

L'APPLICAZIONE DELLA SCANSIONE LASER E DELLA TECNOLOGIA RADAR AD UN PONTE IN CEMENTO ARMATO

R. Pucinotti^{*1}, G. M. Meduri², V. Barrile²

¹ *Dipartimento di Meccanica e Materiali, Università Mediterranea, Reggio Calabria*

² *Dipartimento di Informatica, Matematica, Elettronica e Trasporti, Università Mediterranea, Reggio Calabria*

(*) Autore di riferimento e-mail: raffaele.pucinotti@unirc.it tel. +390965-875223

SOMMARIO

Lo scopo del lavoro è quello di presentare le metodologie operative e i risultati ottenuti dall'applicazione delle due tecnologie conosciute rispettivamente come, laser scanner e georadar nel campo del rilievo strutturale ed in particolare nell'applicazione alle strutture da ponte.

Le tecniche sono state impiegate per la determinazione della morfologia esterna, per la ricerca di difetti di omogeneità e per la determinazione della posizione delle armature metalliche di un ponte in c.a realizzato a Reggio Calabria intorno agli anni '30.

I dati acquisiti dalla scansione laser, sono stati importati in programma CAD (file dxf) in cui sono state determinate le caratteristiche geometriche del ponte. Successivamente il modello così ottenuto è stato direttamente implementato con il programma SAP2000 che ha consentito di ottenere un esatto modello strutturale del ponte.

La tecnologia radar è in grado di una restituzione planimetrica e tridimensionale sia in termini di posizione che di disposizione di difetti, vuoti ed altro. Nel caso in esame è stata impiegata per stimare la posizione delle armature metalliche.

In questo lavoro, attenzione particolare è stata prestata al trattamento dei dati acquisiti e all'interpretazione dei risultati sperimentali.

Introduzione

La tecnica laser scanner, già utilizzata da tempo in ambito industriale con risultati interessanti e precisioni apprezzabili è stata da pochi anni introdotta anche fra le discipline del rilevamento, fornendo risultati apprezzabili grazie alla completezza delle informazioni prodotte, alla precisione conseguibile e ai livelli di automazione e di produttività che la caratterizzano.

Essa infatti consente, a partire da una sorgente laser, di effettuare la scansione finalizzata al rilievo delle coordinate tridimensionali di un numero elevatissimo di punti, in modo automatico, con elevata risoluzione e precisione, consentendo al contempo di ricostruire l'immagine tridimensionale dell'oggetto o della superficie di interesse.

La tecnologia radar, utilizzata per eseguire controlli sulle opere in c.a., deriva da quella utilizzata per indagini sotterranee conosciuta con il nome di Georadar. Essa si sta diffondendo rapidamente tra le metodologie di indagine non distruttive nel campo dell'ingegneria strutturale.

In questo articolo vengono presentate le metodologie operative (con particolare riferimento alle fasi di elaborazione del dato) e i risultati ottenuti dall'applicazione di tale tecnica sugli elementi strutturali di un ponte in c.a. al fine di eseguire indagini non distruttive mirate alla determinazione della morfologia interna, alla ricerca di disomogeneità e difettosità ed alla determinazione della posizione delle armature metalliche.

Le due tecniche non distruttive sono state applicate al caso di un ponte in c.a..

A tal fine è stato effettuato un rilievo geometrico dettagliato del ponte attraverso l'utilizzo della Scansione Laser, mentre, per quanto riguarda invece il rilievo delle armature metalliche, si è proceduto attraverso un rilievo Georadar.

1. Rilievo con Tecnologia Laser Scanner

Come noto, la tecnica laser scanner consente, a partire da una sorgente laser, di effettuare la scansione finalizzata al rilievo delle coordinate tridimensionali di un numero elevatissimo di punti, in modo automatico, con elevata risoluzione e precisione, consentendo al contempo di ricostruire l'immagine tridimensionale dell'oggetto o della superficie di interesse.

Di fondamentale importanza risulta la progettazione del rilievo; occorre infatti individuare la posizione ottimale in cui disporre lo strumento, e nel caso in cui siano necessarie più scansioni, è indispensabile l'impiego di target comuni, che consente successivamente di collegare in un unico sistema, le diverse "nuvole" di punti ottenuti da ciascuna stazione.

1.1. Il Applicazione al ponte in esame

La scansione Laser è stata applicata per il rilievo geometrico di un ponte in c.a. sito nella città di Reggio Calabria.

Il ponte (Figura 1) è costituito da tre campate in conglomerato cementizio armato ognuna delle quali è composta da cinque travi longitudinali di lunghezza pari a 13.75 m con sezione di $0.40 \times 0.70 \text{ m}^2$ posti ad interasse di 1.40 m e collegate tra loro da traversi aventi sezione di dimensioni pari a $0.15 \times 0.30 \text{ m}^2$ posti ad interasse di 2.75 m.



Figura 1: Vista del ponte

Il manufatto presenta diverse problematiche sia per quanto concerne le armature metalliche, in avanzato stato di ossidazione, sia per quanto riguarda il calcestruzzo, caratterizzato da importanti e diffuse zone interessate dal distacco del copriferro (Figura 2).

Risulta pertanto evidente, la necessità di interventi mirati al ripristino ed al consolidamento di tutti gli elementi strutturali (travi, traversi e soletta) del ponte, che non possono prescindere dalla conoscenza della geometria dei vari elementi strutturali e dalla determinazione della posizione, del numero e della sezione delle armature metalliche presenti.



Figura 2: Particolare del degrado degli elementi strutturali del ponte

L'impiego della TLS ha avuto come scopo fondamentale quello di ottenere il maggior dettaglio possibile ed al contempo contenere i tempi di rilievo; in particolare sono state effettuate 5 scansioni (due generali e tre di raffittimento) con l'ausilio di 18 targets disposti sulle pile (Figura 3), e in posizioni tali che, le varie scansioni avessero in comune almeno 4 targets, fondamentali, per la successione fase di registrazione delle scansioni.

Per il rilievo, è stato utilizzato lo strumento Laser scanner Cirax HDS 3000 distribuito dalla Leica Geosystems con il relativo software fornito dalla casa Cyclone™ per gestire le varie operazioni di scansione, elaborazione e trattamento dei dati.

Terminata la fase di rilievo, in laboratorio, è stato generato il modello 3D (Figura 4) della struttura attraverso le operazioni di registrazione delle varie scansioni ed il successivo sfolto dei dati grezzi, eliminando il maggior numero di punti non appartenenti alla struttura e comunque superflui, ottenendo pertanto, un'unica nuvola di punti rappresentativa dell'oggetto indagato (Figura 5).



Figura 3: Viste dai vari punti di presa durante le scansioni e dei targets utilizzati

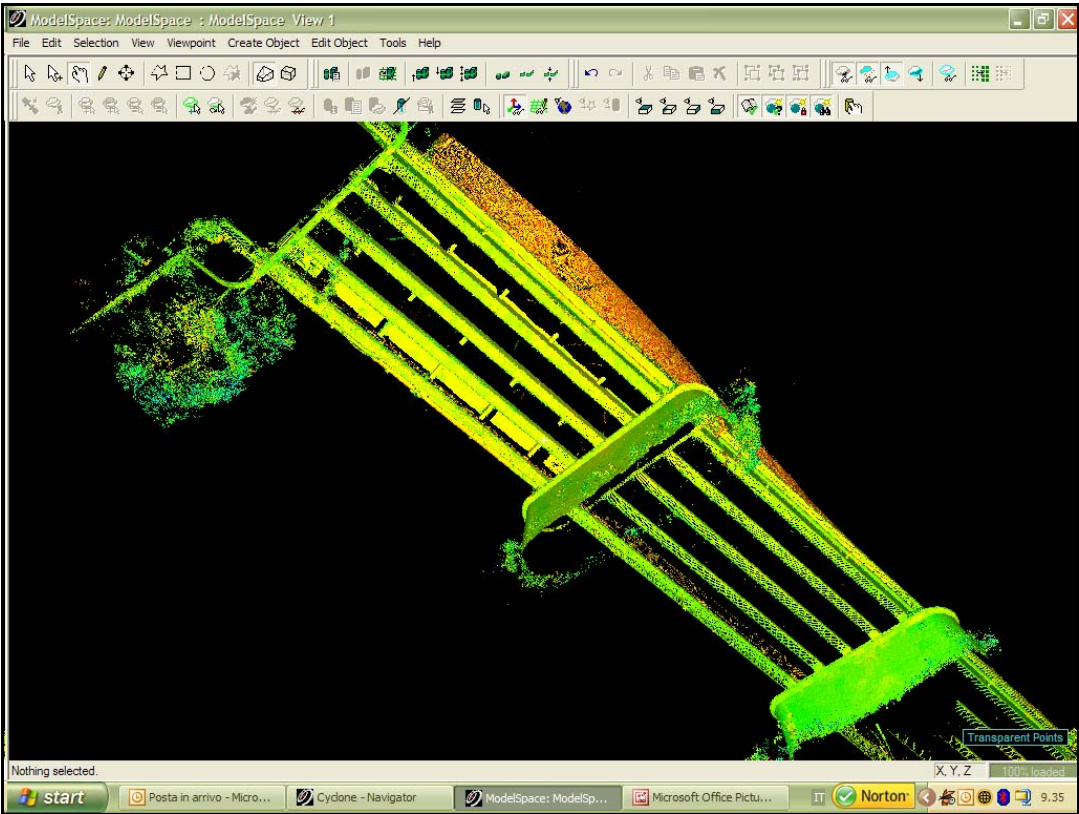


Figura 4: Vista del modello 3D nuvola di punti e relativa immagine digitale

Il modello così ottenuto contiene tutte quelle informazioni metriche utili alle successive analisi e verifiche strutturali. Lo stesso è stato, quindi, importato in ambiente CAD all'interno del quale è possibile in dettaglio analizzare tutte le proprietà geometriche dell'elemento importato ottenendo, con semplici comandi automatici, le sezioni ed i prospetti oltre a tutte le possibili viste 3D.

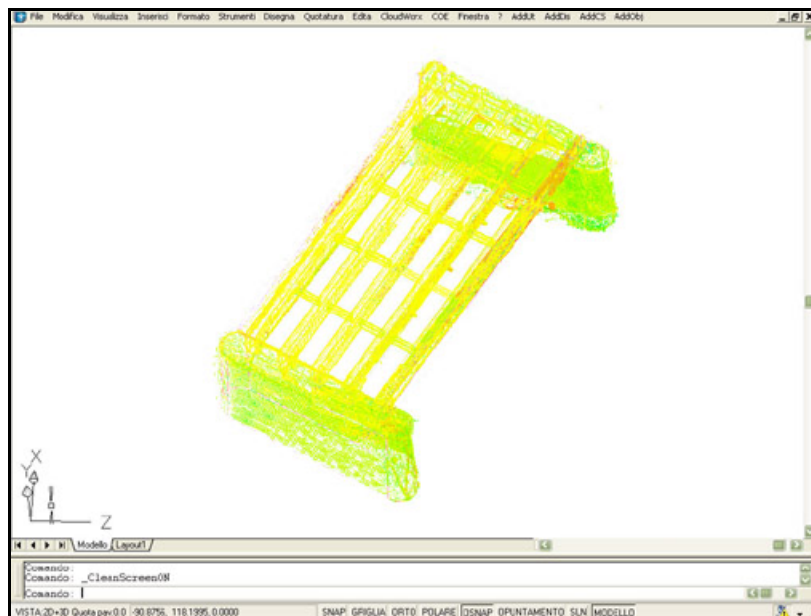


Figura 5: Nuvola di punti

Allo stesso tempo è possibile, ancor prima dell'importazione del modello CAD all'interno del programma di analisi strutturale, costruire l'intera mesh dell'oggetto. Tali mesh consentono di avere una visione più realistica del ponte e pertanto di valutare attraverso un esame visivo immediato il buon esito delle scansioni.

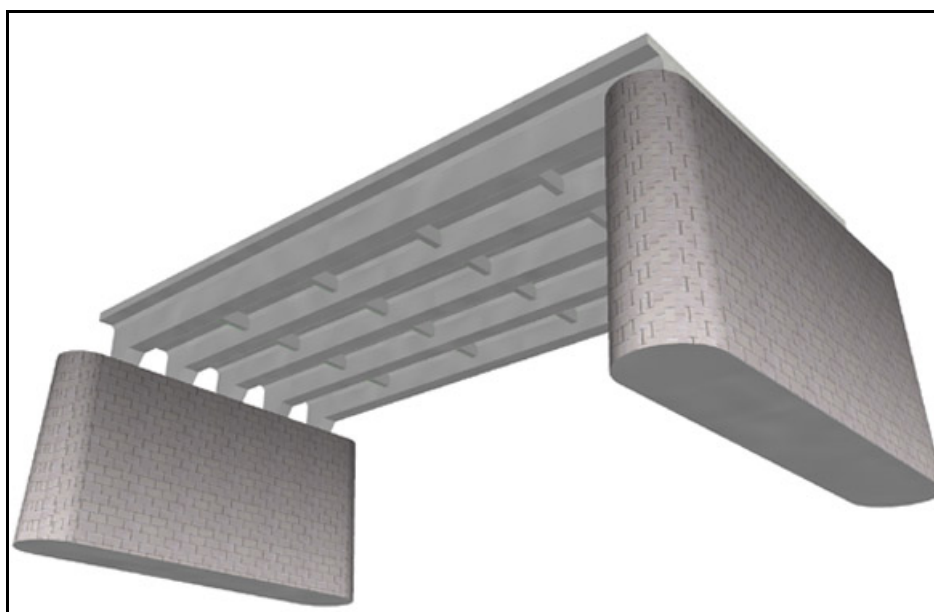


Figura 6: Una delle elaborazioni (mesh) del modello

Per l'importazione del modello è stato necessario effettuare le trasformazioni seguenti: gli elementi shell sono stati definite in Autocad come elementi di superficie (Facce 3D) gli elementi monodimensionali sono stati invece definiti come linee. Infine gli elementi tridimensionali sono stato ottenuti estrudendo elementi di superficie (Facce 3D) una volta importati in Sap 2000. In figura 7 è riportato il modello del ponte in studio all'interno del programma di analisi strutturale.

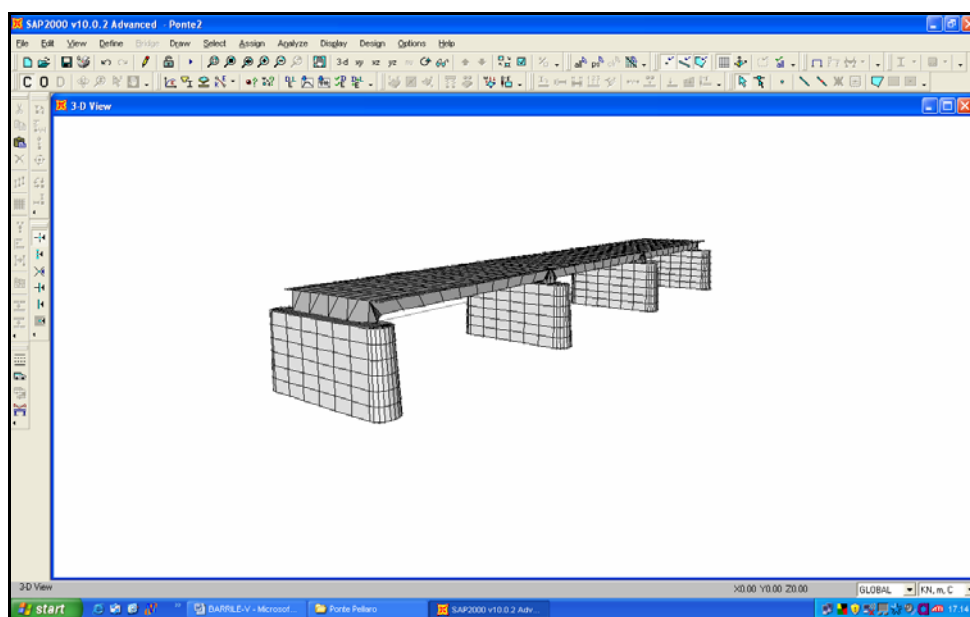


Figura 7: Modello FEM del ponte in ambiente Sap 2000

2. Rilievo con Tecnologia Georadar

Una delle applicazioni più diffuse di GPR in civile Ingegneria è la localizzazione delle barre di rinforzo del calcestruzzo.

Il funzionamento delle tecniche georadar si basa sulla trasmissione di onde elettromagnetiche di breve durata e sulla registrazione del periodo di ritorno e della resistenza dei segnali riflessi dovuta alla presenza di materiali differenti.

La tecnica di radar consente di stabilire in tempi relativamente brevi, il numero, la posizione e, per mezzo dell'integrazione con altri strumenti (cioè pacometro), il diametro di tutte le barre dell'acciaio all'interno dell'elemento esaminato.

Inoltre permette di determinare la posizione di possibili cavità all'interno delle strutture in cemento.

La tecnica elettromagnetica di impulso offre il vantaggio di un'apparecchiatura portatile e della possibilità di rilevare velocemente le grandi superfici in modo completamente non-distruttivo e non-invasivo.

Le frequenze del segnale tipicamente utilizzate per le applicazioni pratiche, sono comprese fra 500 megahertz e 2.5 gigahertz. Generalmente, per i controlli delle strutture, sono utilizzate le antenne con le frequenze centrali superiore a 1 gigahertz.

2.1 Il Applicazione al ponte in esame

In questo lavoro la tecnica georadar viene impiegata per individuare la posizione delle armature metalliche principali (ferri longitudinali e sagomati) e delle armature metalliche secondarie (staffe) all'interno di alcune travi del ponte in esame.

L'indagine condotta (acquisizione monostatica) consiste nell'utilizzo di un'antenna singola ad alta frequenza per indagini ad alta risoluzione, che viene fatta strisciare sulla superficie dell'elemento strutturale indagato (Figura 7).

Le frequenze del segnale utilizzate per le applicazioni in studio, sono state rispettivamente di 900 MHz e 2000 MHz.



Figura 7: a) Acquisizioni Radar b) Particolare dell'Antenna di 2 GHz

Conclusioni

Il ponte esaminato, presenta un avanzato stato di degrado e pertanto risulta di fondamentale importanza intervenire rapidamente con un'operazione di ripristino strutturale.

Il sistema ha consentito di riprodurre, attraverso successive scansioni il modello fisico tridimensionale dell'intera opera con la tecnica laser scanner, fornendo una documentazione e delle informazioni sugli elementi indagati estremamente accurate, con un elevato grado di dettaglio.

Il georadar ha consentito invece di determinare e caratterizzare le armature presenti.

I vantaggi derivanti dall'utilizzo combinato delle due tecniche sono rappresentati sicuramente dalla rapidità e precisione dell'acquisizione, ma, soprattutto, dalla non invasività della tecnica;

Lo svantaggio è rappresentato dalla manipolazione di un elevato numero di dati che richiede una grande potenza di calcolo.

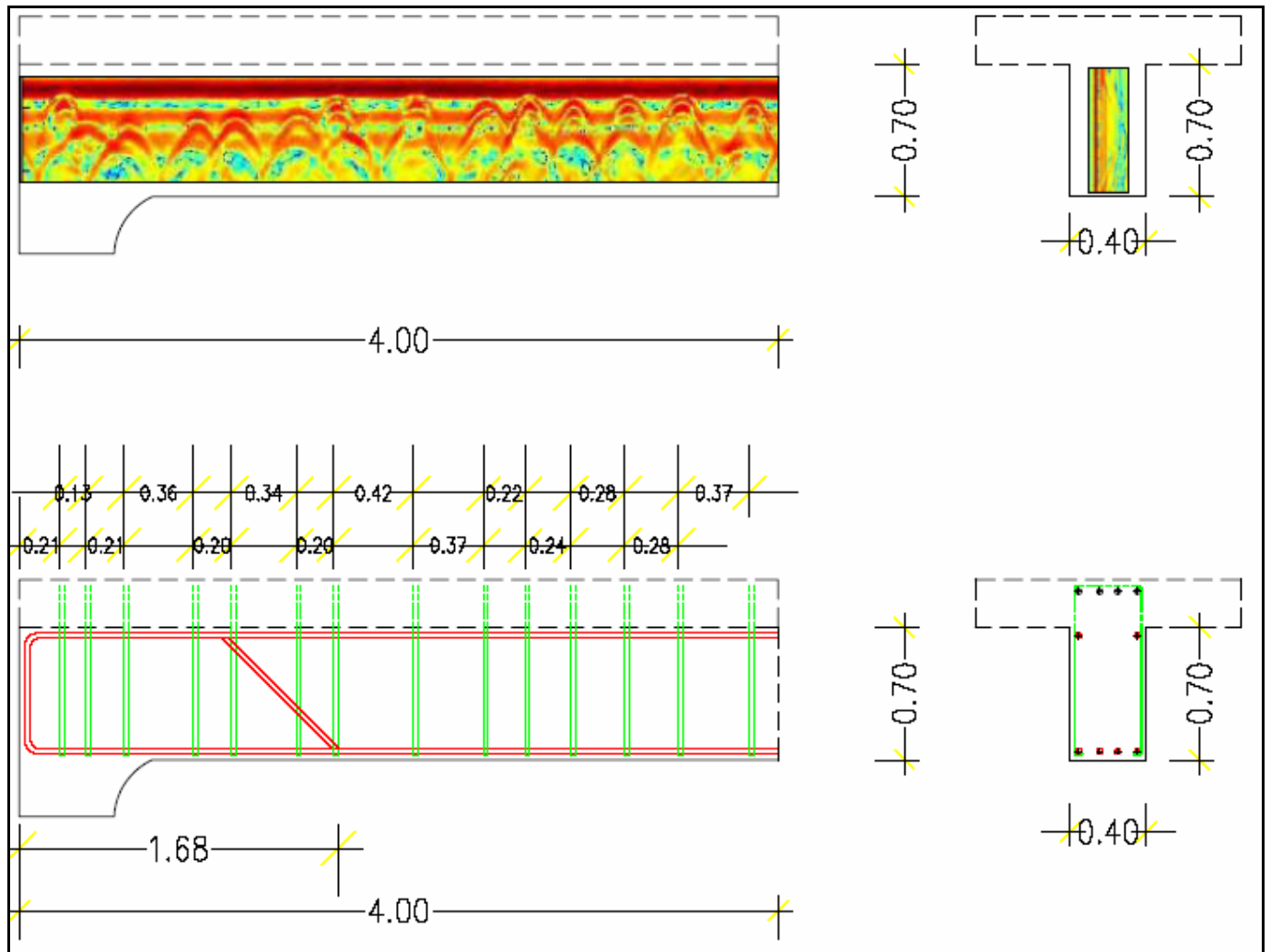


Figura 7: Risultati delle indagini Radar (Antenna da 2 GHz)

Ringraziamenti

Si ringrazia la Leica Geosystems per la fornitura della strumentazione, ed in particolare il product specialist Geom. Michele Rubidio per la gentile collaborazione ed il supporto tecnico.

Bibliografia

1. Malhotra V. M., Carino N. J., (1991), "CRC Handbook on Nondestructive Testing of Concrete", CRC Press;
2. Pucinotti R., (2006), "Patologia e Diagnostica del Cemento Armato" Dario Flaccovio Editore;
3. Barrile V., Pucinotti R., (2005), "Application of radar technology to reinforced concrete structures: a case study", NDT& International, 38, pp.596-604;
4. Achilli V., Bragagnolo D., Fabris M., Menin A., Salemi G., "Metodologie geomatiche per il rilievo integrato finalizzato alla modellazione strutturale";
5. Della Corte G., Faggiano B., Mazzolani F. M., Lieto C., Melella C., Pagano L. (2005), "Full-scale tests of a two-story RC building: use of the laser scanner technology for deformation measures", Proceedings of the First International Conference on Advances in Experimental Structural Engineering (AESE), July 19-21, Nagoya, Japan;

6. Bornaz L., Lingua A., Rinaudo F, (2002), "Il trattamento dei dati laser scanner nelle applicazioni terrestri", 6a Conferenza Nazionale ASITA , Perugia, Italy;
7. Achilli V., Bragagnolo D., Fabris M., Menin A., Salemi G., (2005), "Metodologie geomatiche per il rilievo integrato finalizzato alla modellazione strutturale", 9a Conferenza Nazionale ASITA, Catania, Italy;
8. V. Barrile, G.M. Meduri, (2006) "Esperienze laser scanner terrestri finalizzate ad applicazioni in ambito strutturale", 10a Conferenza Nazionale ASITA.