

## Rilievi e indagini diagnostiche non distruttive per l'individuazione delle cripte - La Cattedrale di Ragusa

D'Amelio Salvatore (\*), Messina Paolo (\*\*), Sciortino Rosanna (\*\*\*), Zisa Ilenia Maria (\*\*\*\*)

(\*,\*\*\*) Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, Aerospaziale, dei Materiali, (DICAM) settore Geomatica, Università di Palermo, Facoltà di Ingegneria, Viale delle Scienze Ed. 8, 90128 Palermo, Italy

salvatore.damelio@unipa.it, rosanna.sciortino@unipa.it

(\*\*) DIASIS Viale delle Scienze Ed. 16 c/o ARCA, 901280Palermo, Italy paolo.messina@diasis.it

(\*\*\*\*) Architetto, libero professionista archilenia@gmail.com

### Riassunto

I diversi operatori, che si occupano di Beni Storici e Culturali, si avvalgono sempre più spesso delle soluzioni tecnologiche avanzate offerte dalla moderna Geomatica, facendo ricorso ad integrazioni delle sue discipline, per meglio studiare, indagare e monitorare un bene di interesse storico.

Oggi si tentano nuove integrazioni con altre discipline che, tradizionalmente, non riguardano il campo del rilievo propriamente detto.

Questo è, ad esempio, il caso dello studio condotto sulla Cattedrale di San Giovanni a Ragusa, nel quale si è partiti dal rilievo *laser scanning* di una porzione della chiesa e del suo pregiatissimo pavimento, sotto il quale secondo uno schizzo dei primi anni del XIX secolo (Fig. 1) dovrebbero trovarsi delle sepolture, per poi proseguire lo studio con l'ausilio del Georadar, strumento utilizzato tradizionalmente da geofisici e geologi per indagare il terreno.

Ciò è stato fatto al fine di verificare l'effettiva presenza di strutture ipogee senza però agire con indagini invasive. Il risultato dell'elaborazione dei dati georadar, trasformato in una ricostruzione tridimensionale del sottopavimento, è stato affiancato alla ricostruzione tridimensionale della chiesa, realizzata dall'elaborazione dei dati del rilievo *laser scanning*.

Tale integrazione ha permesso di confermare la presenza di strutture ipogee e di capire in che relazione sono queste ultime con gli avvallamenti presenti nel pavimento della chiesa.

Del modello tridimensionale completo si è, infine, realizzata una versione navigabile (VRML), capace di offrire una visualizzazione e un'interazione anche ad utenti privi di conoscenze informatiche approfondite.

### Abstract

Operators that dealing with Historical and Cultural Heritage, today often use advanced technological solutions offered by modern geomatics, by resorting to integrations of its disciplines, to better study, investigate and monitor Cultural Heritage.

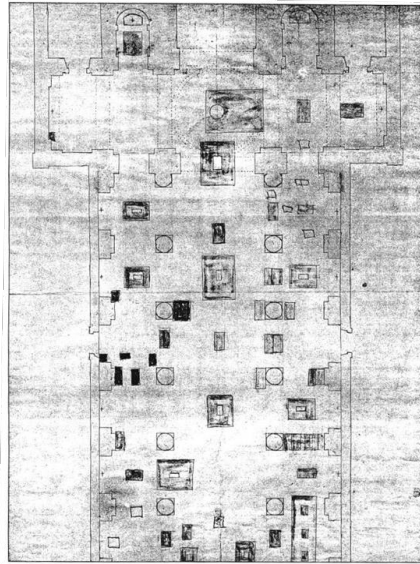
Today we are trying new integrations with other disciplines that, traditionally, do not cover the field of the survey itself.

This is, for example, the case study conducted on the San Giovanni's Cathedral in Ragusa, in which we started from the laser scanning survey of a portion of the church and its exquisite floor, under which according to a sketch of the early nineteenth century (Fig. 1) should be burials, and then we continue the study with the help of the Georadar instrument traditionally used by geophysicists and geologists to investigate the ground.

This was done in order to verify the presence of underground structures but did not act with invasive procedures. The result of the Georadar data, transformed into a three-dimensional reconstruction of the subfloor, it was joined to the three-dimensional reconstruction of the church, made from laser scanner data.

This integration has allowed us to confirm the presence of underground structures and to understand in what relation they are with the depressions in the floor of the church.

Of the full three-dimensional model we have made a VRML version, offering a display and interaction even for users without extensive computer knowledge.



*Figura 1 - Pianta della chiesa (inizio sec. XIX) con indicazione delle sepolture.*

### **La Cattedrale di San Giovanni**

La Cattedrale di San Giovanni Battista di Ragusa, iscritta dal 2002 nella lista del Patrimonio Mondiale dell'UNESCO nel contesto del Val di Noto, ha una storia relativamente recente (poco più di 300 anni), ma molto intensa e travagliata.

La mole dell'edificio, sorto a seguito del sisma, che nel 1693 devastò gran parte del patrimonio edilizio esistente nel Val di Noto, si erge in un'area ben distante da quella dell'antica chiesa di San Giovanni (che si trovava a Ibla) per garantire ai fedeli un sito più salubre, pianeggiante e ampio.

Per ottenere le autorizzazioni per la costruzione del nuovo edificio di culto si dovette attendere il 1694.

Il primo edificio si rivelò ben presto di dimensioni troppo esigue per il numero di parrocchiani che doveva accogliere, e così intorno al 1720 iniziarono i lavori di costruzione del nuovo tempio, aperto ufficialmente al culto nel 1741.

I lavori si protrassero ancora per un lungo periodo, in cui il cantiere fu caratterizzato da crolli, ampliamenti, rimaneggiamenti vari delle strutture, fino ad ottenere la configurazione attuale della chiesa all'interno (Fig. 2) e all'esterno (Fig. 3) ben distante dalle fattezze della prima fabbrica.

Tra le ultime importanti modifiche, apportate all'interno della chiesa, l'installazione dello splendido pavimento, realizzato tra il 1844 e il 1854, in pietra pece e intarsi in pietra calcarea (Fig. 4).

Tale mirabile intervento, conseguente all'editto napoleonico, che vietava di continuare a seppellire i defunti all'interno delle chiese, segnò l'occultamento delle botole d'ingresso delle sepolture pre-edetto, impedendo di risalire successivamente all'esatta collocazione di queste ultime e di indagarle in maniera non invasiva. Infatti, quando negli anni '50 del '900 si volle portare alla luce quella ritenuta tra le più importanti delle sepolture, perché in prossimità dell'altare maggiore, si dovette asportare, in maniera definitiva, una cospicua porzione del pregiato pavimento.



*Figura 2 - Interno di San Giovanni Battista ad oggi.*



*Figura 3 - Esterno di San Giovanni Battista ad oggi.*



*Figura 4 - Particolare del pavimento.*

### **Il rilievo e l'elaborazione dei dati laser scanning**

Il rilievo laser scanning delle prime due campate della Cattedrale di San Giovanni, effettuato con laser scanner Trimble Mensi GS200 *long range*, ha comportato la realizzazione di 4 scansioni, effettuate da altrettanti punti di acquisizione, necessarie a consentire un rilievo completo dell'ambiente, essendo quest'ultimo caratterizzato dalla presenza di imponenti colonne, poste tra le navate, che impediscono una visione complessiva da un unico punto di stazione.

Dalle 4 scansioni si sono ottenute altrettante nuvole di punti.  
Una serie di operazioni, condotte in post-elaborazione, ha permesso di “ripulire” ed orientare secondo lo stesso sistema di riferimento le 4 nuvole di punti, ottenendo un’unica nuvola, contenente i punti di tutta l’area interessata dal rilievo (Fig. 5).



Figura 5 - Nuvola di punti completa.

A partire dalla nuvola di punti e grazie all’utilizzo di *software* specifici, si è realizzata una lunga fase di post-elaborazione che ha avuto come risultato finale un modello tridimensionale dell’area rilevata della chiesa (Fig. 6).

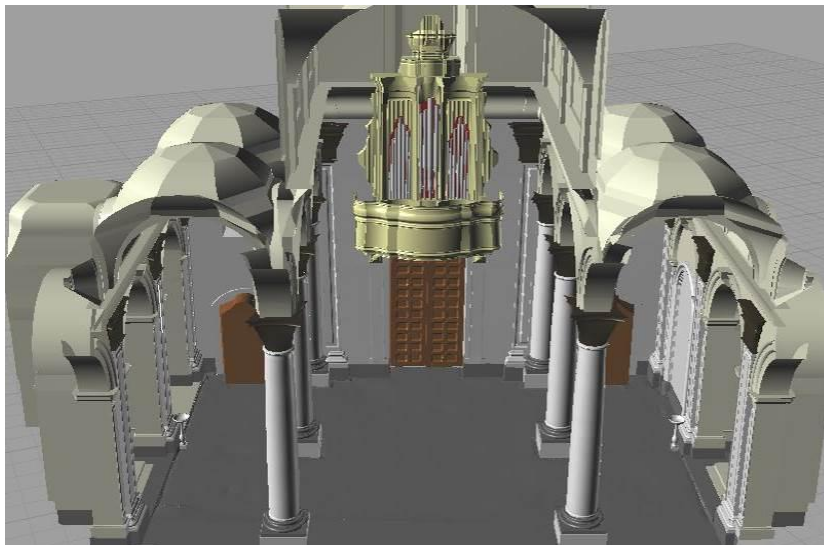


Figura 6 - Modello tridimensionale.

## Il rilievo e l'elaborazione dei dati GPR

La diffusione della metodologia georadar nel settore della diagnostica non distruttiva sugli edifici è stata possibile solo con lo sviluppo di antenne a frequenze molto elevate. Negli ultimi 10-15 anni, gli sviluppi più significativi di questa tecnologia hanno ruotato intorno al diffondersi di procedure di indagine 3D. In parallelo, si è assistito ad un'interessante gara verso le alte frequenze ( $> 2\text{GHz}$ ) per guadagnare risoluzione nel settore della diagnostica sulle strutture. Ciò ha permesso interpretazioni più affidabili dei dati, facilitando il trasferimento dei risultati, grazie alle tecniche 3D, agli utilizzatori finali (Zanzi, Lualdi, 2008).

Le indagini *georadar* sono state effettuate utilizzando la strumentazione Georadar della GSSI modello SIR 3000 e un'antenna con frequenza centrale di 400 MHz, usata in modalità monostatica. I profili sono stati eseguiti applicando la tecnica di campionamento RSAD, che prevede che il campionamento dei dati sia effettuato facendo scorrere l'antenna sulla superficie del mezzo da indagare.

I profili *georadar*, registrati sull'intera area in esame di dimensione 10,5 m x 19 m, sono 22 (Fig. 7) e sono stati acquisiti in un'unica direzione con una interdistanza tra un profilo e l'altro di 0,5 m per un totale di circa 380 metri lineari.

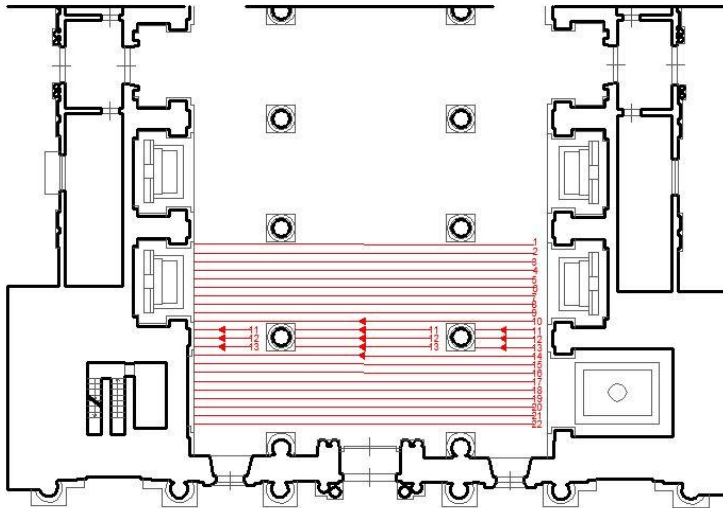


Figura 7 - Schema dei profili georadar.

L'elaborazione dei dati ha confermato l'effettiva presenza di cavità sotto il pavimento, in alcuni casi di notevoli dimensioni.

A titolo esemplificativo, si mostra una *timeslice*, riferita ad una profondità di indagine di circa 0,75 m (Fig. 8), dove le anomalie, che individuano le strutture ipogee, sono segnate in blu.

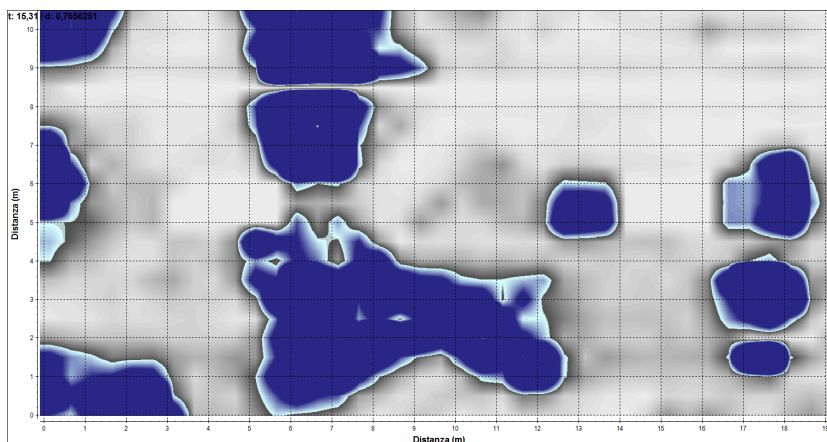


Figura 8 □ Timeslice.

### Interpretazione dei dati

Realizzate le singole indagini si è proceduto all'integrazione dei risultati. Infatti, a partire dalle *timeslice*, che hanno definito il posizionamento delle sepolture, è stato possibile con l'ausilio di programmi CAD, ricostruirle tridimensionalmente ed importarle successivamente all'interno dello stesso modello della chiesa (Fig. 9).

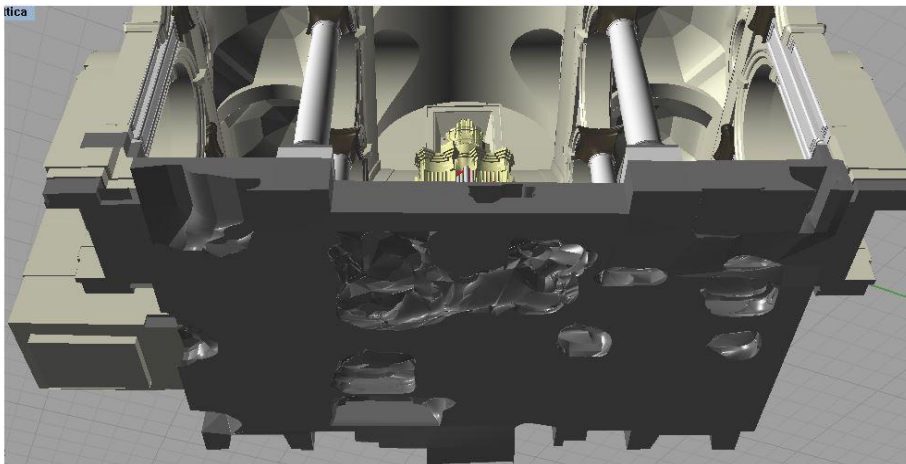


Figura 9 - Modello completo della ricostruzione delle sepolture.

Nell'immagine successiva (Fig. 10) sono state riprodotte in rosso le posizioni delle tombe riscontrate dal documento storico e in arancione i risultati dell'indagine *georadar*. Nell'area cerchiata in blu, area del campionamento dettagliato, appare subito evidente come, nonostante una certa corrispondenza di alcuni segni, di alcune strutture non è stato possibile dare conferma, ma ancora più significativa appare la presenza di una struttura ipogea, di dimensioni notevoli, 8 m x 5 m circa (indicata dalla freccia), che non risultava neppure segnata.

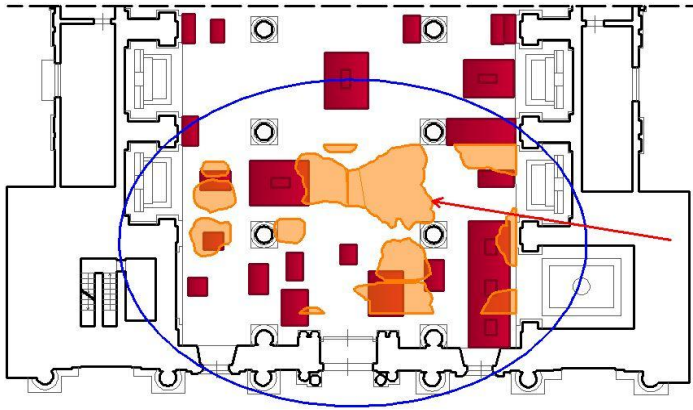


Figura 10 - Sovrapposizione delle mappe delle sepolture.

Altro obiettivo dello studio era quello di verificare la correlazione tra la presenza delle strutture sotterranee e gli avvallamenti presenti nel pavimento in pietra pece.

Si era partiti dall'ipotesi che gli avvallamenti fossero proprio in corrispondenza delle tombe, ma dopo aver analizzato attentamente i risultati integrati, si è giunti alla deduzione che le porzioni di pavimento che stanno al di sopra delle strutture ipogee non presentano avvallamenti, che, invece, affiancano le sepolture di maggiori dimensioni.

Ciò, probabilmente, trova una giustificazione nel fatto che il pavimento in esame giace su un'area di riempimento, per cui le porzioni di pavimento sopra le tombe risultano sostenute dalle volte delle stesse, mentre il resto del pavimento è stato nel tempo soggetto ad assestamento, che ha avuto come conseguenza gli avvallamenti (Fig. 11).

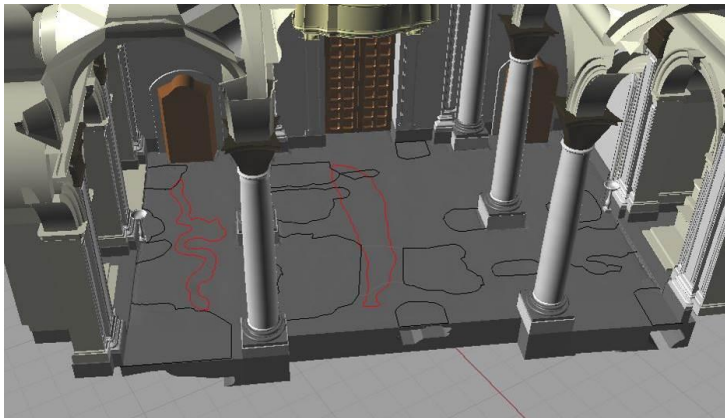


Figura 11 - Proiezione delle sepolture sul pavimento, in grigio, e, in rosso, gli avvallamenti.

## Conclusioni

Lo studio fatto della pavimentazione della Cattedrale di San Giovanni e delle sue relazioni con le sepolture, occultate nel XIX secolo, ha fornito la possibilità di una integrazione di tecniche non invasive (*laser scanning* e *georadar*) applicate ai Beni Culturali.

Infatti, il problema iniziale era quello di riuscire ad individuare l'esatta posizione delle sepolture senza, però, compromettere l'integrità del prezioso pavimento ottocentesco.

L'unione di entrambe le tecniche ha rappresentato la giusta soluzione per ottenere, da un lato, un modello tridimensionale in grado di mettere in evidenza gli avvallamenti della pavimentazione e, dall'altro, la giusta posizione e la forma delle sepolture, che riescono a chiarire la posizione dei suddetti avvallamenti.

Dall'analisi dei dati integrati è risultato evidente come le volte delle sepolture sorreggano il pavimento in corrispondenza di esse e, invece, convogliano il peso verso le porzioni di pavimento non sostenute, che tra l'altro poggiano su materiale di riporto, che nel tempo si è assestato, provocando gli avvallamenti.

Dagli elaborati grafici ed informatici prodotti sarà possibile trarre dati e informazioni utili per un eventuale indagine scopritiva delle sepolture qui analizzate.

## Bibliografia

- Zisa I. M., (A.A. 2011-2012), *La Cattedrale di Ragusa. Rilievi e indagini diagnostiche non distruttive per l'individuazione delle cripte*, Tesi di Master in Tecnologie avanzate di rilevamento, rappresentazione e diagnostica per la conservazione e la fruizione dei Beni Culturali, Università degli Studi di Palermo
- L. B. Conyers, (2009) *Ground Penetrating Radar (GPR) per l'archeologia* in "In profondità senza scavare. Metodologie di indagine non invasiva e diagnostica per l'archeologia", Groma 2
- M. Lualdi, L. Zanzi, (2008) *Recenti progressi nella tecnologia GPR e loro impatto sulle applicazioni per la diagnostica* in "Giornale delle Prove non Distruttive Monitoraggio Diagnostica", 4/2008;
- Blancato F., Blancato S., Tidona C., Antoci G. (2004), *Armonie Barocche, La Cattedrale di San Giovanni e la sua piazza*, Ragusa
- P. L. Cosentino, P. Capizzi, G. Fiandaca, R. Martorana, P. Messina, (2003) *Quattro esempi di applicazioni geofisiche per l'archeologia a scala medio - piccola*, Dipartimento CFTA, Università di Palermo, Progetto FIRB 2003.
- A. Beinart, F. Crosilla, (2002) *Tecniche avanzate di allineamento di scansioni laser*, in "La tecnica del laser scanning: teoria ed applicazioni"
- Antoci G. (1994), "Tra fede e orgoglio" *Cattedrale di San Giovanni Battista □ Ragusa, una chiesa, un popolo, una città*, 14-32
- Tidona C. (1994). "Una chiesa di Luce", *Cattedrale di San Giovanni Battista □ Ragusa, una chiesa, un popolo, una città*, 7-11