

3D EFEKTIVNÍ ZAMĚŘENÍ A ZPRACOVÁNÍ BUDOV TECHNOLOGIÍ LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ A MEASURIX

3D EFFECTIVE BUILDING SURVEYING AND POSTPROCESSING BY LASER SCANNING AND MEASURIX TECHNOLOGY

Dědek Martin, Novák Jiří, Příkryl Marek, Rauš Filip, Varjan Jozef

Abstract

There are several methods to map and document the buildings interiors and exteriors. Not all of them are sufficiently accurate and fast. The existing methods of mapping facades offer laser scanning technology as the most accurate and fast. The existing methods of mapping interior offer technology that uses a measuring unit with CAD software creating automatic drawings.

1 Úvod

V současné době existuje několik metod jak mapovat a dokumentovat exteriéry a interiéry budov. Ne všechny jsou však dostatečně přesné a rychlé. Z existující nabídky metod mapování fasád je nejvhodnější ta, která využívá technologii laserového skenování. Z existující nabídky metod zaměřování interiérů je nejvhodnější technologie, která využívá propojení měřicí jednotky s CAD softwarem a následně automatické tvorby výkresů.

Článek prezentuje projekt 3D dokumentace ÚPV (Úřadu průmyslového vlastnictví; dále jen „Objednatel“) včetně dokumentace rozvodů inženýrsko-technických sítí a využití technologií pro efektivní sběr a následné zpracování dat do podoby 3D modelů. Víceúčelově využití 3D modelů je možnost jak zkvalitnit a rozšířit nabídku služeb. Při minimálních vstupních nákladech lze 3D modely úspěšně použít pro výpočty ploch objektu, pro vizualizace s možností prezentovat projekt přesně a srozumitelně, pro tvorbu plastických modelů, atd. Výsledky jsou využitelné nejen pro správu objektu, ale i pro prezentační účely úřadu, pro návštěvníky ve vstupní hale na informačních obrazovkách a pro webovou prezentaci.

2 Technologie laserového skenování

Metoda laserového skenování je založena na principu neselektivního sběru prostorových dat v nastaveném cm-mm kroku polární metodou s použitím bezhranolového dálkoměru. Výstupem měření laserového skenování je tzv. mračno bodů, kdy k jednotlivým bodům může být navíc přiřazena RGB informace.

Pokud se Objednatel rozhodne pro širší využití měřených dat, než za jakým účelem bylo měření prováděno, je možné sekundárně vyhodnocovat zaměření detailů, které nebylo v první fázi předmětem objednání.

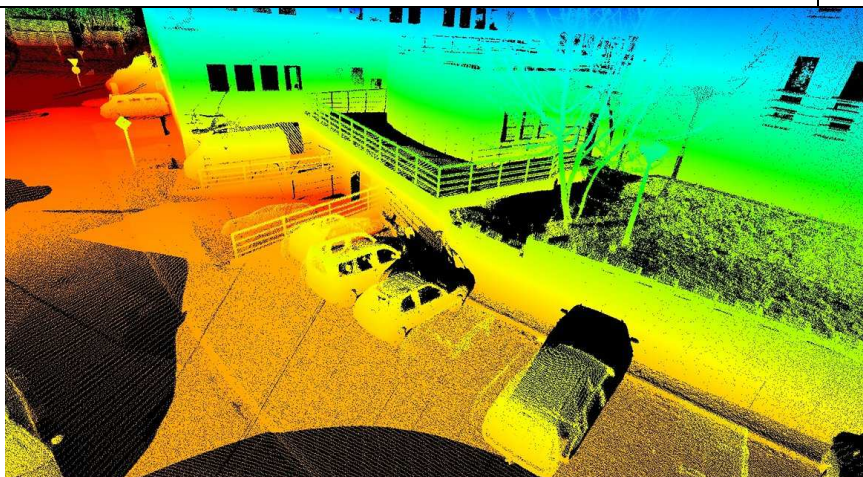
2.1 Technologický postup měření

Polohové a výškové připojení do souřadnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv bylo provedeno pomocí systému GNSS v režimu RTK (Real Time Kinematic) s vázáním na pseudoreferenční stanici PRS-0 síť CZEPOS. Měření bylo provedeno přístrojem Trimble R8. K měření byl použit laserový scanner Riegl LMS-Z420i. Technická specifikace použitého skeneru: směrodatná odchylka v délce: 10 mm, průměr stopy: 25 mm/100 m, pracovní rozsah: 350 m při odrazivosti 10%, rychlost měření: až 11 000 bodů/s.

2.2 Technologický postup základního zpracování

Základní zpracování se skládalo z transformace jednotlivých mračen bodů do souřadnicového systému JTSK a Bpv. Očištění výsledného mračna bodů o objekty, které nejsou předmětem měření (projíždějící auta, atd). 3D mračna byla doplněna o barevnou informaci ze zpracování fotografických snímků získaných při měření.

Počet dní měření	4
Počet dní zpracování	1
Počet osob	1
Počet stanovisek skenování	32
Počet naměřených podrobných bodů fasáda	cca 65 400 000
Počet naměřených podrobných bodů okolí	cca 65 000 000
Hustota měření na fasádě	10mm x 10mm
Střední chyba vyrovnaní mračen bodů	4mm
Výměra plochy fasády	4 200 m ²
Výměra plochy okolí	14 500 m ²
Podmínky měření	Časově náročné měření střechy a západní části vzhledem k přístupu



3 Measurix

Measurix používá systém Tripod s ručním elektronickým laserovým dálkoměrem a kapesním PC umístěným na stativu umožňující horizontální a vertikální orientaci. Ukládání měřených dat probíhá v kapesním PC. Použitím měřicího systému Tripod není potřeba zpřístupňovat rohy místností a přesouvat nábytek. Postačí pouhá viditelnost ve kterékoliv výšce k zaměření bodů na přilehlých stěnách. K měření délek byl použit dálkoměr Leica DISTO D8, s přesností měření délky 1 mm a dosahem až do 200 m.

Zaměřené body se v kapesním PC zobrazí a definují přímkou. Velmi zjednodušenou definicí lze říci, že zaměřený bod odpovídá kliknutí v CADu. Výpočet podlahové plochy a 2D kresba půdorysu jsou automaticky vytvořeny ihned po zaměření na kapesním PC v softwaru ExpertCAD.



Zaměřením horních a dolních rámců oken, rámců dveří, stropu a podlahy můžeme vytvořit 3D model místnosti. Ještě před opuštěním dané místnosti vytvoříme přesnou 3D CAD dokumentaci.

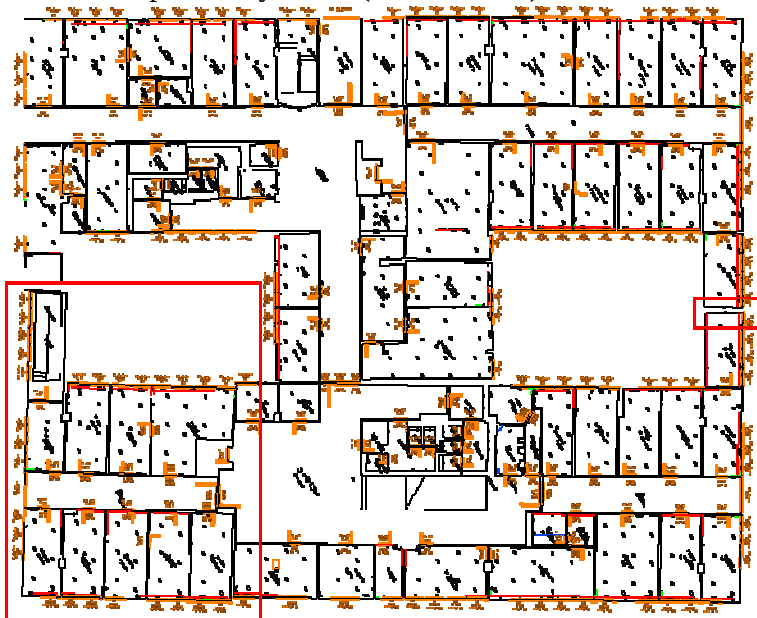
3.1 Technologický postup měření

Všechny požadované prvky objektu byly zaměřeny systémem Measurix Tripod, v místním souřadnicovém systému. Jednotlivé kresby zaměřených místností se spojovaly v průběhu měření přes

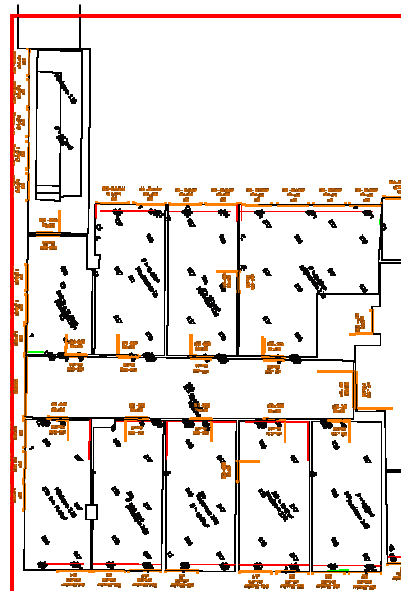
stavební otvory (dveře) díky jedinečnému přiřazenému číslu, které slouží k identifikaci a k napojení jednotlivých místností.

Primární zájmové prvky měření byly tvarové rozměry a dispozice místností; jejich vzájemné napojení; výšky stropů; umístění, tvar a typ oken a dveří; schody; tloušťky stěn; atd. Sekundární zájmové prvky měření byly povrchové znaky inženýrsko-technických sítí (teplovodní potrubí a výměníky, rozvody spojových kabelů, ventilační a větrací bloky, atd.), rozmístění a počet objektů elektroinstalace (zásuvky el. napětí, spínače, čidla, telefonní a IT zásuvky, atd.).

Naměřená data místnosti, kompletovaná do výkresů půdorysů podlaží, byla vytvořena v rámci měření. Před odchodem do kanceláře máme kontrolu nad průběhem dokumentace interiéru budovy a základní kompletaci výkresu. (viz obr. níže).



Výkres z měření před kompletační kompenzací



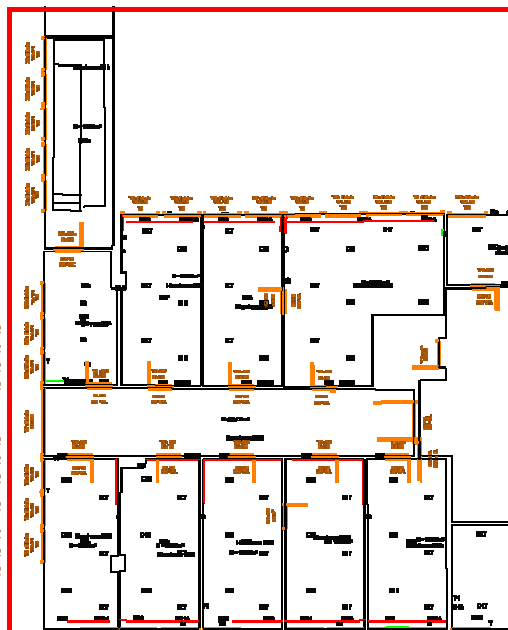
Detail před kompenzací

3.2 Technologický postup základního zpracování

V kanceláři provedeme tzv. kompletační kompenzaci. Kompenzace je operace, která optimalizuje výsledky kompletace místností (napojení místností na patře) a minimalizuje chyby týkající se tloušťky stěn anebo rovnoběžnosti dělicích stěn zobrazených na výkresu (viz. obr. výše). Geometrie (tj. tvar a rozměry) pokojů se nezmění. Při průběhu kompenzačního procesu, podléhají prvky změřené v místnostech stejným přepočtům a rotacím jako obrysy místností. (výsledek viz. obr níže). Během této fáze také můžeme automaticky vygenerovat výkaz výměr místností.



Výkres po kompletační kompenzaci v kanceláři



Detail po kompenzaci

K finální podobě základního výkresu (viz obr. níže) se pak dostaneme automatickými funkcemi programu, kdy zadáme tloušťku obvodových stěn a nejvýše naměřenou světlou výšku stropu. Program následně vygeneruje výkres 2D a 3D, se kterým můžeme dále pracovat a upravovat ho dle potřeb.



Výkres v základní stavebně-architektonické podobě

Počet místností budov	417
Výměra podlahové plochy budov	9024 m ²
Objem místností	26169 m ³
Počet osob	1-2
Počet dní měření	15
Počet dní základního zpracování	3
Zaměřená výměra / den	~ 600 m ²
Počet místností / den	~ 20 - 35
Přesnost měření délky	1 mm
Přesnost měření úhlů	1'22''
Podmínky měření	Ztížené. Místnosti byly v plném pracovním provozu, hustě zastavěny nábytkem bez možnosti přesouvání a bez přístupných rohů místností.

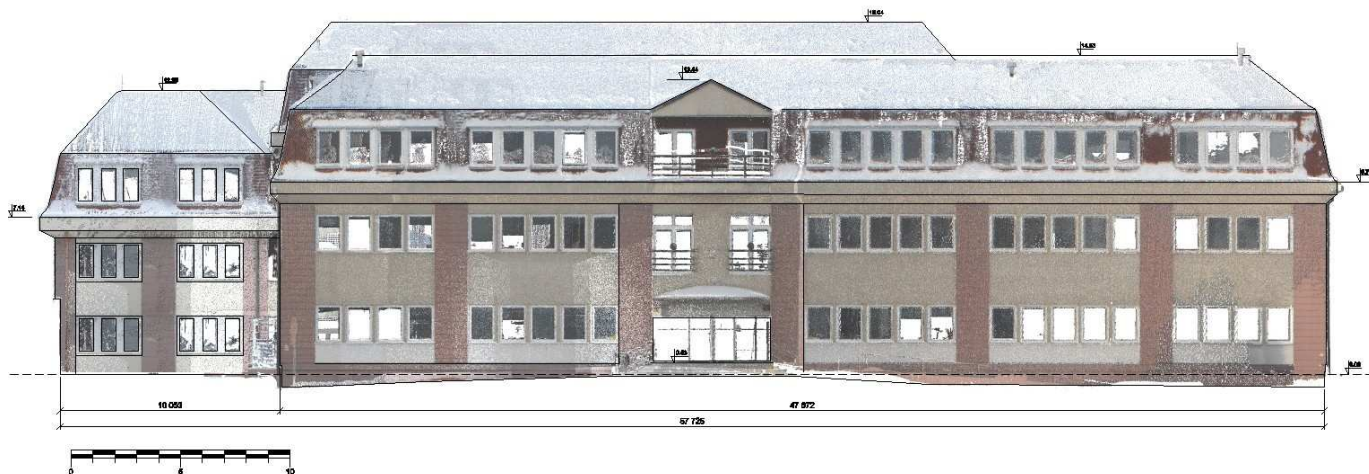
Příklad porovnání klasické metody zaměřování interiérů objektu laserovým dálkoměrem a řešením Measurix Tripod za plného pracovního provozu s hustě zastavěným nábytkem bez možnosti přesouvání a s nepřístupnými rohy místností.

Příklad zaměření 1200 m ²	Měření laserovým dálkoměrem	Measurix Tripod řešení
Počet měřických dní	2	2
Doba měření	2 X 8h = 16h	2 X 8h = 16h
Počet osob	2	1
Celkový čas měření	32h	16h
Kancelářské práce	20h	4h
Celkový čas	52h	20h
Úspora času	-	32h
Úspora v procentech	-	60%

4 Ortopohled fasády

Z hustého mračna bodů je možné vytvořit tzv. ortopohled odpovídající ortofotu známému z fotogrammetrie. Tento postup je velmi snadný a proto je v praxi často používán. Jde o efektivní využití výstupu z laserového skenování ve formě mračen bodů.

Principem metody je přemístění bodů kolmo na definovanou rovinu (obvykle rovinu fasády) a převedení polohové informace a barevné složky RGB na běžný obrazový grafický soubor. Výsledný ortopohled se doplní případně o vektorovou kresbu v místech, kde byl objekt zastíněn, a bylo rychlejší měření doplnit. Dále je ortopohled doplněn o výškové kóty a hlavní rozměry.



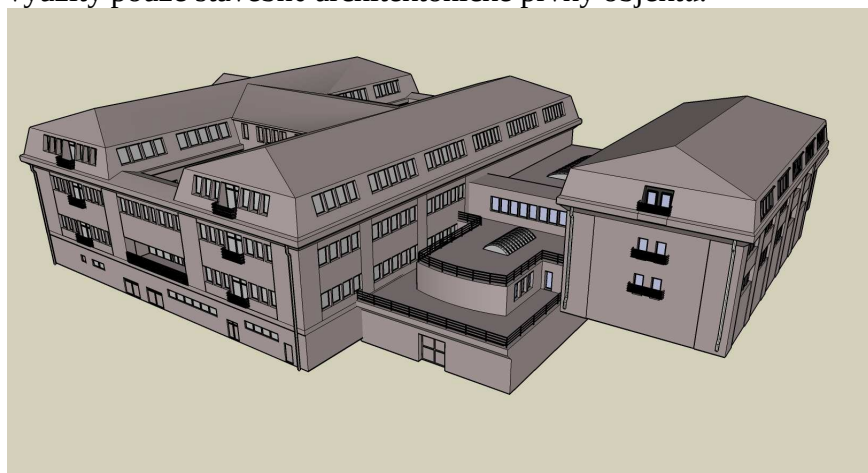
Výměra plochy fasády	4 200 m ²
Počet dní zpracování	2

5 3D model budov

Mračna bodů fasády mohou být vyhodnocovány různými metodami. Nejefektivnější vyhodnocení se jeví práce přímo v některém CAD systému, který projektant běžně využívá s možností přímého importu zpracovaného mračna bodů. Pro tento účel byl použit zásuvní modul (tzv. plug-in) Pointools, který je navržen přímo pro práci v prostředí AutoCADu a v jiných CAD a DCC (Digital Content Creation) aplikacích.

Spojením Pointoolsu a AutoCADu vznikne robustní nástroj pro 3D modelování. V této souvislosti Pointools umožňuje vést horizontální i vertikální rovinu řezu mračnem bodů a vzniklé profily dále zpracovávat nástroji AutoCADu. Kromě toho Pointools disponuje nástroji pro zobrazení mračna bodů v barevných škálách podle zadaných kritérií, např. vzdálenosti, výšky, intenzity odrazu, rovinného stínování atd, což umožňuje lepší detekci hran a tím velmi přesné modelování.

3D model interiéru byl vytvořen z měření systémem Measurix Tripod. Pro tvorbu modelu byly využity pouze stavebně architektonické prvky objektů.



Počet dní zpracování 3D modelu fasády	3
Počet dní zpracování 3D modelu interiéru	12
Počet dní kompletace	2

6 Vizualizace

Vstupem pro vizualizaci byla výsledná podoba 3D modelu, mračna bodů fasády budovy a okolí, ortofotomapa a fotografická dokumentace. Výstupem je vizualizační video a tvorba 3D plastického modelu.

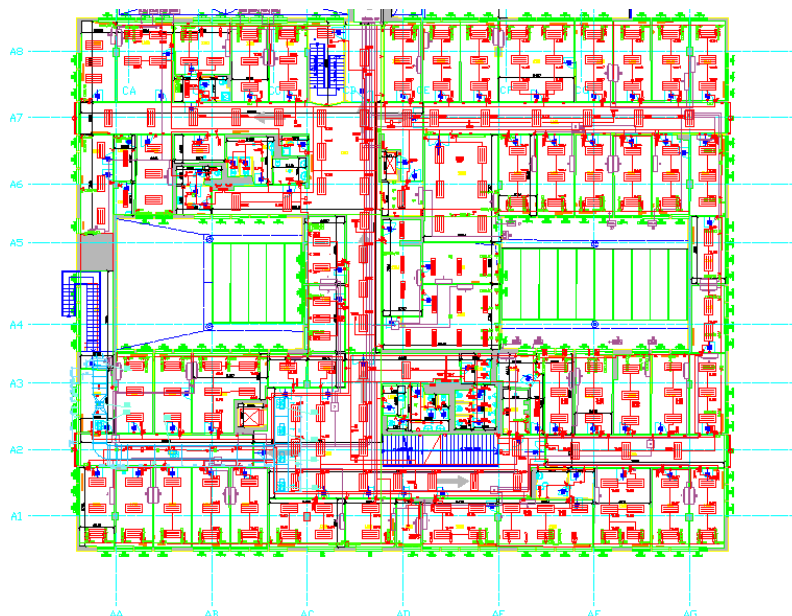


Počet dní zpracování	3
----------------------	---

7 2D výkresy včetně inženýrsko-technických sítí

Naměřená data systémem Measurix Tripod byla uložena podle dohodnutých pravidel do určitých hladin, liniovým prvkům byly navíc přiřazeny příslušné typy čar či barev a koncové prvky byly uloženy jako text s inzertním bodem korespondujícím s naměřeným bodem. Uložený text taktéž splňoval dohodnutou metodiku popisu zaměřovaných elementů. Tato data byla převedena do základní výkresové digitální podoby z ExpertCADu a byla dále zpracována stavebním inženýrem v AutoCADu. Prvním krokem byla tvorba maker pro převedení do standardní podoby stavebních a koordinačních výkresů. Algoritmus maker využíval dané metodiky pořízení dat k automatickému vygenerování 2D výkresu půdorysů jednotlivých podlaží. Schematické a textové označení jednotlivých elementů bylo nahrazeno standardními symboly prvků dle dohodnuté legendy. Výsledkem byl půdorys s vyznačením všech viditelných zaměřovaných elementů inženýrských sítí resp. profesí, v našem případě elementů VZT, silnoproudu, slaboproudu, chlazení, UT a ZTI. Tyto výkresy sloužily jako základ pro zpracování koordinačních výkresů jednotlivých podlaží.

Všechny koncové prvky a zařizovací předměty byly vygenerovány makrem z cca 95%. Okna a dveře byly vygenerovány a popsány makrem z cca 90%. Z cca 50% byl aktuální stav rozvodů doplňován ze stávající papírové dokumentace, který byl dodán Objednatelem. Z cca 30% byly rozvody ručně zakresleny dodavateli inženýrsko-technických sítí do námi dodaných výkresů (VZT, klimatizace, IT). Z 20% byly rozvody zakresleny dle informací od správce objektu. Výstupem jsou 2D výkresy jednotlivých podlaží včetně inženýrsko-technických sítí ve formě *.dwg a *.pdf



Makra byla napsána programovacím nástrojem Visual Lisp, který je součástí programu AutoCAD.

Počet dní programování	7
Počet dní kompletace inženýrsko-technických sítí	48
Počet dní celkem	55

9 Závěr

Úřad průmyslového vlastnictví byl ve dnech 30.11.2010 – 16.2.2011 zaměřen technologií laserového skenování (exteriéry) a systémem Tripod Measurix (interiéry). Zpracováním měřených dat a vektorizací stávající papírové dokumentace byla vytvořena kompletní 3D dokumentace objektu dle požadavků objednatele.

Počet místností budov	417
Výměra podlahové plochy budov	9024 m ²
Objem místností	26169 m ³
Výměra plochy fasády	4.200 m ²
Celkový počet dní měření	4 + 15 = 19
Počet dní základního zpracování 2D	1 + 3 + 2 = 6
Počet dní zpracování 2D včetně inženýrsko-technických sítí	55
Celkový počet dní zpracování 3D	17 + 3 = 20
Celkový počet dní	100
Procenta podílu práce na 2D v základní výkresové podobě	25%
Procenta podílu práce na 2D a doplnění inženýrských sítí	55%
Procenta podílu práce na 3D a vizualizacích	20%

Literatura

Koska Bronislav, Křemen Tomáš, Pospíšil Jiří: Využití laserového skenování k dokumentaci stavebních památek, Stavební obzor. Ročník 19, č. 1, s. 19-24. ISSN 1210-4027, 2010.

Přikryl Marek: Světová technologie pro světovou architekturu, Stavební a investorské noviny. Ročník XVII, č.2, s.18-20, ISSN 1804-2864, 2010.

Přikryl Marek: Zaměření skeletu a fasádního systému přesně a rychle, Stavební a investorské noviny. Ročník XVII, č.6, s.16-17, ISSN 1804-2864, 2010.