

# VYUŽITÍ TECHNOLOGIE 3D LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ PRO SANACE KANALIZAČNÍCH OBJEKTŮ

Pavel Fatka<sup>1</sup>

## Abstract

Special geodetic 3D laser scanning technology is used in various sectors of the current civil engineering such as underground construction, architecture, mining industry, land surveying or within GIS data processing.

Continuous development and the size minimisation of both, measuring devices - scanners, and computer technologies, gradually allow the penetration of these technologies to other sectors, where their former uses was impossible because of a price and amount of data processing.

This availability of technology in the field of water management and specifically in sewer systems brings new possibilities for their use during construction process or maintenance.

The article presents a pilot project showing principles and technical possibilities of the scanning technology that was tested in a chamber OK\_33K of combined sewer overflow, which is part of the Barrandov stilling basin in Prague, Capital of the Czech Republic.

## Úvod

Speciální geodetické technologie 3D laserového skenování jsou v současném stavebnictví využívány v různých odvětvích např. podzemním stavitelství, architektuře, dále v důlním a hornickém průmyslu, nebo při práci s geografickými daty v topografii a GIS.

Neustálý vývoj a zmenšování jak měřicích zařízení – skenerů, tak výpočetní techniky, postupně umožňují průnik těchto technologií do dalších odvětví, kde bylo jejich dřívější využití nemyslitelné právě díky ceně a velikosti přístrojů v poměru k náročnosti zpracování dat.

Tímto zpřístupněním technologií se v oboru vodního hospodářství a konkrétně v oboru kanalizací otevírají nové možnosti využití jak při vlastní výstavbě a opravě technických děl, tak samozřejmě také při jejich provozu.

Cílem článku je tedy na zvoleném pilotním projektu přiblížit principy a technické možnosti použité metody, tak i načrtnout možné způsoby jejího využití. K pilotnímu projektu byla vybrána oddělovací komora OK\_33K, která je součástí objektů barrandovského spadiště v Praze 5.

Objekt řešeného spadiště OK\_33K se nachází na sídlišti Barrandov v Praze 5. Svou velikostí a členěním lze toto spadiště považovat v poměrech pražské kanalizační sítě za objekt atypický a to jak svou hloubkou cca 75m, tak i svým dělením na jednotlivé provozní objekty, kterými jsou vlastní spadiště, kruhová vstupní šachta, přístupová chodba, komora nad vývarem spadiště a oddělovací komora na odtoku ze spadiště viz Obr.1.

---

<sup>1</sup> Ing. Pavel Fatka, KO-KA s.r.o., Thákurova 7, 166 29 Praha, tel. 224 355 441, e-mail: fatka@ko-ka.cz



- některé skenery dokáží k 3D souřadnicím bodu přiřadit i hodnotu odrazivosti skenovaného povrchu



Obr. 2 – mračna naskenovaných bodů

Laserový skener pracuje na stejném principu jako např. sonar, ale s využitím vlastností laserového paprsku. Vlastní skenování spočívá v tom, že se kolmo proti předmětu vyšle laserový paprsek, který se od něho odrazí a vrátí se zpět do skenovacího zařízení, kde se vyhodnotí. Vyhodnocením doby, která uplyne od vyslání do vrácení paprsku, získáme informaci o rozměru předmětu ve směru letu paprsku. Informace o zakřivení povrchu plyne z úhlu, pod jakým se paprsek vrátí zpět do zařízení. Spojením obou základních informací skener získá přesnou polohu bodu, kterou odešle do počítače. Tímto způsobem skener laserovým paprskem "obkrouží" celé těleso.

K zaměření vybrané oddělovací komory byl použit laserový skener Riegl Z360i. Množství naměřených podrobných bodů bylo 6 870 000. Vlastní zaměření bylo připojeno k místnímu souřadnicovému systému. Toto připojení bylo provedeno přístrojem Leica TCRA 1103.



Obr. 3 – porovnání vytvořeného povrchového 3D modelu (vlevo) a fotografie (vpravo)

### Metodika pilotního projektu

Obecně lze říci, že u tohoto typu geodetických úloh se vlastní práce skládají ze dvou základních kroků. Prvním krokem je vlastní skenování prostoru nebo objektu, druhým potom následné zpracování naměřených dat.

Díky zkušenostem pracovníků a použití vhodného přístroje, lze již po krátké obhlídce zaměřovaného prostoru rozhodnout, zda je metoda použitelná, nebo kde budou

problematická místa. U zpracování dat, je to náročnější. Po standardním výpočetním zpracování dat je nutná jejich následná úprava do podoby použitelné v inženýrské praxi.

Zpracování a vyhodnocení naměřených dat je proto nedílnou součástí laserového skenování. Velké množství podrobných dat, které metoda nabízí, klade poměrně velké nároky na jejich zpracování. Zpracování proto vyžaduje nejen výkonnou výpočetní techniku a specializovaný software, ale i zkušenosti odborníka, který zpracování a vyhodnocení provádí.

Největší snahou při zpracování a vyhodnocení dat v rámci tohoto projektu bylo zvolit výstupy ze zpracování dat optimálně tak, aby zpracovatel (geodet) pracoval data v množství a podrobnosti skutečně využitelné pro další použití při projekci nebo vlastním provozu stokové sítě. Zároveň však, aby je projektant (provozovatel) mohl okamžitě a efektivně využít a nemusel ztrácet čas při jejich složitých úpravách.

Postup prací při zpracování dat zahrnoval:

- Transformaci jednotlivých mračen bodů do místního souřadnicového systému a jejich následného vyrovnání pomocí specializovaného zpracovatelského programu (zde byl použit zpracovatelský software RiSCAN, modul Multi Station Adjustment). Výsledná střední chyba vyrovnání mračen bodů činila 0,01 m.
- Očištění výsledného mračen bodů o objekty, které nejsou předmětem měření (lešení, nánosy, apod.)
- Tvorba digitálního 3D modelu objektu tj. modelu skutečného stavu oddělovací komory
- Tvorba řezaného „sítěného“ modelu skutečného stavu oddělovací komory – 3D model nařezaný na jednotlivé řezy ve zvolené vzdálenosti a rovině.
- Tvorba půdorysu, podélných a příčných řezů oddělovací komory – objekty, kóty, výšky na objektu, popisy, šrafy
- Tvorba modelů zábradlí a nosníků přepadové hrany – idealizované tvary konstrukcí, korektní poloha
- Zpracování vizualizací a videa především pro prezentační účely

## Výsledky a výstupy projektu

Po vzájemné diskuzi se zpracovatelem dat, upřesnění technických požadavků na zpracování výsledků a možností vlastní výpočetní techniky byly pro účely pilotního projektu dohodnuty a zpracovány následující výstupy uvedené níže. Rozsahy, formáty a způsob vyhodnocení dat lze samozřejmě vždy upravit podle možností a potřeb toho, kdo data následně využívá.

Pro potřeby projekční přípravy inženýrských staveb jsme stanovili následující výstupy:

### Výkresy ve 2D

Výkresy slouží k základnímu technickému výstupu a popisu dané stavební konstrukce. Jednotlivé řezy lze prakticky provádět v kterémkolí místě řešeného objektu. Pro další využití je vhodné stanovit podrobnost grafického zpracování řezů. Výkresy jsou jak v CAD formátu dwg, tak i v pdf.

Zpracovanými výkresy jsou:

- Půdorysy – se zakreslením ostění, os, řezů, kót, výšek, popisů
- Podélné řezy – dle 4 vybraných rovin řezu, s okótováním
- Příčné řezy – dle 5 vybraných rovin řezu, s okótováním
- Příčné profily (řezy) – příčné profily pro porovnání skutečných a teoretických rozměrů a tvaru

## **Modely ve 3D**

Vytvořené 3D modely slouží jak k názornější představě o zaměřovaném objektu, tak i k náročnějším úlohám umožňující např. 3D CAD modelování (výpočty objemů, povrchů, grafické řešení složitých detailů apod.). Další výhodou je možnost vytvoření dalších 2D řezů v libovolném místě objektu. Modely jsou v CAD formátu dwg a také ve formátu nwd freewareho prohlížeče Naviswork, umožňující prohlížení původních mračen bodů a rendrovaných povrchů. Příklad srovnání vytvořeného modelu a skutečné fotografie je na Obr.3.

Zpracovanými modely jsou:

- Model skutečnosti – trojúhelníkový „síťový“ model skutečnosti ostění spadiště
- Model skutečnosti s definovanými povrchy
- Teoretický model – model podle projektové dokumentace (pro porovnání tvarů navrhované a skutečné konstrukce)
- Řezaný model – model skutečnosti nařezaný v řezech po 50cm v podélné, příčné a horizontální rovině
- Model zábradlí – model ocelové konstrukce (skutečné umístění, idealizované tvary)
- Model nosníků přepadové hrany – model ocelové konstrukce (skutečné umístění, idealizované tvary)



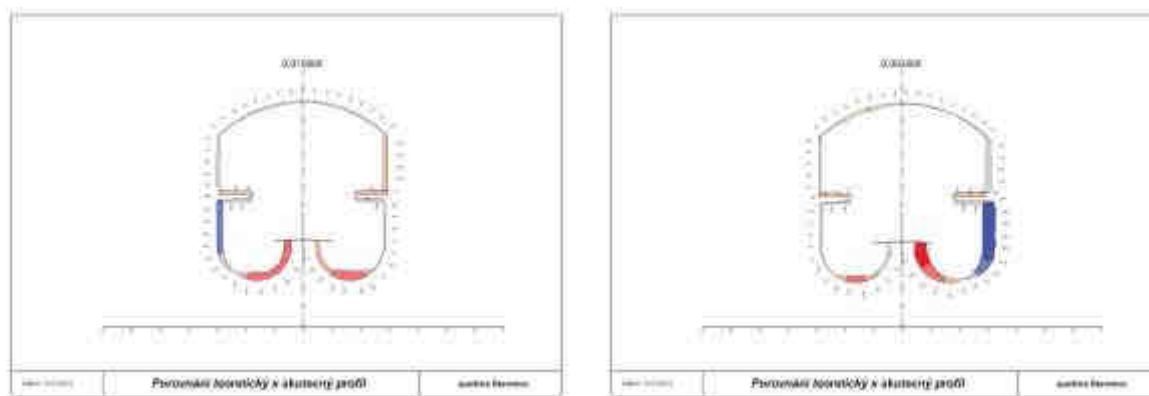
**Obr. 4 – vytvořené 3D modely: skutečný s povrchy, “sítěný” a řezaný**

### ***Porovnání teoretického (projektovaného) a skutečného tvaru konstrukce***

Po vlastním vyhodnocení dat umožňuje technologie laserového skenování i řešení některých úloh, se kterými se setkáváme ve stavební praxi. Těmito úlohami jsou zpravidla různá porovnání tvarů a objemů stavebních konstrukcí a to zpravidla z důvodu kontroly technologické kázně dodavatele, dodržení tvarů konstrukcí, stanovení skutečné spotřebovaných objemů použitých materiálů, pasport konstrukcí apod.

Podklady pro projektovou přípravu sanace oddělovací komory a objektů spadiště se skládaly z několika nalezených archivních výkresů z různých stupňů původní projektové dokumentace. Skutečné rozměry a tvary stavebních objektů spadiště nebyly zaměřeny. Pro stavbu jsme proto vytvořili projektovou dokumentaci poskládanou z informací jak z archivních podkladů, tak z lokálních doměření při obhlídce objektů. Otázka skutečného tvaru však byla stále otevřena.

V rámci zpracování dat byla proto řešena i tato úloha porovnání teoretického a skutečného stavu. Skutečně zjištěný (skenovaný) stav byl porovnán s digitálním modelem vytvořeným z původní projektové dokumentace. Porovnání bylo řešeno jak v jednotlivých příčných řezech viz Obr 5 níže, tak i v celkovém 3D modelů komory.



**Obr. 5 – příklady porovnání teoretického (dle dokumentace) a skutečného (skenovaného) profilu komory**

## Závěry a doporučení

V rámci dokončené sanace betonových objektů barrandovského spadiště OK\_33K byla na oddělovací komoře vyzkoušena metoda laserového 3D skenování. Zpracovaný pilotní projekt prokázal, že tato metoda je použitelná pro řešení některých úloh jak při opravách objektů stokové sítě, tak při jejím vlastním provozu.

Zkušenosti s touto technologií lze shrnout následovně:

- V současné době je použití 3D laserového skenování dostupnou technologií, finančně odpovídající podrobnému geodetickému zaměření.
- Její použitelnost a náročnost odpovídá množství a podrobnosti získaných dat. V konkrétní úloze je tedy třeba vždy rozhodnout, zda a jak je taková podrobnost využitelná.
- Vždy je potřeba stanovit formát a rozsah výstupů ze zpracování dat. Toto velmi ovlivňuje jak další zpracovatelnost a využití v technické praxi, tak samozřejmě i cenu.
- Možnost dodatečného získání informací v jakémkoli místě skenovaného objektu.
- Technologie 3D skenování nabízí několik zajímavých využití jak pro vlastní (projektovou) přípravu staveb, tak především pro správce kanalizačních systémů. Některé z nich uvádíme níže:
  - Efektivní a rychlé zpracování digitálních technických nebo archivních podkladů složitých objektů na kanalizační síti.
  - Pasportizace a kontrola objektů kanalizace při provádění staveb v jejím ochranném pásmu.
  - Kontrola provádění stavebních prací v průběhu výstavby (tvarová kázeň, spotřeba materiálu)
  - Podklady jež správce poskytuje zejména projektantům při plánování rekonstrukce objektů.

## Literatura

1. FATKA P. a kol.: Oprava spadiště OK\_33K Barrandov, Praha 5 – projektová dokumentace, KO-KA s.r.o., Praha 2010.
2. KUTIL L. a kol.: Laserové skenování rozbočné komory u spadiště Barrandov – technická zpráva, Control System International s.r.o., Praha 2010
3. Webové stránky společnosti Control System International s.r.o. [www.controlsystem.cz](http://www.controlsystem.cz)