

Scheda

## Alcuni esempi di rilevamento\*

26 marzo 2007

di L.A.

\* Scansioni ed elaborazioni a cura dello staff del Labor e di Luca Colaiacovo, Linda Barnobi, Alessia Giuffrida, Mariangela Liuzzo e Cettina Santagati.

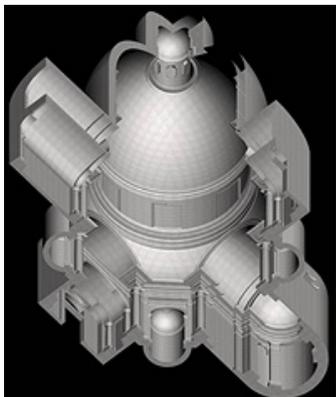
La tesi di laurea è stata svolta dalla dott.ssa Anna Scudiero, a conclusione del corso di laurea in Tecnologie applicate al restauro e alla conservazione dei Beni culturali (a.a. 2005-2006)



-Il rilevamento della Fontana dell'Elefante di piazza Duomo a Catania (nella foto).

Il rilevamento del simbolo di Catania vuole mettere in evidenza la possibilità di utilizzare il laser scanner per scansionare anche monumenti, con la finalità di avere una rappresentazione che ne metta in evidenza la spazialità.

Il rilevamento della fontana è stato eseguito con il laser scanner Cyrax 2500 della Leica-Cyra. Per la creazione del modello sono state eseguite sette scansioni da altrettante stazioni; mentre per ottenere la maggior definizione del maggior numero di punti ed avere un minor numero di zone d'ombra si è operato dai ballatoi degli edifici circostanti e cinque scansioni a livello strada. Tutte le scansioni sono state eseguite ad alta definizione.



-Il rilevamento della Badia di Sant'Agata a Catania (foto a fianco).

La Badia di Sant'Agata a Catania, opera di G. B. Vaccarini, presenta ha uno stile barocco frutto dell'unione del bagaglio culturale di scuola romana con il clima, il carattere ed i materiali siciliani, che esaltano la cromaticità e la fisicità del monumento.

Le sue forme movimentate ed articolate, caratterizzate dalla presenza di elementi curvi, concavi e convessi, parti aggettanti e ruotate, hanno suggerito la sperimentazione dell'utilizzo del laser scanner, per superare le difficoltà del rilievo di tipo tradizionale con tutte le incertezze e le imprecisioni derivanti dalla conformazione morfologica.

Lo studio preliminare inizia con il progetto di ripresa, funzione alle caratteristiche tecniche dello strumento, dello stato dei luoghi e del livello di precisione ricercato.

Il laser scanner utilizzato ha consentito una altissima risoluzione delle scansioni anche se utilizza un campo di scansione limitato ( $\pm 40^\circ$ ), con un passo angolare minimo di 60 mrad.

La facciata della Badia ha un'altezza di circa 25 m e una larghezza di 27m; la strada su cui prospetta presenta una sezione di circa 12 m; per quanto riguarda l'interno, l'assetto planimetrico a croce greca presenta due bracci di lunghezza rispettivamente di circa 34 e 23 metri, mentre la cupola è alta circa 50 metri.

Per ricoprire l'intera superficie dell'oggetto, sull'esterno sono state effettuate 8 scansioni, dal marciapiede opposto alla chiesa, mentre all'interno, sono state effettuate 13 scansioni. Il montaggio di tutte le 23 nuvole di punti così ottenute, per un totale di circa 20 milioni di punti, è stato realizzato mediante una procedura di registrazione per punti omologhi.

Per effettuare il collegamento tra il modello esterno e quello interno il lavoro è stato integrato da una rete topografica. Realizzata con una poligonale aperta che, partendo da una stazione disposta all'esterno della chiesa, in posizione assiale e sul lato opposto della strada, conducesse al centro dell'impianto planimetrico, passando per una stazione intermedia posizionata nel vestibolo. Dal punto stazione esterno, sono stati collimati 24 punti sulla facciata principale, uniformemente distribuiti, che introdotti nel modello discreto e registrati al pari delle altre scansioni, hanno garantito il controllo dell'errore medio, che si è assestato attorno ai 7 mm. All'interno, si sono misurati altri 16 punti, che sono stati utilizzati sia per il controllo dell'unione delle scansioni, con un errore medio inferiore ai 5 mm, che per l'unione con la nuvola di punti della parte esterna, con la quale non esistono sovrapposizioni.

L'errore medio del modello discreto complessivo, così ottenuto, è pari a 9 mm. Sul modello discreto della facciata, si sono effettuati innanzitutto studi diretti, individuando i profili orizzontali e verticali significativi, per la conoscenza dello sviluppo degli elementi costituenti l'apparato decorativo di facciata. Sono stati utili per l'individuazione delle regole geometriche sottese al disegno delle curve, come l'individuazione dei raggi di curvatura delle diverse parti, nonché per la verifica della simmetria della facciata, la quale ha presentato una differenza non trascurabile tra le due parti, destra e sinistra, pari a 46 cm, non individuabile a occhio nudo. Sulla nuvola di punti si è realizzato il modello geometrico, che meglio approssimasse le forme rilevate. Esso è stato prodotto mediante la costruzione dei diversi elementi, a partire dagli elementi discreti rilevati, come solidi geometrici prodotti dall'estrusione di un profilo lungo una direttrice. L'operazione si è rivelata complessa, per la presenza di geometrie complesse, quali curve di quarto grado, che ha richiesto l'applicazione grafica delle leggi proiettive di tipo cilindrico.

La possibilità di trasferire gli strumenti d'indagine all'interno di uno spazio digitale ha permesso di trasferire l'analisi dell'interno della chiesa in laboratorio attraverso

l'interfaccia informatica generata da software dedicati. Analisi e considerazioni sono quindi nate a partire da un insieme uniforme di dati secondo differenti scale di dettaglio evidenziando di volta in volta le caratteristiche geometriche e compositive dei vari elementi: valutazioni globali hanno permesso di constatare come vi sia una piccola inclinazione dell'intero edificio verso l'entrata; valutazioni di dettaglio hanno consentito di analizzare la geometria degli ambienti voltati e delle colonne; analisi di ulteriori dettagli, consentite dall'alta precisione dello strumento, hanno permesso di esaminare in vari punti le geometrie delle modanature.

Quanto esposto ha permesso di elaborare modelli matematici delle singole parti, sino ad un assemblaggio globale, il tutto operato tramite un continuo confronto con il modello discreto restituito automaticamente dallo strumento di scansione. Proprio da questo continuo confronto, oltre che dalla precisione acritica della misurazione, deriva una validità scientifica del procedimento.

-Il rilevamento delle Terme dell'Indirizzo a Catania (foto a fianco).

Una delle ultime esperienze fatte attraverso l'utilizzazione dello scanner laser 3D è il rilevamento del complesso delle Terme dell'Indirizzo, ubicato in Piazza Currò, nel cuore del centro storico di Catania, e parzialmente incorporato nelle strutture dell'antico Convento di S. Maria dell'Indirizzo, da cui trae la denominazione. L'antico edificio, quasi certamente di uso pubblico, da alcuni studiosi è stato attribuito all'età imperiale avanzata, anche se, tutt'oggi, non sono chiaramente definite le varie fasi cronologiche.



Degli imponenti resti dell'impianto termale si conservano ancora circa dieci ambienti, chiusi dalle coperture originarie, le cui mura sono costituite da un'anima in malta cementizia con rivestimento in blocchi squadrati di pietra lavica, mentre i passaggi arcuati sono di mattoni. Sono stati scansionati i vari locali dal *frigidarium*, al *tepidarium*, all'*apoditerium*, al *laconicum*, al *calidarium*, caratterizzato quest'ultimo lungo tre lati dalla presenza di tre nicchie, i *clipei*, e coperta da un'alta cupola, forata da alcune finestre arcuate. Lo stato di conservazione del monumento consente, ancora oggi, di riconoscere tra i vari ambienti porzioni delle fornaci per il riscaldamento delle sale, dei condotti per la circolazione dell'area calda e dei canali per il deflusso delle acque.

A seguito del progetto di ripresa elaborato attraverso la creazione di eidotipi ed in considerazione delle caratteristiche dello strumento a disposizione sono state programmate ed effettuate numerose scansioni sia per il rilevamento dell'interno degli ambienti che per il rilevamento dei prospetti esterni. In totale sono state eseguite 34 scansioni, per un totale di circa 24.000.000 di punti, l'unione delle singole nuvole di punti è stata effettuata mediante l'individuazione di punti omologhi nelle diverse scansioni. È stato fissato un unico sistema di riferimento sia per le scansioni esterne che per quelle interne in modo da avere l'insieme dei dati riferiti ad un sol punto origine. Tutto ciò è stato possibile grazie all'elevata densità di punti acquisiti (passo medio 5 mm). Infine si è costruito il modello tridimensionale che costituisce una copia del modello reale che ha consentito l'analisi, il controllo, nonché la misurazione e la valutazione delle caratteristiche dimensionali di tutte le parti del complesso termale.

L'analisi geometrico formale ha messo in evidenza le caratteristiche del complesso attraverso la creazione di 7 sezioni orizzontali ai vari livelli e 3 profili sezione verticali. Tutto ciò ha consentito di analizzare varie misure dalla quota d'imposta (6,63) della cupola rispetto alle strutture di sostegno; la geometria della cupola è stata studiata eseguendo 14 sezioni orizzontali a passo costante (circa 20 cm.), il raggio del cerchio all'imposta della cupola è di 2,89 m., mentre quello verticale è variabile tra i m. 2,91 e 2,95 m. L'analisi dell'intradosso della cupola effettuata sulla nuvola di punti ha pertanto

messo in evidenza le soluzioni di continuità, le irregolarità, le variazioni di curvatura, gli avvallamenti, quantificando, in termini di centimetri, i cedimenti localizzati, le deformazioni, testimonianze da interpretare degli eventi che nel tempo si sono succeduti sulla struttura.

È stato così agevole studiare da vari punti di vista la spazialità delle Terme, caratterizzata da una complessa articolazione soprattutto degli spazi interni, scegliendo la modalità di visualizzazione del modello più opportuna in funzione dell'analisi da effettuare (*wireframe*, *flat* e *textured*). Sono stati analizzati alle differenti scale gli ambienti, le singole porzioni di superficie tridimensionale, i particolari ed i dettagli costruttivi, dei quali sono state calcolate varie aree e distanze. L'acquisizione di informazioni di tipo materico, cromatico e di degrado è stata conseguita tramite la "spalmatura" delle immagini fotografiche sulle rispettive nuvole di punti, collimando sulle stesse un certo numero di punti omologhi ben distribuiti e visibili, e con la successiva applicazione dell'immagine ottenuta sul modello continuo della *mesh*, per sfruttare al massimo la risoluzione delle fotografie scattate dai relativi punti stazione.

#### -Il rilevamento della facciata della Chiesa di San Rocco ad Acireale.

Con la presente applicazione si documenta anche il rapporto di collaborazione tra il nostro laboratorio e corsi di Laurea esistenti al di fuori del settore scientifico disciplinare ICAR 17. Lo studio ha avuto come obiettivo la verifica delle potenzialità del modello digitale da laser scanner 3D come strumento di supporto per un consapevole progetto di restauro e di conservazione dei materiali lapidei.

Facendo riferimento alle esperienze del gruppo di ricerca "Natural stones and weathering" dell'Aachen University of Technology sul calcolo *degli indici di degrado* a partire da porzioni di superficie calcolate sull'oggetto indagato, si è applicato il metodo del mapping sulla facciata della Chiesa di San Rocco in Acireale, che presenta una facciata ad andamento concavo, consentendo di sfruttare appieno le potenzialità della strumentazione. L'utilizzo della tecnologia laser scanner, restituendo una nuvola di punti tridimensionale, ha consentito sia il superamento dei limiti di un rilevamento tradizionale, in cui la superficie concava della facciata sarebbe stata rappresentata attraverso la sua proiezione su un piano e quindi con dimensioni falsate; sia l'applicazione della procedura del calcolo delle aree soggette a degrado direttamente sulla nuvola di punti rilevati, ottenendo così risultati di elevata precisione, con una puntuale ed accurata mappatura dei litotipi e della definizione dei contorni delle varie forme di degrado esistenti.

Il passaggio alla rappresentazione grafica bidimensionale attraverso ortofoto elaborate digitalmente ha portato a rappresentazioni di sintesi, che comunicano visivamente i risultati ottenuti, in cui la descrizione qualitativa dei litotipi e delle tipologie di degrado è completata da una valutazione quantitativa esatta resa possibile dalla metodologia di rilevamento utilizzata. Rappresentazioni che consentono un'immediata comprensione e una lettura critica delle caratteristiche del monumento e del suo stato di degrado anche ai profani.