

**MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA NAZIEMNYCH SKANERÓW LASEROWYCH
W PROCESIE DOKUMENTACJI I MODELOWANIA OBIEKTÓW
ZABYTKOWYCH**

**USABILITY OF TERRESTRIAL LASER SCANNERS FOR THE PROCESS
OF DOCUMENTATION AND MODELING OF HISTORICAL OBJECTS**

Bartosz Mitka

„DEPHOS” Sp. z o. o.

SŁOWA KLUCZOWE: skanowanie laserowe, zabytki, dokumentacja

STRESZCZENIE: W artykule zaprezentowano technologię pomiaru wraz z etapami realizacji poszczególnych części projektu z wykorzystaniem naziemnego skanowania laserowego. Zwrócono uwagę na zagrożenia dla projektów tego typu, które powinny być przeanalizowane przed przystąpieniem do wykonywania opracowania. Przedstawiono możliwości wykorzystania danych pozyskanych w drodze pomiaru naziemnymi skanerami laserowymi. Podano przykłady wybranych obiektów z terenu Polski, które były inwentaryzowane przy użyciu tej techniki przez krakowską firmę DEPHOS w latach 2003 – 2007. W tym czasie opracowaniu podlegały zarówno zabytki architektury drewnianej (np. kościół św. Michała Archanioła w Michalicach), zabytki architektury sakralnej murowanej (np. Kaplica Zygmuntowska na Wawelu czy kościół farny w Gubinie) jak również małogabarytowe eksponaty muzealne (np. fragmenty zbiorów z Muzeum w Wilanowie) oraz inne obiekty zabytkowe. Do pomiarów używano skanerów różnych producentów: Callidusa CP 3200, Trimbla GS 200, Minoltę VI-9i, Z+F Imager 5003 a na Z+F Imager 5006. Efektem końcowym wykonywanych opracowań zazwyczaj była klasyczna dokumentacja kreskowa jako najłatwiejsza do użytkowania dla odbiorcy, ale powstały również cadowskie modele 3D skanowanych obiektów, ich wizualizacje z wykorzystaniem naturalnych tekstur, czy prezentacje w postaci modeli warstwowych czy hipsometrycznych.

1. WSTĘP

Naziemne skanowanie laserowe pozwala na wykonywanie kompleksowych opracowań i analiz, jakie nie były dotąd dostępne dla żadnej z technik pomiarowych. Sporządzanie opracowań prawie dowolnego fragmentu obiektu bez konieczności wykonywania dodatkowych prac terenowych umożliwia sposób rejestracji danych, w wyniku którego otrzymywana jest chmura punktów reprezentujących geometrię skanowanych obiektów. Szczególnie istotną zaletą metody skaningu laserowego jest szybkość rejestracji ogromnej ilości danych. Dzięki temu istnieje możliwość uzyskiwania dowolnych widoków, rzutów i przekrojów na podstawie raz zarejestrowanych danych, możliwość wykonywania analiz dla dowolnego miejsca budowli w miarę pojawiania się takich potrzeb, łatwość powtarzania pomiarów, ich porównywania i prezentacji wyników.

Obszary zastosowań naziemnych skanerów laserowych są bardzo szerokie i wraz z rozpowszechnianiem się tej technologii pomiarowej pojawiają się coraz to nowe dziedziny, w których znajduje ona zastosowanie. Należy zwrócić uwagę, że jest to technologia stosunkowo młoda cały czas dynamicznie rozwijająca się i w wielu różnych dziedzinach dopiero bada się możliwości jej wykorzystania.

Naziemne skanery laserowe znajdują zastosowania między innymi w:

- pomiarach inwentaryzacyjnych różnego rodzaju obiektów przemysłowych;
- pomiarach obiektów budowlanych;
- pomiarach inwentaryzacyjnych obiektów zabytkowych;
- dokumentacji odkryć archeologicznych;
- badaniu odkształceń obiektów;
- dokumentacji miejsc przestępstw czy wypadków drogowych i wielu innych.

2. CHARAKTERYSTYKA POSZCZEGÓLNYCH ETAPÓW PROJEKTU WYKONANEGO Z UŻYCIEM NAZIEMNYCH SKANERÓW LASEROWYCH

Wykonanie dowolnego projektu z użyciem naziemnych skanerów laserowych TLS (ang. *Terrestrial Laser Scanner*) wymaga w każdym przypadku wykonania etapów pewnej procedury postępowania, która zapewni uzyskanie na końcu projektu produktu zgodnego z oczekiwaniami klienta a przy tym osiągnięcie pozytywnego wyniku finansowego. Zaniedbanie któregośkolwiek z przytoczonych poniżej etapów prowadzi zazwyczaj do komplikacji w fazie jego wykonywania, konieczności wykonywania dodatkowych pomiarów czy też niemożności wykonania opracowania zgodnie ze specyfikacją dostarczoną przez klienta

2.1. Określenie celu, zakresu i dokładności opracowania

Pierwszym zadaniem, jeszcze przed podjęciem się realizacji określonego projektu, jest prawidłowe zdefiniowanie celów jakie mają być osiągnięte w wyniku jego realizacji. Przede wszystkim zdefiniowanie przez zamawiającego produktów jakie mają zostać dostarczone przez wykonawcę, ich formy (postać elektroniczna, dokumentacja papierowa), formatów plików wynikowych zarówno dla plików rastrowych jak i dla opracowań wektorowych. Określone muszą zostać również skale dla opracowań w postaci dokumentacji papierowej zarówno dla głównych rysunków (rzuty, przekroje itp.), jak również dla dokumentacji wszelkiego rodzaju detalu architektonicznego. Pomimo że dla opracowań w postaci elektronicznej problem skali bezpośrednio nie występuje (wykonuje je się w skali 1:1) to jednak już szczegółowość wykonywanego opracowania zależy od skali wynikowego opracowania w postaci papierowej. Kolejny ważny element, który musi zostać określony na tym etapie to wymagana dokładność zamawianego opracowania, która determinuje później technologię wykonania projektu. Oprócz zagadnienia dokładności pojawia się również problematyka związana z wymaganą gęstością informacji, która ma zostać pozyskana. Jest to zagadnienie szczególnie istotne dla opracowań wykonywanych metodą skaningu laserowego, gdyż gęstość wymaganej informacji przekłada się wprost na

odległości skanowania, a ta z kolei na liczbę stanowisk skanowania przy wykonywaniu dokumentacji.

Niestety problem przygotowania prawidłowej specyfikacji projektu najczęściej ze względu na uwarunkowania prawne (procedury przetargowe) leży po stronie zamawiającego, który zazwyczaj nie dysponuje wystarczającą wiedzą techniczną do zdefiniowania jej w sposób kompletny, zarówno pod względem zakresu prac jak i zamawianych opracowań. Wskutek tego zdarza się, że wykonany zgodnie ze specyfikacją produkt nie spełnia pierwotnych oczekiwań zamawiającego.

2.2. Wizja lokalna obiektu

Kolejnym ważnym etapem prac jeszcze przed przystąpieniem do określenia samej technologii wykonania prac jest dokładne zapoznanie się z obiektem, którego dotyczy zamówienie. Pozwala to na poznanie specyfiki samego obiektu jak i jego otoczenia, a także na zdefiniowanie obszarów, w których mogą pojawić się problemy techniczne na etapie akwizycji danych - partie obiektu bardzo wąskie, wysokie czy też o utrudnionym dostępie np. ze względu na występującą roślinność w bezpośrednim sąsiedztwie obiektu. Wizja lokalna obiektu pozwala również zapoznać się z wymiarami obiektu, stopniem jego komplikacji (układ wnętrza) czy też innymi cechami specyficznymi dla niego.

2.3. Analiza możliwości realizacji zamówienia

Na podstawie otrzymanej specyfikacji projektu i wizji lokalnej obiektu, którego zamówienie dotyczy należy wykonać analizę możliwości realizacji zamówienia. Jest to etap konieczny to wykonania przed złożeniem oferty na wykonanie opracowania. Na tym etapie należy uwzględnić takie czynniki związane z charakterystyką obiektu jak jego wielkość, wysokość, szerokość pomieszczeń w najważniejszych miejscach, otoczenie obiektu. O ile wielkość obiektu wpływa w zasadzie tylko na ilość czasu potrzebnego do jego opracowania, a zagrożenie wykonalności jest skorelowane z terminem zakończenia projektu i mocami przerobowymi zespołu wykonującego opracowanie, to pozostałe parametry mogą wpłynąć na całkowity brak możliwości wykonania opracowań dla pewnych partii obiektu. Zbyt duża ilość miejsc bardzo wąskich powodujących znaczące podniesienie nakładów pracy na wykonanie opracowania może spowodować, że projekt będzie nieopłacalny z ekonomicznego punktu widzenia. Miejsca wysokie stanowią zagrożenie wykonalności z tego powodu, że skaner do wykonania prawidłowego zebrania danych wymaga stabilnego stanowiska pracy na czas wykonania pełnego skanu. Wyklucza to użycie wszelkiego rodzaju podnośników czy wysokich rusztowań jako stanowisk podwyższonych dla skanera. Dodatkowym ograniczeniem jest wysokość rusztowań wolnostojących - nie buduje się wyższych niż dwunasto metrowe. Już tak wysokie rusztowanie wolnostojące nie zapewnia wymaganej stabilności. Istnieje wówczas ryzyko, że nie uda się zeskanować pewnych obszarów opracowywanego obiektu, lub też skany wykonane z większej odległości nie będą spełniały wymogu gęstości informacji określonego w specyfikacji projektu. Podobnie poważnym ograniczeniem dla możliwości zebrania danych o obiekcie na podstawie naziemnego skaningu laserowego jest roślinność rosnąca w bezpośrednim sąsiedztwie obiektu, lub też porastająca obiekt (bluszcze).

Odmiernym zagadnieniem do przeanalizowania są możliwości techniczne i kadrowe wykonującego projekt. Wymagane jest przeprowadzenie analizy możliwości realizacji projektu ze względu na posiadane zasoby sprzętowe jak i osobowe z uwzględnieniem innych będących aktualnie w opracowaniu czy planowanych projektów.

Rzetelne wykonanie powyższych analiz jest podstawą do podjęcia decyzji o podjęciu się wykonania projektu (przystąpieniu do przetargu), bądź też odrzuceniu go na tym etapie.

2.4. Przygotowanie wykonania projektu

W momencie podjęcia decyzji o realizacji projektu powstaje konieczność zdefiniowania całego procesu technologicznego, który zostanie zastosowany dla osiągnięcia celów zdefiniowanych w specyfikacji projektu przy zachowaniu wymaganych dokładności.

Pierwszym etapem jest zdefiniowanie poszczególnych zadań niezbędnych do wykonania projektu, określenie niezbędnych zasobów ludzkich i sprzętowych do wykonania tych zadań, jak również prognozowanie czasu wykonania tych zadań przez przypisane im zasoby. Prawidłowe określenie tych parametrów pozwala na zaplanowanie wykonania projektu jak również na kalkulację kosztów jego wykonania.

Podstawowymi zadaniami które wiążą się z wykonywaniem projektów z zakresu naziemnego skaningu laserowego są:

- Zaprojektowanie, założenie, pomiar i wyrównanie osnowy geodezyjnej pozwalającej na orientację wszystkich pozyskanych chmur punktów do jednego wspólnego układu geodezyjnego. Osnowa ta musi być dostosowana do geometrii mierzonego obiektu, a jednocześnie spełniać warunki dokładnościowe położenia punktów po wyrównaniu. Bardzo często geometria obiektów wymusza albo bardzo krótkie boki osnowy, albo niekorzystne stosunki sąsiednich boków, strome celowe, lub też zakładanie ciągów wiszących w szeregu pomieszczeń z których nie ma wyjścia (szczególnie piwnice). Uzyskanie wymaganych dokładności w takich przypadkach wymaga zastosowania instrumentów o odpowiedniej precyzji pomiaru jak też specyficznych procedur pomiarowych. Zazwyczaj też pomiary takie wykonuje się w układach lokalnych jako że istniejące osnowy państwowe są zbyt mało dokładne. Zagadnienia te wymagają indywidualnego podejścia do każdego obiektu. Obecnie na świecie testuje się różne warianty zakładania osnów dla potrzeb naziemnego skaningu laserowego. Duże nadzieje związane są z możliwością integracji skanera laserowego z odbiornikiem GPS, co powinno znacznie przyspieszyć prace terenowe i usprawnić proces orientacji chmur punktów.
- Zaprojektowanie stanowisk skanera laserowego tak aby uzyskać pokrycie całego obiektu chmurami punktów o zadanej gęstości
- Zaprojektowanie procesu technologicznego obróbki chmur punktów tak aby dostać możliwie najlepszy efekt końcowy – dotyczy to orientacji bezwzględnej poszczególnych chmur punktów, procesu filtracji, w szczególności rodzajów zastosowanych filtrów, ich parametrów i kolejności w jakiej te filtry należy zastosować. Jest to szczególnie ważny i trudny etap przygotowania wykonania projektu, ze względu na to iż zagadnienia technologii obróbki danych ze skaningu laserowego są stosunkowo młodą i mało rozpoznaną dziedziną. Należy znaleźć

„złoty środek” pomiędzy likwidacją szumów i błędnych informacji innego rodzaju pojawiających się na chmurach punktów (np. błędne położenie punktów na krawędziach obiektów) a zachowaniem maksymalnie oryginalnej informacji o mierzonym obiekcie. Wiele zależy tutaj od charakterystyk samego skanera, które różnią się między sobą znacznie w zależności od producenta czy też modelu. Dlatego też bardzo często zachodzi konieczność dobrania odpowiedniego skanera do planowanego projektu. Kolejny ważny problem w zagadnieniach związanych z przetwarzaniem chmur punktów to możliwość automatyzacji pewnych procesów występujących na różnych etapach obróbki danych. W chwili obecnej zagadnienia związane z pozyskiwaniem, przetwarzaniem i automatyzacją pomiarów bazujących na chmurach punktów są przedmiotem badań w wielu ośrodkach badawczych, a ich wyniki są cennymi wskazówkami wykorzystywanymi w procesie produkcyjnym.

2.5. Wykonanie projektu

Wykonanie projektu wymaga prawidłowego rozplanowania kolejnych czynności, które należy wykonać tak, aby poszczególni członkowie zespołu nie przeszkadzali sobie nawzajem, jak również żeby nie pojawiały się niepotrzebne przerwy w oczekiwaniu na zakończenie poprzednich etapów. Ważnym zagadnieniem jest też kontrola każdego etapu wykonania projektu.

2.5.1. Prace terenowe

Przy pracach terenowych szczególnie ważna jest synchronizacja zakładania i pomiaru osnowy geodezyjnej służącej do orientacji skanów z samym procesem skanowania. Równie ważne elementy to kontrola i porządkowanie danych po każdym dniu pomiarów tak, aby zminimalizować ryzyko powstania błędów, które spowodują konieczność powtórzenia pomiarów terenowych. Jest to zagadnienie szczególnie ważne przy tych projektach, które są wykonywane daleko od siedziby wykonawcy niekiedy poza granicami kraju. Koszty ponownego dojazdu na obiekt i wykonania dodatkowych pomiarów w takich przypadkach mogą być niewspółmiernie wysokie w stosunku do czasu jaki trzeba poświęcić na miejscu na rzetelne sprawdzenie pozyskanych danych. Przy skanowaniu laserowym należy zwrócić uwagę na jakość pozyskanych danych szczególnie jeżeli stanowiska skanera umieszczone były w miejscach narażonych na drgania (rusztowania, podesty itp.). Należy sprawdzić czy po zeskanowaniu danego obiektu zostały wyeliminowane wszystkie pola martwe (o ile jest to możliwe), czy obiekty o różnych rodzajach powierzchni zeskanowały się prawidłowo, czy nie występują partie chmur punktów, dla których uzyskano zbyt małą gęstość informacji. Doświadczenie uczy, że prawidłowe pozyskanie danych w terenie znacznie przyspiesza i ułatwia proces ich opracowania kameralnego. Dlatego też warto poświęcić trochę czasu na wykonanie dodatkowego skanu, który pozwoli na uzupełnienie brakującej informacji, czy też na ponowne skanowanie fragmentów obiektu gdzie uzyskano niezadowalającą jakość danych. W efekcie zaoszczędzi to dużo więcej czasu na etapie opracowania kameralnego projektu.

2.5.2. Opracowanie kameralne

Opracowanie kameralne to zwykle najdłuższy etap wykonywania projektu. Przed przystąpieniem do jego wykonywania należy mieć zdefiniowane cele projektu i technologię prowadzącą do ich osiągnięcia. Technologię tą należy wdrożyć poprzez odpowiednie szkolenie zespołu pod kątem zadań wykonywanych w ramach produkcji. Bardzo ważnym elementem opracowania kameralnego jest kontrola wyników po każdym etapie opracowania, aby wyeliminować błędy spowodowane niespełnieniem wymogów technologicznych w początkowym etapie opracowania.

3. MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA DANYCH POZYSKANYCH Z POMIARU NAZIEMNYMI SKANERAMI LASEROWYMI

W wyniku przetworzenia danych z naziemnego skaningu laserowego można uzyskać następujące produkty finalne:

- Przefiltrowane i zorientowane chmury punktów (np. w formacie ASCII) zwykle służące jako materiał wyjściowy do dalszych opracowań. Zawierają podstawową informację o obiekcie;
- Ortoplany obiektów wygenerowane na podstawie chmury punktów – to opracowania w skali szarości prezentujące siłę powracającego sygnału od obiektu, poprzez zamianę poszczególnych punktów z pozyskanej chmury na piksele o zadanym rozmiarze terenowym. W ten sposób uzyskuje się produkt analogiczny do klasycznego ortofotoplanu;
- Wektorowe modele powierzchni, które służą przede wszystkim do analiz różnic pomiędzy powierzchnią projektowaną a rzeczywistą. Wykorzystywane są głównie w przemyśle do kontroli wykonywanych elementów, ale również w pomiarach przemieszczeń i odkształceń;
- Opracowania kreskowe – rzuty, przekroje, widoki elewacji, które jak do tej pory są najchętniej zamawiane przez zleceniodawcę. Wynika to z faktu, że zamawiający przyzwyczajony jest do pracy z tego typu opracowaniami, a więc zamawia produkty znane mu, na których potrafi efektywnie pracować;
- Modele warstwicowe skanowanych obiektów;
- Modele hipsometryczne skanowanych obiektów;
- Modele 3D obiektów.

Ostatnie trzy grupy produktów służą zwykle dla celów wizualizacji pewnych cech obiektu, jak również chętnie są zamawiane jako materiały reklamowe.

4. PRZYKŁADY ZREALIZOWANYCH PROJEKTÓW

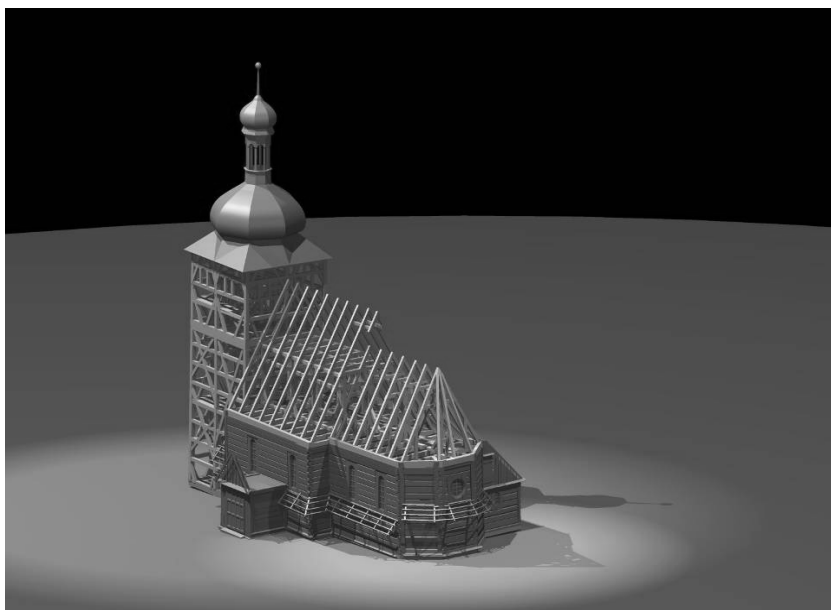
W latach 2003 – 2007 krakowska firma DEPHOS wykonała szereg realizacji projektów przy użyciu naziemnych skanerów laserowych tak w kraju jak i za granicą. Wykonane zostały opracowania przy użyciu skanerów fazowych, impulsowych jak i precyzyjnych skanerów optycznych, wykorzystujących światło monochromatyczne. Wykonane projekty pozwoliły na zdobycie bogatego doświadczenia zarówno w zakresie pozyskiwania danych jak i ich obróbki, a doświadczenie to pozwala firmie dobrać optymalną technologię aby wykonać produkty spełniające oczekiwania zamawiającego.

Poniżej przedstawiono kilka przykładów realizacji projektów w zakresie naziemnego skaningu laserowego dla obiektów różnych typów.

4.1. Inwentaryzacja drewnianego kościoła p. w. św. Michała Archaniola w Michalicach

Kościół św. Michała Archaniola w Michalicach wzniesiony został w stylu barokowym w 1614 r. (wieża z lat 1730-31). Jest to kościół drewniany, na fundamentach z kamienia granitowego. W roku 2003 wykonano skanowanie kościoła skanerem Callidus CP 3200. Była to jedna z pierwszych realizacji produkcyjnych z użyciem skanera laserowego w naszym kraju.

W efekcie opracowania chmur punktów powstała klasyczna dokumentacja wektorowa kościoła (rzuty, przekroje, widoki elewacji) w postaci papierowej w formie wypłotów, jak i w postaci elektronicznej w postaci plików w formacie *.dwg. Dodatkowo powstał trójwymiarowy model kościoła (Rys. 1)



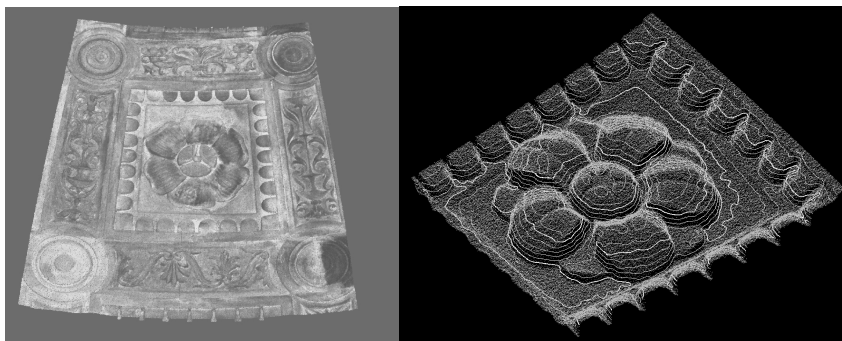
Rys. 1. Model 3D kościoła w Michalicach

4.2. Inwentaryzacja wnętrza Kaplicy Zygmuntowskiej na Wawelu

Kaplica Zygmuntowska na Wawelu (1519-1533) to perła renesansowej architektury murowanej. W latach 2002 – 2004 została przeprowadzona konserwacja kaplicy pod kierownictwem prof. Ireneusza Płuski. Po wykonaniu prac konserwacyjnych wykonana została inwentaryzacja wnętrza kaplicy przy pomocy skanera Z+F Imager 5003.

W oparciu o uzyskaną chmurę punktów opracowano następujące rodzaje produktów dla odbiorcy (Rys. 2):

- wycięte fragmenty chmur punktów dla wybranych detali architektonicznych;
- modele warstwiczne wybranych elementów architektonicznych;
- modele hipsometryczne wybranych elementów architektonicznych;
- ortoobrazy wygenerowane z chmury punktów na podstawie jasności poszczególnych punktów;
- wektorowe rysunki wybranych detali architektonicznych sporządzone na podstawie otrzymanej chmury punktów.



Rys. 2. Przykłady produktów dla detalu architektonicznego, strona lewa – ortoobraz w skali szarości, strona prawa – chmura punktów z modelem warstwicowym.

4.3. Inwentaryzacja pogorzelniska kościoła w Czarnowasach

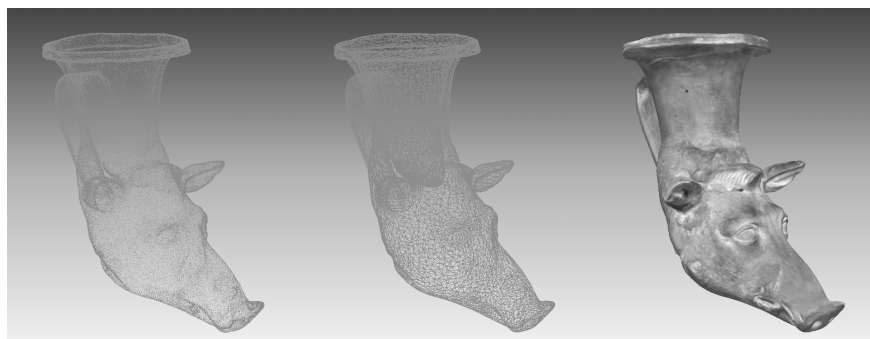
Kolejny przykład możliwości zastosowań naziemnego skaningu laserowego to dokumentacja pogorzelniska kościoła w Czarnowasach. Dnia 19 sierpnia 2005 roku wybuchł pożar drewnianego kościoła p. w. św. Anny. Ponieważ kościół nie posiadał żadnej dokumentacji, a po pożarze nastąpiła konieczność rozebrania pozostałości po kościele, zapadła decyzja o zeskanowaniu pogorzelniska (Rys. 3). Skanowanie wykonano skanerem Z+F Imager 5003. Jest to dobry przykład prac gdzie pomiary należy wykonać w możliwie krótkim czasie, a ponadto ze względu na zagrożenie bezpieczeństwa pracowników należy zminimalizować bezpośredni kontakt z mierzonym obiektem.



Rys. 3. Fragment chmury punktów pogorzeliska kościoła w Czarnowasach

4.4. Dokumentacja małogabarytowych obiektów muzealnych

Innym przykładem wykorzystania naziemnych skanerów laserowych była realizacja skanowania małogabarytowych eksponatów muzealnych z Muzeum Pałacu w Wilanowie. Od 24 stycznia do 31 marca 2006 r. w budynku Oficyny Kuchennej, odbyła się wystawa pt.: „OD MUZEUM ST. KOSTKI POTOCKIEGO DO MUZEUM WIRTUALNEGO”, poświęcona nowoczesnym metodom dokumentowania zabytków. Na potrzeby tej wystawy, jak i dla sprawdzenia możliwości wykorzystania skanerów naziemnych do inwentaryzacji zbiorów muzealnych wykonano wirtualne modele 3D kilku obiektów muzealnych (Rys. 4). Skanowanie obiektów wykonano skanerem submilimetrowym Monolta VI-9i. Dodatkowo wykonano zdjęcia cyfrowe eksponatów, które zostały później wykorzystane jako tekstury do nałożenia na modele.



Rys. 4. Etapy opracowania modelu 3D eksponatu muzealnego

5. LITERATURA

- Boehler W., Bordas Vicent M., Marbs A. 20003. Investigating laser scanner accuracy. *Originally presented at the XIXth CIPA Symposium at Antalya, Turkey, 30 sep – 4 oct 2003*
- Guidi G., Tucci G., Beraldin J. A., Ciofi S., Ostuni D., Costantini F., and El-Hakim S., 2004. Multiscale archaeological survey based on the integration of 3D scanning and photogrammetry, *Proc. Int. Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording, Corfu, Greece. Sept. 2002*, pp. 58-64.
- Hanke K., Grussenmeyer P., Grimm-Pitzinger A., Weinold Th, 2006. First experiences with the trimble gx scanner, *ISPRS Commission V Symposium 'Image Engineering and Vision Metrology' Dresden, Germany 25-27 September 2006*
- Pu S. and Vosselman G. 2006. Automatic extraction of building features from terrestrial laser scanning *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 36, part 5, Dresden, Germany, September 25-27, 5 p.

USABILITY OF TERRESTRIAL LASER SCANNERS FOR THE PROCESS OF DOCUMENTATION AND MODELING OF HISTORICAL OBJECTS

KEY WORDS: laser scanning, monuments, documentation

SUMMARY: This paper gives an overview of measuring technology and implementation stages of particular project parts with the use of terrestrial laser scanning. Close attention was paid to risks involved in the projects, which should be evaluated before project's start. This paper presents possibilities for the use of data gathered from terrestrial laser scanning measurements. This document contains examples from selected objects from the territory of Poland, documented by DEPHOS company with the aid of the above-mentioned technology between 2003 and 2007. In the period mentioned, monuments of timber architecture (e.g. Sant Michael Archangel church in Michalice), monuments of stone sacred architecture (e.g. Zygmuntowska Chappel located in Wawel Castle) and also small museum pieces (e.g. museum pieces from Museum Palace at Wilanów) were documented. For the measurement purposes, scanners made by following manufacturers were used: Callidus CP 3200, Trimble GS 200, Minolta VI-9i, Z+F Imager 5003 and Z+F Imager 5006. The data processing operations resulted usually in the classical vector documentation, as the most legible for customers, but also 3D CAD models, their visualisations with original textures or contour lines and hypsometric models' presentations.

dr inż. Bartosz Mitka
e-mail: bmitka@dephos.com
telefon: +48 12 412 20 60
fax: +48 12 411 85 58