

Tecnologie 3D per i musei

Ruggero Francescangeli
Alessandro Monno

Museo di Scienze della Terra, Università degli Studi di Bari, Campus universitario, Via Orbona, 4. I-70100, Bari.
E-mail: r.francescangeli@geo.uniba.it; a.monno@geomin.uniba.it

RIASSUNTO

La possibilità di riprodurre oggetti museali sia a fini di ricerca scientifica, che didattici, viene resa disponibile dalle più moderne strumentazioni di scansione 3D e di stampa in solido, come ad esempio quella presente nel Museo di Scienze della Terra, e resa disponibile dal Centro Interdipartimentale di Servizi per la Museologia Scientifica dell'Università degli Studi di Bari.

Ricostruzioni di campioni fossili (impronte di dinosauro, ammoniti, ecc.), reperti archeologici (vasellame, crani, utensili), forme cristallografiche (geminati di gesso), oggetti di culto (statue, ostensori, calici), sono solo alcuni esempi di studio di ricerca scientifica con ricadute in ambito didattico-museale. Da sottolineare, in particolare, la possibilità di utilizzare tali ricostruzioni di beni culturali all'interno di percorsi interattivi, fruibili anche da videolesi, nonché per la produzione di gadget destinati ai museum-shop.

Le scansioni 3D per il loro livello di interazione e spettacolarità si prestano alla diffusione attraverso i siti web dei musei che le hanno prodotte.

Inoltre, la tecnologia utilizzata si pone come esempio per la trasferibilità di modelli vettoriali di beni inalienabili e di tutte le applicazioni ad essi collegate, tra strutture museali afferenti a reti virtuali.

Parole chiave:

museo, scansione, interattivo, comunicazione, modello.

ABSTRACT

3D technologies for museums.

In museums, the communication through the exhibited objects is an essential feature for transferring knowledge. Since it is interactive and perceptive, it becomes even more relevant especially in a culture where information is mostly based on "image".

The department of "Scientific Museum Services" at the "Università degli Studi" in Bari, Italy, provides 3D scanning and printing technology that allow to reproduce "museum objects" either for research or teaching purposes.

Reproduction of samples fossils (dinosaurs and "ammonite" footprints), of ancient ruins (vases, skeletons, tools), of crystal shapes ("twinned gypsum") and religious objects (statues, "monstrance" and glasses) are only few examples of research studies with teaching implications. In particular, it's worthwhile to underline the possibility to utilize this methodology for rebuilding "cultural assets" for video interactions and "gifts" for the museum shop. The products of this 3D scanning technology are so interactive and spectacular that can also be published on the web sites of the museums that produce them.

Moreover this technology is a great example to create a "virtual" networking of museums and to promote transfer and communication about cultural assets of "inestimable" value.

Key words:

museum, scanning, interactive, communication, model.

INTRODUZIONE

Le tecnologie di riproduzione 3D sono ampiamente applicate già da diversi anni in vari settori delle scienze, dell'industria e dei beni culturali, mentre nei musei non sono ancora largamente diffuse.

L'utilizzo di tali metodologie nei musei potrebbe avere ricadute positive su diverse attività quali: la ricerca, la didattica, la catalogazione, la conservazione, il restauro, la divulgazione e il museum-shop.

Alcune potenzialità dell'applicazione della scansione laser 3D e della riproduzione in solido dei modelli

vettoriali ottenuti, sono stati sperimentati nel Museo di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Bari nel corso dello svolgimento di progetti e tesi di laurea.

Ulteriori possibilità di utilizzo, riportate in questo articolo, sono in corso di elaborazione.

RICERCA

L'utilizzo della scansione 3D mediante strumentazione laser assume valore nella ricerca scientifica museale relativa ai beni culturali per i quali forme e volumi hanno particolare significato.

Numerosi sono gli esempi di studi morfometrici che si potrebbero riportare, nei vari campi delle scienze come l'Anatomia, l'Antropologia, l'Archeologia, la Zoologia e la Paleontologia.

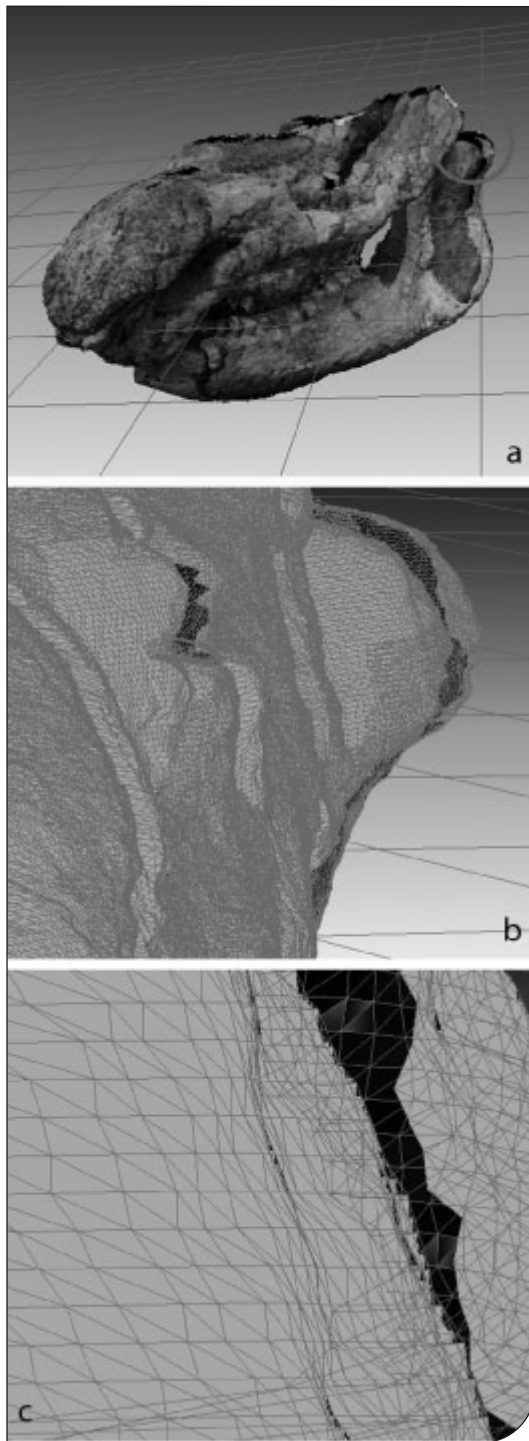


Fig. 1. a) Immagine del modello virtuale di un cranio di rinoceronte (*Stephanorhinus* del Pleistocene medio) rinvenuto presso Castellana Grotte e custodito presso il Museo di Scienze della Terra. b) Dettaglio ingrandito del condilo mandibolare sinistro e relativo sviluppo vettoriale (c).

In Paleontologia, le scansioni 3D (Ishigaki & Fujisaki, 1989) consentono confronti della massima precisione fra campioni di macrofossili al fine di identificarne la precisa collocazione tassonomica, nonché, la completa caratterizzazione tridimensionale (fig.1). Quest'ultima fornisce l'ulteriore possibilità di ottenere infinite sezioni virtuali del corpo dell'oggetto, da utilizzarsi per confronti con sezioni prodottesi per cause geologiche e presenti in campioni fossili. Tutte queste possibilità hanno validità per lo studio dei campioni sia in positivo (ad esempio impronte) che in negativo (ad esempio controimpronte).

In numerosi studi rappresenta un grosso vantaggio poter disporre di modelli vettoriali di ologotipi da confrontare con i campioni oggetto della ricerca. Ad esempio, nei Cetacei, grande importanza assume lo studio morfometrico della bulla timpanica, elemento dell'apparato uditivo, ai fini della classificazione, mediante il confronto effettuato fra il campione fossile ed un modello di riferimento ottenuto con la scansione laser, oppure, in completo ambiente virtuale. Inoltre, in quei casi in cui la bulla timpanica sporge dalla matrice rocciosa, si può rendere talvolta possibile una ricostruzione virtuale dell'intero campione.

I Musei, molto spesso, sono strettamente collegati al territorio e, nello specifico, a siti in cui il bene culturale, inamovibile, è oggetto di ricerca scientifica e di confronto con collezioni presenti negli stessi musei. In tali circostanze, ove se ne presenti la possibilità e l'opportunità, la scansione laser può rappresentare un valido strumento di supporto alla ricerca scientifica (fig. 2).

Un caso molto particolare di sperimentazione sul territorio pugliese potrebbe essere l'applicazione di tale strumentazione agli speleotemi presenti nelle cavità carsiche. La permanenza per motivi di studio in tali luoghi, si presenta sovente disagiata a causa delle peculiari condizioni ambientali delle grotte.

E' utile citare, a tal riguardo, la recente sperimentazione condotta nelle grotte di Naica (Messico), note per i giganteschi cristalli di selenite sviluppatasi in un ambiente nel quale attualmente si raggiungono temperature di circa 44°C con tassi di umidità del 90-100%, che sono stati rilevati con strumentazioni 3D, che hanno fornito eccellenti risultati.

Altra utile applicazione della tecnica di scansione laser riguarda i siti di interesse archeologico, durante le operazioni di scavo. E' noto che le fasi di campionamento dei vari reperti presenti in uno scavo devono essere precedute da accurati rilievi topografici per fissare univocamente nello spazio la posizione dei singoli oggetti scoperti, al fine di ricostruire le modalità di deposizione all'origine. Ove possibile, le scansioni laser consentono la più precisa registrazione dei rapporti spaziali fra i reperti di uno scavo, con la possibilità di descrivere meglio

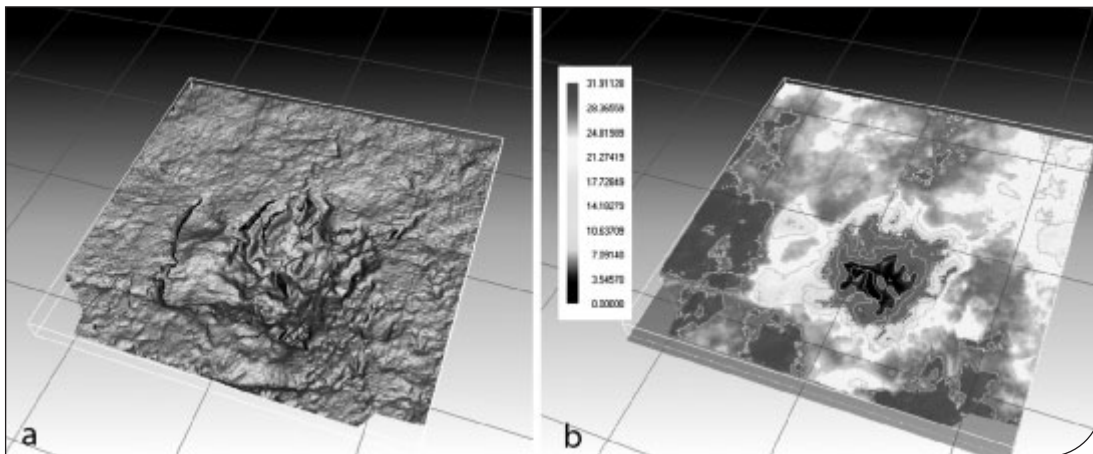


Fig. 2. Immagini del modello virtuale di orme di dinosauro rilevate presso Molfetta (Ba) con le strumentazioni del Cismus, Università degli Studi di Bari. Le riprese sono state condotte dal Dott. Marco Petruzzelli nel corso della propria tesi ed elaborate presso il Museo di Scienze della Terra.

i movimenti tafonomici che hanno portato alla posizione degli stessi reperti nella situazione finale di scavo. Inoltre, aspetto non trascurabile di tali rilevazioni, è la velocità di esecuzione che porta i vantaggi di una minore durata dei lavori, con conseguenti maggiori garanzie di salvaguardia del sito, nonché, di minor impegno economico.

DIDATTICA

Nei percorsi didattici museali, la possibilità di interattività attraverso il contatto con gli oggetti, incontra il parere favorevole della maggior parte degli operatori del settore (museologi, conservatori, pedagogisti, ecc.) e dei fruitori (visitatori, insegnanti delle scuole ecc.).

Tuttavia, molte volte, gli oggetti reali non possono essere messi a disposizione del pubblico per questioni conservative e tecniche. Né, tanto meno, tali oggetti possono essere riprodotti secondo la metodica tradizionale del calco, che prevede il contatto con altri materiali. A tal proposito, la stessa legge (Decreto

legislativo 22 gennaio 2004, n.42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n.137.") impone una serie di limitazioni e condizioni per l'esecuzione di calchi.

La scansione laser e la conseguente riproduzione in solido di un bene culturale rappresenta la migliore soluzione, tra reale e virtuale, per ottenere oggetti da offrire al pubblico per una più ampia percezione.

Gli oggetti così ottenuti possono essere utilizzati per la realizzazione di diorami, per ostensione, per percorsi museali, nonché, per la riproduzione di piccole serie o collezioni di beni destinate non solo ai musei, ma anche ai laboratori didattici delle scuole.

La riproduzione 3D è un utile ed efficace (Falchetti, 2007) ausilio didattico nella predisposizione di percorsi museali interattivi e laboratori didattici per videolesì.

Essa permette l'esplorazione tattile di oggetti che riproducono con estremo dettaglio le forme di beni altrimenti intoccabili per questioni conservative (fig. 3). E' sicuramente interessante ed utile, in taluni casi,



Fig. 3. Scolaresche in visita al Museo di Scienze della Terra. La riproduzione in solido di un'orma di dinosauro è resa disponibile nel percorso didattico-interattivo.



Fig. 4. Campione fossile di balenottera pleistocenica. Museo di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Bari.

poter ridurre in scala oggetti di grandi dimensioni per consentire ai videolesi la comprensione degli stessi nella loro interezza, ad esempio un campione fossile molto grande.

A tal proposito si fa presente che è in corso di progettazione la scansione 3D e la relativa riproduzione in solido a scala ridotta di uno dei reperti fossili più significativi del nostro museo, la balenottera "Annalisa", ritrovata presso Bari nel 1968 (fig. 4).

In siti di grande interesse archeologico o paleontologico, le scansioni più rappresentative dei lavori di scavo, possono essere riprodotte anche in scala, per ricontestualizzare in museo i vari reperti provenienti dal sito in questione.

L'immagine virtuale vettoriale di un oggetto, posto in un percorso didattico, può essere resa disponibile mediante postazioni interattive collocate in prossimità del bene. In tal modo, l'immagine virtuale offre una visione secondo prospettive talvolta impedita da situazioni logistiche che migliorano la comprensione dei significati di cui il bene è portatore.

Inoltre, l'immagine virtuale può essere confrontata con quella di beni omologhi, con immagini al negativo (controimpronte), con elementi in connessione, o utilizzata per il completamento di parti mancanti. Tutte attività d'indubbia valenza nel campo della didattica.

L'immagine virtuale del bene culturale si inserisce nei percorsi e-learning in quanto rappresenta la forma visiva più completa di descrizione dell'oggetto, proprio per la possibilità che offre in fase di studio di analizzare forme, dimensioni nonché confronti e reciproci rapporti con altri oggetti.

CATALOGAZIONE, CONSERVAZIONE E RESTAURO

I più recenti tracciati di schedatura catalografica dei beni culturali adottati dall'ICCD (Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione) nell'ambito del SIGEC (Sistema Informativo Generale del Catalogo) prevedono campi per l'inserimento di immagini e documenti multimediali. Per alcuni particolari oggetti per i quali la visione a tutto tondo assume particolare significato sarebbe opportuno utilizzare una scansione laser 3D dell'oggetto (Levoy, 1999), da inserire nell'ultima fase di catalogazione, in modo da consentire all'utente l'interazione diretta virtuale con il bene culturale, avvicinandolo sempre più al "reale".

Pertanto, potrebbe essere opportuno prevedere nella scheda ICCD un paragrafo ad hoc con una serie di campi, per descrivere tutte le specifiche dei modelli vettoriali acquisiti sul campione in oggetto. La pro-

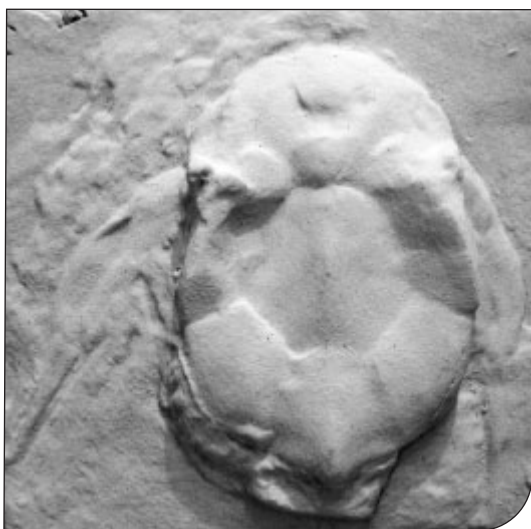


Fig. 5. Copia di campione fossile di *Bothriolepis* prodotta mediante stampante 3D ZPrinter 310 nel laboratorio di prototipazione del Museo di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Bari.

posta assume particolare significato nel caso delle attività di scambio fra musei, ovviamente, previa autorizzazione del soggetto istituzionale proprietario dei diritti sulle immagini del bene.

In fasi di restauro di campioni o oggetti caratterizzati da evidenti simmetrie, è possibile riprodurre frammenti o parti mancanti degli stessi. Il processo di elaborazione impiega le stesse simmetrie presenti nell'oggetto, per ottenere modelli virtuali di frammenti o parti utili per la successiva stampa in solido. Inoltre ed in particolari casi, ad esempio in Paleontologia, la possibilità di riprodurre ossa dx mediante una scansione riflessa di ossa sn, possono consentire il completamento di uno scheletro fossile con evidenti ricadute nel campo della didattica e dell'esposizione museale.

E' norma comune che, in tali casi, le parti riprodotte debbano essere sempre ben riconoscibili nel reperto.

MUSEUM-SHOP

Nelle attività produttive dei Museum-shop le metodologie 3D rappresentano uno strumento di potenziamento per la diffusione dell'immagine, del patrimonio e del relativo messaggio culturale dell'istituzione, nonché, all'incremento delle risorse finanziarie dei musei.

In questo settore, mediante strumentazioni per l'acquisizione e la stampa 3D, è possibile realizzare stampi di elevata definizione da utilizzare per la produzione in serie di copie dell'originale (fig. 5). Per particolari situazioni, si può ricorrere alla possibilità che la stessa strumentazione fornisce, di produrre copie in scala diversa dall'originale, ad esempio per la riproduzione in scala ridotta di uno scheletro fossile di dinosauro.

Per la produzione di oggetti che presentino forme di modesta complessità, sarà sufficiente riprodurre in solido il negativo del modello vettoriale del bene, ed utilizzare quello stesso come stampo guida, per ricavare copie in serie e fedeli dell'originale, nel materiale più opportuno. Tale operazione, naturalmente contiene i costi di realizzazione.

Per oggetti dalle forme più complesse, si dovrà procedere alla stampa del positivo del modello vettoriale del bene, per ottenere singole riproduzioni. Tale operazione, risulterà più impegnativa ed onerosa della precedente.

L'ESPERIENZA DEL MUSEO DI SCIENZE DELLA TERRA

Il CISMUS (Centro Interdipartimentale di Servizi per la Museologia Scientifica), nell'ambito delle attività scientifiche mirate al miglioramento della didattica e alla valorizzazione del patrimonio museale dell'Università di Bari, tra il 2002 e il 2005, ha partecipato al Progetto CNOSSO, "Sistemi basati sulla conoscenza per l'apprendimento in rete e la fruizione personalizzata dei Beni culturali", che prevedeva la sperimentazione ed applicazioni nel campo della comunicazione e nello specifico dell'e-learning. In tale circostanza, lo stesso Centro ha richiesto ed ottenuto un finanziamento per l'acquisizione di una strumentazione tecnologicamente avanzata per la realizzazione di modelli vettoriali e stampa in solido 3D.

La strumentazione in dotazione è composta da uno Scanner 3D portatile VI-910, munito di tre obiettivi (Tele $f = 25\text{mm}$, Medio $f = 14\text{mm}$, Grandangolo $f = 8\text{mm}$), da una Stampante 3D per prototipazione ZPrinter 310 e dai software dedicati Polygon Editing e Rapidform 2006. E' da evidenziare che l'accuratezza delle scansioni raggiunge $1/10\text{ mm}$ e la rilevazione non comporta rischi di danno per gli oggetti in quanto il passaggio del pennello laser è piuttosto rapido ($0,3-2,5\text{ sec/scansione}$) e di bassissima potenza (Max 25 mW).

La tecnica di scansione 3D è stata applicata a reperti di vario tipo quali: campioni fossili di animali ed alghe, campioni lapidei allo stato naturale e lavori rappresentativi delle rocce e dell'architettura pugliese. In particolare, le scansioni 3D, per le loro peculiari caratteristiche vettoriali, sono state impiegate per la realizzazione di modelli di comunicazione virtuale applicate nel campo dell'e-learning dei beni culturali della Puglia.

Inoltre, alcune delle scansioni sono state riprodotte in solido ed hanno offerto ai visitatori un approccio di tipo sinestetico consentendo di percepire dettagli morfologici dei reperti che diversamente non sarebbe stato possibile esplorare sugli originali per motivi conservativi.

Le sperimentazioni sono avvenute nel laboratorio di

prototipazione del Museo ed indirizzate anche agli studenti universitari del corso di Diagnostica e Conservazione di Beni Culturali ai quali, oltre alle evidenti ricadute nel campo della didattica museale, sono state illustrate in dettaglio tutte le fasi che portano alla realizzazione dell'oggetto, nonché tutte le conseguenti implicazioni nell'ambito del restauro di beni di interesse culturale.

La strumentazione, con alcuni accorgimenti tecnici, può essere anche impiegata direttamente sul campo. Infatti, in seguito alla segnalazione di impronte di dinosauro rilevate presso alcune cave della zona di Molfetta e Giovinazzo (Bari) sono state acquisite serie di impronte di dinosauro relative a vere e proprie piste, riconducibili alla fine del Cretaceo, delle quali alcune saranno riprodotte a scopo didattico e disposte nel percorso museale all'aperto organizzato nelle aree a verde del Campus universitario, contigue al Museo di Scienze della Terra.

Di particolare efficacia, è stata la sperimentazione didattica nei percorsi per videolesi, essa ha confermato la validità dell'utilizzo della strumentazione a fini comunicativi (AA.VV., 2009). I campioni fossili riprodotti e resi disponibili ai visitatori hanno offerto un reale apporto alla ricostruzione immaginaria, sia dell'oggetto stesso che dell'ambiente nel quale tali organismi vivevano, permettendo la collocazione degli stessi nell'intervallo temporale della scala dei tempi geologici. Per migliorare la percezione tattile degli oggetti riprodotti, è in corso di studio una sperimentazione sulla rifinitura dei prototipi mediante vernici ad hoc che possano offrire, caso per caso, il grado di rugosità più simile alle superfici dell'oggetto originale. Infatti, un limite di tale tecnica, rivolta soprattutto ai non vedenti, riguarda la difficoltà di far cogliere appieno alcune proprietà fisiche dell'oggetto. Altre sperimentazioni in corso riguardano la possibilità di acquisire, mediante scansione, particolari forme cristallografiche di minerali, in associazione o anche in geminati. Le difficoltà di ripresa per questi oggetti risiede nelle caratteristiche proprie dei cristalli (trasparenza, lucentezza, inclusioni ecc.), che impediscono al pennello laser di svolgere correttamente la sua funzione. Difatti, le proprietà ottiche dei cristalli provocano fenomeni di riflessione e/o rifrazione del raggio laser dello strumento di scansione. Su tali superfici sono in corso di sperimentazione tecniche che, compatibilmente con il chimismo del campione minerale, prevedono l'applicazione di sostanze di natura diversa, a granulometria molto fine e talcose, nel tentativo di opacizzare le superfici dei cristalli e consentire il funzionamento più corretto del raggio laser.

Un'esperienza significativa, ancora in corso di studio in collaborazione con il Prof. Sandro Sublimi dell'Università di Bari, riguarda il contributo delle tecniche 3D alla ricostruzione manuale tridimensionale, secondo il protocollo di Manchester

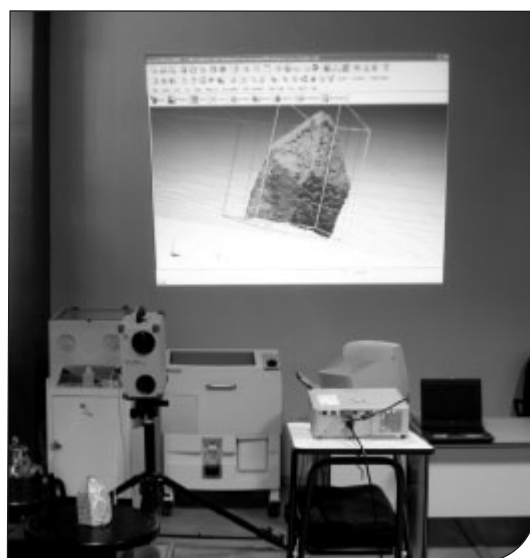


Fig. 6. Una immagine della strumentazione 3D in dotazione al Cismus, durante le fasi di ripresa di un cristallo di quarzo.

(Cattaneo & Grandi, 2004), del volto di un individuo di sesso maschile ed in età matura, vissuto a Canosa nel III sec. a.C. e rinvenuto in una tomba trisoma all'interno del Battistero di San Giovanni. La ricostruzione partirà da una riproduzione fedele in polvere silicea del cranio originale, ottenuta tramite acquisizione laser-scanner 3D e successiva prototipazione rapida. Sul modello cranico così realizzato verranno apposte le parti molli del volto, in creta o plastilina, dando rilievo alla muscolatura mimica facciale, previa determinazione degli spessori nei punti craniometrici, secondo la tecnica di "facial reconstruction" impiegata nell'Antropologia Forense. Infine, in particolari eventi a carattere scientifico-divulgativo, quali ad esempio la Settimana della Cultura Scientifica e Tecnologica e la Notte dei Ricercatori, il laboratorio di scansione e prototipazione 3D è stato inserito nel percorso museale divenendo una postazione di "laboratorio aperto"; un operatore del Museo ha illustrato ai visitatori tutte le fasi che portano alla realizzazione di una fedele riproduzione di un campione fossile, effettuando anche scansioni dimostrative.

Le sperimentazioni 3D proposte all'attenzione dei visitatori, oltre a rendere il museo più "vivo", hanno contribuito ad evidenziare un aspetto della ricerca scientifica museale che si avvale della più attuale strumentazione scientifica e tecnologica nonché il tipo di attività che si svolge "dietro le quinte" del museo. Visto l'interesse mostrato dai visitatori, in una prossima progettazione di esposizione museale, se le condizioni logistiche e di budget lo consentiranno, la postazione laboratoriale 3D sarà inserita permanentemente nel percorso museale, in accordo con i moderni criteri della museologia scientifica.

CONCLUSIONI

L'applicazione delle tecnologie 3D sta progressivamente ampliando le potenzialità di tutte le attività di base caratteristiche dell'ambito museale. Esse introducono nuove metodologie che porteranno nei prossimi anni ad un cambiamento di scenario, nei musei, paragonabile a quello che negli anni '80 vide l'introduzione dei primi computer utilizzati per la catalogazione.

La realizzazione di modelli vettoriali e relativa stampa in solido di copie in positivo e negativo di beni museali, porta ad innegabili vantaggi per le attività museali riportate in questo articolo.

Le esperienze condotte ed in via di sviluppo nel Museo di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Bari dimostrano che le tecniche 3D possono essere trasferite ad una qualsiasi realtà museale, che abbia un avviato sistema catalogafico, un laboratorio per la diagnostica e la conservazione, e naturalmente, che abbia all'interno del proprio patrimonio beni materiali individuati nello spazio dalle tre dimensioni.

Si ritiene però che, il punto di forza della metodologia possa essere nelle relazioni di scambio di patrimonio culturale virtuale tra musei, con il conseguente possibile avvio di un sistema museale integrato su tali tematiche.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV., 2009. *Museo di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Bari Aldo Moro*. In: Pegorari L.M. (ed.), *Sperimentazioni didattico-museali rivolte ai videoleesi*. F.A.L. Vision Editore, Bari, 78 pp.

CATTANEO C., GRANDI M., 2004. *Antropologia e Odontologia Forense: guida allo studio dei resti umani*. Testo-atlante. Monduzzi editori, Bologna, 293 pp.

FALCHETTI E., 2007. *Costruire il pensiero scientifico in museo. Spunti e riflessioni sull'educazione scientifica nei musei delle scienze*. *Museologia Scientifica-Memorie*, 1: 95-112.

ISHIGAKI S., FUJISAKI T., 1989. *Three dimensional representation of Eubrontes by the method of moiré topography*. In: Gillette D., Lockley M.G. (eds.), *Dinosaur Tracks and Traces*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 421-425.

LEVOY M., 1999. *The digital Michelangelo Project: creating a 3D archive of his sculptures using laser scanning*. Computer Science Department Stanford University, March 16, 1999. URL: <http://www.cs.cmu.edu/~seitz/course/SICG99/papers/levoy-abs.pdf>.