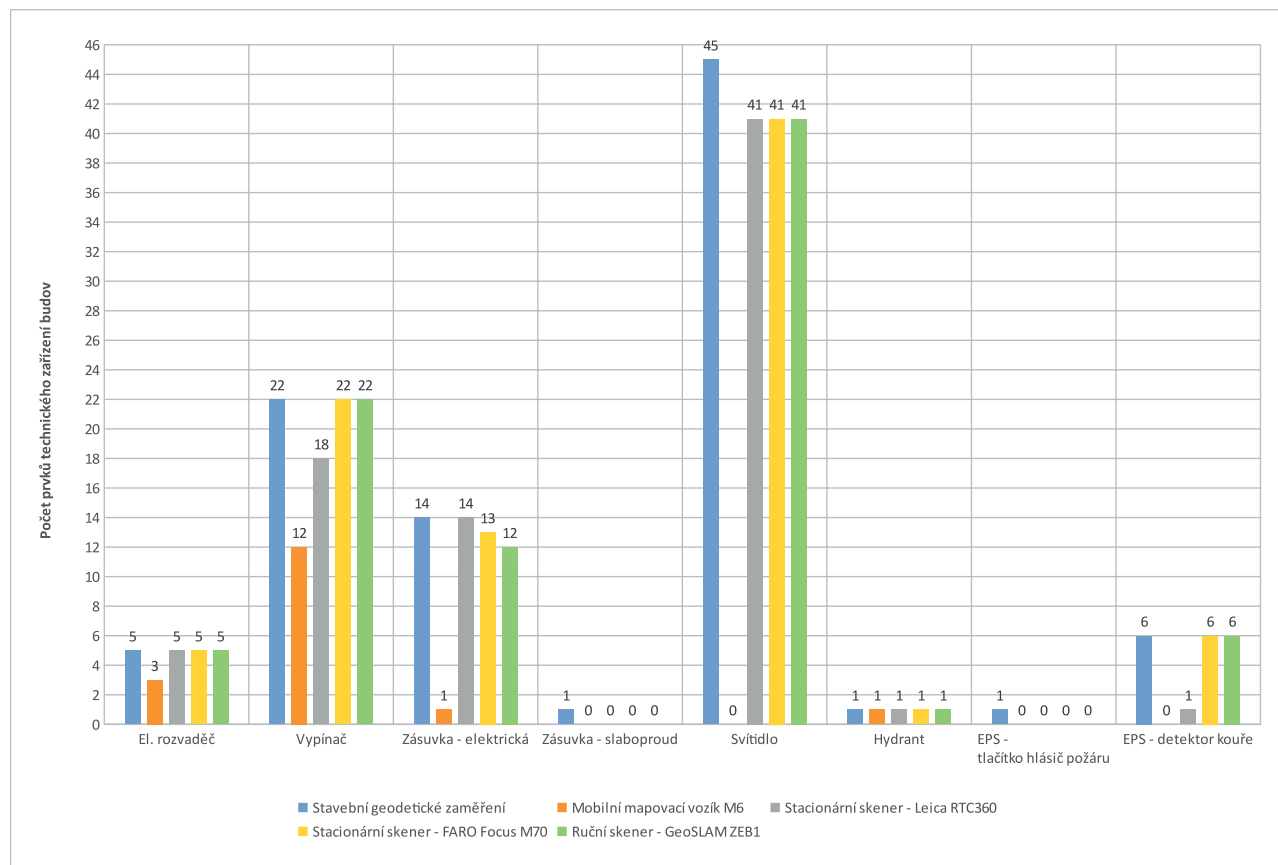
Předmětem hodnocení byla úplnost stanovených prvků technického vybavení (počet chybějících, počet nadbytečných prvků) a správnost určení jejich druhu v dokumentaci interiérů objektů Otavovice a Kralupy nad Vltavou. Na vnější fasádě objektu ve Staré Boleslavi se žádné tyto prvky nevyskytovaly, tudíž nebyl tento objekt zahrnut do tohoto hodnocení. Jako referenční byly pro vyhodnocení kvality použity údaje zjištěné rekognoskací v rámci jejich stavebního geodetického zaměření. Druhy vybraných prvků a jejich četnosti jsou uvedeny v grafech na obr. 11 a 12. V případech, kde je počet prvků zjištěných metodami skenování vyšší než referenční hodnota, jsou nadbytečné prvky výsledkem nesprávné identifikace prvků v mračnech bodů.

Dílní závěry k porovnání kvality předané výkresové dokumentace

Při dodržení správných postupů zaměření nevykazují jednotlivé metody mezi sebou významné rozdíly a jsou pro tvorbu 2D výkresové dokumentace stavebních objektů



Obr. 11 Počet vybraných prvků technického zařízení budov – Otavovice



Obr. 12 Počet vybraných prvků technického zařízení budov – Kralupy nad Vltavou

vhodné. Rozdíly v kontrolních mírách se pohybují u všech použitých technologií v řádech jednotek centimetrů, což je pro požadovanou přesnost výsledné stavební dokumentace dostatečné. Mimořádně důležitá je však správná interpretace měřených mračen bodů, aby nedocházelo k hrubým chybám v identifikaci prvků a jejich definičních bodů.

Na správné určení a úplnost zaměření, a tím vytvoření kvalitní dokumentace odpovídající normám nebo požadavkům uživatele, má zásadní vliv pečlivost, svědomitost a zkušenost měřiče a zpracovatele. Významné místo má rekognoskace, protože žádná z testovaných metod neumožní plně automatizovanou identifikaci požadovaných prvků z mračen bodů. Také možnost odstranění zbytečných předmětů z prostoru skenování výrazně urychlí vlastní výpočetní zpracování a z kvalitní výslednou dokumentaci.

3. Závěr

Z výše uvedených hodnocení lze konstatovat, že pro efektivní zaměření stavebních objektů a tvorbu jejich dokumentace je třeba předpokládat kombinaci více měřických metod. Podíl jednotlivých metod na zaměření se bude lišit podle účelu využití vytvářené dokumentace a na charakteru stavebního objektu (členitost, velikost, účel, způsob provádění údržby, dostupnost a stav dřívější dokumentace).

Z hlediska časové náročnosti se dá říci, že v případě provádění prací s využitím kvalifikovaných pracovníků jsou testované metody časově srovnatelné. Výrazné časové roz-

díly jsou ovšem v časech zaměření a vyhodnocení. Platí, že „nové“ metody vyžadují kratší čas na měření, ale jejich zpracování je i díky velkému objemu dat (které obsahuje i řadu nerelevantních informací pro tvorbu stavební dokumentace) časově náročnější.

Z hlediska porovnání kvality předané dokumentace lze konstatovat, že většina předané stavební dokumentace je vůči sobě kvalitativně srovnatelná. Na jednotlivých vyhodnoceních jsou ovšem zřejmé rozdíly, které jsou dány firemními zvyky. Jistý negativní podíl má na tomto stavu i současný právní řád ČR (nezávaznost a zastaralost norem). Z hlediska hodnocení dodržení dokumentu *Specifikace zaměření železničních budov – dle požadavků SŽDC* [1] je bohužel nutné konstatovat, že chybovost je značná a má zásadní vliv na úplnost vytvářené dokumentace. Zde je na místě opakovaně zdůraznit nutnost provádět měřické a následné zpracovatelské práce svědomitě a s velkou dávkou pečlivosti, aby byla kvalita výsledné stavební výkresové dokumentace, co nejvyšší.

Na základě provedených analýz všech použitých měřických metod a všech předaných výsledných výkresových dokumentací bylo doporučeno sestavit komplexní mapovací systém budov z následujících měřících komponent:

- Stacionární laserový skener
- Totální stanice
- GNSS zařízení s kontrolerem
- UAS – bezpilotní (létající) systém [3].

Z hlediska očekávaného dalšího vývoje tvorby komplexní dokumentace stavebních objektů by z pohledu našeho oboru bylo vhodné, aby zeměměřické společnosti zvážily při dokumentaci budov kromě výše doporučeného

„běžného“ měřického vybavení i větší zapojení specializovaných měřících systémů. Jedná se například o měřidla a systémy, které dokážou měřit a detekovat zvukovou izolovanost, geomagnetické pole, kovy, radon, tepelnou vodivost, prostupnost vlnových délek, a to jak na úrovni jednotlivých místností, tak celých objektů.

Tento text vznikl v rámci řešení projektu MPO ČR reg. č. CZ.01.1.02/0.0/0.0/17_107/0012396 Efektivní postupy tvorby výkresové dokumentace stávajících staveb – komplexní mapovací systém budov.

LITERATURA:

- [1] Správa železnic: Specifikace zaměření železničních budov - dle požadavků SŽDC. Interní dokument, 2019.
- [2] HÁNEK, P.-VACEK, T.-VOLKMAN, M.: Analýza výsledků dodaných experimentálních dat z hlediska přesnosti, úplnosti a formátů. Interní dokument, 2020, 100 s.
- [3] Terminologická komise ČÚŽK: Terminologický slovník ČÚŽK. [online]. Dostupné na: <http://www.vugtk.cz/slovník>. [cit. 31. 7. 2020].

Do redakce došlo: 21. 8. 2020

Lektoroval:
Ing. Radomír Havlíček,
Správa železnic, státní organizace