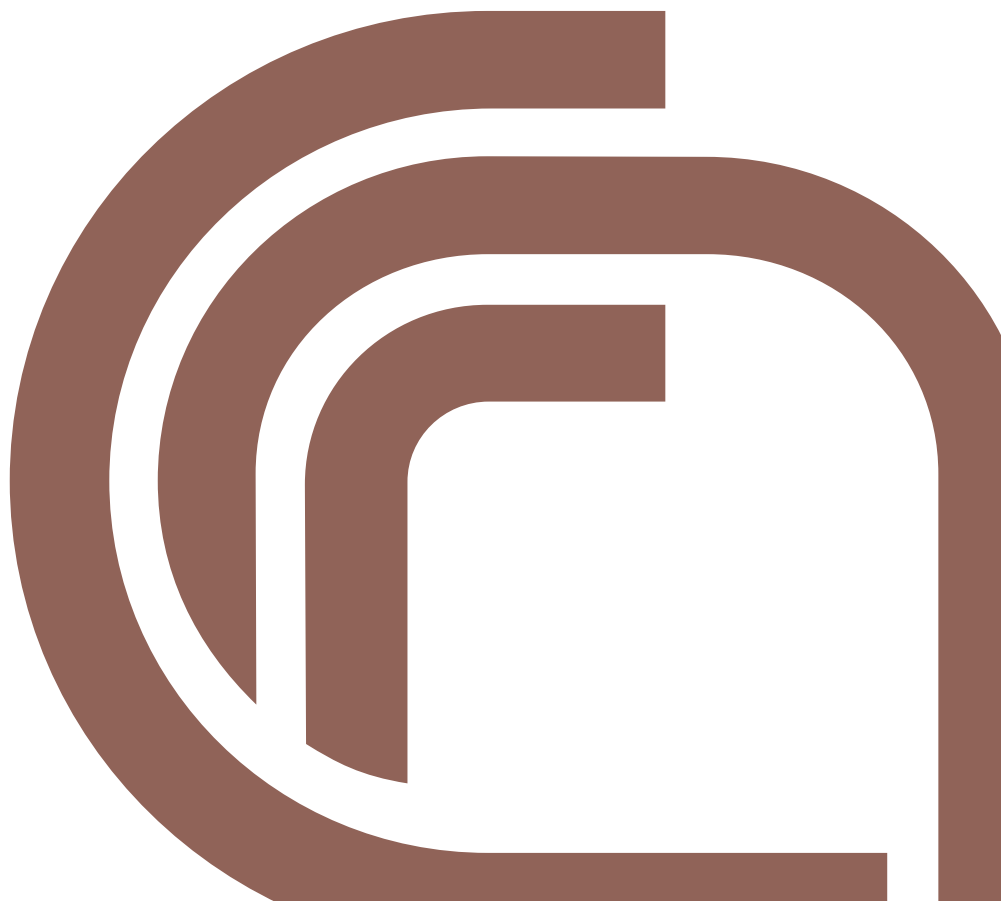


Le tecnologie del CNR  
per i beni culturali

# Le tecnologie del CNR per i beni culturali



Redazione

Sara Di Marcello, Dipartimento Patrimonio Culturale, CNR

Manuela Faella, Ufficio Promozione e Sviluppo Collaborazioni, CNR

<b>Le tecnologie del CNR per i beni culturali</b> <i>Technologies for cultural heritage by CNR</i> <b>Francesco Antinucci</b> Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione, CNR	<b>5</b>
<b>Conoscenza e Comunicazione</b> <i>Knowledge and Communication</i> <b>Massimo Cultraro</b> Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali, CNR	<b>9</b>
<b>Protezione, Diagnostica, Restauro</b> <i>Protection, Diagnostics, Conservation</i> <b>Cristina Sabbioni</b> Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, CNR <b>Salvatore Siano</b> Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara", CNR	<b>39</b>



## Le tecnologie del CNR per i beni culturali

Che i beni culturali siano strategici per il paese Italia non solo non è disputato da nessuno ma appare quasi l'enunciazione di una banalità. Quando, però, si tratta di vedere quale contenuto concreto abbia questa affermazione, il risultato, almeno quello più spesso espresso e vantato dai media, appare deludente. Da una parte, è solo una questione di primato "muscolare": siamo il paese con il maggior numero di beni culturali al mondo. Dall'altra parte, si tratta di una miniera da sfruttare: la lunga eredità dei famosi/famigerati "giacimenti culturali".

Sia l'una che l'altra non offrono molto per un paese avanzato del primo mondo. La pura e semplice quantità, in questo caso, è ben poco monetizzabile (anche se qualche tentativo si cerca di farlo) e anche se paradossalmente lo fosse, sarebbe un'ennesima *una tantum*, buona a tappare qualche buco, non a generare progresso. Quanto alla logica dello sfruttamento – più o meno incoraggiato con strategie di marketing aliene trapiantate – esso produce quell'affollamento spaventoso concentrato sulle "star" che prima o poi porterà o a una seria compromissione delle opere o a titanici, defatiganti e più o meno ingiusti sbarramenti di numero chiuso: il tutto mentre la stragrande maggioranza di quegli stessi beni per cui vantiamo il primato di numerosità resta desolatamente priva di qualunque pubblico.

È abbastanza chiaro che entrambe le strategie hanno il fiato corto e, soprattutto, non generano né crescita reale e duratura né sviluppo con connotati da primo e non da terzo mondo.

I beni culturali sono, invece, un'occasione di sviluppo e crescita straordinari proprio per un paese economicamente avanzato e per cogliere questa occasione non è necessario andare lontano, bisogna però cambiare testa.

Bisogna innanzitutto uscire proprio dalla assimilazione che ne fanno i due approcci appena menzionati, dove il "culturale" è un mero accessorio qualificativo del vero concetto, il "bene", e che porta di conseguenza a trattarli come tutti gli altri beni. E invece no: il "bene culturale" non è scomponibile (e ciò forse conferisce un significato più profondo alla scherzosa grafia "beni\_culturali" usata nel nostro titolo): è prima e principalmente un oggetto comunicativo, un oggetto che parla, la cui materialità è, per quanto pregiata, sempre e comunque un veicolo, come accade in ogni altro segno. E come per ogni segno se non viene interpretato, se non si raggiunge il significato che veicola esso cessa di esistere in quanto tale: resta un involucro senza funzione. È d'altra parte in questo che risiede lo speciale valore che attribuiamo al bene culturale: in ciò che esprime, racconta, testimonia della nostra storia e della nostra identità culturale, non certo nell'eventuale virtuosismo tecnico della sua esecuzione. Si tratta, in ogni senso, di un segno privilegiato e pregiato proprio per il suo ruolo, e come tale va dunque trattato.

Ci si preoccuperà, allora, di fare il modo che il processo comunicativo del segno funzioni, che il destinatario arrivi alla comprensione del messaggio. Per fare questo è naturalmente indispensabile prima di tutto capire e interpretare il segno nella maniera più corretta ed esaustiva possibile, impresa spesso non ovvia data la distanza temporale che ci separa dal mondo che ha creato questi oggetti: è la fase di studio e conoscenza. Occorre poi mettere in campo gli strumenti che colmano il gap di comprensione, il deficit di interpretabilità che inevitabilmente si produce quando un segno appartiene ad un passato più o meno remoto rispetto a destinatari che non sono più gli stessi e che non posseggono il bagaglio analitico necessario a questa operazione. È questa la fase forse più importante di tutte: senza di essa il bene culturale resta muto, non può parlare alla stragrande maggioranza di coloro che entrano in contatto con esso, anche quando questi siano milioni; e restando muto perde proprio la sua caratteristica essenziale, l'essere veicolo della trasmissione culturale, e diventa – allora sì – un bene qualunque.

Ecco quindi la prima articolazione di questo campo: Conoscenza e Comunicazione, accomunate in quanto entrambe rivolte al versante semantico del segno e strettamente legate da un rapporto di interdipendenza in cui il lavoro dell'una è essenziale per l'altra. E qui si apre una prima straordinaria opportunità di sviluppo e crescita avanzate: se l'approccio alla conoscenza può contare su metodologie di studio più o meno consolidate, non così quello alla comunicazione. Qui siamo in larga misura in *terra incognita*, dato che fino ad una decina d'anni fa il compito di munirsi degli strumenti interpretativi indispensabili veniva lasciato – secondo la dominante visione "aristocratica" del bene culturale – interamente al singolo visitatore. Oggi non può essere più così per una platea che coinvolge tutti gli strati sociali e che per di più si internazionalizza. Ma, si badi bene, è proprio l'assenza di questi strumenti che produce il guasto del sovraffollamento: l'incapacità di scegliere autonomamente e informatamente porta a "seguire la corrente" e al rituale dei soliti noti ad ogni costo.

Esiste, dunque, un enorme spazio in questo settore e per di più spazio di altissima qualità per l'innovazione. Il compito di tornare a far comunicare propriamente i beni culturali si sposa infatti a meraviglia con le tecnologie digitali delle ultime generazioni, basate sull'immagine e sull'interattività. Affrontare bene questo campo significa dunque produrre sviluppo in settori tecnologici avanzati, questo sì compito da primo mondo. E naturalmente le medesime tecnologie si applicano al campo della conoscenza – senza il quale, del resto, la comunicazione non può nemmeno cominciare – producendo quel rapporto di continuità e sinergia virtuosa che va sotto il nome di Virtual Cultural Heritage.

E' a questa impostazione che ci riferiamo e che intendiamo sottolineare con il binomio Conoscenza e Comunicazione, preferendolo alle dizioni – usate anche più frequentemente – di “valorizzazione” e/o “fruizione”. La prima, infatti, suggerisce l'idea di conferire valore a qualcosa che non lo ha: Nulla è più lontano dai beni culturali di questo concetto: i beni culturali sono tali proprio perché hanno un intrinseco valore; il problema è renderlo accessibile. Quanto alla parola “fruizione”, essa suggerisce che lo sforzo debba avvenire sul versante del destinatario (che “fruisce”), che sia qualcosa che lui debba compiere, secondo la “vecchia” concezione. Vogliamo invece sottolineare che è compito dell'istituzione culturale e cioè di chi possiede ed espone il bene fare lo sforzo di renderlo comprensibile: e dunque è lui che deve sforzarsi di comunicare. Infine, “comunicazione” esprime con esattezza il processo da implementare e il risultato da raggiungere.

Se il bene culturale è segno, allora del segno ha entrambe le facce: quella del significato – suo scopo e ragione di essere – ma anche quella del significante: l'indispensabile veicolo fisico senza il quale l'immaterialità del significato non potrebbe manifestarsi. Dunque, esattamente come nel segno, pur se funzionalmente subordinato, esso ha pari importanza: un suo deterioramento rende l'interpretazione impossibile. Primaria è quindi l'esigenza di preservarlo dal deterioramento e, qualora deteriorato, di riportarlo, se possibile, ad uno stato di intellegibilità.

Abbiamo allora tutte le attività connesse a questo compito, nell'ordine: Protezione, Diagnostica, Restauro. Innanzitutto prevenire, ovunque possibile, il deterioramento, poi eventualmente diagnosticarlo e infine intervenire. Anche in questo campo, anzi in questo più che nel primo, appare evidente già a prima vista la propulsione che può essere offerta a ricerca e sviluppo avanzati, in ciascuno dei tre settori. La specificità italiana che conferisce a questa spinta propulsiva un valore più elevato che in altri paesi simili, è proprio la quantità del patrimonio – in questo caso, sì un valore – e la capillarità della sua diffusione.

Esse creano, infatti, da una parte una ricchissima casistica la cui varietà fa da motore alla ricerca di soluzioni innovative, dall'altra una contiguità spaziale e una familiarità, anche a laboratori e studiosi lontanissimi dal settore dei beni culturali, che invita quasi spontaneamente a cimentarsi in questi compiti (si veda, ad esempio, tutto lo sviluppo di apparecchiature portatili la cui esigenza viene proprio dalla vasta diffusione areale del materiale da trattare, rispetto a paesi, come ad esempio la Francia, dove si ha invece un alto livello di concentrazione).

Se questa che abbiamo appena descritto è la prospettiva giusta per il nostro paese, allora bisogna dire che il CNR si è attrezzato bene per risponderci sia strutturalmente che funzionalmente.

Strutturalmente, col dedicare una delle sue fondamentali articolazioni organizzative, interamente ai beni culturali: il Dipartimento Patrimonio Culturale. Il dipartimento ha esplicitamente assunto per sé la visione strategica di integrazione e ha operato per realizzarla in tutte le sedi e attraverso molteplici collaborazioni con i diversi responsabili della detenzione del patrimonio culturale stesso. Tuttavia, è evidente che il compito che abbiamo delineato, spaziando dalla conoscenza al restauro, si presta a ricevere contributi da innumerevoli settori disciplinari. Qui il dipartimento ha saggiamente operato cercando di svolgere un'opera di coordinamento, indispensabile se si vogliono mettere a frutto i risultati in maniera sistemica.

Funzionalmente, il CNR ha promosso ricerca e applicazione di essa ai beni culturali anche in tutti gli altri settori disciplinari, con il risultato che questo volume testimonia nei termini di una straordinaria varietà di provenienze disciplinari e ambiti di ricerca dei suoi contributori.

Questo volume non è, naturalmente, esaustivo dell'attività del CNR nei beni culturali. Si è scelto infatti di guardare ad essa *sub specie* tecnologica. Si sono cioè privilegiati quei risultati che hanno condotto a sviluppare tecnologie, vale a dire – in senso lato –, metodi, sistemi, processi, protocolli, apparecchi, ecc. più o meno standardizzati e quindi applicabili a tutte le situazioni analoghe. È inutile dire che è questa la caratteristica che maggiormente si presta al trasferimento dei risultati della ricerca verso il mondo dei prodotti e servizi esterno ad essa. Trasferimento che, ricordiamo, è compito fondamentale del CNR, forse anche più di altre istituzioni di ricerca, non avendo esso responsabilità istituzionali di insegnamento.

## ABSTRACT

*The role of Cultural Heritage in Italy is universally recognized as extremely important for the country. What is not agreed upon is the specific reasons for that importance, which is usually attributed to the, quite uninteresting, fact that Italy has the largest number of cultural objects in the world. It is argued, instead, that such a large patrimony, if correctly taken, is actually an occasion to foster advanced developments, such as that of digital technologies for Virtual Cultural Heritage.*

*CNR has been promoting research and development in the field of Cultural Heritage for a long time. It has established a Department of Cultural Heritage as one of its main divisions, which has acted both as a promoter and as a coordinator. It has also enhanced the research efforts of Institutes and Departments that belong to disciplinary fields which are apparently very distant from that of Cultural Heritage. The volume collects the contribution of the CNR to technologies related to Cultural Heritage, both in its semantic aspects, in the domains of Knowledge and Communication, and in its form aspects, in the domains of Protection, Diagnosis and Conservation.*

**Francesco Antinucci**

Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione, CNR







Conoscenza  
Comunicazione

*Knowledge  
Communication*



## Conoscenza e Comunicazione

Nell'ultimo decennio si è progressivamente sviluppata, grazie anche ad un rinnovato interesse da parte della società e ad una maggiore riflessione nel campo giuridico-legislativo, l'esigenza di migliorare il sistema di comunicazione del vasto insieme di entità che rientrano sotto la comune denominazione di Patrimonio Culturale. Il CNR, cogliendo le suggestioni e i nuovi orientamenti della ricerca, ha investito con successo nella progettazione e realizzazione delle più innovative tecnologie applicate a specifiche esigenze del settore dei beni culturali.

Le tecnologie digitali costituiscono uno dei maggiori settori di investimento e di elaborazione della sperimentazione scientifica. I gruppi di ricerca dell'Ente, mettendo in campo le migliori eccellenze, hanno sviluppato un complesso di dispositivi tecnologici finalizzati a risolvere efficacemente i processi di comunicazione dei beni culturali attraverso le tecnologie della visione e della multimedialità.

Lo sviluppo dei molteplici segni e dei linguaggi per comunicare al vasto pubblico la complessa realtà del patrimonio culturale, costituito da musei, aree archeologiche e collezioni, ha invitato alcuni laboratori del CNR a potenziare lo sviluppo e l'applicazione delle tecnologie della comunicazione visiva. Questa scelta nasce dallo stretto e consolidato rapporto sinergico tra ricerca storico-archeologica e mondo delle scienze informatiche, che rappresenta una delle riconosciute eccellenze del CNR e non solo sul piano nazionale. Operando in due distinte macroaree di intervento, la restituzione di modelli 3D e la catalogazione digitale dei dati storici, i gruppi di ricerca del CNR hanno realizzato un'originale piattaforma di lavoro sulla quale costruire il primo corpus operativo e produttivo della Realtà Virtuale del Patrimonio Culturale (*Virtual Cultural Heritage*).

Le tecnologie prescelte, infatti, comprendono video in computer grafica 2D, 3D, applicazioni di visione stereoscopica, restituzione fotogrammetrica e scansione laser 3D, tra loro collegate da un sottile filo rosso che privilegia l'esperienza immersiva e plurisensoriale della Realtà Virtuale. La messa a punto di potenti tecnologie digitali si accompagna a specifiche scelte strategiche, quali i dispositivi di ottimizzazione delle funzioni relative alla gestione della forma e dei colori della rappresentazione digitale (sistema interattivo MeshLab), oppure alla sperimentazione di modelli 3D *low cost*.

Insieme a queste tecnologie di navigazione e fruizione tridimensionale, è utile ricordare anche il sistema operativo OMERO a favore di utenti disabili visivi, che consente di percepire una scena virtuale attraverso la percezione tattile e sonora.

Un altro settore di grande impatto è quello della messa in opera di dispositivi tecnologici per l'organizzazione e archiviazione dei dati testuali in formato digitale per analisi di tipo linguistico e storico-filologico. Queste applicazioni, che spaziano dal campo dell'epigrafia fenicio-punica e antico-orientale a quello della lingua italiana, affrontano con successo il tema dell'integrazione tra l'immagine digitale e le componenti testuali, come nel caso del sistema Moneta finalizzato a gestire una database di numismatica antica.

Tutte queste applicazioni, che in molti casi sono eccellenti esempi di trasferimento tecnologico verso il mondo industriale, vengono impiegate in modo organico e sistematico per affrontare, in cooperazione con gli enti governativi preposti alla tutela del Patrimonio Culturale nazionale, la delicata questione della comunicazione a fini scientifici e divulgativi. La stretta integrazione tra tecnologie digitali, elaborazione dei dati storico-archeologici e risorse linguistiche, crea un utile strumento di conoscenza, attraverso il web o dispositivi stand-alone, offrendo all'utente la possibilità di accedere ad importanti realtà culturali non direttamente fruibili. Queste sperimentazioni hanno trovato una significativa applicazione nella realizzazione del progetto *The Virtual Museum of Iraq*, un'opera multimediale prodotta dal CNR, con il sostegno finanziario del Ministero degli Affari Esteri, e finalizzata a rendere accessibile, attraverso il web, il vasto patrimonio storico-archeologico dell'antica Mesopotamia, dopo le devastazioni del 2003.

La ricerca storico-archeologica tradizionale condotta da alcuni istituti di ambito umanistico si rivela un formidabile strumento di indagine per tentare nuovi campi di sperimentazione multidisciplinare, creando originali aree operative nelle quali l'elaborazione dei dati storici (rapporti di scavo, ricostruzione di monumenti, apparati iconografici ecc.) si accompagna all'impiego di analisi archeometriche o di astrofisica.

L'applicazione a vasto raggio di questi dispositivi tecnologici, insieme al *know-how* che sta alla base di ciascuno di essi, rende oggi la ricerca sperimentale del CNR una tappa obbligata per gli operatori preposti alla gestione del Patrimonio Culturale, con una forte incidenza non solo nel campo delle strategie della comunicazione visiva ed interattiva, ma anche nel settore della formazione professionale e *training on job*, e nei processi di integrazione sociale.

**Massimo Cultraro**

Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali, CNR



Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandro Faedo" (ISTI): [www.isti.cnr.it](http://www.isti.cnr.it)  
Dipartimento Tecnologie dell'Informazione e delle Comunicazioni  
Responsabile scientifico: **Roberto Scopigno**, [r.scopigno@isti.cnr.it](mailto:r.scopigno@isti.cnr.it)

Il primo passo nella realizzazione di una esperienza di navigazione o fruizione tridimensionale è la creazione del modello digitale 3D dell'opera o della scena di interesse.

Modelli 3D accurati possono essere realizzati mediante tecniche di modellazione semi-automatica (digitalizzazione o scansione 3D). In questo settore il Visual Computing Lab dell'Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "A. Faedo" (ISTI) ha progettato e realizzato una serie di strumenti software innovativi (3D Scanning Suite, MeshLab) che hanno avuto ampia diffusione tra gli addetti ai lavori. In particolare, lo strumento open source MeshLab (<http://meshlab.sourceforge.net/>) ha raggiunto un ottimo livello di qualità e ha un parco utenti dell'ordine delle migliaia di unità (circa ottomila downloads al mese). La qualità degli strumenti messi a punto ha reso possibile la realizzazione di campagne di rilievo estremamente complesse come ad esempio il modello digitale 3D della Cattedrale di Pisa, il David di Michelangelo, il centro urbano di S. Gimignano.

Insieme alle tecniche di scansione 3D, CNR-ISTI sta partecipando allo sviluppo, in cooperazione con la Katholieke Universiteit Leuven (Belgio), di una metodologia per l'acquisizione 3D da semplici campionamenti fotografici. Il sistema MeshLab è infatti anche il sistema per il processing dei risultati intermedi forniti dal sistema Arc3D (<http://www.arc3d.be/>) che a partire da una campagna fotografica permette di ricostruire un completo modello digitale tridimensionale.

**Sito web** <http://vcg.isti.cnr.it/>

*The implementation of virtual reality or interactive navigation systems requires the availability of good quality digital 3D models of the artwork or scene of interest.*

*Accurate 3D models can be produced with the modern semi-automatic digitization technologies (3D scanning). The Visual Computing Lab of the Institute of Information Science and Technology (ISTI) has designed and developed a set of software tools to support 3D scanning (3D Scanning Suite, MeshLab); these tools had a wide diffusion in the scientific and cultural heritage domain. More in detail, the open source MeshLab tool (<http://meshlab.sourceforge.net/>) is now a very complete system for processing 3D models and has a very wide distribution worldwide (with around eight thousand downloads per month). These tools supported several important digitization projects such as the 3D digital model of the Cathedral of Pisa, the Michelangelo's David restoration and the San Gimignano's historical buildings.*

*In cooperation with the Katholieke Universiteit Leuven (Belgium), CNR-ISTI is also developing technologies to enable reconstruction of digital 3D models from inexpensive photographic datasets (see the Arc3D system, <http://www.arc3d.be/>, whose intermediate data processing is demanded to MeshLab).*



Fig. 1 Immagine dal modello 3D di S. Gimignano (Italy).

*One image rendered from the digital 3D model of the San Gimignano town (Tuscany, Italy).*



Fig. 2 Scansione di una porzione del fregio del Tempio di Luni: modello 3D con solo geometria (a sinistra); modello digitale 3D con applicazione del colore attuale (al centro); modello digitale 3D con ricostruzione del colore originale (a destra).

*Results from the 3D scanning of a portion of Luni's temple frieze: on the left, the digital 3D model rendered as gray-shaded geometry; with the current color added, in the center image; the reconstruction of the original painted surface on the right image.*

# Tecnologie per la visualizzazione interattiva

# Interactive visualization technologies

Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandro Faedo" (ISTI): [www.isti.cnr.it](http://www.isti.cnr.it)  
Dipartimento Tecnologie dell'Informazione e delle Comunicazioni  
Responsabile scientifico: **Roberto Scopigno**, [r.scopigno@isti.cnr.it](mailto:r.scopigno@isti.cnr.it)

Insieme allo sviluppo di tecnologie di digitalizzazione 3D, il Visual Computing Lab dell'Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "A. Faedo" (ISTI) sviluppa sistemi per la visualizzazione e navigazione interattiva di modelli 3D e per l'integrazione di dati 3D con altre tipologie di informazione proprie delle applicazioni web, degli ambienti di realtà virtuale, dei sistemi informativi. Il sistema Virtual Inspector è un eccellente risultato di tale linea di ricerca, adottato per la realizzazione di vari chioschi museali sia in Italia che all'estero. Un recente esempio di realizzazione è il repository creato in collaborazione con il Max Planck Kunsthistorisches Institut di Firenze, relativo alla presentazione multimediale di opere di scultura medievale (<http://cenobium.isti.cnr.it>).

Virtual Inspector permette la costruzione di un'installazione interattiva che coniuga sia la possibilità di visualizzare interattivamente modelli digitali 3D ad alta risoluzione che di collegare a detti modelli link a informazione multimediale classica (testi, immagini, video, ecc.). L'obiettivo è quindi la realizzazione di stazioni multimediali che permettono all'utente di interagire con modelli digitali 3D di alta qualità e di veicolare loro, in modo interattivo, un insieme di contenuti culturali. Il sistema è attualmente in fase di evoluzione ed estensione nell'ambito del progetto EU "3DCOFORM".

Sito web: <http://vcg.isti.cnr.it/>

*Together with the development of 3D digitization technologies, The Visual Computing Lab of the Institute of Information Science and Technology (ISTI) designs and develops tools for the interactive visualization and navigation of 3D models and scenes; tools for the integration of 3D models and any other source of data (text, images, video) to allow to build easily multimedia presentation which integrates all available data. The Virtual Inspector system is an excellent result of this research; it has been used by several museums to implement multimedia presentations open to the public. Another recent example is the web system developed with the Max Planck Kunsthistorisches Institut in Florence, devoted to the presentation on the web of a complex archive of 3D models and 2D images of medieval capitols (<http://cenobium.isti.cnr.it>).*

*Virtual Inspector supports the design and implementation of interactive multimedia kiosks; the tool supports the interactive visualization of very complex 3D models and the specification of links connecting specific location of 3D model with other informative content (text, images, videos, etc.). the goal is to support the design of kiosks able to present visually very high-quality digital 3D models, coupling the visual experience with the presentation of all the meta-data and knowledge available with an interactive approach. CNR-ISTI is now designing a new version of the system in the framework of the EU project "3DCOFORM".*



Fig. 1 Il sistema Virtual Inspector che mostra il modello 3D del David di Michelangelo prima e dopo il restauro.

*The Virtual Inspector system showing the 3D model of Michelangelo's David before and after the recent restoration.*

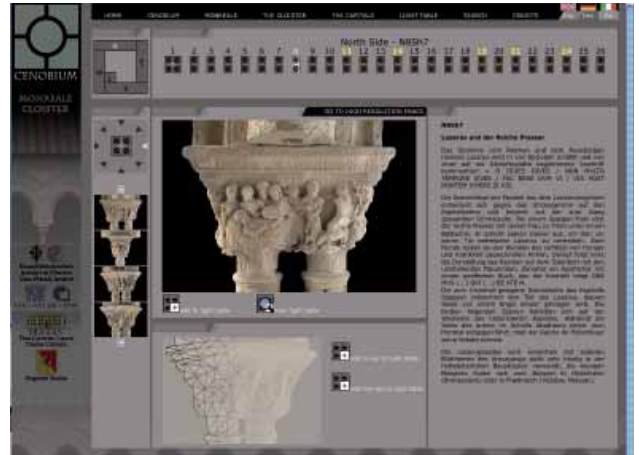


Fig. 2 Il Cenobium web based system che illustra i dati disponibili per ogni singolo capitello.

*The Cenobium web-based system, showing the data available for each single capitolo.*

## MeshLab: un sistema open source per la gestione di scansioni 3D

## MeshLab: an open source system for managing 3D scanned data

Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandro Faedo" (ISTI): [www.isti.cnr.it](http://www.isti.cnr.it)  
Dipartimento Tecnologie dell'Informazione e delle Comunicazioni  
Responsabile scientifico: **Paolo Cignoni**, [p.cignoni@isti.cnr.it](mailto:p.cignoni@isti.cnr.it)

Le tecnologie di scansione 3D permettono di creare una fedelissima rappresentazione digitale della forma e del colore di oggetti di rilevante importanza storica e culturale come statue, bassorilievi e palazzi. Queste tecnologie, nate in un contesto industriale, hanno un impatto straordinario nel settore dei beni culturali e forniscono uno strumento unico per la documentazione accurata, la pianificazione del restauro e la creazione di ricostruzioni e visite virtuali. Recenti sviluppi hanno permesso di utilizzare macchine fotografiche digitali per generare i dati grezzi di scansione 3D ma il costo dei sistemi software necessari alla loro gestione è ancora molto alto. MeshLab è un sistema interattivo, gratuito e facile da usare. Leader dei sistemi open source per la gestione di dati di scansione 3D, MeshLab permette di visualizzare, analizzare, pulire, convertire, integrare e correggere i dati grezzi di scansione al fine di ottenere modelli 3D accurati e corretti. MeshLab è utilizzato da decine di migliaia di utenti e centinaia di università, enti di ricerca e musei in tutto il mondo.

**Sito web:** [www.meshlab.org](http://www.meshlab.org)

*3D scanning technologies allow to create a faithful digital representations of the shape and color of objects of significant cultural and historical importance such as statues, reliefs and palaces. These technologies, developed in an industrial context, have a tremendous impact in the field of cultural heritage and provide a unique tool for accurate documentation, planning of restoration and reconstruction and creating virtual tours. Recent developments enable the use of cheap digital cameras to generate raw 3D scanning data, but the cost of software systems necessary for their management is still very high. MeshLab is an interactive, free and easy to use, open source systems; it is the leader for data management 3D scanning. MeshLab can view, analyze, clean, transform, integrate and correct the raw scan data to obtain accurate 3D models, it is used by tens of thousands of users and hundreds of universities, research institutions and museums worldwide.*

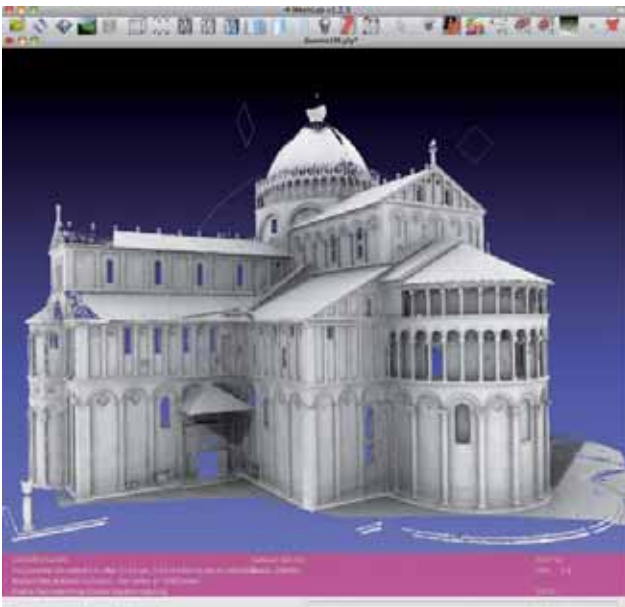


Fig. 1 Il modello digitale della Cattedrale di Pisa acquisito tramite tecnologia a "tempo di volo" e visualizzato all'interno di MeshLab.

*The digital model of the Cathedral of Pisa acquired through time-of-flight laser scanning technology and displayed within MeshLab.*



Fig. 2 Lo srotolamento di un sigillo ittita, effettuato da MeshLab a partire dal modello digitale. Sullo sfondo, un dettaglio per apprezzarne l'accuratezza.

*The unrolling of a Hittite seal, made by MeshLab from a 3D scanned digital model. In background, a detail to appreciate its accuracy.*





Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali (ITABC): [www.itabc.cnr.it](http://www.itabc.cnr.it)

Dipartimento Patrimonio Culturale

Responsabile scientifico: **Paolo Salonia**, [paolo.salonia@itabc.cnr.it](mailto:paolo.salonia@itabc.cnr.it)

Sperimentazione e validazione di un sistema di scansione 3D senza utilizzo di laser scanner, basato su una ripresa fotografica a triplette d'immagini da diverse angolazioni per la totale ricopertura dell'oggetto. Il sistema (Z-scan Menci\_Software) è utilizzato in applicazioni dove è richiesta la precisione millimetrica al fine di ottenere modelli numerici anche per la produzione di copie 3D.

La sperimentazione è orientata soprattutto a confronti e/o integrazione con i dati derivanti da altre acquisizioni strumentali, quali laser scanner e stereofotogrammetria. Il sistema consta di hardware costituito da una fotocamera con ottica fissa opportunamente calibrata, da una slitta di precisione di 90 cm montata su un treppiede dotato di testa 3D e di software basato su un algoritmo di analisi dell'immagine che lo rende estremamente efficiente e preciso. Al termine del processo, vengono generate nuvole di punti con informazioni spaziali (x, y, z) e colorimetriche (RGB). Dopo una prima sperimentazione con l'uso di tale tecnica si è affiancata una sperimentazione con la tecnologia derivata Z-Scan micro che utilizza un hardware consistente di una camera fotografica con obiettivo macro e una barra di precisione di dimensioni ridotte (27 cm) con movimento di precisione scandito da una motorizzazione elettrica. Questa variante del sistema a triplette d'immagini permette di raggiungere un livello di definizione e precisione dei modelli di tipo sub millimetrico, vantaggioso nelle necessità di osservazione e valutazione della struttura e stato dei materiali.

La tecnologia Z-Scan è stata testata da Paolo Salonia per le indagini e la modellazione di alcuni templi confuciani nell'ambito del progetto di collaborazione italo-cinese che vede coinvolto il responsabile del patrimonio culturale della provincia dello Hunan.

**Sito web:** [www.menci.com](http://www.menci.com)

### Collaboratori

Tommaso Leti-Messina, Andrea Marcolongo, Andrea Pozzi, Serena Scolastico, CNR-ITABC

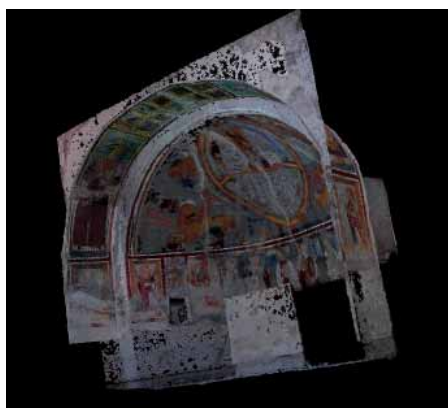


Fig. 1 Modello 3D dell'abside della Chiesa di Saint Maxime (Aosta) derivante dai modelli parziali ottenuti da triplette di Z-Scan montati per sovrapposizione.

*3D modeling of S. Maxime Church apse (Aosta) by partial models resulting from Z-scan triplet processing overlap.*

*Experimentation and testing of a no-laser scanner 3D scanning system based on digital image processing. The photographic documentation is performed with a series of triplets of images taken from several camera angles for a total covering of object's surface. The system (Z-scan Menci Software) is suitable for application where millimetric precision is required to obtain numeric models, also for the production of 3D copies.*

*The experimentation is mainly oriented to compare and integrate data with other instrumental acquisition data, as laser scanner and photogrammetric results. The system is composed of a calibrated camera, a 90 cm aluminium bar mounted on a photographic tripod provided of a small trolley supporting the camera and an image processing software that makes it accurate and efficient. As result of the processing point clouds with spatial (x y z) and colorimetric (RGB) information are generated. After a first experimentation of the system, a technological evolution, Z-scan micro, has been performed. Z-scan micro hardware consists of a macro lens camera and a calibrated short bar (27 cm) with a precise shifting electric motor. This modification of the triplet acquisition system provides a sub-millimetric definition level of the models, useful for structure observation and materials studies.*

*Z-scan technology has been tested by Paolo Salonia for the survey and modeling of some Confucian temples within the Italian - Chinese collaboration project in which is involved the administration responsible of cultural heritage of Hunan province.*



Fig. 2 Affreschi del Castello di Quart (Aosta). Modello Z-scan con dettaglio su-millimetrico da Z-Scan micro (prima e dopo il restauro).

*Quart castle frescoes (Aosta). Z-scan model with sub-millimetric Z-scan micro processed detail (before and after restoration).*

## OMERO, realtà virtuale per non vedenti

## OMERO, virtual reality for blind people

Istituto di Studi sui Sistemi Intelligenti per l'Automazione (ISSIA): [www.issia.cnr.it](http://www.issia.cnr.it)

Dipartimento Sistemi di Produzione

Responsabile scientifico: **Giovanni Attolico**, [attolico@ba.issia.cnr.it](mailto:attolico@ba.issia.cnr.it)

Il sistema multimodale OMERO (Organized Multimodal Exploration of Relevant virtual Objects) consente di percepire una scena virtuale con la vista e con l'udito ma anche con il tatto: un'esperienza più coinvolgente per i vedenti ma anche l'accesso ai contenuti tridimensionali virtuali per i disabili visivi. Esperienze svolte con il Consiglio Regionale Pugliese dell'Unione Italiana Ciechi hanno mostrato che i non vedenti con OMERO acquisiscono forma, dimensione e organizzazione degli spazi di strutture complesse quali Castel del Monte, il Castello Svevo di Bari, e altri siti, in modo più rapido e preciso che attraverso la visita reale che è stata svolta successivamente con maggiore consapevolezza e autonomia di movimento. La rappresentazione mentale dei siti è, infatti, risultata più organica e completa. Realtà complesse, come ad esempio la Regione Puglia, possono essere conosciute meglio attraverso l'esperienza di più modelli che propongono ciascuno solo alcuni aspetti della realtà territoriale (province, idrografia, città, viabilità, ecc.). Le applicazioni sono numerose formazione, didattica, mobilità, turismo, fruizione di opere d'arte, integrazione sociale.

*The multimodal system OMERO (Organized Multimodal Exploration of Relevant virtual Objects) allows the perception of a virtual scene by sight, by hearing and also by touching: a more engaging experience for seeing people but also the access to three-dimensional virtual contents for visually impaired persons. Experimental tests made with the cooperation of the Apulian Branch of the Italian Union of Blind have shown that visually impaired people using OMERO can acquire the shape, the dimension and the organization of complex spaces (such as Castel del Monte, the Swabian Castle in Bari, and other sites) in a faster and more exact way with respect to a real visit that, after the virtual visit, can be done with greater consciousness and autonomy. The resulting mental schema of the sites has been also more complete and better organized. Complex realities (such as the Apulia region) can be better known through the experience of several models each offering only some aspects of the territory (provinces, hydrography, cities, roads, etc.). The system can be applied in education/learning, mobility, tourism, fruition of cultural heritage, social integration.*

**Sito web:** [www.issia.cnr.it/ProgettoOMERO/](http://www.issia.cnr.it/ProgettoOMERO/)

### Collaboratori

Fabio De Felice, Floriana Renna, CNR-ISSIA

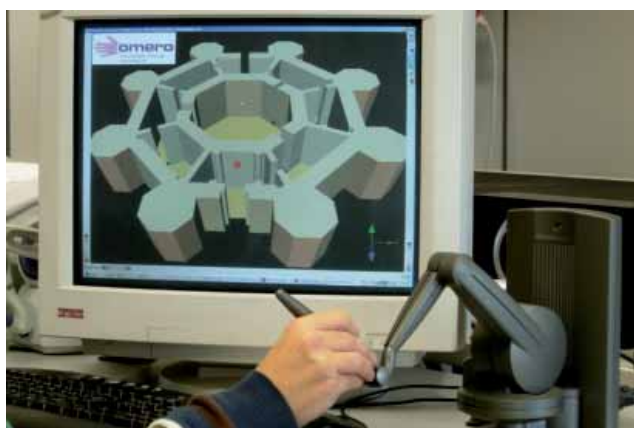


Fig. 1 Il modello virtuale di Castel del Monte può essere "toccato" utilizzando l'interfaccia aptica impugnata in primo piano.

*The virtual model of Castel del Monte can be touched using the haptic interface in the foreground.*



Fig. 2 La complessità di un territorio può essere percepita attraverso viste multiple monotematiche (province, idrografia, strade, città).

*The complexity of a territory can be perceived through multiple semantically independent views (provinces, hydrography, cities, roads).*



## Realtà virtuale e archeologia narrante

## Virtual reality and storytelling archaeology

Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM): [www.ibam.cnr.it](http://www.ibam.cnr.it)  
Dipartimento Patrimonio Culturale  
Responsabile scientifico: **Massimo Cultraro**, [massimo.cultraro@cnr.it](mailto:massimo.cultraro@cnr.it)

Il 'Museo Virtuale dell'Iraq' è un'opera multimediale on-line di carattere scientifico-culturale, promossa dal Consiglio Nazionale delle Ricerche con il sostegno finanziario del Ministero degli Affari Esteri. Si tratta di uno strumento pensato per far comprendere la grandezza e l'importanza del patrimonio archeologico della Mesopotamia antica. Il sito nasce da una stretta collaborazione tra studiosi del mondo antico, comunicatori, informatici, architetti ed esperti nel campo della modellazione 3D, provenienti da diversi istituti del CNR.

Il percorso, articolato in otto sale tematiche disposte in ordine cronologico, scandisce le principali tappe della storia del Vicino Oriente, dalla nascita dei primi villaggi neolitici fino all'affermazione dei grandi imperi di Babilonia e di Assiria, per chiudere con la rinascita al tempo dei califfati islamici. Ciascuna sala ospita una scelta di reperti rappresentativi ricostruiti in tre dimensioni ed è corredata da carte geopolitiche interattive che forniscono, attraverso legami ipertestuali, un sistema di informazioni sui principali siti archeologici, impiegando immagini satellitari ad alta risoluzione, planimetrie di città e monumenti, nonché ricostruzioni in 3D di edifici. Accanto ai rendering tridimensionali, la forma principale di comunicazione scelta è il filmato. Completa il corredo informativo una carta cronologica che offre all'utente le principali coordinate di riferimento, con le date e i principali eventi, del periodo storico in esame.

Il sito, organizzato in tre lingue (Italiano, Inglese, Arabo) prevede un percorso di visita di circa sette ore.

**Sito web:** [www.virtualmuseumiraq.cnr.it](http://www.virtualmuseumiraq.cnr.it)

### Collaboratori

- Gianpiero Perri (Project Manager), Dipartimento Patrimonio Culturale
- Francesco Antinucci (Responsabile Progetto Comunicativo), CNR-ISTC
- Francesco Gabellone (Computer Graphics), CNR-IBAM
- Stefania Berlioz Università degli Studi di Perugia, (Redazione scientifica)

*The Virtual Museum of Iraq is a scientific and cultural on-line multimedia project, promoted by the Italian Ministry of Foreign Affairs and realized by the Italian National Research Council (CNR). The network portal aims at being a concrete contribution to the knowledge of the important Historical and Archaeological Heritage of the Ancient Mesopotamia. The site is the fruit of a close synergy between scholars of Ancient History, computer specialists, researchers in Communication Systems, architects, as well as operators in 3D Modeling, referring to different Institutes of CNR.*

*The virtual path, through Eight Thematic Halls set up in chronological order, includes the principal stages of the Near East history; from the birth of the first farming Neolithic settlements to the foundation of the Empires of a "Universal Dimension", such as Babylonian and Assyrian kingdoms. The Virtual Journey concludes with the period of the Islamic Caliphates. Each hall contains a selection of artifacts claimed as representative of the historical period in question; each chronological phase is presented through different user formats, such as an informative catalogue, three-dimensional models, short videos with animation and 3D reconstructions. Using hyper-textual links, interactive geopolitical maps provide detailed information on the most important archaeological sites by means of high resolution satellite images, blueprints and 3D reconstructions of cities and monuments.*

*A Chronological Timeline completes the general informative framework. The web site, available in Italian, English and Arabic, can be viewed in approximately Seven hours of navigation.*



Fig. 1 Homepage del sito con la riproduzione della scultura nota come Dama di Uruk. *Homepage with the representation of the 'Lady of Warka (ancient Uruk)', a well-known alabaster sculpture of Sumerian Art.*



Fig. 2 Ricostruzione in 3D del palazzo del re assiro Sargon II a Khorsabad. *3D Reconstruction of the Palace attributed to Sargon II at Khorsabad.*

Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali (ITABC): [www.itabc.cnr.it](http://www.itabc.cnr.it)  
 Dipartimento Patrimonio Culturale  
 Supervisione Scientifica: **Prof. Roberto de Mattei**  
 Responsabile scientifico: **Eva Pietroni**, [eva.pietroni@milib.itabc.cnr.it](mailto:eva.pietroni@milib.itabc.cnr.it)

“L’approvazione della Regola francescana”: un’esperienza virtuale tra i personaggi dell’opera di Giotto. Nell’ambito della mostra “I colori di Giotto (Assisi, 10 aprile - 5 settembre 2010) il CNR ha realizzato due installazioni di realtà virtuale che consentono un’immersione sensoriale nella scena. La Conferma della Regola, uno degli episodi più significativi delle storie francescane tra quelli affrescati da Giotto nella Basilica di S. Francesco di Assisi alla fine del XIII secolo. Partendo dall’analisi dell’impostazione prospettica di Giotto è stato creato un modello t3D della scena, mappato con la pittura originale dell’affresco. La prima installazione, più immersiva, consiste in un ambiente di interazione virtuale in cui la ricostruzione 3D dell’affresco di Giotto, drammatizzata, viene proiettata su una superficie di circa 5x4 metri. I personaggi si animano e la scena viene raccontata durante il suo svolgimento. Nello spazio buio antistante la proiezione il pubblico è libero di muoversi e con i movimenti del proprio corpo esplora lo spazio virtuale fino a penetrarlo e a confondersi fra i personaggi di Giotto (interfacce di interazione naturale). Lo spazio raffigurato da Giotto diventa così un luogo esperibile, narrativo, d’impatto emotivo e di coinvolgimento multisensoriale. La seconda installazione virtuale, più descrittiva e interpretativa, è dedicata all’indagine spaziale e prospettica dell’immagine giottesca, in rapporto con quanto la sua resa tridimensionale mette in luce.

**Sito web:** [www.icoloridigiotto.it](http://www.icoloridigiotto.it)

### Collaboratori

Luca Biada, BCAA srl

Massimiliano Forlani, Andrea Petrucci, Laboratorio Romano srl

Claudio Rufa, Softlogic srl

*The “Approval of the Franciscan Rule”: Virtual Experience amongst the Characters in Giotto’s Work. Within the exhibition “Giotto’s colours”, (Assisi 10th of April - 5th of October 2010), the CNR realized an innovative project creating a virtual environment from the scene “The Rule Confirmation”, painted by Giotto at the end of the 13th century in the Upper Basilica of St. Francis in Assisi.*

*Starting from Giotto’s use of perspective and from a very accurate study of the proportion, of the view points and the elements painted in his scene, a t3D model was realized, matching as nearly as possible the original. Giotto’s painting was acquired at very high definition and used for the texturing of the t3D models. A wondering effect has been obtained, as it is possible to recognize the artist’s strokes and style on the 3D volumes. The visitor can move and explore in real time within this virtual environment, in order to live an experience of both sensorial, emotional immersion and conceptual comprehension of Giotto’s style. Two installations have been realized. In the first one public can virtually enter into the Giotto’s scene. The installation is located in a dark space and the visualization is projected on a surface 4x5 meters. Visitors interact within the virtual space and mix with the characters without mouse, joystick, etc. but just using body movements, in a simple and natural way (natural interaction). The scene itself is brought to life: the characters are animated and represented while performing the action described in the scene. The second installation has more descriptive and interpretative purposes and it is dedicated to the analyses of Giotto’s space and perspective, through a direct comparison between the 2D and 3D representations.*



Fig. 1 Esplorazione virtuale della scena di Giotto “La Conferma della Regola” attraverso interfacce d’interazione naturale.

*Virtual exploration of Giotto’s scene “The Rule conformation” through natural interaction.*



Fig. 2 Seconda postazione di realtà virtuale dedicata all’indagine spaziale della scena di Giotto.

*The second Virtual Reality installation dedicated to the spatial investigation of Giotto’s scene.*



## Dallo scavo alla ricostruzione 3D: il caso studio di Prinias a Creta (Grecia)

## From the digging to the 3D reconstruction: the case-study at Prinias on Crete (Greece)

Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM): [www.ibam.cnr.it](http://www.ibam.cnr.it)  
Dipartimento Patrimonio Culturale  
Responsabile scientifico: **Salvatore Rizza**, [s.rizza@ibam.cnr.it](mailto:s.rizza@ibam.cnr.it)

Il lungo lavoro di digitalizzazione e di sistematica schedatura di tutto il materiale grafico, fotografico e documentario in genere, relativo all'attività di scavo svolta dalla Missione Archeologica Italiana di Prinias (Creta) a partire dal 1969, ci consente oggi di proporre la ricostruzione tridimensionale di parti del sito non più visibili o, se pure in vista, difficilmente interpretabili a causa della esiguità dei loro resti. Due i casi affrontati finora: la ricostruzione di alcune tombe monumentali a tholos e quella di una officina di vasai (in uso tra il VII e il VI sec. a.C.), dalla quale provengono le forme vascolari, specie quelle di uso domestico, ritrovate in abbondanza nell'area della città. Il vantaggio di queste ricostruzioni è duplice: da un lato munire i ricercatori di uno strumento utile alla comprensione del contesto archeologico anche in previsione della pubblicazione dei risultati dello scavo, dall'altro rendere comprensibile, anche a un pubblico di non addetti ai lavori, l'aspetto e la funzione di interi complessi architettonici.

*The long work of digitization and data management of the graphic, photographic and documentary materials, coming from old and new excavations carried out by the Italian Archaeological Mission of Prinias (Crete) since 1969, allows us to propose the three-dimensional reconstruction of some invisible or hardly interpretable parts of the site. Up to now, the faced cases are the following two: the representation of some monumental "tholoi" of the Siderospilia necropolis (approximately 680 graves) and the reconstruction of a pottery-workshop (in use between the 7th and the 6th century B.C.), located in the so called Mandra di Gipari hill, which produced a large amount of the pottery founded during the city excavations. The goal of these reconstructions is double: to provide the researchers of an useful tool for understanding archaeological contexts in forecast of the results publication; to make comprehensible, even to a not employees, the aspect and the function of whole architectural complexes.*

### Collaboratori

Gaetana Marchesini, Giovanni Nicoletti, Angelo Nicolosi,  
Orazio Pulvirenti, CNR-IBAM

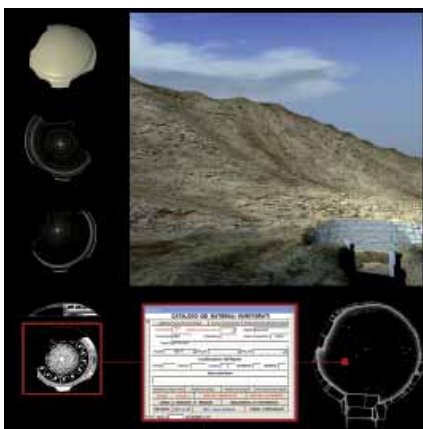


Fig.1 Necropoli di Prinias. Modello 3D di una tholos e schedatura di un oggetto ritrovato al suo interno.  
*Prinias Necropolis. Tholos F. Example of 3D virtual reconstruction and data management.*



Fig.2 Prinias. Ipotesi ricostruttiva dell'officina dei vasai. Modellazione 3D.  
*Prinias. The so-called Mandra di Gipari hill. 3D reconstruction of the pottery-workshop.*

## Riutilizzo multimediale di monumenti medievali

## Multimedia reuse of medieval monuments

Istituto di Storia dell'Europa Mediterranea (ISEM): [www.isem.cnr.it](http://www.isem.cnr.it)

Dipartimento Identità Culturale

Responsabili scientifici: **Maria Grazia Mele**, [mele@isem.cnr.it](mailto:mele@isem.cnr.it) - **Giovanni Serreli**, [serreli@isem.cnr.it](mailto:serreli@isem.cnr.it)

Obiettivo del progetto è lo studio storico con valorizzazione del territorio e delle testimonianze superstiti. Attraverso l'utilizzo di nuove tecnologie che rendono immersivo il percorso di riscoperta della storia, la ricerca tradizionale sulle fonti d'archivio supera gli stretti confini di una comunicazione specialistica per attivare una riflessione avvincente su Medioevo e Età Moderna nel Mediterraneo in cui i monumenti parlano di sé stessi e raccontano. Attualmente studio e valorizzazione si incentrano su due attività: le Torri multimediali, in cui le torri di Età Moderna costruite lungo le coste del Mediterraneo occidentale a difesa dalle incursioni turco-barbaresche, esaurita la loro funzione militare, vengono reinserite in una rete informatica diventando veicolo di conoscenza; il MudA, è un allestimento multimediale che fa immergere i visitatori nelle suggestioni del Medioevo. Il percorso si articola in varie sale dove, attraverso immagini, suoni e atmosfere suggestive, si crea una sorta di svecchiamento continuo coinvolgendo il visitatore in un'esperienza percettiva completa.

### Sito web:

[www.isem.cnr.it/index.php?page=news&id=2&lang=it](http://www.isem.cnr.it/index.php?page=news&id=2&lang=it)

### Collaboratori

Juan Jesús Bravo Caro, Università di Malaga

Lluís Guia Marín, Università di Valencia

Miguel Àngel de Bunes Ibarra, Roser Salicrú i Lluch, Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Daniele Vacca, Regione Sardegna

Edward Gregory-Jones, Maria Elena Seu

Francesco Casu, Olindo Merone, Atalaya onlus

*The project intends to carry out a historical research, aimed at enhancing territorial development and testimonies of the past. The use of modern technology makes the discovery of history an involving experience. Traditional research, based on archival sources, can reach beyond the narrow boundaries of sectorial language and commence an enthralling discovery of Medieval and Modern-Age monuments.*

*Currently, there are two main activities in the project: Multimedia Towers, in which the the defence towers built during the Modern Age along the Mediterranean coastlines to contrast Turkish and Berber piracy have now lost their strategic and military importance, but they can be included in a digital network, thus becoming a vehicle of knowledge themselves; the MudA, a multimedia exhibition where the visitors are plunged in a medieval setting. The visit takes place across different rooms where pictures, sounds and an exciting atmosphere give the visitor a comprehensive perceptual experience.*

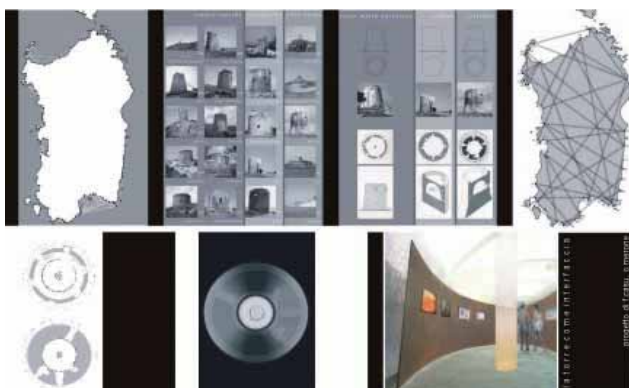


Fig. 1 Torri Multimediali. La torre come interfaccia.  
*IMultimedia Tower. Towers become an interface.*



Fig. 2 Progetto preliminare del MudA (Museo Multimediale del regno di Arborea).  
*MudA, Multimedia museum of the Arborea Kingdom, preliminary project.*



## Byherinet, nuove metodologie per la valorizzazione e la fruizione del patrimonio culturale bizantino

## Byherinet, new methodologies for the interpretation of the byzantine heritage

Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM): [www.ibam.cnr.it](http://www.ibam.cnr.it)

Dipartimento Patrimonio Culturale

Responsabili scientifici: **Nicola Masini**, [n.masini@ibam.cnr.it](mailto:n.masini@ibam.cnr.it) - **Dimitris Roubis**, [d.roubis@ibam.cnr.it](mailto:d.roubis@ibam.cnr.it)

**Francesca Sogliani**, [f.sogliani@ibam.cnr.it](mailto:f.sogliani@ibam.cnr.it)

Il progetto ByHeriNet (Interreg IIIB Archimed) è nato con l'intento di recuperare e valorizzare gli impianti religiosi e gli itinerari culturali di età bizantina presenti nel Mediterraneo orientale. La ricerca multidisciplinare ha portato allo sviluppo di ricostruzioni virtuali e database relazionali per la fruizione a distanza di monumenti e siti caratterizzati da difficili condizioni di accessibilità. A tal fine sono state sviluppate e utilizzate metodologie e tecnologie per la realizzazione di modelli tridimensionali eseguiti con tecniche di laser scanner, fotogrammetria e fotomodellazione 3D, applicati a contesti di età bizantina della Basilicata e della provincia di Lecce, con particolare riferimento a quei monumenti che denotano elementi architettonici e decorativi di particolare interesse e/o particolarmente rappresentativi del periodo oggetto di studio. Sono stati anche realizzati data-base relazionali, compatibili con piattaforme GIS, mappe digitalizzate e analisi spaziali. La finalità principale dell'applicazione di tali tecnologie risiede nella possibilità di rendere fruibili attraverso il web o attraverso prodotti stand-alone i risultati raggiunti, consentendo agli utenti di visitare i monumenti sia attraverso sistemi di visita 3D RealTime sia attraverso panorami 3D sferici e interattivi.

*BYHERINET Project (Interreg IIIB Archimed) has been focused on the recovery, highlighting and enjoyment of religious sites and cultural routes of the Byzantine period in the eastern Mediterranean. The multidisciplinary research developed a productive pipeline for educational applications in which priority is the use of Virtual Reality and platforms for the remote use of cultural heritage, especially for non-accessible sites and monuments. For this purpose integrated methodologies have been developed for the realization of three-dimensional models made with laser scanning techniques, photogrammetry and 3D model, applied to the Byzantine contexts in the Region of Basilicata and in the province of Lecce (Puglia), with particular reference to those monuments that show architectural and ornamental items of interest and/or particularly representative of the period considered. The project implemented also database compliant to GIS platforms, digitization of maps and spatial analysis. The main purpose of the application of these technologies is the possibility to make available the results achieved through the web or through stand-alone products, allowing users to visit the monuments through 3D RealTime access systems as through 3D Spherical and interactive panoramas.*

### Sito web:

[www.byherinet.it](http://www.byherinet.it); [www.byherinet.org](http://www.byherinet.org); [www.itlab.ibam.cnr.it](http://www.itlab.ibam.cnr.it)

### Collaboratori

Francesco Gabellone, CNR-IBAM



Fig. 1 Progetto ByheriNet - Piattaforma per visita a distanza dei siti bizantini di Basilicata e Puglia.

*ByheriNet Project - Distance visiting Platform of Byzantine sites of Puglia and Basilicata regions.*



Fig. 2 Progetto ByheriNet - Data Base e GIS per la realizzazione degli itinerari bizantini in Basilicata.

*ByheriNet Project - Database and GIS for enjoyment of Byzantine cultural itineraries of Puglia and Basilicata regions.*

## GIOVE virtual tour: sviluppo di ambienti virtuali o aumentati a supporto della fruizione dei siti turistici

## GIOVE virtual tour: development of virtual or augmented environments supporting touristic sites fruition

Istituto di Tecnologie Industriali e Automazione (ITIA): [www.itia.cnr.it](http://www.itia.cnr.it)  
Dipartimento Sistemi di Produzione  
Responsabile scientifico: **Marco Sacco**, [marco.sacco@itia.cnr.it](mailto:marco.sacco@itia.cnr.it)

GIOVE (Graphics and Interaction for OpenGL-based Virtual Environments) è un insieme di librerie software sviluppate dall'Istituto di Tecnologie Industriali e Automazione (ITIA) per la creazione di ambienti virtuali. A partire da GIOVE sono già state sviluppate varie applicazioni che hanno in comune un insieme di funzionalità base. L'ambiente visualizzato è esplorabile sia camminando all'interno di paesaggi e di edifici virtuali che sorvolandoli, per avere una visione completa dell'intera scena. Nell'ambiente virtuale possono collaborare più utenti connessi in rete, interagendo contemporaneamente con i vari elementi della scena e potendo osservare gli altri avatar e le loro azioni con la possibilità di parlarsi in teleconferenza. Inoltre scambiando informazioni con software esterni è possibile all'interno dell'ambiente virtuale visualizzare i risultati da essi prodotti. Partendo da queste funzionalità è previsto lo sviluppo di un software basato su GIOVE dedicato alla creazione e all'utilizzo di ambienti virtuali o aumentati a supporto della fruizione dei siti turistici (GIOVE Virtual Tour).

### Collaboratori

Giovanni Paolo Viganò, CNR-ITIA

*GIOVE (Graphics and Interaction for OpenGL-based Virtual Environments) is a set of software libraries developed by the Institute of Industrial Technologies and Automation (ITIA) of the CNR for Virtual Environments creation. A number of application were already developed using GIOVE, all of them have a common set of basic functionalities. The Virtual Environment can be explored both walking inside buildings or environments and flying over them to have a complete overview of the whole scene. Different users can collaborate over the network in the Virtual Environment, they can interact with objects in the scene, seeing other avatars acting in the same environment and optionally talking in a voice conference.*

*Furthermore it is possible to display in the Virtual Environment data output from external software. Starting from these functionalities ITIA-CNR has planned the development of a GIOVE based software tool, designed for creating and experiencing Virtual or Augmented Environments supporting touristic sites fruition (GIOVE Virtual Tour).*



Fig. 1 Ambiente virtuale visualizzato con GIOVE.  
*Virtual Environment rendered by GIOVE.*



Fig. 2 Completamento in realtà virtuale di una statua.  
*Completing a sculpture with Virtual Reality.*





## Riconoscimento automatico di monumenti da fotografia

## Automatic recognition of monuments in photos

Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandra Faedo" (ISTI): [www.isti.cnr.it](http://www.isti.cnr.it)  
Dipartimento Tecnologie dell'Informazione e delle Comunicazioni  
Responsabile scientifico: **Giuseppe Amato**, [giuseppe.amato@isti.cnr.it](mailto:giuseppe.amato@isti.cnr.it)

La tecnologia sviluppata permette di riconoscere in maniera automatica i monumenti presenti nelle fotografie digitali. L'approccio utilizzato fa uso di tecniche di apprendimento automatico applicate a rappresentazioni delle immagini tramite features di tipo globale, quali ad esempio MPEG-7, e di tipo locale, quali ad esempio SIFT e SURF.

La tecnica è stata specializzata per due scenari: la ricerca di immagini contenenti specifici monumenti all'interno del web o di grandi archivi di immagini non pre-classificate e il riconoscimento on-line di monumenti nelle foto scattate dagli utenti. Nel primo caso il problema grosso che si è studiato è quello di riuscire a decidere quali sono le immagini più rilevanti a una richiesta in maniera efficiente e precisa. Nel secondo caso, il problema che si è studiato è come essere il più precisi possibile evitando falsi positivi e negativi.

Questa tecnologia è anche accessibile da telefonino cellulare di ultima generazione: si può scattare una foto a un monumento per poi averne una sua descrizione.

### Sito web:

<http://multimatch01.isti.cnr.it:18080/>; [ImageClassificationUI/](http://ImageClassificationUI/);  
[www.visitotuscany.it /](http://www.visitotuscany.it/)

### Collaboratori

Paolo Bolettieri, Fabrizio Falchi, Fausto Rabitti, Pasquale Savino, CNR-ISTI

*The developed technology allows recognizing monuments contained in digital pictures automatically. The approach developed by the Institute of Information Science and Technology is based on techniques of machine learning applied to image representation in terms of global features, as for instance MPEG-7, and local features, as for instance SIFT and SURF.*

*The technique has been adapted for two different scenarios: the searching for images containing specific monuments in large image archives or in the web and the on-line recognition of monuments from photos taken by users. In the first case the main problem studied was to decide about the relevant images in large archives efficiently and effectively. In the second case the main problem investigated was to maximize the effectiveness so that false hits and false dismissals are minimized.*

*This technology can also be used from a smart phone: users can take pictures of monuments with their smart phones to have information about them.*



Fig. 1 Riconoscimento del contenuto di una foto fatta da cellulare di ultima generazione.

*Content recognition of a picture taken with a smart phone.*

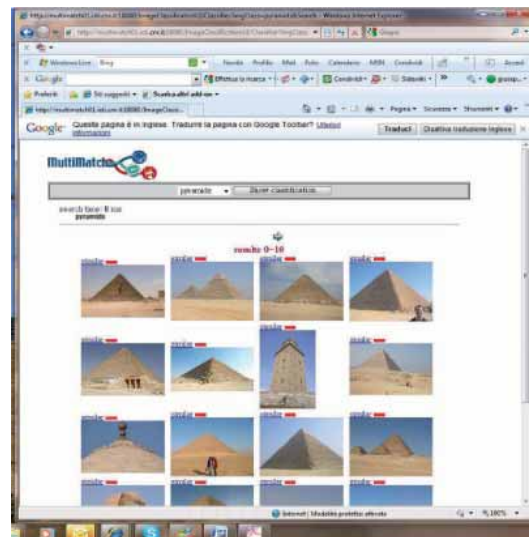


Fig. 2 Ricerca di immagini contenenti monumenti, utilizzando il solo contenuto visuale.

*Searching for images containing specific monuments, using images visual content.*

## Integrazione di tecniche EO (Earth Observation) per l'archeologia e a tutela del patrimonio culturale

## Integration of EO (Earth Observation) technologies for archaeological investigations and cultural heritage management

Istituto di Metodologie di Analisi Ambientali (IMAA): [www.imaa.cnr.it](http://www.imaa.cnr.it)

Dipartimento Terra e Ambiente

Responsabili scientifici: **Rosa Lasaponara**, [lasaponara@imaa.cnr.it](mailto:lasaponara@imaa.cnr.it)

Lo sviluppo di sistemi osservativi multi-sorgente, multi-risoluzione e multi-frequenza (basati sull'integrazione di sensori alloggiati su piattaforme aviotrasportate e satellitari e di sistemi mobili per misure in-situ) apre nuove frontiere applicative nel settore dei beni culturali.

Studi volti a riportare alla luce facies insediative di antiche civiltà possono essere efficacemente supportate da tecnologie di EO (dalla geofisica, al telerilevamento da aereo e da satellite). Ciascuna di esse fornisce un contributo complementare dovuto alla diversa scala e al diverso sensore di acquisizione di dati nel sottosuolo. Lo sviluppo e l'ottimizzazione di tali risorse rappresenta una sfida per il mondo archeogeofisico.

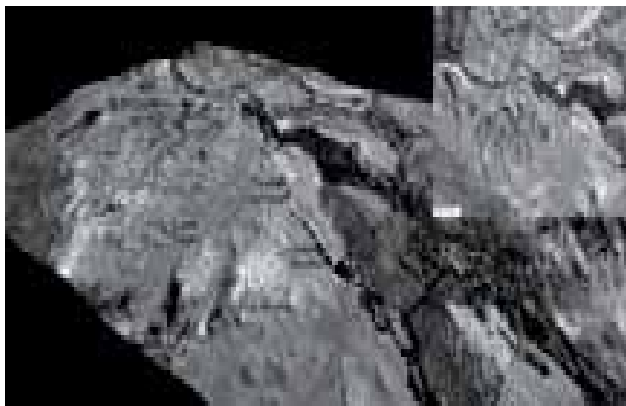
Le ricerche condotte dall'Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM) e dall'Istituto di Metodologie di Analisi Ambientali (IMAA) in diversi siti archeologici hanno consentito di mettere a punto procedure di integrazione di immagini multi spettrali, dati acquisiti da georadar, magnetometria e geoelettrica ed elaborazioni mediante algoritmi di autocorrelazione spaziale per l'individuazione di siti sepolti e per diversi contesti ambientali, geologici e insediativi. Significativa è l'esperienza che i due istituti CNR svolgono dal 2007 nel deserto di Nazca (Perù). L'area oggetto di indagine è il Centro Cerimoniale di Cahuachi costruito in terra cruda in un arco temporale compreso tra il IV sec. a.C: e il V sec. d.C.

### Collaboratori

Enzo Rizzo, Rosa Coluzzi, Antonio Lanorte, CNR-IMAA  
Nicola Masini, Maurizio Lazzari, Maria Danese, CNR-IBAM

*The recent increasing development of multi-sensors and multi-sources technologies, based on the integration of space and airborne sensors with in situ-measurements, opens new perspectives in the field of cultural heritage. The combined use of geophysical investigations with high resolution satellite and aerial data can improve capacity to uncover unique and invaluable information, from the detection to the management and preservation of cultural resources and landscapes. Nevertheless, the use of Earth Observation for archaeology and cultural heritage is still an open issue and the research activities are in their infancy stage.*

*Researchers from two CNR-Institutes (Institute for Archaeological and Monumental Heritage, IBAM and Institute of Methodologies for Environmental Analysis, IMAA) addressed this strategic challenge. They developed an innovative data processing based on the integration of multispectral imagery, data acquired by georadar, geomagnetic and geoelectric techniques and algorithms of spatial autocorrelation to capture the subtle traces linked to the past human activities. This approach has been tested in different geographic areas for different historical periods and civilizations. In particular, in the framework of research activities carried out since 2007 in South America, significant discoveries have been made in the Nazca desert (Peru). The investigated area is the Cerimonial centre of Cahuachi built in adobe (earthen material) between the IV sec. b.C to the V sec. a.C.*



Form per l'inserimento delle schede.  
*Input Form for numismatic data.*



Form per la ricerca e la creazione di output.  
*Query Form for reports and output files.*



## L’Oro del Nord: l’ambra in archeologia e archeometria

## The gold of the North: amber in archaeology and archaeometry

Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM): [www.ibam.cnr.it](http://www.ibam.cnr.it)  
Dipartimento Patrimonio Culturale  
Responsabile scientifico: **Massimo Cultraro**, [massimo.cultraro@cnr.it](mailto:massimo.cultraro@cnr.it)

Il progetto INDAS (“Indagini Non Distruttive su Ambre della Sicilia”) è un’attività di ricerca multidisciplinare finalizzata all’indagine del complesso mondo dell’ambra nella Sicilia antica, area nella quale è documentato, su base archeologica, l’utilizzo di depositi resinosi locali e la circolazione della più pregiata ambra baltica. Una revisione critica della letteratura disponibile, nonché lo studio diretto di materiali di recente scoperta, ha permesso un inquadramento crono-tipologico e una campionatura mirata per le indagini archeometriche. Le analisi sono state condotte con la tecnica DRIFT (Diffuse-Reflectance Infrared Fourier Transform Spectroscopy), contribuendo a creare due database spettroscopi di campioni di ambre geologiche, al fine di avere un valido sistema di riferimento per gli studi di provenienza. La prima fase (Eneolitico e antica età del Bronzo) mostra lo sfruttamento di depositi resinosi locali, la c.d. Simebite o Ambra del Simeto. Nel periodo successivo (età del Bronzo Medio e Tardo) si registra la più antica evidenza di ambra dall’Europa settentrionale, in concomitanza con la circolazione di prodotti d’importazione di fabbrica egeo-micenea. Questi primi risultati sono al momento di grande interesse e confermano il ruolo centrale giocato dai manufatti in ambra quali indicatori di una complessa rete di scambi a lunga distanza nel Mediterraneo antico.

*The INDAS Project (Investigations Non-Destructive on Amber of Sicily) is a multidisciplinary scientific activity which aims at exploring the complex world of Amber in ancient Sicily, where archaeologically, in particular during the 11nd Millennium B.C., there is a solid evidence of exploitation of local resin sources, as well as the circulation of the most appreciate Baltic Amber. A critical review of the available literature and the study of recently discovered materials enabled an overall chrono-typological assessment of the materials, and the reasoned sampling of specimens for archaeometric analysis. The analyses are performed with the DRIFT technique (Diffuse-Reflectance Infrared Fourier Transform Spectroscopy), contributing to develop two spectroscopic databases of geological ambers in order to have a good reference for the provenance study. The earliest phase (Aeneolithic and early Bronze Age) shows the exploitation of local sources, the so-called Simebite Amber. In the next period (Middle and Late Bronze Age) the Amber objects are of North Europe origin and are also associated with the circulation of Aegean-Mycenaean material. These preliminary data are of great interest and confirm the important role played by Amber as main indicator of widespread exchanges in ancient Mediterranean*

### Collaboratori

Prof. Curt W. Beck, Amber Research Laboratory, Vassar College  
New York, USA



Fig. 1 Collana in ambra dalla T.31 di Piazza Monfalcone/Lipari (ME) (XII sec. a.C.).  
*Amber necklace found in Tomb 31 at Piazza Monfalcone, Lipari (Messina) – XII century BC.*



Fig. 2 Nucleo di grandi dimensioni di ambra dalla Sicilia orientale (collezione privata).  
*Large piece of Amber found in Eastern Sicily (Private Collection).*

## Interrelazioni mediterranee nell'età del bronzo. Analisi archeologiche e archeometriche delle ceramiche egee in Italia

## Mediterranean interrelations in the bronze age. Archaeological and archaeometric analysis of the Aegean pottery in Italy

Istituto di Studi sulle Civiltà dell'Egeo e del Vicino Oriente (ICEVO): [www.icevo.cnr.it](http://www.icevo.cnr.it)

Dipartimento Patrimonio Culturale

Responsabile scientifico: **Marco Bettelli**, [marco.bettelli@icevo.cnr.it](mailto:marco.bettelli@icevo.cnr.it)

Nel Mediterraneo centrale la ceramica micenea è presente in circa 100 siti, insediamenti, necropoli e altri tipi di contesti distribuiti più fittamente nelle aree costiere dell'Italia meridionale e nelle isole, ma anche al centro-nord, per un arco di tempo di oltre mezzo millennio, corrispondente alle fasi italiane dal Bronzo medio al Bronzo finale (XVII-XI sec. a.C. ca.). Lo studio combinato degli aspetti tipologici, tecnologici e stilistici dei reperti e dei risultati delle analisi archeometriche (500 campioni ca. e 850 analisi effettuate), permette, in molti casi, di individuare le aree di provenienza delle ceramiche importate e di tracciare quindi una mappa delle rotte di collegamento che percorrevano il Mediterraneo, compreso il suo settore più orientale con l'isola di Cipro, quasi un millennio prima delle colonizzazioni greca e fenicia di età storica. Le analisi archeometriche hanno inoltre rivelato e definito l'esistenza di officine ceramiche che producevano vasellame di tecnologia e stile miceneo in varie regioni dell'Italia meridionale e delle isole. Fra le possibili ipotesi si sta soprattutto approfondendo quella relativa alla presenza in Italia, su base eventualmente temporanea (periodica e stagionale?) di artigiani formati in ambito egeo, i quali potrebbero aver prodotto, in diversi centri, vasellame specializzato di tipo miceneo, adeguato alle richieste e preferenze locali. Inoltre sembra chiaro come il consumo di questo genere di prodotti altamente specializzati e stilisticamente assai elaborati fosse riservato a una ristretta compagine sociale, probabilmente i membri dell'élite che risiedeva all'interno dei centri indigeni.

### Collaboratori

Lucia Alberti, Andrea Di Renzoni, CNR-ICEVO

Sara T. Levi, Università di Modena e Reggio Emilia

Richard E. Jones, Università di Glasgow

*Mycenaean pottery has been found at ca. 100 sites in peninsular Italy and neighbouring islands, dating from the middle to late Bronze Age. Analysis, most of them chemical, for information about origin, have been carried out on nearly 500 samples of Mycenaean pottery, about a quarter of the published corpus, from nearly half of the sites. There have been some 850 analysis featuring not only chemical but particularly petrographic and mineralogical analysis, of, concerning first, specialized wares, such as Grey ware and pithoi and second, for reference purposes, the local indigenous hand-made burnished ware (impasto). Collectively, the analyses indicate that the majority of the pottery examined was produced in Italy (hereafter this pottery is termed "Italo-Mycenaean") and that while the main source of the imported pottery was the Peloponnese, imports from elsewhere in the Aegean also featured, as did imports from Cyprus and the Levant. In outline the chronological trend is evident: in the earliest phases all the Mycenaean pottery is imported, while in the later phases there was increase in local production; this may imply the presence in Italy of Aegean craftsmen, even if on temporary basis. The limited number of the Aegean-type vases in comparison with the local impasto pottery, shows on one hand that the technological transfer involved only a few craftsmen of Aegean origin or training, and, on the other hand, that these very specialized and sophisticated vases seem to circulate only among a restricted social network inside the local settlements.*



Fig. 1 Giara a staffa da Porto Perone (TA), non analizzata ma probabilmente importata dalla Grecia. Tardo Elladico IIIB (XIII sec. a. C.).

*Stirrup jar from Porto Perone (TA), not analyzed, probably imported from Greece. Late Helladic IIIB (XIII cent. b. C.).*



Fig. 2 Anfora di tipo egeo da Broglio di Trebisacce (CS), di fabbricazione locale. Tardo Minoico IIIB (XIII sec. a. C.).

*Aegean-type amphora from Broglio di Trebisacce (CS), locally made. Late Minoan IIIB (XIII cent. b. C.).*



## Il centauro di Lefkandi

## The Lefkandi centaur

Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM): [www.ibam.cnr.it](http://www.ibam.cnr.it)

Dipartimento Patrimonio Culturale

Responsabile scientifico: **Fabio Caruso**, [fabio.caruso@cnr.it](mailto:fabio.caruso@cnr.it)

Con il Centauro di Lefkandi (Eubea, intorno al 900 a.C.) si aprono i più recenti manuali d'arte greca. Il fascino dell'opera risiede oltre che nell'alta antichità nelle modalità di recupero: la statuetta fu infatti decapitata e le due parti sepolte in tombe distinte. La ricerca mira a definire la natura di questo misterioso rito, sottolineando il rapporto che il mito stabilisce fra i centauri e il sole, e analizzando gli altri oggetti restituiti dalle sepolture: un coltello-falce e un vasetto decorato con quattro svastiche, una delle quali non completata. I dati sembrano adattarsi al rituale orientale del re sostituto: quando si verificava un'eclissi il posto del re legittimo veniva preso da un sostituto, cui veniva data una moglie; i due venivano infine uccisi perché portassero nell'Oltretomba gli effetti del presagio funesto. L'esorcismo prevedeva anche che speciali statuette fossero sepolte con le vittime. Si può pensare che il Centauro sia stato coinvolto in un rito simile in una delle due eclissi di sole totali che si verificarono in Grecia nel 907 e nel 901 a.C.

*The recent handbooks of Greek Art usually starts with the statuette of the Lefkandi Centaur (about 900 B.C.). This work is fascinating not only because of its antiquity, but also because of the extraordinary circumstances of its finding: the statuette was beheaded and the two parts were buried in two different graves. The aim of this research is to define the nature of this peculiar rite, by the analysis of the mythological sources talking about the relations between the Centaurs and the Sun and of the other objects found in the graves (a sickle-shaped knife and a vase with an incomplete swastika incised on it). The evidences lead us to think of an Eastern ritual: when a solar eclipse happened, the king was temporarily replaced by a substitute who married a woman; after the wedding, the couple was killed in order to send the ruinous omens of the eclipse to the Underworld. Special statuettes were buried with the victims: maybe our Lefkandi Centaur was buried in a similar rite during one of the two solar eclipses which took place in Greece in 907 and 901 B.C.*



Fig. 1 Centauro di Lefkandi (terracotta, Museo Archeologico di Eretria).  
*Centaur from Lefkandi (terra cotta, Archaeological Museum of Eretria).*



Fig. 2 Eclissi totale di sole visibile dall'Eubea il 5 novembre del 901 a.C. Mappa del cielo ottenuta tramite il programma Planetario 2.0 (P. Massimino).  
*Total solar eclipse visible from Eubea, 901 a.C. Sky Map (Planetario 2.0 program by P. Massimino).*

## Gli etruschi: vita quotidiana a Cerveteri

## The etruscans everyday life in Cerveteri

Istituto di Studi sulle Civiltà Italiche e del Mediterraneo Antico (ISCIMA): <http://soi.cnr.it/iscima>  
Dipartimento Patrimonio Culturale

Responsabili scientifici: **Vincenzo Bellelli**, [vincenzo.bellelli@iscima.cnr.it](mailto:vincenzo.bellelli@iscima.cnr.it) - **Paola Moscati**, [paola.moscati@iscima.cnr.it](mailto:paola.moscati@iscima.cnr.it)

Il progetto, nato in collaborazione con la Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Etruria meridionale, intende sviluppare la ricostruzione del paesaggio, antropico e naturale, di una delle più importanti città del mondo etrusco, Cerveteri (antica Caere). L'attività scientifica, della quale saranno presto resi i risultati in rete, prende avvio dalla ricerca trentennale condotta dall'Istituto di Studi sulle Civiltà Italiche e del Mediterraneo Antico (ISCIMA), attraverso la collaborazione di archeologi e tecnici informatici, concentrandosi nell'area urbana dell'antica Cerveteri. L'obiettivo principale prevede la realizzazione di un itinerario multimediale attraverso il quale l'utente potrà muoversi visitando i principali monumenti della città etrusca. Il focus del percorso è una narrazione interattiva intorno al monumento archeologico, inteso come testimonianza legata al territorio ma anche mezzo di informazioni storico-culturali. L'apporto delle tecnologie multimediali, insieme ad una accurata ricostruzione storica degli edifici, offrono al visitatore una visione originale ed accattivante della vita quotidiana in una città etrusca.

### Collaboratori

Marcello Bellisario, CNR-ISCIMA

*The project, in cooperation with the Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Etruria meridionale, aims to provide the reconstruction of the human and natural landscape of one of the most important Etruscan settlements, Cerveteri (ancient Caere). The scientific activity, which is available on-line sooner, starts from the thirty years research carried out by the Institute for the Study on the Italic and Ancient Mediterranean Civilisations (ISCIMA) of the CNR, thanks to the synergy between archaeologists and informatics, focusing on the urban area of ancient Cerveteri. The main goal provides the realization of a multimedia path throughout the user can move visiting the most important buildings of the Etruscan city. The focus of the visit is an interactive story-telling around the archaeological monument, as a testimony strongly connected with its environment as well as medium for historical and cultural information. The contribution of the multimedia technologies, together with the historically precise reconstruction of the ancient buildings, give to the user an original and attractive picture of the everyday life in an Etruscan city.*



Fig. 1 Cerveteri: veduta aerea degli scavi CNR in località Vigna parrocchiale.  
*Cerveteri: aerial view of the CNR excavations in Vigna Parrocchiale.*



Fig. 2 Visita alle mura della città antica con l'aiuto di apparecchiature portatili.  
*Visit to the walls of the ancient city with the support of portable tools.*



## Il regno di Napoli disegnato dai Cavalieri di Malta

## The kingdom of Naples through the paintings of the Knights of Maltese Order

Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM): [www.ibam.cnr.it](http://www.ibam.cnr.it)  
Dipartimento Patrimonio Culturale  
Responsabile scientifico: **Antonella Pellettieri**, [a.pellettieri@ibam.cnr.it](mailto:a.pellettieri@ibam.cnr.it)

Si tratta di uno studio, ancora in corso, condotto nell'ultimo quinquennio negli archivi pubblici e privati del Mezzogiorno d'Italia, nell'Archivio del Gran Magistero del Sovrano Militare Ordine di Malta a Roma e presso la National Library of Malta a La Valletta. La ricerca ha previsto il recupero di tutta la cartografia prodotta dai Cavalieri giovanniti sulle regioni meridionali italiane e contenuta nei loro Registri Patrimoniali denominati Cabrei. Lo studio prevede la pubblicazione di un volume con tutta la documentazione cartografica ritrovata che copre un arco temporale che va dal XVI al XIX secolo e la realizzazione di un Sistema Informatico Territoriale attraverso il quale si vuole dimostrare l'attuale stato di edifici di edilizia gentilizia e religiosa appartenuti all'Ordine ma anche la straordinaria espansione territoriale dei Cavalieri giovanniti e l'importante impatto economico che ebbero sui territori in cui si avvilupparono con la loro presenza attraverso lo studio delle masserie a produzione mista, del tipo di colture prodotte, delle miniere da cui estraevano materie prime.

### Collaboratori

Giovanni Serreli, Maria Grazia Mele, CNR-ISEM  
Luis Adao da Fonseca, Università di Oporto

*The project, still is in progress, is a scientific research carried out in the last five years exploiting the main public and private archives in South Italy, mostly the Archivio del Gran Magistero del Sovrano Militare Ordine di Malta at Rome and the National Library at Malta. The aim of the project is to collect the cartography which the Knights of Saint John drew up in the southern regions of Italy and stored in the Property Registrar known as Cabrei. The research provides the edition of a volume including the cartographic documentation dated between XVI and XIX century. A second step of the project is to create an integrated use of Geographical Information Systems for analysis and management of the religious and noble architectural heritage of the Knights of Saint John. The application of this methodology contributes to examine the economic impact of the Religious Order in the country where they lived, focusing on the mixed-productive farms, on the crops and on the mines from which the raw materials were exploited.*



Fig. 1 Commenda di Santo Stefano di Fasano (BR), Valletta, National Library of Malta, Archivio of Order of Malta, 6040, [1748].



Fig. 2 San Mauro la Bruca (Sa), Valletta, National Library of Malta, Archivio of Order of Malta, 6159, [1626].

## Ricostruendo il passato: risorse digitali per l'archeologia

## Reconstructing the past: digital sources for archaeology

Istituto di Studi sulle Civiltà Italiche e del Mediterraneo Antico (ISCIMA): <http://soi.cnr.it/iscima/>  
Dipartimento Patrimonio Culturale  
Responsabile scientifico: **Paola Moscati**, [paola.moscati@iscima.cnr.it](mailto:paola.moscati@iscima.cnr.it)

La rivista «Archeologia e Calcolatori», che fin dal 2005 aderisce all'*Open Archives Initiative*, rappresenta uno tra i più importanti strumenti di archivi digitali dedicati ai principali aspetti teorici e metodologici di informatica applicata all'archeologia. L'archiviazione di oltre 500 articoli, tramite uno schema di metadati basato sullo standard *Dublin Core*, ha portato ad approfondire la sperimentazione nel campo della diffusione di contenuti scientifici in rete e dal 2008 la rivista è divenuta a tutti gli effetti un *Open Access Journal*. L'archivio digitale si basa su un software originale sviluppato dall'Istituto di Studi sulle Civiltà Italiche e del Mediterraneo Antico (ISCIMA), chiamato OASISTEMA, e offre un sistema di consultazione assai semplice. Nel grande archivio digitale l'utente può trovare lo stato dell'informazione, costantemente aggiornato sul piano bibliografico, sulle principali riflessioni e applicazioni nel campo delle tecnologie informatiche destinate al settore archeologico. Un'utile rassegna sui principali progetti e casi-studio, infine, fornisce un prezioso strumento di conoscenza per studiosi e, più in generale, per il vasto pubblico internazionale.

*The journal "Archeologia e Calcolatori", which since 2005 has participated in the Open Archives Initiative, represents one of the most important tool of digital repositories focusing on the main theoretical and methodological aspects of Informatics applied to Archaeology. The Archive process of over 500 articles, using a metadata schema based on the Dublin Core standard, has contributed to implement the in-depth experiments in the field of on-line sharing and dissemination of scientific knowledge and since 2008 the journal has become an Open Access Journal. The digital archive is based on an original software developed by the Institute for the Study on the Italic and Ancient Mediterranean Civilisations (ISCIMA) of the CNR, and named as OASISTEMA, that provides a simple approach for browsing. In this largely capable digital archive the end-user may find the status of information, systematically up-dated in the bibliography, on the main aspects and applications of computing and information technology applied to archaeology. A useful review on the most important projects and study-cases, provides a precious tool of knowledge addressed to scholars and, more generally, to the large international audience.*

**Sito web:** <http://soi.cnr.it/archcalc/>

### Collaboratori

Direttori e ricercatori degli Istituti del Dipartimento Patrimonio Culturale del CNR



Fig. 1 Le pagine del sito web di «Archeologia e Calcolatori» da cui si accede all'indice per anno e agli articoli in formato .pdf liberamente accessibili.

*The page on the web site of «Archeologia e Calcolatori» from which the user can access both the index by year and the articles in .pdf format.*



Fig.2 La pagina di ricerca degli articoli nel sito web di «Archeologia e Calcolatori». *The research page for articles on the web site of «Archeologia e Calcolatori».*





# I signori della scrittura: il primo archivio digitale delle iscrizioni fenicie nel Mediterraneo

# The lords of writing: the first digital archive of the phoenician inscriptions in the Mediterranean sea

Istituto di Studi sulle Civiltà Italiche e del Mediterraneo Antico (ISCIMA): <http://soi.cnr.it/iscima>  
Dipartimento Patrimonio Culturale  
Responsabile scientifico: **Paolo Xella**, [paolo.xella@iscima.cnr.it](mailto:paolo.xella@iscima.cnr.it)

Il *Phoenician Data Base* è un sistema integrato di gestione di dati epigrafici che serve di sostegno al *Corpus Inscriptionum Phoenicarum Necnon Poenicarum*. Il catalogo (aggiornato in tempo reale) contiene l'edizione di tutte le iscrizioni fenicie conosciute (oltre 10000), incise, dipinte o stampate su supporti precedenti da ritrovamenti effettuati negli ultimi tre secoli in una ventina di paesi europei, nordafricani e vicino-orientali. Si tratta di un patrimonio di enorme interesse scientifico e culturale, che viene così raccolto, controllato criticamente, valorizzato e messo a disposizione della comunità scientifica. Il catalogo raccoglie anche tutte le immagini dei supporti iscritti e informazioni dettagliate sui siti di ritrovamento.

Il sito web, che a breve sarà accessibile direttamente a tutti gli utenti, si basa su un software originale, che presenta un sistema di consultazione assai semplice e diretto, al servizio non solo di un pubblico altamente specializzato di studiosi, ma anche di studenti universitari.

*The Phoenician Data Base is an integrated system for management of ancient inscriptions and written sources related to the Corpus Inscriptionum Phoenicarum Necnon Poenicarum. The digital catalogue (updating is in real time) includes the philological editions of the main Phoenician inscriptions (approximately 1000 items), engraved, painted or impressed into different material, which are found in the last three centuries in the Mediterranean area, from Europe to the North-African region and Near East. This philological workstation encompasses sources of great scientific and cultural interest, in order to provide a special application for browsing, selection and critical searching of Phoenician written documents. The catalogue, an open-source system for text criticism, also includes images and photos of epigraphic materials, such as information about the archaeological context.*

*The web site, that will be available sooner, is based on an original software, of which main feature is a simple approach for browsing, useful to the highly qualified scientific public, as well as academic students.*

**Sito web:** <http://cip.ieiop.csic.es>

### Collaboratori

- Giuseppe Garbati, CNR-ISCIMA
- José Ángel Zamora López, Instituto de Estudios Islámicos y del Oriente Próximo – CSIC, Zaragoza
- Paolo Merlo, Pontificia Università Lateranense
- Maria Giulia Amadasi, Università degli Studi di Roma Sapienza



Fig.1 Pagina iniziale della Banca dati on-line nel suo attuale allestimento.  
*Home-page of the Digital Repository in last version.*

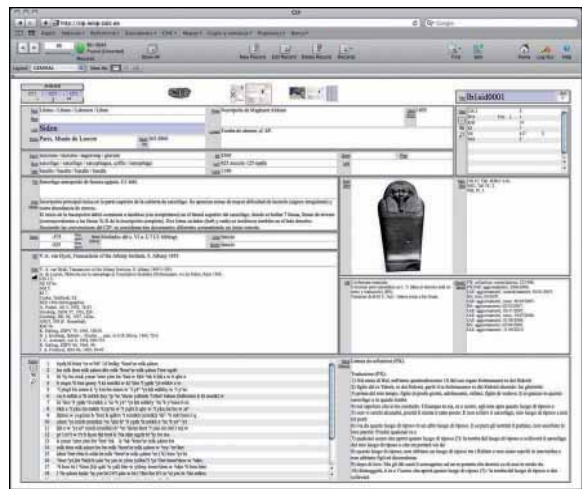


Fig.2 Esempio di scheda epigrafica principale (con i principali dati riguardanti l'iscrizione e una parte delle informazioni contenute nei diversi archivi relazionati).  
*A model of the main Epigraphical Report, including information on inscription and other related data stored in different archives.*

## MONETA, un database di numismatica antica

## MONETA, a new informative system to manage numismatic data

Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM): [www.ibam.cnr.it](http://www.ibam.cnr.it)  
Dipartimento Patrimonio Culturale  
Responsabile scientifico: **Angelo Nicolosi**, [angelo.nicolosi@cnr.it](mailto:angelo.nicolosi@cnr.it)

MONETA nasce dalla necessità di disporre di un database di numismatica antica accessibile in remoto e consultabile anche in maniera *off-line*. La sua architettura rispecchia il modello Client/Server ed è costituita da un database relazionale accessibile mediante un'applicazione front-end. La perfetta sinergia fra le tecnologie software utilizzate è strategica per la realizzazione di un'interfaccia grafica, utilizzata per l'accesso alle schede del database, indipendente dalla piattaforma hardware/software in cui questo viene eseguito.

Gli aspetti innovativi del database riguardano: dati strutturati per rendere possibile la pubblicazione delle monete secondo le regole catalografiche universalmente accettate dagli studiosi di numismatica antica; l'ordinamento automatico delle schede per Zecca di emissione secondo le attuali regole catalografiche; la codifica numerica dei campi Autorità, Zecca, Diritto Giro, Diritto Tipo, Rovescio Giro, Rovescio Tipo, Officina, Bibliografia; i font per l'inserimento di elementi figurativi di tipo *searchable* utilizzabili in tutti i form d'interfaccia utente nonché nei vari formati di output; il completamento automatico della compilazione delle caselle di testo presenti in tutti i form d'interfaccia utente, utile per la creazione di un unico dizionario di definizione dati; le immagini dei coni in formato JPEG, TIFF, BMP e GIF modificabili anche successivamente all'inserimento nelle schede; la consultazione e l'inserimento in modalità *off-line* mediante la creazione di un file in formato proprietario contenente le schede da analizzare estratte mediante la normale procedura di ricerca.

*Moneta is a new informative system designed to manage ancient coins data, accessible in remote as well as in off-line mode. Its architecture mirrors the Client/Server model. The synergy among software technologies used allows the implementation of a graphic interface to access database forms not depending on various base hardware/software at disposal.*

*Main features and functions are: data output immediately suitable to scientific publication according to international rules in the field of numismatic research; automatic arrangement of the records in sequential order according to international rules to catalogue ancient coins; encoding of following key-fields: minting authority, mint-state, dating, obverse and reverse description, mint-officina, bibliography; font for symbols and monograms searchable suitable to all forms of user interface as well as to various output formats; managing of chemical-physical data related to the blanks; output files in doc., pdf., xls, as well as in report-format; data input aided system by means of a new type thesaurus; coins raster data in JPEG, TIFF, BMP and GIF formats editable even after their insertion in the database; accessibility of the databases even in off line mode, through downloading from server of searchable and editable files.*

Sito web: [www.misurata.unict.it](http://www.misurata.unict.it)

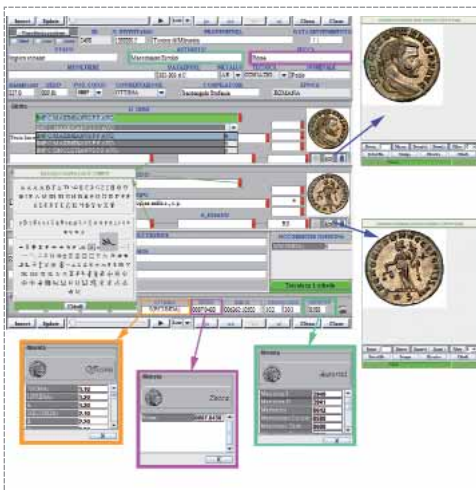


Fig. 1 Form per l'inserimento delle schede.  
*Input Form for numismatic data.*

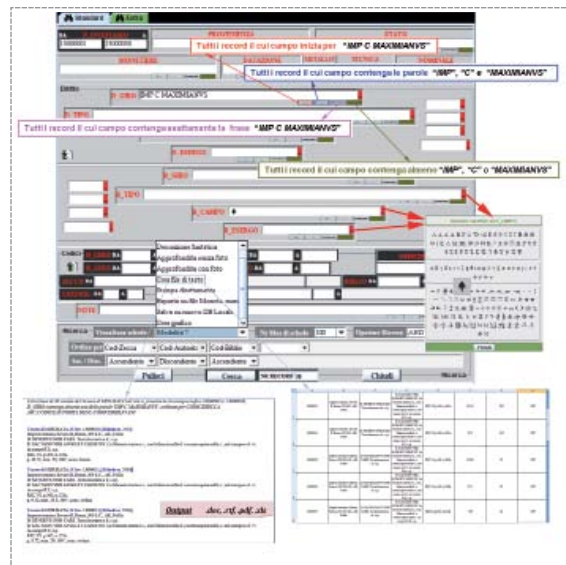


Fig. 2 Form per la ricerca e la creazione di output.  
*Query Form for reports and output files.*



# Uno sguardo dal Vicino Oriente: il progetto GHISA e lo studio delle lingue antiche

# A view from Near East: the GHISA project and the study of ancient languages

Istituto di Studi sulle Civiltà dell'Egeo e del Vicino Oriente (ICEVO): [www.icevo.cnr.it](http://www.icevo.cnr.it)  
Dipartimento Patrimonio Culturale

Responsabile scientifico: **Marie-Claude Trémouille**, [marieclaude.tremouille@icevo.cnr.it](mailto:marieclaude.tremouille@icevo.cnr.it)

GHISA 2 (Glossario di Hurrita, Ittita, Sumerico e Accadico), che presto sarà fruibile in rete, è un sistema integrato per il trattamento automatico di testi "non strutturati" afferenti alle grandi civiltà del Vicino Oriente antico. La principale caratteristica del progetto riguarda la progettazione di specifici moduli per la segmentazione del testo in unità elementari ('tokens') e per disambiguare la struttura morfosintattica delle parole, in altre parole per l'identificazione della categoria sintattica attraverso cui una forma occorre in un determinato contesto linguistico. Grande importanza è stata riservata, inoltre, alla struttura "semi-formale" delle antiche scritture mesopotamiche, le quali, in ragione della loro organizzazione sillabica e dell'uso di elementi determinativi per alcuni domini di conoscenza, conservano caratteristici tratti metalinguistici utili al riconoscimento automatico. GHISA 2, dunque, permette di filtrare il "rumore" dalle analisi, arricchendo le risorse lessicali con informazioni direttamente estratte dai testi e, allo stesso tempo, favorisce il continuo aggiornamento delle risorse linguistiche. I documenti vengono così strutturati secondo un processo formale capace di offrire all'utente finale migliori possibilità di ricerca e d'analisi.

*GHISA 2 (Glossary of Hurrian, Hittite, Sumerian and Akkadian languages), which sooner will be available on-line, is an integrated system for automated language processing of the Ancient Near East 'unstructured' texts. The main feature of this project is the planning of specific modules for the segmentation of ancient texts into elementary units (so-called 'tokens') and for the morpho-syntactical word sense disambiguation, that is the identification of the syntactical category a word may appear into a given linguistic context. A specific attention has been paid also to the 'semi-formal' character of the ancient Mesopotamia' scripts: due to the their syllabic structure and to the use of linguistic determinatives, they preserve meta-linguistic features useful for automated recognition. As a result, GHISA 2 system provides a tool for filtering 'noise' out of the analyses, thus enriching lexical resources with information extracted directly from texts and thus making the continuous up-dating of the linguistic sources. In this perspective, the automatic generation of structured documents will offer to end-users better opportunities for searching and analyzing ancient texts.*

### Collaboratori

Francesco Di Filippo, Università di Napoli L'Orientale  
Neda Parmegiani, CNR-ICEVO

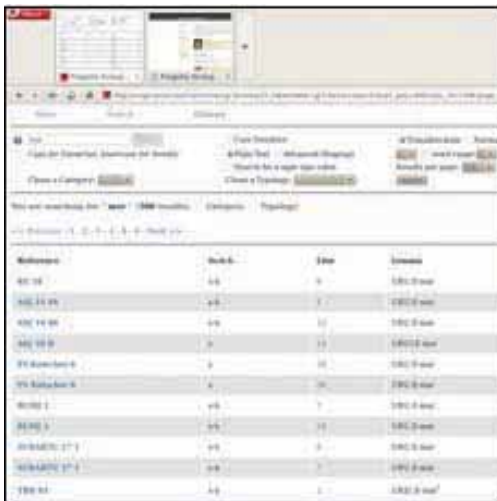


Fig. 1 L'immagine digitale del sistema con le relative applicazioni. *The digital image and the related applications.*

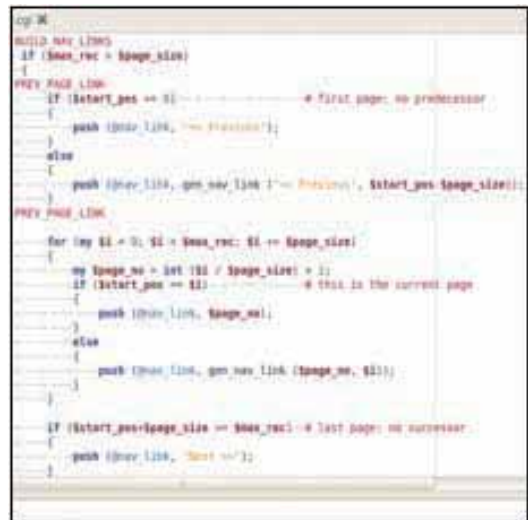


Fig. 2 Frammento di codice Perl di uno dei moduli. *Section of PERL codex related to one of linguistic modules.*

Istituto di Linguistica Computazionale “Antonio Zampolli” (ILC): [www.ilc.cnr.it](http://www.ilc.cnr.it)  
Dipartimento Identità Culturale  
Responsabile scientifico: **Eugenio Picchi**, [picchi@ilc.cnr.it](mailto:picchi@ilc.cnr.it)

Press4U-Restauro è un'applicazione specificamente sviluppata dall'Istituto di Linguistica Computazionale “Antonio Zampolli” (ILC) per la navigazione e il trattamento dei documenti e dei testi Internet relativi al settore del patrimonio culturale. Una finestra on-line sul tema dei beni culturali che rende fruibili, con un'interfaccia accattivante e *user-friendly*, le ultime notizie nel settore, quelle dell'ultimo periodo e dello storico intero.

L'applicazione utilizza un innovativo approccio sviluppato anch'esso dall'ILC-CNR e denominato Text Power capace, tramite le varie tecnologie di analisi linguistiche e statistiche disponibili che riconoscono le informazioni e le associano esplicitamente al testo di far emergere le relazioni semantiche, di definire la struttura ontologica dei testi e di arricchirne le modalità di analisi, di estrazione, classificazione e navigazione. Attraverso Text Power, Press4U-Restauro consente quindi (1) la navigazione nelle notizie e nei documenti del settore dei beni culturali con un sistema di navigazione intelligente e *semantically driven* denominato “DBT Faccette” (Data Base Testuale), anch'esso messo a punto dall'ILC-CNR (2) l'estrazione dei termini e dei concetti più frequenti (3) la selezione di documenti secondo l'attinenza a un ambito d'interesse specifico (*Topica*) definibile dall'utente (4) un sistema di *alerting* su specifica richiesta dell'utente su termini, temi e concetti selezionabili.

**Sito web:** [http://serverdbt.ilc.cnr.it/restauro/P4U\\_restauoro.dII?AZIONE=HOME](http://serverdbt.ilc.cnr.it/restauro/P4U_restauoro.dII?AZIONE=HOME)

### Collaboratori

Eva Sassolini, Sebastiana Cucurullo, Alessandra Cinini, Stefano Sbrulli, CNR-ILC

*Press4U-Restauro is an application specifically developed by the Institute of Computational Linguistic “Antonio Zampolli” (ILC) for the processing of documents and texts available in Internet and referring to the cultural heritage domain. It is an on-line window that through a user-friendly and engaging interface allows the capture information on the topic, referred to the last period and/or to the entire historic archive.*

*The application uses an innovative approach, also designed by the Institute, named Text Power. TP has statistical tools able to extract linguistic knowledge contained in the text and use it for analysis functions, classification and browsing. Through Text Power, Press4U-Restauro allows (1) a navigation system intelligent and semantically driven with “DBT Faccette” (Textual Data Base), also developed by ILC-CNR (2) the extraction of the most important terms and concepts (3) the selection of documents ranked by relevance to a specific area of interest (topic) (4) an “Alerting” system built on specific user requirements. It can be identify the user needs by means specific terms, concepts and themes.*

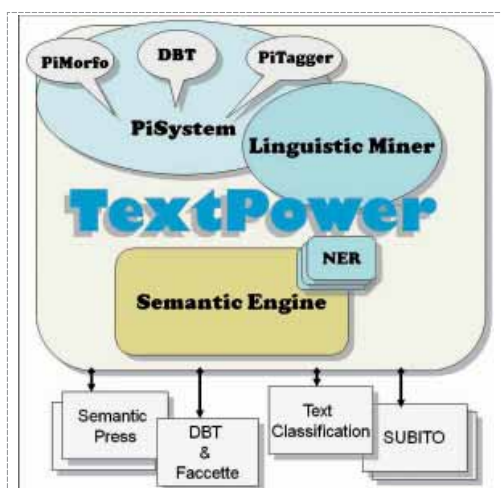


Fig. 1 Schema del sistema TextPower con tutti i componenti software e le relative risorse linguistiche.

*Scheme of TextPower with all software components and with associated language resources.*



Fig. 2 Schermata della sintesi delle notizie per termini e concetti relativi al restauro nei beni culturali.

*Screen summary of the news through the terms and concepts related to restoration in the Cultural Heritage.*



# Pinakes Text: sistema filologico-computazionale per la produzione e la consultazione di documenti digitali sul web

# Pinakes Text (PT): philological-computational system for the production and reading of digital documents on the web

Istituto di Linguistica Computazionale (ILC): [www.ilc.cnr.it](http://www.ilc.cnr.it)  
Dipartimento Identità Culturale

Responsabile scientifico: **Andrea Bozzi**, [andrea.bozzi@ilc.cnr.it](mailto:andrea.bozzi@ilc.cnr.it)

Pinakes Text si occupa di organizzare i dati testuali in formato digitale per analisi di tipo linguistico e filologico. L'applicazione appare particolarmente adatta al trattamento di testi redatti su fonti manoscritte e su libri a stampa antichi dal momento che gestisce sia le immagini digitali che riproducono gli originali sia le trascrizioni dei testi che in essi sono contenuti. Una serie di programmi consente di operare sulle immagini al fine di migliorarne la qualità ed effettuare le trascrizioni con maggiore precisione. Le trascrizioni, a loro volta, sono organizzate in forma di una base di dati che facilita il ritrovamento di parole o gruppi di parole anche in corpora di dimensioni molto grandi. La componente filologica è garantita anche dal fatto che PT offre agli utilizzatori specialisti (filologi e critici testuali) la possibilità di inserire annotazioni e apparati. Si tratta di un'applicazione web prodotta secondo i principi dell'open source ed è realizzata sulla base di una collaborazione scientifica e tecnologica fra l'Istituto di Linguistica Computazionale e la Fondazione Rinascimento Digitale di Firenze.

*Pinakes Text concerns the organization of textual data in digital format for linguistic and philological analysis. The application seems to be particularly suitable for the treatment of manuscript sources and ancient printed texts as it is able to manage digital images reproducing the originals as well as the relative transcription of the texts. By using a series of available programs, it is possible to operate on the images in order to improve the quality and to perform the transcriptions with more precision. In turn, the transcriptions are organized in the form of a database which facilitates the retrieval of words or groups of words contained even in very large corpora. The philological element is also guaranteed by the fact that PT provides the specialist users (philologists and textual critics alike) with the possibility of inserting annotations and apparatuses. The web application has been created according to the open source principles and implemented on the basis of a scientific and technological collaboration by the Institute of Computational Linguistic "Antonio Zampolli" (ILC) and the "Fondazione Rinascimento Digitale" of Florence.*

**Sito web:** [www.rinascimento-digitale.it/pinakestext.phtml](http://www.rinascimento-digitale.it/pinakestext.phtml)

### Collaboratori

Marco Rufino, Fondazione Rinascimento Digitale  
Valeriano Sandrucci, Università di Firenze



Fig.1 Archivio delle Opere di Galilei: gestione del testo e delle immagini.  
*Archive of Galilei's Works: management of texts and images.*

## Vocabolario Storico Italiano: Il Tesoro della Lingua Italiana delle Origini (TLIO)

## Italian Historical Dictionary: the Tesoro della Lingua Italiana delle Origini (TLIO)

Istituto Opera del Vocabolario Italiano (OVI): [www.ovi.cnr.it](http://www.ovi.cnr.it)  
Dipartimento Identità Culturale  
Responsabile scientifico: **Pietro Beltrami**, [beltrami@ovi.cnr.it](mailto:beltrami@ovi.cnr.it)

Il Vocabolario Storico Italiano è il compito dell'Opera del Vocabolario Italiano (OVI). Il TLIO è la sezione dedicata all'italiano antico, dalle origini alla fine del Trecento. Propriamente si tratta di un dizionario di tutte le lingue italo-romanze (neolatine di tipo italiano) dell'Italia medievale, una delle quali, il fiorentino (più esattamente la lingua letteraria dei più importanti autori fiorentini del Trecento) divenne nel Cinquecento la base dell'italiano letterario. Attualmente contiene circa 21.500 voci (un 40% del totale). In funzione del TLIO, l'OVI ha creato e sviluppa banche dati di testi italiani antichi, la più importante delle quali contiene circa 22 milioni di parole di poco meno di 2000 testi, dai quali i redattori del TLIO estraggono esempi di significati, costruzioni e locuzioni. L'OVI sviluppa anche il software per le proprie banche dati e per il vocabolario. Tutte queste risorse sono consultabili in Internet con accesso libero e gratuito; il software GATTO, usato per implementare e lemmatizzare le banche dati, è scaricabile gratuitamente dal sito dell'OVI.

**Sito web:** [www.vocabolario.org](http://www.vocabolario.org)

### Collaboratori

Elena Artale, Andrea Boccelli, Domenico Iorio-Fili, Pär Larson, Rossella Mosti, Carmen Pasetto, Paolo Squillacioti, Mariafrancesca Giuliani, Elisa Guadagnini, Sara Ravani, Giulio Vaccaro, CNR-OVI

*The Italian Historical Dictionary is the mission of the Opera del Vocabolario Italiano (OVI). The TLIO is the section of it devoted to early Italian, from the origins up to the end of 14th Century. This actually is a dictionary of all Italo-Romance varieties of Medieval Italy, one of which, Florentine (more exactly the literary language written by the outstanding 14th Century Florentine authors) became the standard of written Italian in 16th Century. At present it amounts to about 21,500 entries (ca. 40% of the complete work). In order to do this, OVI has created and keeps developing databases of Old Italian texts: the principal corpus counts some 22 million words in almost 2,000 texts, out of which TLIO's redactors select samples of meanings, phrases and idioms. OVI also develops computer programs matching the needs of its databases and dictionary. All these resources are consultable through the Internet with open access and free of charge. GATTO software, the program used to implement and lemmatize the databases, is downloadable from the OVI website free of charge.*





Protezione  
Diagnostica  
Restauro

*Protection  
Diagnostics  
Conservation*





## Protezione

La conoscenza e la comunicazione del patrimonio culturale non sarebbe possibile senza la messa a punto di idonee strategie di protezione, diagnostica e restauro dei beni culturali soprattutto in una società che cambia rapidamente in conseguenza allo sviluppo economico che ha caratterizzato il XX secolo e continuerà ad interessare il secolo corrente. La ricerca ha saputo affrontare le problematiche connesse alla protezione dei beni culturali in relazione al cambiamento che hanno subito le aree urbane, il territorio, i flussi di visitatori e ha cercato di fornire risposte per la messa a punto di idonee strategie di conservazione del patrimonio culturale. Le problematiche connesse con la protezione sostenibile del patrimonio culturale sono state sviluppate dal CNR sin dal 1° Programma Quadro di Ricerca dell'Unione Europea attraverso la messa a punto di modelli, strumentazione e metodologie per valutare l'impatto dell'inquinamento atmosferico, del clima e del microclima sui beni mobili e immobili che caratterizzano il patrimonio culturale in Italia, in Europa e su scala globale.

Se i primi studi hanno affrontato l'impatto di gas inquinanti, quali ossidi di zolfo e azoto, su materiali, quali pietre e bronzi, oggi il problema più pressante è costituito dalle particelle emesse dalle combustioni industriali, domestiche e legate alla mobilità, che anneriscono i nostri monumenti nelle aree urbane, producendo non solo un evidente danno estetico, ma soprattutto un danno irreversibile ai materiali.

Il CNR ha inoltre realizzato i primi studi finalizzati alla conservazione dei beni archeologici, artistici, storici, archivistici negli ambienti interni, quali musei, gallerie, archivi, biblioteche, luoghi di culto, ipogei, dimore storiche, e ha prodotto metodologie e strumenti idonei al monitoraggio microclimatico fornendo soluzioni tecnologiche per una fruizione sostenibile del patrimonio culturale.

I cambiamenti climatici e il patrimonio culturale costituiscono una nuova area di ricerca nella quale il CNR ha coordinato il primo progetto sull'impatto dei cambiamenti climatici sul patrimonio costruito in Europa, il Progetto Noah's Ark. Risultato chiave dell'attività è stata la produzione di un 'Atlante di Vulnerabilità' che riporta le mappe delle variazioni climatiche che potranno causare danni a materiali lapidei, mattoni, metalli, legno, evidenziando le aree di probabile rischio che chi gestisce il patrimonio culturale deve considerare in un mondo interessato da cambiamenti globali.

L'impatto di eventi estremi quali alluvioni e frane sul patrimonio culturale è stato infine oggetto di studi specifici, cui si aggiunge l'applicazione di tecnologie avanzate incluse l'utilizzo di dati satellitari, che il CNR ha effettuato nel recente evento sismico dell'Aquila, che ha interessato in modo drammatico tanti beni architettonici.

Il CNR ha quindi affrontato le problematiche della protezione del patrimonio culturale connesse alle problematiche di produzione di energia, alla mobilità, al turismo, allo sviluppo delle aree urbane con l'obiettivo di fornire soluzioni che consentano di coniugare la crescita economica con la protezione dei beni culturali, quali testimonianza irrinunciabile della propria identità culturale.

**Cristina Sabbioni**

Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, CNR



## Diagnostica

Lo sviluppo di tecniche analitiche per la caratterizzazione dei materiali costitutivi di manufatti di interesse storico-artistico coinvolge molti gruppi di ricerca del CNR. Si tratta di un'attività con importanti ricadute applicative nello studio dei meccanismi di degrado e nell'interpretazione dei procedimenti esecutivi, entrambi aspetti cruciali per la definizione di interventi conservativi, la conoscenza dell'evoluzione delle tecniche artistiche e l'autenticazione di beni culturali.

A valle di oltre quarant'anni di fruttuoso impegno nel settore, il CNR ha sviluppato e messo a disposizione di istituzioni di tutela e imprese operanti nel settore numerosi dispositivi e metodi innovativi. Significativa soprattutto la messa a punto di strumentazione portatile per la caratterizzazione in situ, in tempo reale, con particolare riferimento ai seguenti ambiti diagnostici: rilievo di forma e colore, micro- e macrodimensionale; mappatura superficiale di croste nere, sostanze organiche e crescite biologiche; mappatura microstratigrafica dell'opera e degli agenti deterioranti (acqua, sali, solubili etc.); analisi chimica e mineralogica.

Accanto a ciò, risultati importanti sono stati anche ottenuti nell'affinamento di nuove metodologie di laboratorio e nello sfruttamento di potenti tecniche fisiche basate su *large scale facilities (lsf)*, come l'*European Synchrotron Radiation Facility* di Grenoble (FR) e la sorgente di neutroni ISIS, Rutherford Appleton Laboratory (UK), presso cui il CNR ha realizzato e gestisce, rispettivamente: il laboratorio di spettroscopia d'assorbimento GILDA e il diffrattometro INES.

In tutti i casi, il principale avanzamento prodotto è chiaramente identificabile nella non invasività delle nuove tecniche e nell'aumento della significatività dei dati diagnostici che queste forniscono, rispetto ad approcci tradizionali basati sul prelievo di campioni di materiale. La possibilità di caratterizzare in maniera esaustiva il manufatto in situ, da prospettiva affascinante quale era fino a un decennio fa, si sta gradualmente trasformando in una realtà. Mentre le metodologie di indagine sviluppate su *lsf* permettono oggi di affrontare tutta una serie di complesse problematiche di caratterizzazione materica rimaste per lungo tempo irrisolte, attraverso misure sul manufatto o su minuti campioni.

Le tecnologie diagnostiche e il *know-how* ad esse associato, unitamente ad un ampio bagaglio di competenze specifiche sulle diverse tipologie di manufatti disponibili presso istituti CNR, vengono sistematicamente utilizzate per affrontare, in collaborazione con enti di tutela e imprese, una gran varietà di problematiche archeometriche e conservative. Diversi gruppi di ricerca hanno infatti coordinato e/o preso parte a numerose campagne di caratterizzazione dello stato di conservazione di grandi capolavori, edifici storici, monumenti reperti archeologici e altro, come pure di attribuzione e autenticazione di beni mobili, che hanno favorito la validazione, trasferimento e disseminazione delle nuove tecnologie sviluppate.

Le schede tecnologiche di questa sezione riassumono, in modo qualitativo ed in estrema sintesi, i principali e più recenti sviluppi strumentali, software e metodologici del CNR dedicati alla diagnostica di beni culturali. Si tratta di tecniche di imaging, di analisi composizionale e microstrutturale che offrono specifiche di risoluzione e affidabilità molto competitive rispetto a dispositivi affini reperibili sul mercato. La prospettiva di trasferimento industriale appare più concreta soprattutto per quelle che si prestano ad applicazioni di interesse anche in altri settori, stante la dimensione molto contenuta del mercato degli strumenti diagnostici per i beni culturali. Accanto a ciò, le schede offrono un quadro completo dell'offerta di *know-how* del CNR nello studio delle diverse tipologie di manufatti e problematiche di caratterizzazione materica.

**Salvatore Siano**

Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara", CNR



## Restauro

Si può dire da sempre, l'uomo ha cercato di prolungare il più possibile l'esistenza di opere d'arte e d'ingegno che ha riconosciuto come tali. L'utilizzo di sostanze e arnesi per pulire, integrare parti mancanti, consolidare, proteggere e conferire l'aspetto desiderato, ovvero il restauro nella sua accezione più generale, è testimoniato già nell'antichità.

Fino alla prima metà del secolo scorso, il restauro era praticato quasi esclusivamente da artisti e/o artigiani, che operavano in maniera pressoché autonoma, sfruttando le tecnologie disponibili e interpretando il gusto della loro epoca. Nel dopoguerra, Cesare Brandi formula e mette in pratica le idee fondanti del restauro moderno, basato sulla ricerca del giusto equilibrio tra estetica e salvaguardia delle tracce del passaggio del manufatto nel tempo, raggiungibile solo attraverso l'esame critico delle evidenze e un'approfondita caratterizzazione materica. Successivamente, sarà la straordinaria reazione dell'intera società della conoscenza di fronte ai danni dell'alluvione di Firenze (1966) a dare l'impulso definitivo alla nascita del restauro scientifico multidisciplinare, in cui la ricerca ha avuto e continua ad avere un ruolo fondamentale.

In quest'ultima e più importante fase il CNR, in collaborazione con enti di tutela e università, ha giocato un ruolo fondamentale nella soluzione di una gran varietà di problematiche conservative. La sperimentazione sistematica di prodotti chimici per la pulitura, il consolidamento e la protezione di diversi materiali ha permesso di valutare preventivamente e quindi di contenere il loro impatto. Problematiche complesse relative ad effetti indesiderati a breve e lungo termine, alla compatibilità chimico-fisica e alla reversibilità dei trattamenti chimici, sono state affrontate con l'ausilio delle più moderne tecniche diagnostiche che al contempo venivano sviluppate. Il successo di queste attività è testimoniato da numerose applicazioni su facciate storiche, monumenti, dipinti e altre opere.

Il ruolo dell'Ente nel settore è cresciuto significativamente a partire dagli anni novanta grazie al contributo fondamentale fornito allo sviluppo di tecniche di pulitura laser, che hanno prodotto una sorta di rivoluzione nelle modalità di intervento. L'ottimizzazione dei parametri d'irraggiamento ha consentito infatti di ottenere una selettività ed un controllo nella rimozione di strati di alterazione da manufatti lapidei, opere metalliche e dipinti murali, in molti casi più elevata rispetto alle tecniche tradizionali. Il CNR è oggi leader riconosciuto a livello internazionale nello sviluppo di sistemi di laser per la pulitura, che costituiscono un caso esemplare di trasferimento alla produzione industriale, commercializzazione e utilizzo diffuso. Posizione raggiunta a valle di studi di ottimizzazione e applicazioni esemplari condotte su grandi capolavori rinascimentali.

Accanto ad un tale straordinario sviluppo delle tecniche di pulitura laser e al miglioramento dei materiali per la protezione, la ricerca del CNR dell'ultimo decennio è stata caratterizzata dall'introduzione nel settore di prodotti biotecnologici e nanotecnologici, come pure di trattamenti biocidi a microonde. Un insieme di tecnologie complementari che offrono enormi potenzialità di discriminazione e riduzione degli effetti indesiderati nella gran parte delle problematiche di interesse.

Le schede che seguono riassumono l'attività di dieci gruppi di ricerca del CNR nei diversi ambiti appena citati, a cui va aggiunto lo sviluppo di strumenti software per la ricomposizione virtuale di frammenti, aumentare la leggibilità di stampe, foto e video e simulare il degrado, attività di grande utilità per la definizione di appropriate strategie di conservazione.

**Salvatore Siano**

Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara", CNR



IAEG National Group – UNESCO World Heritage Italy

### Ravenna, early Christian Monuments

**Engineering, technical conditions and problems:**  
During the years between 1959 and 1980, the whole Ravenna district and the city itself were affected by large-scale subsidence phenomena.  
The large soil settlement measured in Ravenna in that period was about 130 cm, a considerably alarming value if we consider that the entire area of the city and the district presently only average about 100 m of above the sea level.  
As a result of intensive withdrawal of underground water and natural gas between 1959 and the present, natural subsidence in the Ravenna area has been increased by approximately 90 cm.  
The phenomenon in particular concerns the Basilica of San Vitale and the Mausoleum of Galla Placidia.



**Investigation and protection measures already adopted:**

- Conducted site investigations according to Core Penetration Tests (CPT) and Standard Penetration Tests (SPT) for determining the characteristics of the substrate.
- Investigations on the groundwater.
- Monitoring of the displacements of structures through measurements of the absolute and differential settlements (taking between 0.01 and 0.03 mm).

After this studies, the opportunity of modifying the drainage system used at the nearby Santa Croce church was severely reconsidered. In addition, some interventions on the basins of San Vitale were suggested, in order to reduce the negative counterbalancing effects of water loading structures surrounding the Basilica, which was started in 1986.



**Additional observations:**  
The Basilica of San Vitale is irregular in shape, with sides measuring about 15 m, and is composed of two main bodies: the outer central body, which includes the dome, and the outer choir, comprising an ambulatory on the ground floor. The Mausoleum of Galla Placidia was built about 100 years before the Basilica. The plan is of Latin cross shape.




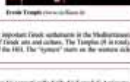
**References on studies already done:**  
BOLLIG G. (1984) "Geotechnical engineering for the preservation of San Vitale and Galla", Proc. Int. Symp. "Tech. Eng. for the preservation of Monuments and Historic sites" Naples, 1-3 October 1984, pag. 768-797.  
TALIERCIO A., BORDA L. (2007) "The Basilica of San Vitale in Ravenna: Investigation on the current structural loads and their evolution evolution", Journal of Cultural Heritage 8, 79-124.

Fig. 1 Ravenna, la Chiesa di San Vitale ubicata all'interno di un'area affetta da una marcata subsidenza.  
*Ravenna, the San Vitale Church located inside an area affected by a marked subsidence.*

IAEG National Group – UNESCO World Heritage Italy

### Valley of Agrigento Temples

**Engineering, technical conditions and problems:**  
Temples are built on a ridge of a calcareous substrate showing instability problems. The most widespread occurrence consists in vertical and horizontal movements of the rock. The last landslide occurred 25 December 1978.  
Other problems derived from:  
• Lack of an adequate drainage system (in some cases of the rock).  
• Excessive characteristics of the stone: the calcareous substrate forms a system with 1-10 m joints. The vertical deformation of the columns occurred irregularly after its formation and produced several patterns of fractures.  
• Emerging problems caused by the construction of the calcareous substrate and the clay and clayey soils beneath.  
• Resolving phenomena produced by the action of water and wind on the calcareous substrate due to the high temperature.  
• The valley of Agrigento temples is threatened by various problems due to the high subsidence occurred in January 1984.

**Investigation and protection measures already adopted:**

- Morphological, pedographic, geotechnical surveys.
- Geotechnical surveys, both vertical and horizontal.
- Drilling carried out in 1978 landslide area.
- Monitoring system of buildings and buildings stability.
- Consolidation of rock volumes and improvement of mechanical characteristics of the rock masses.
- Improvement of the rock mass where the temples were built on.
- Not growing to the buildings observations.

**Additional observations:**  
The valley of Agrigento is a rich evidence of one of the most important Greek colonies in the Mediterranean Sea. The valley of Agrigento is a rich evidence of one of the most important Greek colonies in the Mediterranean Sea. The valley of Agrigento is a rich evidence of one of the most important Greek colonies in the Mediterranean Sea.

**References on studies already done:**  
CORREIA R., DE LUCA G. (1992) "The Valley of Agrigento Temples", Proc. Int. Symp. "Tech. Eng. for the preservation of Monuments and Historic sites" Naples, 1-3 October 1984, pag. 768-797.  
CORREIA R., DE LUCA G. (1992) "The Valley of Agrigento Temples", Proc. Int. Symp. "Tech. Eng. for the preservation of Monuments and Historic sites" Naples, 1-3 October 1984, pag. 768-797.  
CORREIA R., DE LUCA G. (1992) "The Valley of Agrigento Temples", Proc. Int. Symp. "Tech. Eng. for the preservation of Monuments and Historic sites" Naples, 1-3 October 1984, pag. 768-797.

La Valle dei Templi di Agrigento affetta da problemi di instabilità naturali ed antropici di diversa origine.  
*The Agrigento Temple Valley affected by natural and anthropic instability problems of different nature.*

## Analisi geologia e geomorfologia per l'individuazione di criticità per i beni culturali e architettonici

## Geological and geomorphological analyses addressed to the individuation of the critical aspects regarding the cultural heritage

Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (IRPI): [www.irpi.to.cnr.it](http://www.irpi.to.cnr.it)  
Dipartimento Terra e Ambiente  
Responsabile scientifico: **Giorgio Lollino**, [giorgio.lollino@irpi.cnr.it](mailto:giorgio.lollino@irpi.cnr.it)

I fenomeni di interferenza tra l'evoluzione del paesaggio e i beni culturali e architettonici può portare a condizioni di rischio nelle quali la stabilità del bene può essere compromessa. In tale ambito, un fattore importante è la conoscenza dei fenomeni di dissesto, la loro analisi e catalogazione. Attraverso schede messe a punto nell'ambito di una Commissione dell'International Association of Engineering Geology, è stata eseguita una catalogazione dei beni culturali italiani riconosciuti Patrimonio dell'Umanità da parte dell'UNESCO, che sono in una condizione di rischio potenziale legata a processi di instabilità naturale. La definizione di tale metodologia è un esempio esportabile in altre realtà nelle quali sussistono problemi di interferenza analoghi a quelli che riguardano il territorio Italiano. Essa può essere considerata come una prima fase esplorativa che può preludere a ulteriori approfondimenti finalizzati alla definizione di specifici interventi di salvaguardia.

*The interference between the landscape evolution and the cultural heritage may lead, together with the current climate changes, to the development of risk situations in which the stability of the cultural assets can be compromised. Within this context, one of the greatest needed accomplishments to obtain is the knowledge of such phenomena and the analysis and classification of them. Through specific forms, prepared by a IAEG (International Association of Engineering Geology) Commission, a classification of the Italian cultural heritage, acknowledged by UNESCO as World Heritage, has been carried out that are affected by potential risk due to natural instability processes. The identification of such a methodology represents a potentially exportable tool for other realities in which similar problems of interference exist. It can be regarded as a first exploration phase that can prelude to further improvements devoted to the definition of safeguard interventions.*

Collaboratori

Daniele Giordan, Paolo Allasia, Chiara Audisio, CNR-IRPI





Fig. 1 Praga, alluvione del 2002.  
Prague, flood in August 2002.

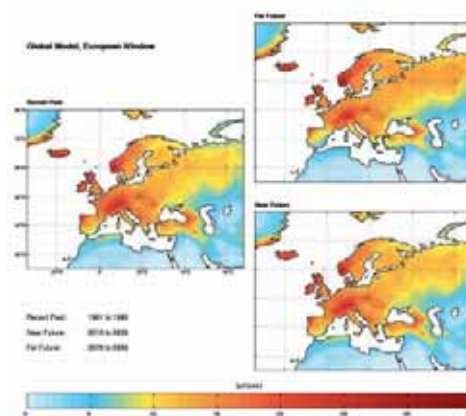


Fig. 2 Arretramento superficiale ( $\mu\text{m}/\text{anno}$ ) di marmi per effetto della quantità di precipitazione media annua e della concentrazione atmosferica di  $\text{CO}_2$ .  
Surface recession ( $\mu\text{m}/\text{year}$ ) on marble and limestone caused by yearly mean amount of precipitation and atmospheric  $\text{CO}_2$  concentration.

## Cambiamenti climatici e patrimonio culturale

## Climate change and cultural heritage

Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (ISAC): [www.isac.cnr.it](http://www.isac.cnr.it)  
Dipartimento Terra e Ambiente  
Responsabile scientifico: **Cristina Sabbioni**, [c.sabbioni@isac.cnr.it](mailto:c.sabbioni@isac.cnr.it)

Il progetto Noah's Ark (Global Climate Change Impact on Built Heritage and Cultural Landscapes), finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del 6° PQ e coordinato dall'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (ISAC), ha affrontato per la prima volta la problematica inerente gli effetti dei cambiamenti climatici sul Patrimonio Culturale. Il progetto, insignito del Grand Prize for Cultural Heritage / Europa Nostra Awards, alla cerimonia European Heritage Awards tenutasi a Taormina il 5 Giugno 2009, è una dimostrazione della posizione all'avanguardia della ricerca italiana per la conservazione e protezione del patrimonio culturale. I risultati della ricerca sono stati convogliati in un Atlante di Vulnerabilità che include le mappe su base europea relative ai vari processi di degrado e ai parametri climatici a essi collegati. Sono state inoltre formulate linee guida allo scopo di informare chi gestisce il patrimonio culturale sugli effetti prodotti dai cambiamenti climatici sul patrimonio costruito e di indirizzare verso opportuni interventi di mitigazione.

**Sito web della tecnologia:** <http://noahsark.isac.cnr.it>

**Collaboratori**

Alessandra Bonazza, CNR-ISAC

*For the first time the risk towards climate change faced by European cultural heritage has been evaluated within the Noah's Ark project (Global Climate Change Impact on Built Heritage and Cultural Landscapes), funded by the European Commission and coordinated by the Institute of Atmospheric Sciences and Climate (ISAC). Vulnerability Atlas and Guidelines for cultural heritage management in the face of climate change were produced, aiming at assisting heritage stakeholders, owners and curators of historic buildings and collections, public policy-makers and national heritage organizations to deal with future climate change pressures. The project was awarded the Grand Prize of the 2009 European Union Prize for Cultural Heritage / Europa Nostra Awards, at the European Heritage Awards Ceremony in Taormina-Sicily, demonstrating the remarkable role of the Italian research for cultural heritage conservation and protection.*

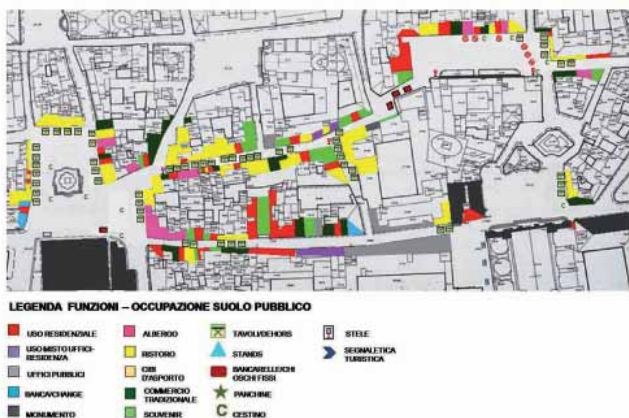


Fig. 1 Rappresentazione planimetrica degli usi e dell'occupazione del suolo pubblico lungo il percorso Trevi -Pantheon, della sperimentazione del metodo di monitoraggio, a Roma.

*Planimetric representation of uses and occupation of public space along the Trevi-Pantheon itinerari in Rome, where the monitoring method has been experimented.*



Fig. 2 PlaceMaker, finestra del software.

*PlaceMaker, window of the software.*

## Preserving Places. Monitoraggio dell'impatto turistico nel paesaggio storico urbano

## Preserving Places. Monitoring tourist impact in historic urban landscapes

Istituto per la Conservazione e la Valorizzazione dei Beni Culturali (ICVBC): [www.icvbc.cnr.it](http://www.icvbc.cnr.it)

Dipartimento Patrimonio Culturale

Responsabile scientifico: **Heleni Porfyriou**, [h.porfyriou@icvbc.cnr.it](mailto:h.porfyriou@icvbc.cnr.it)

Il rischio antropico e l'impatto del turismo di massa nei centri storici e nei luoghi simbolici per l'identità collettiva, è l'argomento di questa ricerca che ha come obiettivo di quello di formulare delle metodologie per il monitoraggio dell'impatto antropico e per la valutazione dei rischi sul bene culturale e sviluppare delle tecniche di mitigazione per una fruizione sostenibile.

Il metodo elaborato e sperimentato ha utilizzato due approcci complementari: un'indagine statica, che consiste nella raccolta sistematica e nella rappresentazione planimetrica di dati relativi all'uso e alla funzione degli edifici, all'occupazione dello spazio pubblico in modo legale o illegale e allo stato di conservazione delle facciate degli edifici; un'analisi dinamica del paesaggio urbano che consente di individuare l'identità dei luoghi e gli interventi di progetto in continuità con i risultati dell'analisi. Il prodotto è costituito da mappe complesse, dinamiche, multimediali e interattive, realizzate con l'ausilio del software PlaceMaker.

Il tema è di grande attualità su scala mondiale e le recenti considerazioni dell'UNESCO relative al "paesaggio storico urbano" ben dimostrano tale attenzione.

*Human risk and the impact of mass tourism in historic centres and in symbolic places for the collective identity, is the subject of this research, aimed at formulating methodologies for monitoring human impact and evaluating risks for the cultural heritage and in developing mitigation techniques for a sustainable fruition.*

*The methodology elaborated and experimented has used two complementary approaches: a survey consisting in a systematic collection and planimetric representation of data relative to uses and functions of the buildings, the occupation of public space, both in legal and illegal terms, and the state of conservation of building facades; a dynamic analysis of urban landscapes, which allow us to determine the identity of places and consequently project interventions. The product consists of complex, dynamic, multimedia and interactive maps, realised with the help of the software PlaceMaker.*

*The research subject is very topical world wide and the recent considerations drawn up by the UNESCO, regarding "urban historic landscape", are evidence of this interest.*

Collaboratori

Marichela Sepe, CNR-IRAT



Fig. 1 Machu Picchu, Perù - Sistema di monitoraggio mediante tecniche GPS e laser scanner per lo studio dei fenomeni di dissesto che interessano la Cittadella Inca.

*Machu Picchu, Perù – monitoring system through GPS and laser scanner techniques for the study of the instability phenomena that affect the Inca village.*



Fig. 2 Rilevamento laser scanner del centro abitato di Fossa (L'Aquila) nell'ambito delle attività di supporto svolte dal CNR in seguito al terremoto del 6 aprile 2009.

*Laser scanner survey of the village of Fossa (L'Aquila) in the context of the support activities carried out by the NR after the earthquake of April 6, 2009.*

## Applicazioni per il monitoraggio delle instabilità geo-idrologiche mediante l'analisi multitemporale di DTM e immagini ad alta risoluzione

## Applications for the monitoring of geo-hydrological instabilities through the multitemporal analysis of DTM and high resolution images

Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (IRPI): [www.irpi.to.cnr.it](http://www.irpi.to.cnr.it)

Dipartimento Terra e Ambiente

Responsabile scientifico: **Giorgio Lollino**, [giorgio.lollino@irpi.cnr.it](mailto:giorgio.lollino@irpi.cnr.it)

L'analisi del dissesto geo-idrologico è condotta utilizzando tecniche di monitoraggio di nuova generazione (basate sull'impiego integrato di laser scanner, GPS, stazioni totali robotizzate e di strumenti brevettati dall'Istituto) finalizzate al riconoscimento delle deformazioni indotte dai fenomeni di dissesto che interessano le aree archeologiche e il paesaggio culturale. In particolare, un importante tema di ricerca è legato all'impiego di sistemi in grado di generare DTM (modelli Digitali del terreno ad alta risoluzione) e immagini ad alta risoluzione. Attraverso un approccio multi-temporale è infatti possibile utilizzare questi dati per riconoscere e misurare le variazioni prodotte dall'evoluzione del fenomeno naturale. Oltre agli strumenti commerciali, gli studi sono condotti anche mediante sistemi brevettati dall'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (IRPI), come l'Image Detection Monitoring System; esso permette infatti di rilevare, con tecniche non invasive, anche le deformazioni che interessano beni architettonici, sui quali non è possibile installare sistemi di monitoraggio diretto. Attraverso tale approccio è possibile ottenere misure quantitative delle deformazioni occorse. L'uso del laser scanner per la generazione di DTM seriati permette inoltre di definire i trend evolutivi dei processi in atto, gettando le basi per la formulazione di scenari evolutivi.

*The analysis of the geo-hydrological instability can be carried out through the use of new generation monitoring techniques (based on the integrated use of laser scanner, GPS, motorized total stations and other instrumentation patented by the CNR IRPI) that can be devoted to the detection of the deformations induced by instability phenomena that affect the cultural heritage. In particular, an important research field is the use of systems that are capable of generating DTM (high resolution Digital Terrain Model) and high-resolution images. Through a multi-temporal analysis of these data it is possible to appreciate and measure the changes that took place. In addition to the commercial instrumentations the research activity is carried out also using systems patented by the Institute for Geo-Hydrological Protection (IRPI) of the CNR, such as the IDMS (Image Detection Monitoring System). This instrumentation allows the detection, through non-invasive techniques, of the deformations that affect the architectonic heritage and that cannot be investigated through the installation on it of direct monitoring systems. Through this approach, it is possible to obtain quantitative results on the deformations and carry out a comparison of damages and triggering factors. The use of laser scanner to generate series of DTM in time can further allow to define evolutionary trends of processes and lay down the basis to produce evolutive scenarios.*

Collaboratori

Daniele Giordan, Paolo Allasia, Chiara Audisio, CNR-IRPI

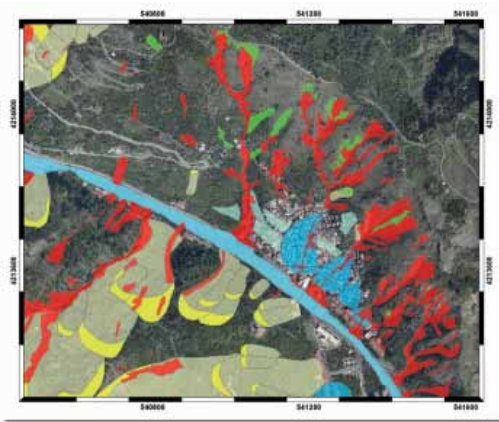


Fig. 1 Giampilieri, Sicilia. Dissesti causati dall'evento alluvionale del 1 ottobre 2009. La carta è stata prodotta con informazioni da aereo e da satellite.

*Giampilieri, Sicily. Landslides and debris flows caused by the October 1st, 2009, high intensity rainfall event. Map produced using aerial and satellite information.*



Fig. 2 Zonazione del rischio da frana e da colata di detrito per l'abitato di Giampilieri, Sicilia.

*Giampilieri, Sicily. Landslides and debris flows risk zonation.*

## Zonazione della pericolosità e del rischio geo-idrologico

## Geo-hydrological hazard and risk assessment and mapping

Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (IRPI): [www.irpi.cnr.it](http://www.irpi.cnr.it)

Dipartimento Terra e Ambiente

Responsabile scientifico: **Fausto Guzzetti**, [f.guzzetti@irpi.cnr.it](mailto:f.guzzetti@irpi.cnr.it)

Nelle aree montuose o collinari i fenomeni di dissesto geo-idrologico contribuiscono a modellare il paesaggio incluso il patrimonio artistico e culturale, e costituiscono un rischio per le popolazioni e per i beni individuali e collettivi, incluso il patrimonio artistico e culturale. In molte aree del mondo, sapere dove e quando si possono verificare fenomeni geo-idrologici potenzialmente calamitosi è un problema di rilevanza sociale oltre che d'interesse scientifico. L'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (IRPI) ha messo a punto metodi per l'integrazione di dati e informazioni telerilevate multi-sorgente, da terra, da aereo e da satellite, per il riconoscimento e la mappatura rapida di frane e di colate di detrito, e per la valutazione della pericolosità e del rischio ad esse associati. La tecnologia si basa sull'analisi multi-temporale di immagini pre- e post-evento, e sulla costruzione, calibrazione e validazione di modelli per la previsione delle caratteristiche geografiche, temporali e dimensionali dei fenomeni di dissesto geo-idrologico. I metodi messi a punto dall'IRPI-CNR sono stati utilizzati per determinare la pericolosità e il rischio geo-idrologico di 79 centri storici di paesi dell'Umbria e sono stati di recente utilizzati per determinare i livelli di rischio residuo nelle cittadine della provincia di Messina, colpite da frane e inondazioni.

*In mountain and hilly areas worldwide, geo-hydrological events, including landslides, debris flows, and floods, contribute to shape the landscape and pose a severe threat to the population and to private and public properties, and to the cultural heritage and the environment. In many areas, knowing where and when damaging geo-hydrological events can occur is a problem of scientific and societal interest. The Institute for Geo-hydrological Protection (IRPI) of the CNR has devised innovative methods to integrate satellite, aerial and ground-based information for the rapid detection and mapping of landslides, and for the evaluation of the associated hazard and risk levels. The technology is based on the analysis of multi-temporal images taken before and after a damaging event, and on the construction, calibration, and validation of models capable of predict the geographical, temporal and size characteristics of the expected events. The methods devised by CNR-IRPI have been used to determine the geo-hydrological hazards and risk conditions of 79 historical towns and villages in Umbria, central Italy, and have been recently applied to determine residual risk levels in the municipalities most affected by destructive landslides and inundations in the Messina Province, Sicily, southern Italy.*

Collaboratori

Mauro Cardinali, Paola Reichenbach, CNR-IRPI

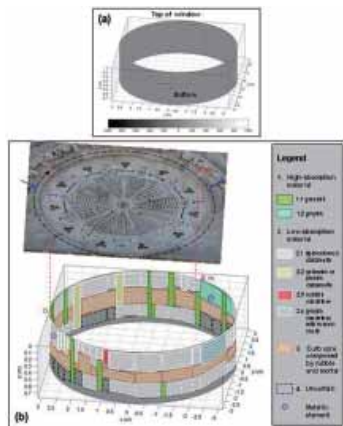


Fig. 1 Cattedrale romanica di Troia e dettagli del Rosone oggetto di indagini diagnostiche non invasive.

*Roman Cathedral of Troia: details of the rose window submitted to non-invasive diagnostics techniques.*

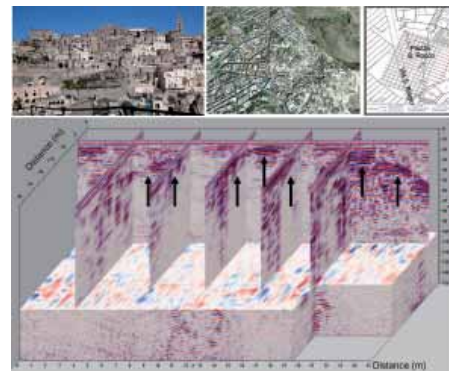


Fig. 2 Ricostruzione 3D della struttura degli ipogei di Piazza S. Rocco (Matera, Italia).  
3D reconstruction of the underground structure of Piazza san Rocco (Matera, Italy).

## Tecniche di diagnostica non invasiva per la tutela e la conservazione dei beni architettonici e monumentali

## Non invasive diagnostic techniques for the protection and preservation of architectural and monumental heritage

Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM): [www.ibam.cnr.it](http://www.ibam.cnr.it)

Dipartimento Patrimonio Culturale

Responsabile scientifico: **Nicola Masini**, [n.masini@ibam.cnr.it](mailto:n.masini@ibam.cnr.it)

52

protezione

Le moderne tecniche di diagnostica non invasiva possono fornire un supporto fondamentale per il monitoraggio e la conservazione dei beni architettonici e monumentali. La messa a punto di metodologie di analisi multi-sensore e multi-risoluzione, sia spaziale che temporale, fornisce informazioni non solo per la tutela, ma anche per la definizione di strategie ottimali di intervento, recupero e messa in sicurezza del patrimonio culturale in aree a elevato rischio naturale e ambientale. Le ricerche condotte dall'Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM), dall'Istituto di Metodologie di Analisi Ambientali (IMAA) e dall'Istituto di Rilevamento Elettromagnetico per l'Ambiente (IREA) nello studio alcuni monumenti e/o beni architettonici di grande rilevanza internazionale (quali ad esempio i Sassi di Matera, il rosone della cattedrale romanica di Troia, il centro storico medioevale di Melfi) hanno consentito di mettere a punto una strategia di analisi e intervento reversibile e non invasivo che integra indagini sismiche, ultrasoniche, tomografie a microonde, tomografie elettriche e rilievi nell'infrarosso termico. L'approccio utilizzato consente di diagnosticare, in tempi rapidi e a costi contenuti, fenomeni di degrado, dissesti e altri fattori di rischio che possono compromettere lo stato di conservazione dei beni architettonici e monumentali.

### Collaboratori

Rosa Lasaponara, Enzo Rizzo, Stefano Pignatti, Angelo Palombo, Massimo Bavusi, Maria Rosaria Gallipoli, CNR-IMAA  
Maurizio Lazzari, Maria Danese, Fabrizio Gizzi, CNR-IBAM  
Francesco Soldovieri, CNR-IREA

*The modern non-invasive diagnostic techniques can provide effective tools for the protection and preservation of architectural and monumental heritage. The setting up of multi-sensors and multi-resolution techniques provides useful information for the identification of optimal strategies for the restoration and recovery of cultural heritage also in area characterized by a high level of natural, environmental and anthropogenic risk. The research activities conducted by three CNR Institutes (Institute of Methodologies for Environmental Analysis, IMAA, Institute for Archaeological and Monumental Heritage, IBAM, and Institute for Electromagnetic Sensing of the Environment, IREA) for the investigations of some monuments and architectures of international importance or UNESCO Heritage (such as: the Sassi di Matera, the Medieval Melfi downtown, the rose window of the Romanic cathedral of Troia) enabled the development of strategy of analysis reversible and non-invasive intervention based on the integration of seismic, ultrasonic, microwave tomography, electrical tomography and thermal infrared measurements (specify, if possible). The developed approach enable quick and low cost diagnosis of degradation, landslides and other risk factors, which can adversely affect or strongly compromise monuments and cultural heritage.*

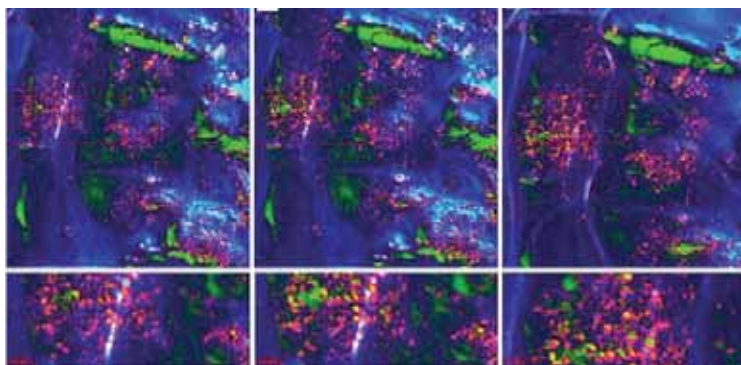


Fig. 1 Cahuachi (Peru). Immagini pancromatiche satellitari (QuickBird e Wolview-1) acquisite nel 2002, 2005 e 2008.

*Cahuachi (Peru). Panchromatic satellite imagery (QuickBird e WorldView-1) taken in 2002, 2005 and 2008.*

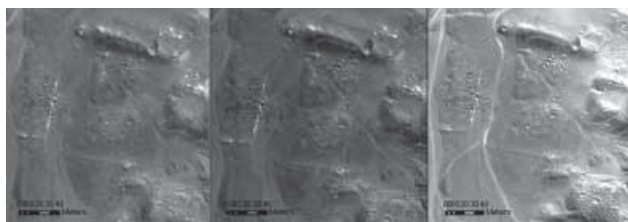


Fig. 2 L'elaborazione delle immagini satellitari in fig. 1 con i metodi di autocorrelazione spaziale evidenzia un'attività di scavo clandestino, in particolare tra il 2005 e il 2008.  
*The processing of satellite images in figure 1 by means of spatial autocorrelation methods, put in evidence a significant looting activity between 2005 and 2008.*

## Procedura di monitoraggio dei siti archeologici dal rischio di scavi clandestini mediante metodi di autocorrelazione spaziale applicati a immagini satellitari ad alta risoluzione

## Facing archaeological looting by means of spatial autocorrelation applied to very high resolution satellite imagery

Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM): [www.ibam.cnr.it](http://www.ibam.cnr.it)

Dipartimento Patrimonio Culturale

Responsabile scientifico: **Nicola Masini**, [n.masini@ibam.cnr.it](mailto:n.masini@ibam.cnr.it)

Il metodo consiste nell'utilizzo di serie multitemporali di immagini satellitari multispettrali ad alta risoluzione di cui si osservano le variazioni spaziali e morfologiche con l'ausilio di algoritmi di autocorrelazione spaziale locale con i quali si possono individuare cluster geografici di valori simili o prossimità spaziali di valori dissimili. Tali proprietà utilizzate per dataset multitemporali consentono in maniera efficace di estrarre aree interessate da cambi (*change detection*). Il metodo è stato utilizzato nel deserto di Nazca, noto per i famosi e misteriosi geroglifi nei pressi del Centro Cerimoniale di Cahuachi. Questo territorio è stato ed è preda di tombaroli (*in spagnolo huajeros*) che saccheggiano tombe, offerte rituali e cimiteri, alimentando il commercio clandestino di reperti archeologici risalenti a un arco temporale che va dal IV sec. a.C. al VII sec. d.C. Le buche che i huajeros creano hanno una forma circolare di diametro circa 1-4 m e sono ben visibili dall'alto. Purtroppo il monitoraggio aereo è un'attività dispendiosa e non sempre efficace a causa della difficoltà di localizzare le nuove aree depredate in un territorio come quello di Nazca in gran parte desertico. Prospettive incoraggianti posso dunque venire dal telerilevamento satellitare, grazie alla possibilità di disporre di informazioni georeferenziate, della risoluzione spettrale e del contributo derivante da metodi di autocorrelazione spaziale.

*The method is based on the use of multitemporal satellite imagery to detect spatial and morphological changes linked to archaeological heritage. Such detection is carried out by means of local spatial autocorrelation which allows to identify geographical clusters of similar values or spatial proximity of dissimilar values. Such characteristics are usually used for multitemporal dataset thus allowing to extract effectively areas affected by changes. The method has been experienced in the desert of Nazca (peru), near the Ceremonial Centre of Cahuachi that is a very tempting target for looters, who rob precious offerings and rich tombs feeding illicit antiquities trade of archaeological objects in Europe and USA. The hole made by looters are visible by aerial view. Unfortunately aerial surveillance is not effective because of the difficulty to located the looted areas in a desert territory, as in Nazca. Good perspectives could be offered by satellite remote sensing, thanks to the availability of georeferenced and multispectral data as well as to the improvement obtainable by spatial autocorrelation methods.*

### Collaboratori

Rosa Lasaponara, CNR-IMAA

Maria Danese, CNR-IBAM



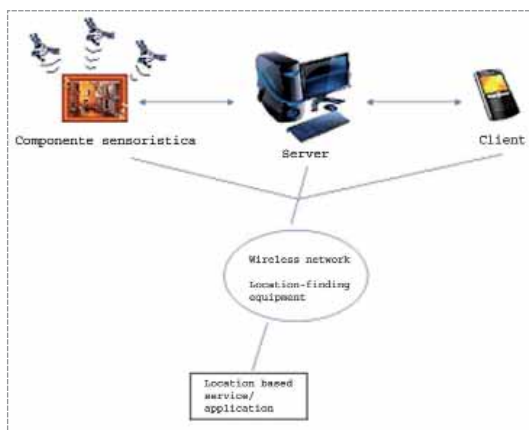


Fig.1 Struttura del Location Based Services.

*Architecture of Traceability System of movable artifacts based on Location Based Services.*

## Sensoristica e location based services per la tracciabilità dei beni artistici mobili

## Sensors and location based services for the traceability of movable cultural artifacts

Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM): [www.ibam.cnr.it](http://www.ibam.cnr.it)

Dipartimento Patrimonio Culturale

Responsabile scientifico: **Nicola Masini**, [n.masini@ibam.cnr.it](mailto:n.masini@ibam.cnr.it)

La ricognizione e la protezione dei beni artistici mobili in una situazione di emergenza come quella verificatasi dopo il sisma del 6 aprile 2009 in Abruzzo sono tra le attività più complesse e rischiose per la vita delle persone e per la conservazione dei beni stessi.

L'esperienza maturata dall'Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM) del CNR in Abruzzo ha attivato una riflessione sull'esigenza di disporre di un sistema di tracciabilità dei beni mobili, che consenti sia di razionalizzare la protezione e gestione del patrimonio artistico mobile in una situazione di crisi (catastrofi naturali), sia di garantire un livello sufficiente di protezione in contesti poco protetti. Tale tecnologia, in corso di sviluppo è costituita da due livelli di funzionalità. Il primo, di tipo statico, basato sull'impiego di dispositivi RFID, è usato per il controllo di varchi, per evitare che oggetti vengano portati fuori da un certo ambiente; il secondo, dinamico, è costituito da sensori di localizzazione attivi in grado di connettersi ad una propria rete e di utilizzare segnali GPS e infrastruttura GSM. Essi consentono di segnalare la variazione di posizione di oggetti con una fissata frequenza temporale. La messa a sistema della sensoristica con la rete di tipo mobile e con l'informazione geografica è gestita con un servizio Location Based, creando una tecnologia low-cost, modulare, integrabile con altri sensori e tecnologie di localizzazione e di facile uso grazie all'interfaccia di gestione dell'informazione geografica.

*The protection of movable cultural artifacts after the earthquake which affected Abruzzo on 2009 april put in evidence the need to have a system of traceability, useful both to manage the emergency (from carriage of artifacts to logistics) and to safeguard movable artistic heritage.*

*Such technology is in progress. It is conceived to assure two different levels of functionality: the first, static, is based on the use of RFID (Radio Frequency IDentification) to control openings or passages; the second one is dynamic. It is composed of active localization sensors, capable to connect to a network as well as to use GPS signals and GSM infrastructures. They allow us to send the change of position of artistic objects with a given temporal frequency. In conclusion, the integration of sensors with mobile network and geographic information is managed by means of Location Based Services; thus making the technology low cost, modular, user friendly and easily integrable with other localization sensors.*

### Collaboratori

Maria Danese, CNR-IBAM

Stefano Del Lungo, MensTecnica s.r.l.

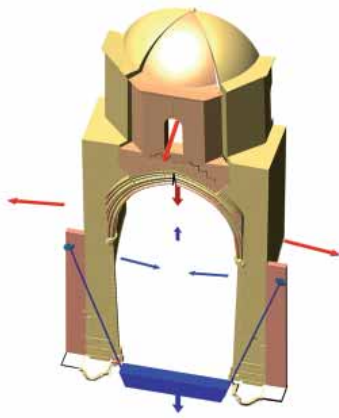


Fig. 1 Il modello 3D del sistema cupola-arco del Bedestan, con lo schema statico del dispositivo di bilanciamento ottenuto attraverso il pendolo-zavorra appeso.

*The 3D model of the dome-arch system of the Bedestan, with the pattern of static balancing device obtained by hanging the pendulum-ballast. The 3D model of the dome-arch system of the Bedestan, with the pattern of static balancing device obtained by hanging the pendulum-ballast.*



Fig. 2 La zavorra metallica in grado di oscillare, utilizzata per realizzare il pendolo durante i lavori di consolidamento del Bedestan ex chiesa St. Nicholas, a Cipro.

*The metallic ballast, capable of swinging, used to realize the pendulum during the consolidation works of Bedestan, former St. Nicholas Church, in Cyprus.*

## Provvedimento antisismico “a pendolo”

## The “Pendulum”, an antiseismic measure

Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali (ITABC): [www.itabc.cnr.it](http://www.itabc.cnr.it)

Dipartimento Patrimonio Culturale

Responsabili scientifici: **Luciano Cessari**, [luciano.cessari@itabc.cnr.it](mailto:luciano.cessari@itabc.cnr.it) - **Giovanni Cangi**, [ingcangi@tiscalinet.it](mailto:ingcangi@tiscalinet.it)

Il sistema protettivo a pendolo è un provvedimento antisismico che è stato ideato su un principio che sfrutta le masse ausiliarie di un elemento pesante appeso ad una struttura muraria per incrementarne lo stato di compressione in condizioni di esercizio ordinario. Questo elemento spingente, opportunamente dimensionato, che può essere appeso a volte o a archi murari e lasciato libero di oscillare, costituisce un valido presidio antisismico, in quanto incrementa il carico verticale senza trasmettere forze sismiche orizzontali. L'idea di questa innovazione antisismica nasce da uno studio sulle doppie cupole medievali di alcuni monumenti timuridi a Samarcanda, in Uzbekistan, dove queste strutture erano caricate con pesanti massi di pietra appesi alla volta superiore mediante robuste funi di canapa. Questa tecnologia è stata sperimentata per la prima volta nel restauro e consolidamento strutturale del Bedestan, ex chiesa St. Nicholas, a Cipro. In corrispondenza dell'arco trionfale, che sostiene il tiburio nella navata centrale, è stata appesa una zavorra metallica sostenuta da funi in acciaio, in grado di trasferire il peso presente sopra le imposte dell'arco, affinché le spinte possano essere ricondotte entro la base d'appoggio, contribuendo al bilanciamento delle sollecitazioni statiche e sismiche trasmesse dalla sovrastante cupola.

*The pendulum system is a protective seismic measure that was designed on a static principle for the reduction and elimination of the thrusts of arches and vaults, that consists in suspending a mass supported by ties in order to increase its compression thrusts. The auxiliary masse of this heavy element, mounted on a wall and allowed to fluctuate, increases the vertical thrusts without transmitting horizontal seismic forces. The idea of this antiseismic innovation comes from a study of the double domes of some medieval Timurid monuments in Samarkand, Uzbekistan, where these structures were loaded with heavy blocks of stone, hanged by strong ropes of hemp. This technology has been tested for the first time in the restoration and structural consolidation of the Bedestan, former St. Nicholas church in Cyprus. A metal ballast supported by steel and hanged by cables, was set up by the arch of triumph that supports the lantern of the central nave. This element can transfer the weight above the arch impostes so that the thrusts can be transferred within the support base, helping to balance the static and seismic loads transmitted from the dome.*

### Collaboratori

Elena Gliharelli, Cinzia Bacigalupo, Maria Giovanna Mastrorilli,  
CNR-ITABC





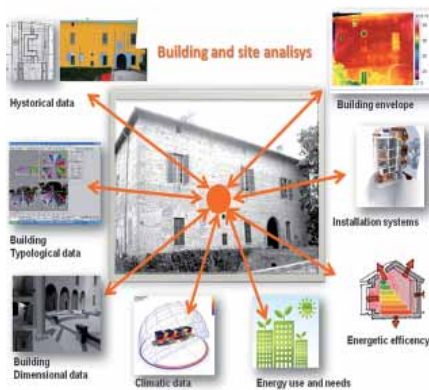


Fig.1 Le fasi del processo di analisi dell'edificio per la diagnosi energetica prevedono il reperimento di dati tipologici, storici e dimensionali, delle caratteristiche dell'involucro e delle soluzioni impiantistiche da collegare ai dati ambientali e climatici.

*The stages of building analysis for energy audits provide retrieval of typological, historical and dimensional data, the characteristics of the envelope and system solutions to be connected with climate and environmental data.*

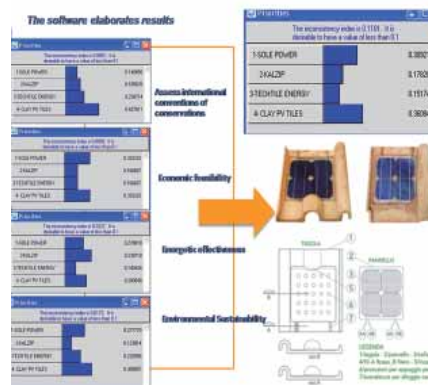


Fig.2 Il sistema, assistito da un software che calcola i pesi delle risposte, mette in luce le scelte di restauro energetico più compatibili con le indicazioni di tutti gli esperti.

*The system, assisted by software that calculates the weight of responses, highlights the energy solutions of more compatible with the indications of all experts.*

## Intelligent Energy Application Tool per la valutazione di compatibilità di interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche di edifici e centri storici

## Intelligent Energy Application Tool for the evaluation of the compatibility of energy projects in historical buildings and centres

Istituto Tecnologie Applicate ai Beni Culturali (ITABC): [www.itabc.cnr.it](http://www.itabc.cnr.it)  
 Dipartimento Patrimonio Culturale  
 Responsabile scientifico: **Elena Gigliarelli**, [elena.gigliarelli@itabc.cnr.it](mailto:elena.gigliarelli@itabc.cnr.it)

Il processo di integrazione di tecnologie di risparmio energetico e di energie rinnovabili nel patrimonio architettonico esistente è estremamente complesso e richiede la capacità di esaminare e contemperare molteplici aspetti come: i valori culturali e artistici, l'organizzazione tipologica e funzionale, le caratteristiche dei materiali e delle strutture. Lo strumento Intelligent Energy Application Tool è stato sviluppato dal Built Heritage Laboratory dell'Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali (ITABC) del CNR, per individuare e valutare appropriate soluzioni energetiche sostenibili e applicare le migliori prassi in situazioni complesse, quali gli edifici storici. Il tool, supportato da un software open-source, utilizza una metodologia basata su una procedura di assessment e di aiuto alla decisione, che utilizza le tecniche di Analisi Multicriteri (MCDA: Multi-Criteria Decision Aid). Il Tool è stato testato su tre casi studio in Europa: la Cappella delle Anime a Santiago de Compostela, in Spagna, il palazzo del Municipio a Copenhagen, in Danimarca e il castello di Zena, in Italia e i risultati del processo hanno consentito agli esperti di identificare soluzioni in linea con la conservazione del patrimonio culturale, in grado di valorizzare le potenzialità estetiche e architettoniche e allo stesso tempo capaci di migliorarne la funzionalità, l'efficienza energetica e le prestazioni termiche.

*The integration of energy saving technologies and renewable energy in the existing architectural heritage is extremely complex and requires the ability to examine and reconcile many aspects such as cultural and artistic values, typological and functional characteristics, materials and structures. The Intelligent Energy Application Tool was developed by the Built Heritage Laboratory of ITABC CNR in order to identify and assess appropriate sustainable energy solutions and apply best practice in complex situations such as historic buildings. The tool, supported by an open-source software, uses procedures for assessment and decision support, based on the multi-criteria analysis techniques (MCDA: Multi-Criteria Decision Aid). The Tool has been tested on three case studies: the Capilla de Animas, Santiago de Compostela, Spain, the City Hall of Copenhagen, Denmark and the castle of Zena, in Italy, with the aim to aid the experts to identify solutions that preserve cultural heritage, enhance aesthetical and architectural potential, and ensure functionality, energy efficiency and high thermal performance.*

### Collaboratori

Luciano Cessari, Alessia Cerqua, Cinzia Bacigalupo, Maria Giovanna Mastrorilli, CNR-ITABC



Fig. 1 Monumento Nazionale a Vittorio Emanuele II (Vittoriano), Roma.  
Vittoriano Monument, Rome.



Fig. 2 Particolare dell'annerimento superficiale alla base di una colonna in Botticino.  
Detail of surface blackening at the column base in Botticino limestone.

## Mobilità e protezione del patrimonio culturale nelle aree urbane

## Mobility and cultural heritage protection in urban areas

Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (ISAC): [www.isac.cnr.it](http://www.isac.cnr.it)

Dipartimento Terra e Ambiente

Responsabile scientifico: **Cristina Sabbioni**, [c.sabbioni@isac.cnr.it](mailto:c.sabbioni@isac.cnr.it)

Il progetto Mobilità sostenibile HERMES ("Hominum et Rerum Motus Efficaciter Suffert") si pone l'obiettivo generale di realizzare una base di conoscenza che possa dare un contributo alla risoluzione delle problematiche riguardanti lo sviluppo sostenibile della mobilità, dei trasporti e dei sistemi energetici, quotidianamente affrontate dai decisori e dai policy makers locali e nazionali.

A seguito dello sviluppo della mobilità nel XX secolo, i problemi creati dai flussi di persone e cose alle opere d'arte si sono enormemente accentuati sia per quanto riguarda l'alterazione chimico-fisica dei materiali che li compongono, sia per quanto attiene alla staticità e coesione delle strutture che li caratterizzano. Una parte dell'attività di ricerca del progetto è quindi finalizzata alla valutazione degli effetti delle combustioni da sorgenti mobili sul patrimonio culturale, attraverso l'identificazione di indicatori di impatto e lo sviluppo di metodologie di monitoraggio del degrado causato.

### Collaboratori

Alessandra Bonazza, CNR-ISAC

Maurizio Bielli, CNR-IASI

Mauro Bacci, CNR-IFAC

Maria Vittoria Prati, Livia Della Ragione, Pasquale Corbo, CNR-IM

Alfonso Morvillo, CNR-IRAT

*The Sustainable Mobility HERMES Project ("Hominum et Rerum Motus Efficaciter Suffert") is aimed at implementing a knowledge base which could contribute to solve problems concerning the sustainable development of mobility, transport and energy systems, daily faced by local and national decision- and policy-makers. Because of the greater twentieth-century mobility, the stress incurred on art works by increasing visitor numbers became vastly more accentuated, both in terms of chemico-physical alteration of the materials of which they were composed, and of the degree of cohesion of the structures that characterized them. Part of the research activity centres on the evaluation of the effects of emissions from mobile sources on cultural heritage, through the definitions of impact indicators and development of monitoring methodologies of the caused damage.*



Fig. 1 Foto dello psicrometro.  
A psychrometer picture.

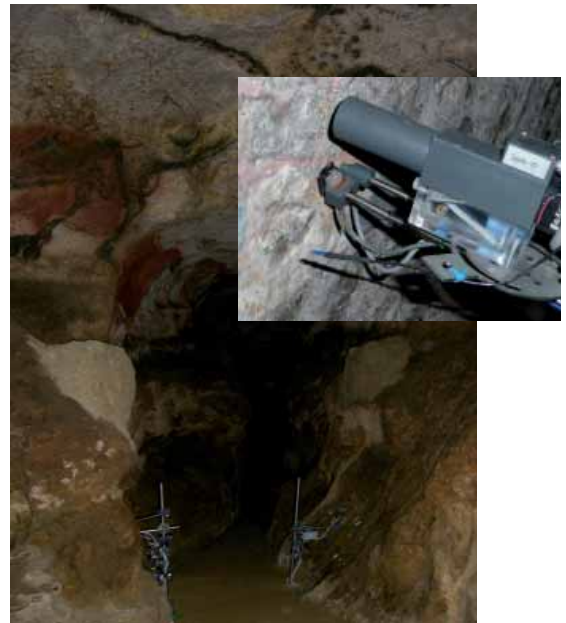


Fig. 2 Installazione dello psicrometro nelle Grotte di Lascaux (Francia).  
The psychrometer installed at the Lascaux caves (France).

## Psicrometro di alta precisione per ambienti estremi

## High precision psychrometer for extreme environments

Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (ISAC): [www.isac.cnr.it](http://www.isac.cnr.it)  
Dipartimento Terra e Ambiente  
Responsabile scientifico: **Adriana Bernardi**, [a.bernardi@isac.cnr.it](mailto:a.bernardi@isac.cnr.it)

È stato sviluppato uno psicrometro elettronico per misure accurate di umidità relativa in ambienti che possono raggiungere facilmente o essere stabilmente attorno a valori estremi di umidità relativa molto difficili da misurare con precisione ovvero al di sopra del 98% come si verifica ad esempio all'interno delle grotte preistoriche. Nello sviluppo dello strumento è stata posta una particolare attenzione ai seguenti aspetti: posizionamento all'interno di tubi di rame delle termoresistenze Pt100; realizzazione del circuito elettronico (eliminazione di disturbi, stabilità termica, convertitore analogico-digitale a 24 bit); calibrazione di tutto l'apparato (parte sensibile ed elettronica); determinazione della costante psicrometrica. L'accuratezza risulta in questo modo più elevata di un fattore 10 dei sensori psicrometrici commercialmente disponibili nel mercato. Questa tecnologia si è rivelata necessaria per la protezione ambientale di beni culturali ipogei (grotte preistoriche, catacombe, cripte) ed è attualmente applicata nelle Grotte di Lascaux (Francia) e alla Cattedrale di Santiago de Compostela (Spagna).

*A high precision psychrometer was developed for accurate measurements of relative humidity in environments frequently or constantly subjected to very high relative humidity higher than 98% like in prehistory caves. Special care was given to the following aspects: positioning/contact of the Pt100 sensors in the copper tubes of the psychrometer; designing of the electronic circuitry (noise elimination, temperature stability, 24-bit analog to digital converter); calibration (calibration of sensor with its electronics); determination of the psychrometric constant. The accuracy is a factor of 10 better than the commercially available psychrometers. This technology is particularly suitable for the environmental protection of hypogeous sites (such as caves, catacombs, crypts) and it is actually applied in the Lascaux caves (France) and Santiago de Compostela Cathedral (Spain).*

### Collaboratori

Francesca Becherini, CNR-ISAC  
Luc Pockelé, Sandro De Grandi, R.E.D s.r.l.



Fig. 1 Foto del Dew sensor.  
Dew sensor.



Fig. 2 Installazione del dew sensor alle grotte di Lascaux (Francia).  
Dew sensor at Lascaux caves.



Fig. 3 Installazione del prototipo del dew sensor at the Sainte Chapelle (Paris-France)..  
Prototype of the dew sensor at the Sainte Chapelle (Paris-France).

## Sensore di Rivelazione di condensa

## Dew sensor

Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (ISAC): [www.isac.cnr.it](http://www.isac.cnr.it)  
Dipartimento Terra e Ambiente  
Responsabile scientifico: **Adriana Bernardi**, [a.bernardi@isac.cnr.it](mailto:a.bernardi@isac.cnr.it)

È stato sviluppato un sensore per rilevare la condensa, uno dei principali nemici dei monumenti in quanto induce fenomeni di cristallizzazione dei sali, biodegrado, trasformazione dei materiali. Il sensore può essere applicato direttamente sulle superfici di svariati materiali: vetro, metalli, pietra, incluse vetrate antiche, usando il conosciuto principio di scattering della luce incidente su una superficie riflettente in cui si è formato uno strato di acqua. Il sensore ha due coppie di emettitore e ricevitore, una in aria libera l'altra chiusa in un ambiente anidro. Il segnale emesso dall'emettitore nell'ambiente anidro farà da riferimento in quanto mai disturbato dalla formazione di condensa sulla superficie. L'altro segnale in ambiente libero in presenza di condensa verrà diffuso e il ricevitore rileverà un più basso segnale. La differenza tra i due segnali indicherà chiaramente la formazione di condensa. Questo sensore è in grado di rilevare in modo più veloce e accurato rispetto alle tradizionali misure indirette che sono affette da molteplici errori, l'inizio del fenomeno di condensa. Lo strumento è oggetto di un brevetto CNR internazionale. Questo strumento è stato utilizzato in molti famosi monumenti quali la Sainte Chapelle (Parigi-Francia), la Cattedrale di Colonia (Germania), la Cattedrale di Santiago di Compostela (Spagna), le Grotte di Lascaux (Francia), i templi megalitici di Hagar Qin (Malta).

### Collaboratori

Francesca Becherini, CNR-ISAC  
Luc Pockel , Sandro De Grandi, R.E.D s.r.l.

*A sensor to directly detect condensation, one of the main enemy for cultural heritage protection as it induces salts crystallization processes, biodeterioration, materials transformation. The sensor can be directly applied on different cultural heritage assets such as glass, metal, stone and even glass stained windows and it was developed using the principle of light scattering due to the water layer on the glass surface. The sensor has two pairs of emitter – receivers , one in the ambient air and one in an anhydrous housing. The signal from the emitter in the anhydrous housing is never disturbed by condensation. The signal in the ambient air gets diffused by the water layer and the receiver get's a lower signal. The difference between the two receiver signals indicates clearly the formation of condensation. As the two pairs of emitter-receivers are subjected to the same external radiation ( solar or artificial light ) the subtraction of these signals eliminates the influence of the external radiation. The sensor detects faster and more accurately the start of the condensation in comparison with the traditional indirect measurements. The sensor has similar applications on other than glass surfaces. The tool is a CNR international patent. This instrument was installed in different famous monuments like the Sainte Chapelle (Paris-France), the Cologne Cathedral (Germany), the Santiago de Compostela Cathedral (Spain), the caves of Lascaux (France), the temples of Hagar Qin (Malta).*



Fig. 1 Foto del sensore di temperatura a contatto.  
Surface Contact temperature sensor.



Fig. 2 Installazione del sensore di temperatura a contatto sulla volta della cappella Major nella Cattedrale di Santiago di Compostela (Spagna).  
Surface Contact temperature sensor installed at the Cappella Major of the Santiago de Compostela Cathedral (Spain).

## Sensore di temperatura superficiale

## Surface Contact temperature sensor

Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (ISAC): [www.isac.cnr.it](http://www.isac.cnr.it)

Dipartimento Terra e Ambiente

Responsabile scientifico: **Adriana Bernardi**, [a.bernardi@isac.cnr.it](mailto:a.bernardi@isac.cnr.it)

Variazioni di temperatura possono produrre danni irreversibili ai materiali e alle superfici che caratterizzano il patrimonio culturale. La misura della temperatura di una superficie è molto difficile in quanto sia il sensore stesso sia l'ambiente circostante disturbano la misura. L'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima (ISAC) ha messo a punto un sensore di temperatura superficiale capaci di raggiungere una precisione dell'ordine di 0.02-0,03°C. Per la realizzazione di questo sensore è stata utilizzata una termoresistenza Pt100 posta alla testa del sensore stesso posizionato su una sottile e minuscola superficie in argento. Il circuito elettronico associato è stato costruito con particolare cura per l'eliminazione di disturbi, stabilità termica e conversione digitale. L'insieme (parte sensibile ed elettronica associata) è stato poi calibrato in bagno termico. Questo strumento è usato in molti famosi monumenti quali la Cattedrale di Santiago di Compostela (Spagna) e le Grotte di Lascaux (Francia).

### Collaboratori

Francesca Becherini, CNR-ISAC  
Luc Pockelé, Sandro De Grandi, R.E.D s.r.l.

*Temperature variations can produce irreversible damage in materials and on surfaces characterizing cultural heritage assets. Surface contact temperature measurements are difficult to implement as the surface temperature is often disturbed by the thermal disturbance of the sensor surface itself and of the environment. The Institute of Atmospheric Sciences and Climate (ISAC) has developed a surface contact temperature sensor able to achieve a precision in the order of 0.02 to 0.03 degrees centigrade. For the realization of this has been used a sensor head with a Pt100 in direct contact with a very small contact surface made out of silver was built. The electronic circuitry was built with special care for the suppression of electronic noise, the thermal stability and the analog to digital conversion. The assembly was calibrated in a thermal bath together with its electronic circuitry. This instrument was installed in different famous monuments like the Santiago de Compostela Cathedral (Spain) and the caves of Lascaux (France).*



Fig. 1 Campionatore Analyst®.  
*The sampler Analyst®.*



Fig. 2 Sostegno per l'esposizione del campionatore Analyst® all'aperto.  
*The Analyst sampler exposed outdoors.*

## Campionatore diffusivo per il campionamento di gas in relazione alla conservazione dei beni culturali

## Diffusive sampling applied to the determination of atmospheric pollutants in relation to cultural heritage protection

Istituto sull'Inquinamento Atmosferico (IIA): [www.iaa.cnr.it](http://www.iaa.cnr.it)

Dipartimento Terra e Ambiente

Responsabile scientifico: **Franco De Santis**, [desantis@iaa.cnr.it](mailto:desantis@iaa.cnr.it)

Il campionamento passivo impiega strumenti di grande semplicità in grado di sfruttare una legge naturale (quella della diffusione molecolare) per arricchire su di un substrato reattivo le sostanze presenti nell'aria sotto forma di gas. Questa operazione viene effettuata semplicemente esponendo all'aria il dispositivo per il periodo di tempo necessario a ottenere un campione significativo e sufficiente per l'analisi. Alla fine del campionamento si procede alla caratterizzazione dell'analista catturato sullo strato assorbente tramite colorimetria o tramite Cromatografia Ionica. L'Istituto sull'Inquinamento Atmosferico (IIA) ha sviluppato un campionatore passivo, oggetto di un brevetto, denominato Analyst®. Semplicità di funzionamento, economicità ed efficienza sono solo alcuni dei numerosi vantaggi offerti dal nuovo campionatore. Gli Analyst® hanno infatti dimensioni ridottissime, sono silenziosi e, non avendo bisogno di corrente elettrica per funzionare, sono adatti a essere esposti in una sala museale senza alcuna incidenza visiva e sonora. Possono, quindi, essere utilizzati in alternativa alla strumentazione tradizionale basata sull'uso di analizzatori automatici che, per problemi pratici e organizzativi, limitano gli interventi conoscitivi solo a brevi campagne di monitoraggio.

**Collaboratori**

Francesca Vichi, Massimiliano Frattoni, CNR-IIA

*Diffusive samplers provide a simple and economical alternative to traditional sampling methods for the determination of gaseous atmospheric pollutants. The principle of diffusive sampling is a general one and lends itself ideally to the sampling and analytical determination of airborne gaseous contaminants of relevance for cultural heritage protection. A diffusive sampler is a device capable of taking gas samples from the atmosphere at a rate controlled by molecular diffusion. The diffusive sampler contains a sorbent which fixes the pollutant without requiring any pump or electrical power. After exposure of the samplers they are returned to the laboratory for analysis. According to the type of device and the measured pollutant, analysis can be performed using different techniques, such as colorimetry or ion chromatography. The Institute of Atmospheric Pollution (IIA) has developed and patented a diffusive sampler called Analyst®. The Analyst® diffusive samplers are small and unobtrusive, making them easy to be deployed. Compared with conventional sampling, they have many clear advantages. These include low cost, no requirement for power supply and simplicity of deployment. They can be used to produce detailed concentration maps of pollutants in a specific area which includes historic buildings or monuments, or in different rooms of a Museum.*

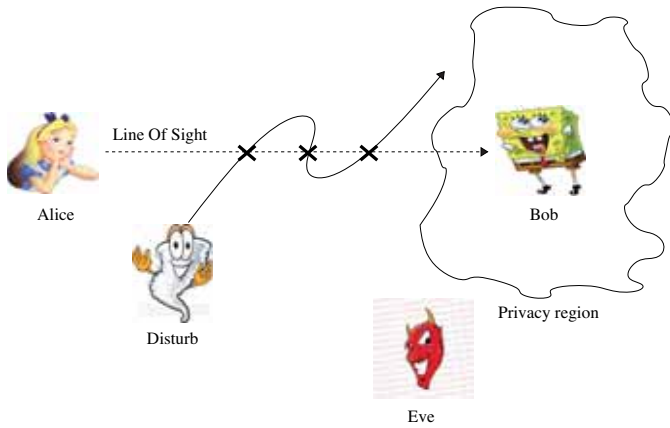


Fig. 1 Alice e Bob vogliono comunicare in maniera sicura e segreta rispetto a Eve sfruttando i disturbi ambientali (Disturb).

*Alice and Bob want to communicate securely and secretly with respect to Eve leveraging the environmental disturbances (Disturb).*

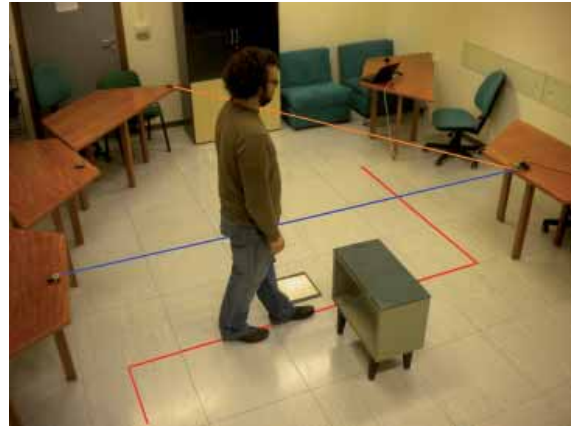


Fig. 2 Scenario di esempio: Alice e Bob generano un segreto condiviso quando una persona attraversa la loro linea di vista (curva blu).

*Scenario: Alice and Bob generate a shared secret when someone crosses their line of sight (blue curve).*

## Sistema per la generazione di chiavi simmetriche per la sicurezza in reti di sensori senza fili

## Generation of symmetric keys for securing wireless sensor networks

Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandro Faedo" (ISTI): [www.isti.cnr.it](http://www.isti.cnr.it)

Dipartimento Tecnologie dell'Informazione e delle Comunicazioni

Responsabile scientifico: **Paolo Barsocchi**, [paolo.barsocchi@isti.cnr.it](mailto:paolo.barsocchi@isti.cnr.it)

62

protezione

Le reti di sensori sono caratterizzate da dispositivi economici in grado di estrarre informazioni ambientali come vibrazioni, temperatura, umidità, luce, ecc. Questi dati sono critici e devono essere protetti da eventuali attacchi, il cui fine può essere sia il furto di informazioni ma anche quello di alterare le letture per indurre alterazioni ambientali pericolose. E' evidente la necessità di proteggere le letture effettuate dai sensori da terze parti non autorizzate. La comunicazione sicura fra coppie di sensori può essere ottenuta solamente quando i sensori condividono un segreto. Il nostro sistema genera chiavi condivise fra coppie di sensori osservando semplicemente la potenza del segnale radio ricevuto. Quest'ultima ha una componente casuale dovuta all'imprevedibilità dei movimenti di cose o persone nell'ambiente che il nostro sistema sfrutta al fine di instaurare segreti condivisi. In questo modo, non sono più necessarie terze parti certificate per la distribuzione delle chiavi di cifratura e la rete di sensori può operare in modo autonomo, senza essere incustodita.

*Sensor networks are inexpensive devices that extract environmental information such as vibration, temperature, humidity, light, etc.. These data are critical and must be protected against attack, whose purpose is either the theft of information but also to alter the performed readings. It 'obvious need to protect the readings from the sensors by unauthorized third parties. Secure communication between pairs of sensors can be obtained only when the sensors share a secret. Our system generates shared keys between pairs of sensors by observing the received radio signal strength (RSSI). RSSI has a random component due to the movement of things or people in the environment that our system leverages in order to establish a shared secrets. In this way, we don't need a trusted third-party that distribute the encryption keys, moreover the sensor network can operate autonomously.*

Collaboratori

Gabriele Oligeri, Stefano Chessa, CNR-ISTI

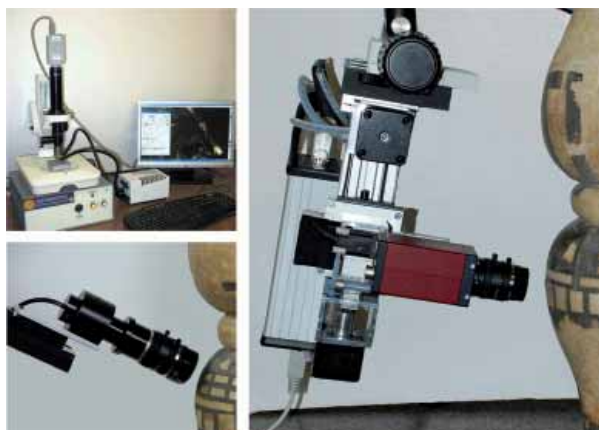


Fig. 1 Tre versioni del microscopio 3D a scansione di fuoco.  
Three different versions of the 3D videomicroscopes developed.

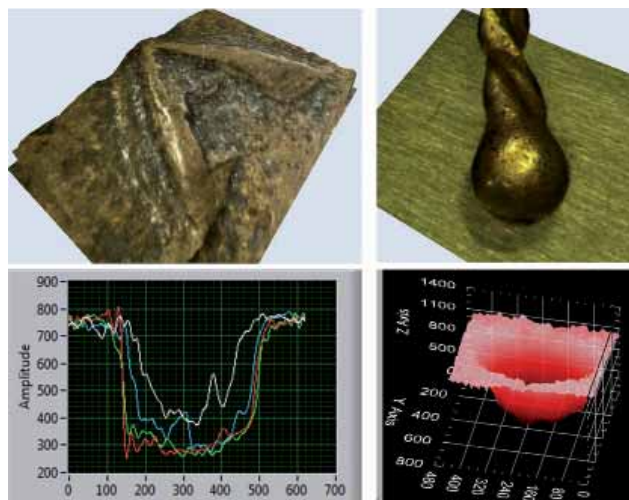


Fig. 2 Rendering ed estrazione di profili 2D: sono mostrati esempi relativi a una iscrizione su una moneta romana in oricalco, a una terminazione di un gioiello in oro e a uno scavo laser di una costa nera.

3D rendering and extraction of 2D profiles: examples shows details of a letter on a Roman coin, a termination of a gold jewel, and a laser ablation test on black crust.

## Microscopi 3D portatili a basso costo

## Low-cost portable 3D videomicroscopes

Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC): [www.ifac.cnr.it](http://www.ifac.cnr.it)  
Dipartimento Materiali e Dispositivi  
Responsabile scientifico: **Salvatore Siano**, [s.siano@ifac.cnr.it](mailto:s.siano@ifac.cnr.it)

L'Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC) sviluppa microscopi 3D portatili compatti per l'analisi micro morfologica in situ di vari manufatti di interesse storico-artistico. Il microrilievo tridimensionale è utile sia in fase di caratterizzazione dello stato di conservazione che per la verifica dei trattamenti di pulitura. Esso è inoltre di grande ausilio nell'autenticazione di manufatti metallici, poiché in tal caso la tessitura superficiale, la forma e le dimensioni dei segni di lavorazione e di usura, unitamente al preciso rilievo di marchi, hanno un'importanza cruciale.

I microscopi 3D sviluppati dall'IFAC-CNR sono costituiti da un set-up molto semplice: una videocamera CCD, uno stadio di traslazione e un software di gestione ed analisi. Il profilo 3D della superficie esaminata viene ricostruito a partire da una sequenza di immagini acquisite spostando il fuoco dell'obiettivo lungo l'asse di osservazione (scansione di fuoco). Il campo di vista è di circa 5 mm e la risoluzione verticale di circa 10  $\mu\text{m}$ . In una versione avanzata dello strumento, sono stati implementati altri due assi ortogonali, al fine di estendere il campo di vista attraverso sequenze scansioni di aree adiacenti.

### Collaboratori

Andrea Mencaglia, Ilaria Cacciari, Marta Mascalchi, CNR-IFAC

*The Institute of Applied Physics "Nello Carrara" (IFAC) develops compact 3D videomicroscopes for in situ micro-morphological analyses of several objects of art and historical interest. The 3D microscopy can provide important information for characterising the state of conservation and to assess the effectiveness of cleaning treatments. Furthermore, it is very useful in authentication studies of metal artefacts where the surface texture, shape and sizes of tool marks, and signs of aging, along with the precise relief of hallmarks, play a crucial role.*

*3D videomicroscopes developed by IFAC-CNR are devised using a very simple set up: CCD camera, translation stage, and a dedicated software for image acquisition and elaboration. The 3D profile of the surface under examination is achieved through the elaboration of a sequence of pictures, which are collected by moving the focal point of the objective along the optical axis z (focus scan). The fields of view range between 2-6 mm and vertical resolutions between 5-10  $\mu\text{m}$ . The most advanced version of these devices is equipped with two more translation axes (x, y), which allow to extend the field of view by merging 3D profiles of adjacent areas.*





Fig. 1 Camera digitale montata sulla barra motorizzata di precisione durante la fase di acquisizione.

*Digital Camera mounted on the motorised bar during the shooting phase.*

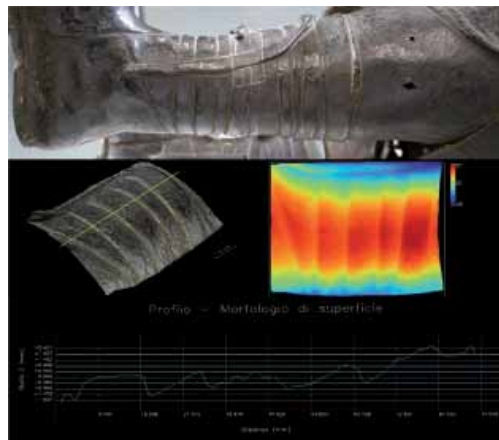


Fig. 2 Ripresa microfotografica del calzare sinistro dell'Arringatore, dalla quale è stato generato il modello 3D con la rispettiva mappa della distribuzione delle quote Z. Lungo le polilinee di profilo sono stati elaborati i profili della morfologia di superficie.

*Microphotographic shooting of a particular of the left footwear of the bronze statue "Arringatore" and related 3D model with a roughness profile and Z value distribution.*

## Applicazione della microfotogrammetria per il monitoraggio di superfici

## The microphotogrammetry system applied to the monitoring of surfaces

Istituto per la Conservazione e la Valorizzazione dei Beni Culturali (ICVBC): [www.icvbc.cnr.it](http://www.icvbc.cnr.it)

Dipartimento Patrimonio Culturale

Responsabile scientifico: **Piero Tiano**, [p.tiano@icvbc.cnr.it](mailto:p.tiano@icvbc.cnr.it)

64

diagnostica

L'Istituto per la Conservazione e la Valorizzazione dei Beni Culturali (ICVBC) sviluppa in collaborazione con la ditta Menci Software di Arezzo un dispositivo fotogrammetrico per il rilievo micromorfologico e tessiturale di superfici di interesse storico-artistico. Il sistema offre una serie di vantaggi rispetto al laser scan: per costi ridotti, compattezza e facilità di utilizzo. Le immagini 3D contengono, per ciascun pixel, le coordinate spaziali X,Y,Z e i valori dei parametri colorimetrici. La strumentazione portatile si compone di una camera digitale, munita di obiettivo 60 mm, montata su una barra motorizzata gestita da un computer. Vengono acquisite triplette di immagini della superficie dell'oggetto, distanziate l'una dall'altra di un passo che viene impostato sulla base della dimensione dell'area di ripresa. Le tre immagini acquisite vengono elaborate tramite un algoritmo di analisi dell'immagine che genera il modello 3D della superficie ripresa, la precisione del sistema è di circa 20  $\mu\text{m}$  in X, Y e di 50  $\mu\text{m}$  in Z.

L'Istituto utilizza lo strumento per la valutazione quantitativa di eventuali modifiche intervenute sulla stessa superficie ad intervalli di tempo e per definire protocolli di monitoraggio, nell'ambito della manutenzione programmata, di una varietà di manufatti, attraverso il controllo della variazione di parametri quali: rugosità, caratteristiche cromatiche, valutazione di erosione, deposito di materiale e altro.

*The Institute for the Conservation and the Promotion of Cultural Heritage (ICVBC) develops in collaboration with the firm Menci Software (Arezzo) a digital microphotogrammetry system with which one can, very easily, obtain 3D models of small artistic surfaces without the use of the laser scanner. The 3D images contain for each pixel the spatial coordinates X, Y, Z and the colours parameters. The portable system is composed by a digital camera with a 60 mm objective mounted on a motorized bar both managed by a PC. The surface under test is acquired with a triplet of images with a measured step defined as a function of dimension of the shooting area. The three images are elaborated with proprietary software and a 3D model of the surface is generated. On the basis of the operational conditions the system has a range of precision of 20  $\mu\text{m}$  in X, Y and of 50  $\mu\text{m}$  in Z.*

*The ICVBC-CNR applied this system for quantitatively evaluate possible changes in time of the surface pattern variables of the same area such as: roughness, colour, deposit and, erosion. Furthermore, the control of such variations and the establishment of monitoring protocols is a valid support to the scheduling maintenance choice.*

Collaboratori

Rachele Manganelli del Fa, CNR-ICVBC



Fig. 1 Procedura per avvicinamento della sonda alla zona del dipinto murale da misurare mediante tecnica FORS *in situ*.

*Procedure for positioning the probe-head on the area to be measured by using in situ FORS technique.*



Fig. 2 Acquisizione immagini iperspettrali su dipinto con scanner ad altissima risoluzione spaziale e spettrale sviluppato presso IFAC-CNR.

*Hyper-spectral imaging acquisition on a painting by using a high spatial and spectral resolution scanner developed at IFAC-CNR.*

## Spettroscopia di riflettanza puntuale a fibre ottiche e a immagini mediante scanner iperspettrale

## Fiber optic and imaging reflectance spectroscopy

Istituto di Fisica Applicata “Nello Carrara” (IFAC): [www.ifac.cnr.it](http://www.ifac.cnr.it)  
 Dipartimento Materiali e Dispositivi  
 Responsabile scientifico: **Marcello Picollo**, [m.picollo@ifac.cnr.it](mailto:m.picollo@ifac.cnr.it)

La spettroscopia di riflettanza a fibra ottica (FORS) è una tecnica ottica puntuale, non invasiva, particolarmente indicata per la diagnostica su superfici policrome. L'area di interesse (max 0.5 cm<sup>2</sup>) viene illuminata con radiazione nell'intervallo visibile e vicino infrarosso (350-2500 nm) e dall'analisi spettroscopica del segnale retro-diffuso si ottengono informazioni composizionali (pigmenti, prodotti di alterazione, ecc.) relative ai primi strati superficiali. Gli spettri acquisiti possono inoltre essere utilizzati per l'analisi colorimetrica, di grande importanza per la caratterizzazione dello stato di conservazione (variazioni cromatiche) e per la documentazione di interventi di restauro/pulitura. Grazie all'uso di strumentazione portatile equipaggiata con fibre ottiche e sonde di misura ottimizzate, la tecnica è applicabile *in-situ*, senza restrizioni imposte da dimensioni e/o posizione dell'oggetto. Lo stesso principio di misura è utilizzato nella spettroscopia a immagini, implementata tramite scanner ad altissima risoluzione spaziale (10 punti per millimetro) e spettrale (2 nm), sviluppato dall'Istituto di Fisica Applicata “Nello Carrara” (IFAC). Esso consente l'acquisizione di immagini iperspettrali sull'intervallo 350-900 nm di superfici estese (fino a ca. 1 m<sup>2</sup>). Questi dati sono utilizzati sia a scopo diagnostico che di documentazione.

*Fibre optic reflectance spectroscopy (FORS) is a one-dimension non-invasive methodology and a useful technique for the analysis of works of art. The investigated area (0.5 cm<sup>2</sup> max) is analysed in the visible and near infrared (350-2200 nm) regions and it is possible to obtain data on the chemical composition of the superficial layers (pigments, alteration products, etc.) by the analysis of the retro-diffuse radiation from the investigated surface. The acquired spectra can also be used to evaluate colour and colour changes of the measured areas. Colour data are very useful to characterise the state of preservation of an object and to monitor conservation/cleaning processes. Portable devices, equipped with optical fibre bundles and suitable probe-heads, make it possible to perform in situ measurements.*

*The same measurement principle is used for the imaging spectroscopy. This technique is performed by using a high spatial (10 points/mm) and spectral (2 nm) resolution scanner, which was developed by the Institute of Applied Physics “Nello Carrara” (IFAC). This scanner makes it possible to acquire hyper-spectral images in the 350-900 nm range on approximately one square-meter surfaces. The acquired data are used for both diagnostic and documentation purposes.*

**Sito web:** [www.ifac.cnr.it/webcubview/](http://www.ifac.cnr.it/webcubview/) ; <http://fors.ifac.cnr.it/>

**Collaboratori**

Costanza Cucci, Lorenzo Stefani, Marco Poggese, CNR-IFAC



Fig. 1 Acquisizioni presso la Scoletta del Carmine (Padova), affreschi sec. XVI.  
*Acquisitions in the Chapel of Charity of the S. Francis Church (Padova), frescoes from XVI century.*

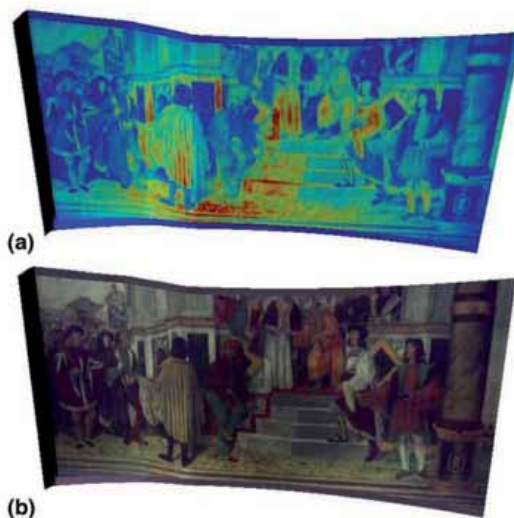


Fig. 2 Ricostruzione 3D in intensità (a) e colore (b) della parete nord della Scoletta del Carmine.  
*3D reconstruction in intensity (a) and color (b) of the northern wall of Scoletta of Carmine.*

## Strumento ottico per l'acquisizione di dati colorimetrici 3D

## Optical instrument for the acquisition of colorimetric 3D data

Istituto di Fotonica e Nanotecnologie (IFN): [www.padova.infm.it/luxor](http://www.padova.infm.it/luxor)

Dipartimento Materiali e Dispositivi

Responsabile scientifico: **Luca Poletto**, [poletto@dei.unipd.it](mailto:poletto@dei.unipd.it)

La tecnica sviluppata permette l'acquisizione simultanea di dati spettrali e di forma 3D per applicazioni ai beni culturali, ad esempio grandi pareti o volte affrescate. Lo strumento ottico accoppia uno spettrometro ad immagine per la regione spettrale 400-900 nm e un misuratore laser di distanza a sfasamento per l'acquisizione dei dati 3D. Le misure spettrali permettono una fedele ricostruzione colorimetrica e una riconoscimento dei pigmenti utilizzati grazie alle loro "firme" spettrali. L'attività è svolta in collaborazione tra il laboratorio LUXOR dell'Istituto di Fotonica e Nanotecnologie (IFN), il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e il Dipartimento di Scienze Chimiche dell'Università di Padova. Sono state effettuate campagne di acquisizioni di affreschi del sec. XVI presso edifici storici a Padova: Scoletta del Carmine e Chiesa di S. Francesco. La tecnica è stata applicata in occasione del restauro di un affresco del XVII secolo presso l'ex-convento di S. Caterina a Padova. Attualmente, sono in corso misure delle vetrate della sacrestia degli Scrovegni (Padova) in occasione del restauro.

*The technique that has been developed allows the simultaneous acquisition of spectral data and 3D shape for applications to the field of cultural heritage, e.g. frescoed walls or vault. The optical instrument consists of an imaging spectrograph for the 400-900 nm spectral region and of a laser for distance measurements. The spectral measurements give both a faithful colorimetric reconstruction and allow to recognize some pigments from their spectral features. The activity is carried on in collaboration between the Institute of Photonics and Nanotechnologies (IFN), the Department of Information Engineering and the Department of Chemistry of the University of Padova. Some acquisition campaigns have been completed on frescoes of the XVI century in historical buildings in Padova: "Scoletta" of Carmine and S. Francis Church. The technique has been applied to monitor the restoring process on a fresco of the XVII century in the former convent of S. Caterina in Padova. At present, we are performing measurements on the colored glasses from the sacristy of Scrovegni (Padova) to monitor the restoring process.*

### Collaboratori

Guidomaria Cortelazzo, Renzo Bertoncello, Università degli Studi di Padova

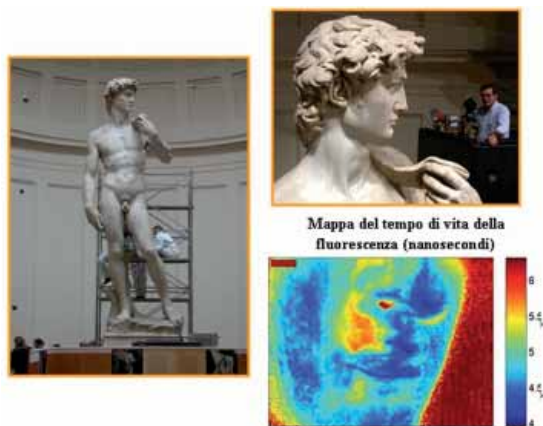


Fig. 1 Indagine dello stato di conservazione del David di Michelangelo tramite analisi del tempo di vita della fluorescenza in seguito a eccitazione UV.  
*In-situ investigation of the conservation status of Michelangelo's David with the aid of UV fluorescence lifetime imaging.*

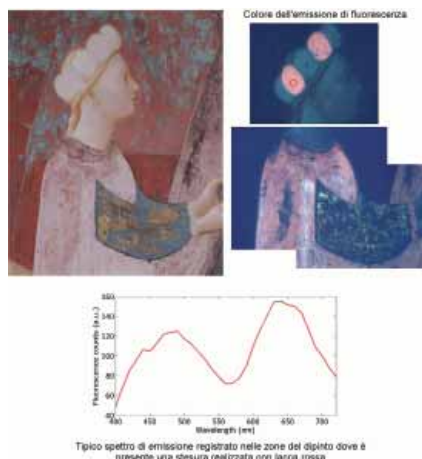


Fig. 2 Caratterizzazione della presenza di una lacca rossa sugli affreschi di Masolino da Panicale tramite analisi multispettrale in fluorescenza.  
*Insights into the use of red lakes in wall painting by Masolino da Panicale from in-situ fluorescence multispectral imaging.*

## Spettroscopia per immagini di fluorescenza e riflettanza per la caratterizzazione in-situ di opere d'arte

## Fluorescence and Reflectance imaging spectroscopy for the in-situ characterization of works of art

Istituto di Fotonica e Nanotecnologie (IFN): [www.fisi.polimi.it](http://www.fisi.polimi.it)

Dipartimento Materiali e Dispositivi

Responsabile scientifico: **Rinaldo Cubeddu**, [rinaldo.cubeddu@polimi.it](mailto:rinaldo.cubeddu@polimi.it)

L'Istituto di Fotonica e Nanotecnologie (IFN) ha una consolidata esperienza nello sviluppo di sistemi di spettroscopia ottica di fluorescenza e riflettanza e nella loro applicazione nel settore dei beni culturali. Negli ultimi anni sono stati sviluppati due sistemi complementari di spettroscopia di fluorescenza per immagini, il primo risolto in tempo e il secondo risolto in spettro, che permettono di caratterizzare l'emissione di fluorescenza di ogni punto di una superficie in termini di tempo di vita e di spettro dell'emissione. L'utilizzo dei due sistemi permette di ricostruire pseudo-immagini rappresentative della presenza di composti fluorescenti su un'opera d'arte.

È inoltre disponibile un sistema multispettrale per immagini operante nella regione visibile, che permette di misurare lo spettro di riflettanza di ogni punto di una superficie. La tecnica fornisce informazioni sul colore dell'opera in esame e permette l'identificazione di pigmenti.

L'utilizzo dei tre sistemi di spettroscopia si è dimostrato efficace per la caratterizzazione chimico-fisica di materiali tipicamente presenti su opere d'arte e per la valutazione in situ dello stato di conservazione di importanti opere, quali gli affreschi rinascimentali di Masolino da Panicale a Castiglione Olona e Filippo Lippi nel Duomo di Prato, sculture in marmo di Michelangelo (il David e la Pietà Rondanini) e un acquarello di Van Gogh conservato presso il GAM di Milano.

*The research group of prof. Cubeddu has an extensive experience in the development of fluorescence and reflectance spectroscopy systems and in their application in the field of cultural heritage.*

*In recent years, the laboratory developed two complementary fluorescence imaging devices which permit to analyze the fluorescence emission of each point of a surface of interest in terms of fluorescence lifetime and emission spectrum. The combined use of the two systems allows the reconstruction of pseudo-images which can be correlated with the presence of fluorescent compounds on a work of art. The laboratory also developed a multispectral imaging system operating in the visible region of the electromagnetic spectrum which allows the measurement of the reflectance spectrum of each point of a surface. The technique provides information on the colour of each point of a work of art and on the presence of particular pigments (in the case of a painting).*

*The use of the three imaging spectroscopy systems has proved effective for the chemical and physical characterization of materials typically found on works of art and for the evaluation of the conservation status of important works of art, such as the Renaissance frescoes by Masolino Panicale in Castiglione Olona and Filippo Lippi in Prato Cathedral, the marble sculptures of Michelangelo (David and the Pietà Rondanini) and a watercolor of Van Gogh at the Modern Art Gallery in Milan.*

Collaboratori

Daniela Comelli, CNR-IFN



Fig. 1 Indagine con lo Scanner Multi-NIR realizzato dall'INO-CNR su "La Gravida" di Raffaello, in restauro presso l'Opificio delle Pietre Dure di Firenze.

*Multi-NIR Scanner by INO-CNR while measuring "The Pregnant" by Raphael, under restoration at the Opificio delle Pietre Dure in Florence.*

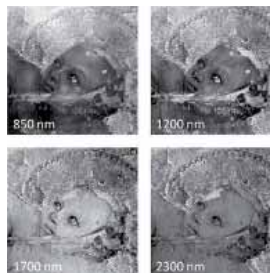


Fig.2 "Madonna con Bambino" di Cimabue: dettaglio della testa del bambino a quattro diverse lunghezze d'onda (850 nm, 1200 nm, 1700 nm, 2300 nm). L'indagine multispettrale, effettuata mediante lo Scanner Multi-NIR, consente di rivelare differenti dettagli al variare della lunghezza d'onda di indagine: sulla fronte sono visibili due puntini bianchi nelle due immagini superiori mentre un fregio in quelle inferiori.

*"Madonna with Child" by Cimabue: detail of the Child's head at four different wavelengths (850 nm, 1200 nm, 1700 nm, 2300 nm). Multispectral analysis, by means of the Multi-NIR Scanner, allows to reveal different details by varying the wavelength used for investigating the painting: on the forehead two light dots in the upper images and a mark in the lower images are visible.*

## Riflettografia IR Multispettrale a Scansione (SMIRR) per lo studio di dipinti

## Scanning Multispectral InfraRed Reflectography (SMIRR) for the study of paintings

Istituto Nazionale di Ottica (INO): [www.ino.it](http://www.ino.it)

Dipartimento Materiali e Dispositivi

Responsabile scientifico: **Luca Pezzati**, [luca.pezzati@ino.it](mailto:luca.pezzati@ino.it)

68

diagnostica

La Riflettografia IR Multispettrale a Scansione è una tecnica ottica non-invasiva di particolare interesse nello studio di dipinti che fornisce un insieme di immagini corrispondenti a diverse lunghezze d'onda. Queste possono essere analizzate singolarmente, permettendo così di rilevare una varietà di informazioni sull'esecuzione dell'opera quali disegno preparatorio, ripensamenti, ridipinture, restauri ecc., oppure globalmente punto per punto della superficie, fornendo la radiazione diffusa dal dipinto (spettro di riflettanza) in quel punto.

Lo Scanner Multi-NIR realizzato dall'Istituto Nazionale di Ottica (INO) del CNR è uno strumento che permette di acquisire simultaneamente e ad alta risoluzione 14 immagini a diverse lunghezze d'onda nella regione spettrale del NIR compreso tra 800 a 2300 nm. Il dipinto viene esaminato con una scansione punto per punto della superficie. La radiazione diffusa dal dipinto viene acquisita in 14 bande mediante un insieme di sensori ottici accoppiati a opportuni filtri interferenziali. Le 14 immagini monocromatiche, che rappresentano la risposta del dipinto a quella particolare lunghezza d'onda, sono perfettamente sovrapponibili e aprono nuove possibilità di analisi nel campo della diagnostica permettendo uno studio approfondito dei materiali e delle varie fasi di realizzazione di un'opera d'arte. Lo Scanner INO-CNR è stato applicato con successo ad una serie di capolavori di Leonardo, Raffaello e altri.

*Scanning Multispectral IR Reflectography is a non-invasive optical technique that is very efficient for painting diagnostics, providing a set of images at different wavelength. These images can be analyzed separately, allowing to reveal a variety of information such as the underdrawing, artist's "pentimenti", retouches, restoration works etc., or as a whole point-by-point of the surface, giving the radiation back-scattered by the painting (reflectance spectrum).*

*The Multi-NIR Scanner developed at the National Institute of Optics (INO) of the CNR is a device that allows the simultaneous acquisition of high-resolution images at 14 different wavelengths in the NIR spectral range between 800 and 2300 nm. The painting surface is scanned point-by-point and the scattered radiation is acquired in 14 spectral bands using a set of optical sensors coupled with suitable interference filters. The 14 monochrome and perfectly superimposing images, representing the painting response at each wavelength, open new possibilities for diagnostic applications concerning both the study of the realization phases and the material characterization of a work of art. The INO-CNR scanner has been successfully used in many measurement campaigns on paintings by Leonardo, Raffaello and others.*

### Collaboratori

Raffaella Fontana, Claudia Daffara, Marco Barucci, Enrico Pampaloni, CNR-INO



Fig. 1 Il lidar ad immagini di fluorescenza sviluppato dall'IFAC-CNR durante la campagna al Colosseo.

*The imaging fluorescence lidar developed by IFAC-CNR during the Coliseum measurement campaign.*

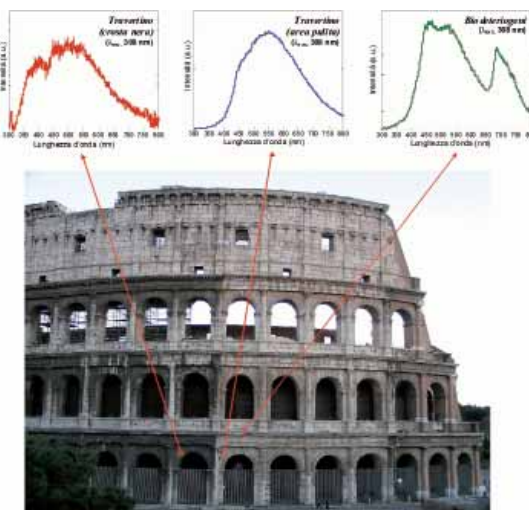


Fig. 2 Vari tipologie di spettri di fluorescenza acquisite sul monumento.

*Examples of different fluorescence lidar spectra acquired on the monument.*

## Lidar a immagini di fluorescenza per il telerilevamento di monumenti lapidei

## Fluorescence Lidar Imaging for the remote sensing of stone monuments

Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC): [www.ifac.cnr.it](http://www.ifac.cnr.it)

Dipartimento Materiali e Dispositivi

Responsabile scientifico: **Giovanna Cecchi**, [g.cecchi@ifac.cnr.it](mailto:g.cecchi@ifac.cnr.it)

Il lidar a immagini di fluorescenza è una tecnica non invasiva che impiega un laser per indagare e mappare a distanza le proprietà di fluorescenza di oggetti. Essa si è rivelata efficace per la valutazione dello stato di conservazione di monumenti storici. Tra le principali applicazioni vi sono: la caratterizzazione dei materiali lapidei impiegati nel monumento, la rivelazione e caratterizzazione di patine e croste nere, di biodeteriogeni quali alghe e ciano batteri e di trattamenti protettivi, l'acquisizione di mappe tematiche su ampie porzioni di monumenti.

Recentemente questa tecnica è stata impiegata in una campagna internazionale sul Colosseo durante la quale sono state svolte indagini specifiche su interventi di restauro del passato come l'individuazione di blocchi inseriti in epoca moderna e di blocchi originali di difficile identificazione perché rilavorati durante interventi non documentati, la mappatura di strutture di rinforzo e la rivelazione di trattamenti protettivi.

**Sito web:** <http://ictone.ifac.cnr.it>

**Collaboratori**

Valentina Raimondi, Lorenzo Palombi, David Lognoli, CNR-IFAC

*The fluorescence lidar imaging technique is a non-invasive technique that uses a laser to investigate and map remotely the fluorescence properties of objects. This technique has been proved to be an effective tool for the remote assessment of monument conservation status. Its main applications include the characterization of stone materials used in the monument, the detection and characterization of patinas and black crusts, of biodeteriogens (such as algae and cyanobacteria) and of protective treatments, the acquisition of thematic maps over extended areas of monuments.*

*Recently, this technique has been used in the framework of an international campaign on the Coliseum (Rome) during which specific investigations were conducted for the monitoring of various conservative interventions, such as the identification of blocks inserted in the modern era and of original blocks (difficult to identify because they were reworked on the surface during undocumented operations), the mapping of reinforcing structures and the detection of protective treatments.*

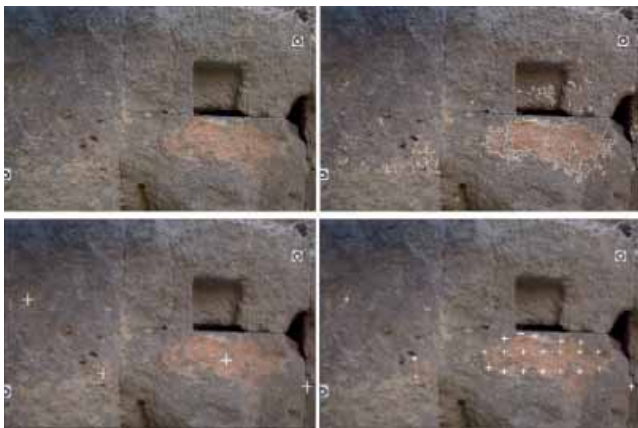


Fig. 1 Porzione di edificio di importanza storica con ossidazione (in alto a sinistra); segmentazione delle aree degradate (in alto a destra); individuazione di quattro punti di prelievo (croci bianche in basso a sinistra); punti di prelievo con misure ripetute (croci bianche in basso a destra).

*Detail of a building of historical importance affected by oxidation (topleft); segmentation of degraded regions (topright); selection of four points of interest (white crosses in the bottomleft part of the figure); selection of more points of interest (white crosses in the bottomright part of the figure).*

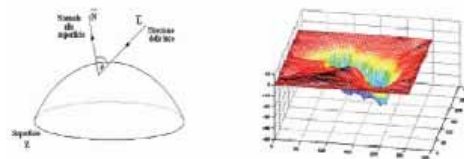
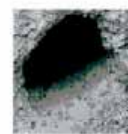


Fig. 2 Cavità su un edificio di importanza storica (in alto); modello lambertiano di proiezione della luce (in basso a sinistra); ricostruzione 3D della cavità (in basso a destra).

*Cavity of an historical building (top); lambertian model for light projection (bottomleft); 3D reconstruction of the cavity (bottomright).*

## Analisi del degrado mediante tecniche di elaborazione di immagini

## Analysis of degradation based on image processing techniques

Istituto per le Applicazioni del Calcolo “Mauro Picone” (IAC): [www.iac.cnr.it](http://www.iac.cnr.it)

Dipartimento Materiali e Dispositivi

Responsabile scientifico: **Domenico Vitulano**, [vitulano@iac.rm.cnr.it](mailto:vitulano@iac.rm.cnr.it)

70

diagnostica

Le tecniche avanzate di elaborazione di immagini possono costituire un valido supporto nell'analisi dello stato di conservazione di beni culturali. In particolare, dalla segmentazione di immagini di aree con alterazioni cromatiche e attraverso criteri di campionamento ben definiti, si descrivono le regioni di interesse come masse soddisfacenti il principio di attrazione e repulsione di cariche elettriche per estrarre, tra queste, quelle più rappresentative su cui effettuare prelievi per analisi di laboratorio. È stato, inoltre, realizzato un metodo per l'estrazione del bordo di cavità e la ricostruzione tridimensionale della regione degradata da una sola immagine tramite la tecnica Shape from Shading (SFS) che sfrutta fenomeni di proiezione dell'ombra. Tale tecnologia è utile per guidare, e spesso sostituire, l'analisi a vista effettuata dall'esperto e permette l'individuazione di aree di degrado anche molto piccole o presenti in aree del monumento difficilmente raggiungibili con strumenti di misura diversi da una macchina fotografica.

**Sito web:** [www.cnr.it/cesarebrandi/images/14\\_Molledo\\_SIINDA\\_IAC.pdf](http://www.cnr.it/cesarebrandi/images/14_Molledo_SIINDA_IAC.pdf)

### Collaboratori

Vittoria Bruni, Riccardo March, Rossella Cossu, CNR-IAC

Paolo Salonia, CNR-ITABC

Lorenzo Appolonia, Soprintendenza per i Beni e Attività Culturali, Regione Autonoma Valle d'Aosta

*Innovative image processing techniques can be a useful support in the evaluation of the degradation of cultural heritage. In particular, the segmentation of chromatic defects of the image along with a suitable image sampling allow to detect regions of interest, that are modelled as attractive or repulsive charges, where it is convenient to extract material to analyse in laboratory.*

*Moreover, it has been defined a Shape from Shading (SFS) based method that is able to extract the contour of a cavity and to reconstruct the 3D shape of the degraded region using light projection phenomena. This technology is able to guide the expert in the naked-eye analysis and allows to also detect very small degraded regions or regions that are difficult to monitor with measurement devices different from digital cameras.*

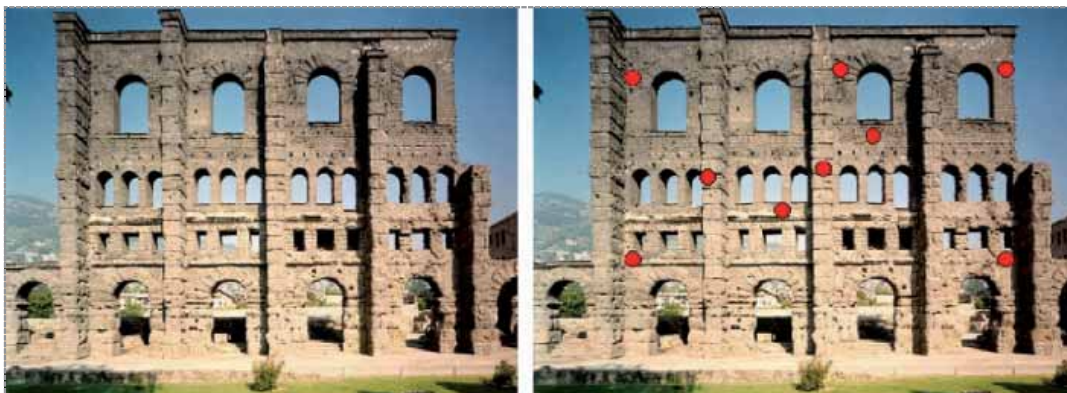


Fig. 1 Mappa di posizionamento ottimale (punti rossi nell'immagine di destra) di nove sensori di misura sul Teatro Romano di Aosta.  
*Optimal map (red points in the rightmost image) of 9 sensors on the Aosta Roman Theatre.*

## Posizionamento ottimale di sensori di misura per il monitoraggio di edifici storici

## Optimal placement of sensors for monitoring of buildings of historical importance

Istituto per le Applicazioni del Calcolo "Mauro Picone (IAC): [www.iac.cnr.it](http://www.iac.cnr.it)

Dipartimento Materiali e Dispositivi

Responsabile scientifico: **Domenico Vitulano**, [vitulano@iac.rm.cnr.it](mailto:vitulano@iac.rm.cnr.it)

Tecnica basata su un modello matematico per il posizionamento ottimale di sensori di misura su edifici storici. Sulla base di misure preliminari di una o più grandezze fisiche, mediante sensori di temperatura, umidità, ecc., il modello è in grado di determinare le posizioni più opportune dei sensori medesimi, da utilizzare per il monitoraggio dell'edificio in esame. In particolare, la mappa delle posizioni sarà più densa in corrispondenza di regioni in cui si verificano cambiamenti maggiori della grandezza fisica misurata e più rada in zone non critiche. I principali vantaggi sono: il supporto all'esperto nel monitoraggio, l'impiego di procedure poco costose rispetto alla strumentazione necessaria al monitoraggio, l'ausilio per la pianificazione di campagne di acquisizione più efficaci e orientate, il risparmio economico.

*Technique based on a mathematical model oriented to the optimal placement of sensors on buildings of historical importance. Starting from one or more sets of preliminary measures, such as temperature, humidity etc., this technique allows to determine the optimal position of the involved sensors. In particular, the resulting map will be more dense in correspondence to regions where there are greater changes in one of the physical quantity under exam and less dense elsewhere. The main advantages are: support to the monitoring expert, simplicity of the adopted procedures of monitoring, help to design more effective and less expensive acquisitions measures.*

### Collaboratori

Vittoria Bruni, CNR-IAC

Paolo Salonia, CNR-ITABC

Lorenzo Appolonia, Soprintendenza per i Beni e Attività Culturali

Regione Autonoma Valle d'Aosta





Fig. 1 Misurazione con NMR portatile dell'umidità in un affresco antico (La messa di S. Clemente e la leggenda di Sisinnio, Basilica di S. Clemente Roma).

*Measurement of the dampness on an ancient fresco by unilateral NMR (La messa di S. Clemente e la leggenda di Sisinnio, Basilica di S. Clemente Roma).*

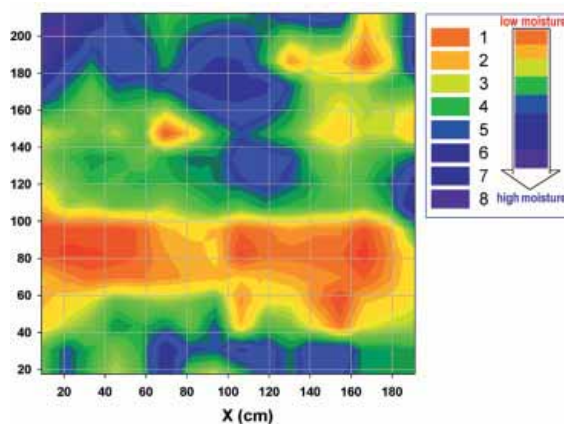


Fig. 2 Mappatura quantitativa dell'umidità in un affresco antico degradato a causa di risalita capillare di acqua (Chiesa di S. Rocco, Cornaredo, Milano).  
*Map of distribution and moisture content in an ancient wall painting degraded by rising damp. (Chiesa di S. Rocco, Cornaredo, Milano).*

## Risonanza magnetica nucleare unilaterale portatile

## Unilateral nuclear magnetic resonance

Istituto di Metodologie Chimiche (IMC): [www.mlib.rm.cnr.it](http://www.mlib.rm.cnr.it)

Dipartimento Progettazione Molecolare

Responsabile scientifico: **Donatella Capitani**, [donatella.capitani@imc.cnr.it](mailto:donatella.capitani@imc.cnr.it)

72

diagnostica

La risonanza magnetica nucleare (*NMR, Nuclear Magnetic Resonance*) unilaterale è una tecnologia portatile per l'analisi non invasiva di materiali e manufatti di interesse per i beni culturali. Fra i molti impieghi, si ricorda la possibilità di monitorare la distribuzione quantitativa dell'umidità nei primi strati di film pittorico di affreschi e nell'intonaco sottostante. È stato dimostrato come i risultati ottenuti sono in pieno accordo con i risultati dei test gravimetrici, con il vantaggio che l'analisi è completamente non distruttiva, quindi può essere applicata anche a dipinti murali non campionabili. Questa tecnologia è estremamente potente per monitorare gli effetti e l'efficacia di trattamenti protettivi e/o di consolidamento eseguiti su svariati tipi di materiale lapideo e valutare, con una risoluzione dell'ordine di 10 micron, la profondità di penetrazione all'interno del materiale poroso del trattamento applicato. Possono inoltre essere misurati alcuni parametri (tempi di rilassamento) correlabili allo stato di degrado e alla porosità dei materiali analizzati.

### Collaboratori

Noemi Proietti, Valeria Di Tullio, CNR-IMC

*The Unilateral Nuclear Magnetic Resonance is a fully portable technique for non-invasive analysis of materials and artefacts belonging to Cultural Heritage. This technique has been successfully used to monitor and map the distribution of the dampness in ancient wall painting without any sampling. Moreover, performing a suitable calibration of the NMR signal it is possible to obtain a quantitative evaluation of the moisture content in the first layers of wall paintings. The amount of moisture content obtained by Unilateral NMR was found to be in a very good agreement with gravimetric tests. This technology is a powerful instrument to monitor the effect and the efficacy of consolidation and cleaning treatments on several porous stones. It also allows to evaluate the depth of penetration of the treatment with a resolution of the order of 10 micron. Finally, information on the state of degradation and also on the porosity of material can be obtained performing measurements of the relaxation times.*

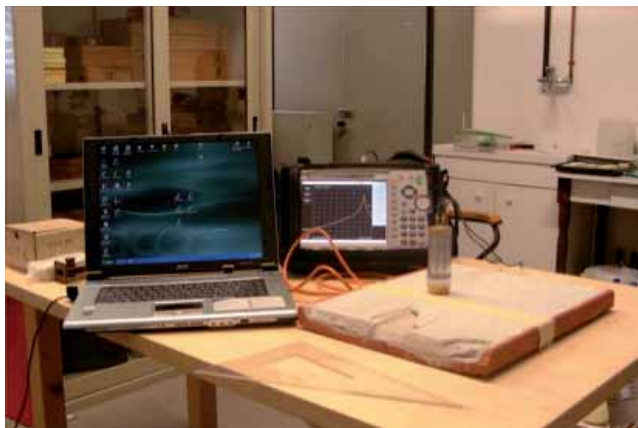


Fig. 1 Sistema di misura dielettrometrico per la misura del contenuto di umidità e di elettroliti.

*Dielectrometry system for the measure of moisture content and salts content.*



Fig. 2 Dielettrometria per la misura del contenuto di umidità e di elettroliti su dipinti murali (Loggia de' Allori, Palazzo Pitti, Firenze).

*Application of dielectrometry tool on fresco (Loggia de' Allori, Palazzo Pitti, Firenze).*

## Dielettrometria a microonde

## Microwave dielectrometry

Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC): [www.ifac.cnr.it](http://www.ifac.cnr.it)

Dipartimento Materiali e Dispositivi

Responsabile scientifico: **Roberto Olmi**, [r.olmi@ifac.cnr.it](mailto:r.olmi@ifac.cnr.it)

La conoscenza del contenuto di umidità è essenziale per determinare lo stato di conservazione di un manufatto: in ambito civile relativamente a laterizi, mattoni, e cemento; in ambito artistico e architettonico, relativamente ai dipinti murali e alle superfici monumentali in genere, questa informazione è ancora più preziosa. Come è ben noto, l'acqua è la principale causa dei meccanismi di degrado. Le caratteristiche dielettriche di un materiale poroso sono fortemente influenzate dalla presenza di acqua e questo suggerisce la possibilità di usare la spettroscopia dielettrica per una diagnostica non invasiva. Il fenomeno della diffusione dell'acqua nel supporto è tale da provocare la migrazione dei sali dall'interno verso la superficie. Lo scambio avviene spesso in corrispondenza della stesura pittorica e la pressione esercitata dalla soluzione può provocare anche un distacco dello strato dipinto. La diagnosi sub-superficiale attraverso la dielettrometria a microonde permette, dunque, una diagnosi precoce dell'umidità e della presenza di sali evitando gravi danni da effetti cumulativi.

**Collaboratori**

Amleto Ignesti, Saverio Priori, Cristiano Riminesi, CNR-IFAC

*The moisture content knowledge is an essential parameter to diagnose the conservation status of artistic object: mortar, concrete, brick and tile in the housing framework and wall paintings artistic surfaces in cultural heritage assets. It is well known that the diffusion of water in the support is the main source of decay. The dielectric characteristics of a porous material are strongly influenced by the presence of water and this suggests the possibility to use the dielectric spectroscopy for a non-invasive diagnostic. The water diffusion causes the migration of salts from the inside to the surface of the support. The exchange surface is often the painting surface, and the pressure from the solution, charged of salts, can induce an uplift of the painting layer (efflorescence and detachment). A portable tools based on microwave dielectrometry has been realized in order to prevent the aforementioned causes of damage by a quick sub-surface diagnosis of moisture content and salts content.*

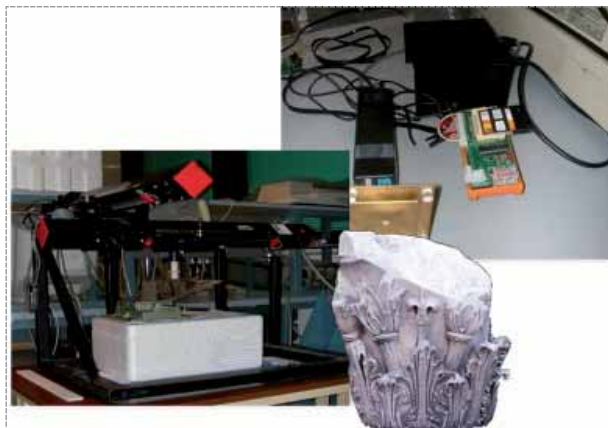


Fig. 1 Sistema a microonde per il controllo non distruttivo di materiali lapidei di interesse storico-artistico.

*Microwave system for the non-destructive testing of historically and artistically significant stone materials.*

## Metodi per la diagnostica non distruttiva di materiali lapidei di interesse storico artistico

## Methods for the non-destructive testing of historically and artistically significant stone materials

Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandro Faedo" (ISTI): [www.isti.cnr.it](http://www.isti.cnr.it)

Dipartimento Tecnologie dell'Informazione e delle Comunicazioni

Responsabile scientifico: **Ovidio Salvetti**, [ovidio.salvetti@isti.cnr.it](mailto:ovidio.salvetti@isti.cnr.it)

74

diagnostica

Nel campo dei controlli non distruttivi, il laboratorio ha sviluppato diverse tecnologie per l'ispezione automatica di manufatti lapidei di interesse storico-artistico. In particolare, è stato realizzato un dispositivo basato sulle tecniche a microonde in cui il sensore è costituito da un'antenna a banda stretta, la cui frequenza di risonanza dipende dalla permittività del mezzo in prossimità dell'antenna; ponendo il sensore in prossimità di un oggetto, dalla variazione della frequenza di risonanza rispetto a una misura a vuoto si determina la permittività degli strati superficiali dell'oggetto e si ottengono informazioni sulla sua struttura. In questo modo si possono caratterizzare materiali lapidei, con risvolti applicativi nella diagnostica degli elementi architettonici e nel controllo di qualità in tempo reale.

Sono stati progettati e realizzati vari tipi di sensori e moduli hardware per il pilotaggio del sensore e per l'acquisizione del segnale da elaborare; è stato inoltre sviluppato un software per il controllo dei moduli e per l'analisi dei dati. Il sistema può essere impiegato sia in laboratorio sia direttamente sul campo in ambienti esterni, è completamente non invasivo e ha buone caratteristiche di semplicità ed ergonomia. Il sistema è stato usato, ad esempio, per testare elementi architettonici nella chiesa di San Frediano a Pisa.

**Sito web:** [www.isti.cnr.it/research/unit.php?unit=SI](http://www.isti.cnr.it/research/unit.php?unit=SI)

### Collaboratori

Massimo Chimenti, Enrico Fantini, Guido Gagliardi, Renzo Bozzi, Davide Moroni, CNR-ISTI

*In the field of non-destructive testing, the Lab developed several technologies for the automatic analysis of stone materials having historic-artistic relevance. In particular, a device based on microwave techniques has been developed in which the sensor is constituted by a narrow band antenna whose resonance frequency depends on permittivity of the media in the region close to the antenna. When the sensor is close to an object, the permittivity of the surface layers of the object itself is determined by the variation of the resonance frequency w.r.t. a vacuum measurement. In this way, we can obtain information about the object structure and, thus, characterize stone materials, with applications, e.g., in diagnostics of architectural elements or online quality control of building materials.*

*Several kinds of sensors have been designed and realized as well hardware devices able to pilot the sensors for the acquisition of the signals to be processed. Software has been also developed to control the hardware devices and to perform data analysis. The system can be employed both in laboratory conditions or directly in situ, is non-invasive and has good ergonomic and simplicity features. For example, the system has been used to test architectural elements in the San Frediano church, Pisa, Italy.*



Fig. 1 Contact-Probe. Misure in situ nel corso del restauro del Monumento a Bartolomeo Colleoni del Verrocchio (Venezia).

*Contact-Probe. In-situ measurements on the bronze monument to Bartolomeo Colleoni by Verrocchio (Venice).*



Fig. 2 Misura EIS *in situ*. Test protettivi sulla Porta del Duomo di Firenze (progetto europeo EU-ARTECH).

*In-situ EIS. Test of protective coating treatments on the bronze door of the Florence's Dome (european project EU-ARTECH).*

## Contact-probe EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy)

## Contact-probe EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy)

Istituto di Scienze Marine (ISMAR): [www.ismar.cnr.it](http://www.ismar.cnr.it)

Dipartimento Terra e Ambiente

Responsabile scientifico: **Paola Letardi**, [paola.letardi@ismar.cnr.it](mailto:paola.letardi@ismar.cnr.it)

Le tecniche elettrochimiche offrono molte applicazioni nel campo della corrosione dei metalli e dei metodi di protezione. Nell'ambito dello sviluppo del loro impiego per la caratterizzazione, il monitoraggio dello stato conservativo e a supporto delle operazioni di restauro di manufatti metallici, è stata sviluppata la Spettroscopia d'Impedenza Elettrochimica (EIS) per l'impiego *in-situ*. La tecnica permette di valutare i processi di corrosione e lo sviluppo della metodologia con *contact-probe* ha reso possibile effettuare misure non distruttive direttamente su manufatti artistici. La tecnologia sviluppata è stata applicata, sia su monumenti che in laboratorio su coupons, per l'indagine sistematica sui diversi problemi rilevanti per la diagnostica e il restauro quali la caratterizzazione dell'efficacia di diversi sistemi protettivi, la caratterizzazione delle proprietà protettive o meno di diverse patine (naturali e artificiali) e loro influenza sul comportamento dei protettivi, la diagnostica a supporto della valutazione di operazioni di pulitura su monumenti in bronzo.

**Sito web:** [www.icom-cc.org/54/document/cs-annual-2006-s2--p-letardi/?id=452](http://www.icom-cc.org/54/document/cs-annual-2006-s2--p-letardi/?id=452);

[www.lorentzcenter.nl/lc/web/2010/364/presentations/PROTECT1.pdf](http://www.lorentzcenter.nl/lc/web/2010/364/presentations/PROTECT1.pdf)

Collaboratori

Giuseppe Cutugno, CNR-ISMAR

*Electrochemical techniques have many applications in the field of metal corrosion and protection methods. A special in-situ Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) method has been developed for the application to characterization, monitoring of the conservation state and support for conservation and restoration of metal artifacts. The technique for measuring corrosion processes and the development of contact-probe methodology have enabled non-destructive measurements directly on artifacts. The technology developed has been applied for the investigation of several issues relevant to the diagnosis and restoration, both in the laboratory on coupons and on monuments, such as the characterization of the effectiveness of different protective systems, the characterization of the protective properties of different patinas (natural and artificial) and their influence on the behavior of protective treatments, the supporting for the diagnostic evaluation of cleanup operations on bronze monuments.*



Fig. 1 Immagine acustica dell'Angelo Architetto, Casa del Vasari a Firenze.

*Acoustic image of fresco representing the "Architect Angel" in Casa Vasari in Florence.*

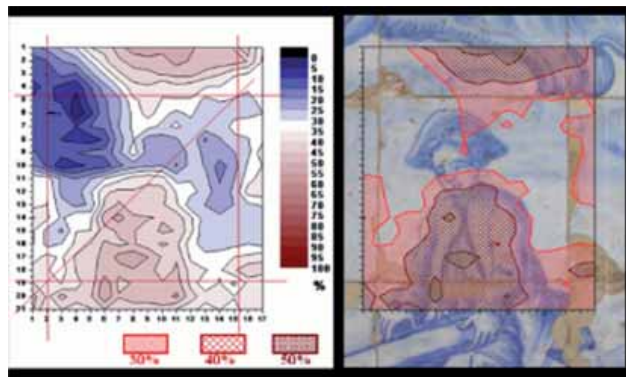


Fig. 2 Immagine acustica di un pannello, con finitura in ceramica smaltata, presso il rinascimentale chiostro del Convento Madre de Deus, attuale sede del Museo Nazionale dell'Azulejo in Lisbona (PT).

*Acoustic image of a particular of tile's panel, with glazed ceramic finishing, in the renaissance cloister of the Madre de Deus Convent, housing the Portuguese National Tile Museum in Lisbon (PT).*

## Tecnologia acustica per la diagnosi dei distacchi negli affreschi

## Acoustic method for the determination of detachments of mural paintings

Istituto di Acustica e Sensoristica "O. M. Corbino" (IDASC): [www.idasc.cnr.it](http://www.idasc.cnr.it) - [www.idac.rm.cnr.it](http://www.idac.rm.cnr.it)

Dipartimento Sistemi di Produzione

Responsabile scientifico: **Paola Calicchia**, [paola.calicchia@idasc.cnr.it](mailto:paola.calicchia@idasc.cnr.it)

Mediante il rilevamento dell'assorbimento del suono, la tecnologia ACEADD (*ACoustic Energy Absorption Diagnostic Device*) realizza immagini acustiche di superfici affrescate. Tali immagini costituiscono la base di dati oggettivi per la diagnosi di forme di degrado dovute a distacchi tra gli strati di intonaco e tra questi e il supporto murario. Il metodo è non distruttivo e non prevede contatto con la superficie in esame. La strumentazione necessaria è costituita da un'unità ricetrasmittente compatta, equipaggiata con una sorgente e un sensore di pressione acustica, e da un sistema portatile di acquisizione particolarmente adeguato al monitoraggio *in situ*. La tecnologia, sviluppata e brevettata dall'Istituto di Acustica e Sensoristica "O.M. Corbino" (IDASC), è stata validata in laboratorio su speciali provini e in misure in situ su affreschi originali. Recentemente, la tecnologia è stata testata anche su pareti con finitura ceramica, in particolare su pannelli di Azulejo, con risultati molto interessanti relativamente alla diagnostica di fenomeni di delaminazione dello strato vetroso superficiale che creano cavità di poche decine di micron.

*Based on the detection of sound absorption, the ACoustic Energy Absorption Diagnostic Device (ACEADD) technology provides acoustic images of mural paintings. These images supply objective data for diagnosis of deterioration phenomena in objects belonging to cultural heritage, due to cavities formed between adjacent layers of plaster and between them and the supporting wall (detachments or delaminations). The method is non-destructive and requires the use of an acoustic source and an acoustic pressure sensor, forming a compact transceiver unit working not in contact with the surface, and the use of a portable acquisition system developed for in situ monitoring. The technology, developed and patented by the CNR was validated in laboratory on models with artificial detachments and on in situ real frescoes. Recently the technology has been tested on artifacts with ceramic finishing, such as the typical Portuguese Azulejo panels, with particularly interesting results related to delamination of glazed layer creating cavities few tens of microns thick.*

Collaboratori

Giovanni Bosco Cannelli, CNR-IDASC



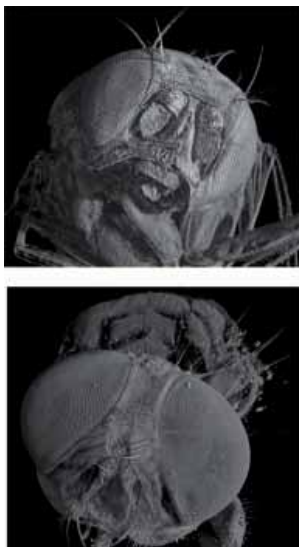


Fig. 1 Tomografia di una mosca (sinistra) e di una drosophila della frutta (destra).

*Tomography of a fly (left) and of a fruit-drosophila.*



Fig. 2 Radiografia a elevata risoluzione di una spilla paleoveneta, VI secolo a.C. (Este, Padova).

*High-resolution radiography of a paleo-venetian object, VI century b.C. (Padova, Italy).*

## Radiografia X ad alta risoluzione per applicazioni alla biologia e ai beni culturali

## High resolution X-Ray or application to biology and cultural heritage

Istituto di Fotonica e Nanotecnologie (IFN): [www.padova.infm.it/luxor](http://www.padova.infm.it/luxor)

Dipartimento Materiali e Dispositivi

Responsabile scientifico: **Luca Poletto**, [poletto@dei.unipd.it](mailto:poletto@dei.unipd.it)

La radiazione X, avendo un elevato potere penetrante nella materia, permette di ottenere immagini di oggetti altrimenti non visibili. Il laboratorio LUXOR dell'Istituto di Fotonica e Nanotecnologie (IFN) ha sviluppato un sistema per ottenere immagini a elevata risoluzione utilizzando sia tecniche radiografiche che tomografiche. Queste ultime, partendo da numerose viste radiografiche ottenute su un oggetto a vari angoli di proiezione, permettono di ricavare il modello 3D completo dell'interno dell'oggetto. La tecnica tomografica è stata applicata all'analisi di campioni biologici.

Una variante della tecnica tomografica sviluppata da LUXOR è la ricostruzione della forma 3D di un oggetto non visibile partendo da radiografie X che ne fanno vedere solamente i contorni. Tale tecnica è stata applicata all'analisi di manufatti artistici ed è utile in fase di restauro di oggetti massivi non visibili, di cui non interessa ricostruire l'interno, ma interessa la forma 3D esterna.

*X-ray radiation can penetrate inside the matter, therefore gives images of objects otherwise invisible. The Institute of Photonics and Nanotechnologies (IFN) developed a system to obtain high-resolution images using both radiographic and tomographic techniques. The latter are based on the elaboration of several radiographic views obtained on the object at different projections angles and give a 3D model of the inner part of the object. The tomography has been also applied to biological samples to obtain images with micrometric resolution.*

*A variant of the tomographic technique developed at IFN-CNR is the reconstruction of the 3D shape of an invisible object from X-ray radiographies which show only the borders of the object itself and not the inner part. This techniques is called "shape from silhouette". It has been applied to the analysis of artistic handworks and it is useful for the restoration of heavy objects which are not visible. The technique gives the 3D external shape of the object.*

### Collaboratori

Irene Calliari, Università degli Studi di Padova



Fig. 1 Alla ricerca della “Battaglia di Anghiari”: siti di rilevamento Georadar (misure eseguite dall’Università di Firenze) su uno degli affreschi del Vasari nel Salone dei 500 a Firenze.

*Looking for the “Battaglia di Anghiari”: GPR surveys (measurements performed by Università di Firenze) on one of the Vasari frescos in Salone dei 500, Firenze.*

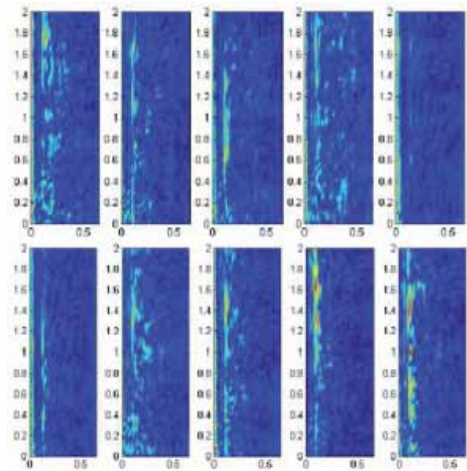


Fig. 2 Immagini ricostruite dello strato interno in corrispondenza delle 8 acquisizioni mostrate in Fig. 1. Si rileva la presenza di una forte riflessione alla profondità di circa una decina di cm.

*Tomographic images of the inside of the structure corresponding to the eight acquisitions shown in Fig. 1. An interface is detected at the depth of about 10 cm.*

## Tecniche di model-based-imaging per la diagnostica non invasiva mediante georadar

## Model-based-imaging techniques for non invasive diagnostics via ground penetrating radar

Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico per l’Ambiente (IREA): [www.irea.cnr.it](http://www.irea.cnr.it)

Dipartimento Tecnologie dell’Informazione e delle Comunicazioni

Responsabile scientifico: **Francesco Soldovieri**, [soldovieri.f@irea.cnr.it](mailto:soldovieri.f@irea.cnr.it)

Il know-how tecnologico offerto riguarda le tecniche di model-based data-processing avanzato per immagini ad alta risoluzione e facilmente interpretabili di scenari non accessibili o visualmente opachi. Nel caso di beni culturali, l’impiego di questo know-how trova una naturale applicazione nella diagnostica non invasiva mediante georadar, che mira a determinare lo stato interno della struttura investigata nonché a localizzare e determinare la forma e l’estensione di oggetti sepolti. In particolare, è di interesse la rivelazione di difetti in strutture a rischio, la determinazione della tipologia costruttiva, il rilevamento non-invasivo di reperti archeologici e la mappatura dei siti. D’altro canto, il largo uso del georadar, anche integrato con altre tecniche diagnostiche, ha una ridotta efficacia a causa della difficile interpretabilità delle misure mediante le tecniche comunemente utilizzate. Come già dimostrato in diverse esperienze condotte sul campo, la tecnologia proposta consente di superare tale limitazione.

*The technological know-how concerned advanced model-based data processing techniques able to obtain high-resolution images of easily interpretation of complex scenarios not accessible and/or in opaque media. In the framework of the Cultural Heritage, the exploitation of these techniques has a relevant application in non-invasive diagnostics based on Ground Penetrating Radar which aim is to achieve information about the inside status of the investigated structure and to detect and locate the geometry extent of buried and embedded objects. In particular, the attention is focussed to detect defects in structures affected by risk, to identify the constructive typology, to detect archaeological assets and to map medium scale site. Besides, the extensive and assessed use of GPR, even integrated with other diagnostics techniques, has a limitation in the low interpretability of the raw data. As shown in many cases, the proposed technology allows to overcome this limitation.*

Collaboratori

Lorenzo Crocco, Ilaria Catapano, CNR-IREA





Fig. 1 Lo spettrometro XRF portatile sviluppato dall'ITABC.  
The portable XRF spectrometer developed at ITABC.



Fig. 2 Il Pugile del Museo Nazionale Romano: studio delle leghe usate per gli effetti cromatici.  
The Boxer at the National Roman Museum: study of the alloys used for chromatic effects.

## Spettrometro XRF portatile di elevate prestazioni

## High-performance portable XRF spectrometer

Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali (ITABC): [www.itabc.cnr.it](http://www.itabc.cnr.it)

Dipartimento Patrimonio Culturale

Responsabile scientifico: **Marco Ferretti**, [marco.ferretti@itabc.cnr.it](mailto:marco.ferretti@itabc.cnr.it)

L'analisi dei materiali costitutivi è essenziale per la conoscenza e la conservazione dei manufatti di interesse storico-artistico. Sviluppato presso l'Istituto Tecnologie Applicate ai Beni Culturali (ITABC), questo spettrometro a raggi X portatile consente di analizzare, in modo rigorosamente non distruttivo e *in situ*, la composizione elementare di dipinti, metalli, ceramiche, paste vitree, ossidiane. Combinando un tubo a raggi X che lavora a 60kV e 1.5 mA con un rivelatore di tipo Si-Drift, è in grado di eccitare in modo ottimale le righe K di argento, stagno e antimonio, elementi fortemente caratterizzanti nella maggior parte dei materiali di interesse artistico.

Lo strumento è stato progettato per ottenere prestazioni analitiche di rilievo: nel corso di un interconfronto sui i limiti di rivelabilità dei sistemi portatili, a fronte di valori medi dell'ordine di 300 mg/kg per lo zinco e di 500 mg/kg per lo stagno, è risultato quello con le migliori prestazioni analitiche, raggiungendo limiti di rivelabilità di 50 mg/kg per lo zinco e di 20 mg/kg per lo stagno.

*Analysis of constituent materials is essential for the study and conservation of cultural artefacts. Developed at the "Istituto Tecnologie Applicate ai Beni Culturali" (ITABC), this portable X-ray spectrometer analyses the elemental composition of paintings, metals, pottery, glasses, obsidians in a strictly non-destructive way and in situ. It combines an X-ray tube working at 60kV, 1.5 mA with a Si-Drift detector and therefore provides the optimum excitation of the K-lines of silver, tin and antimony; these elements are essential in the compositional characterisation of most cultural materials.*

*The spectrometer was designed to provide very good analytical performances: in the framework of an intercomparison on detection limits in portable systems, it gave the best results with detection limits of 50 mg/kg for zinc and 20 mg/kg for tin. The average detection limits were around 300 mg/kg for zinc and 500 mg/kg for tin.*



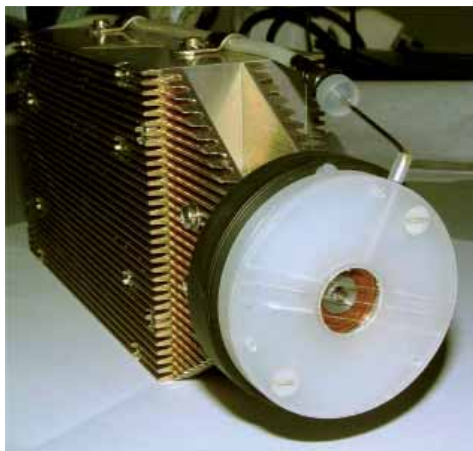


Fig. 1 La sorgente radioattiva di  $^{210}\text{Po}$  accoppiata al rivelatore SDD ad alta risoluzione.

*The  $^{210}\text{Po}$  radioactive source coupled to the SDD high resolution detector.*

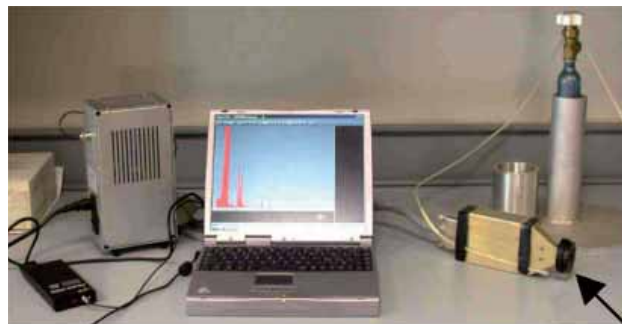


Fig. 2 Il sistema portatile PIXE-alfa per l'analisi non distruttiva di materiali di interesse nel settore dei beni culturali.

*The PIXE-alpha portable system for the non destructive analysis on materials of cultural heritage interest.*

## Sistema portatile PIXE-ALFA

## The portable PIXE ALPHA system

Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM): [www.ibam.cnr.it](http://www.ibam.cnr.it)

Dipartimento Patrimonio Culturale

Responsabile scientifico: **Lighea Pappalardo**, [lighea@lns.infn.it](mailto:lighea@lns.infn.it)

Presso il laboratorio LANDIS dell'Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM) e dei Laboratori Nazionali del Sud (LNS) - INFN Catania, è stato realizzato il primo sistema portatile per analisi non-distruttiva PIXE (Particle Induced X-Ray Emission) su materiali di interesse storico-artistico. Esso è costituito da una sorgente radioattiva (polonio) di particelle alfa e da un rivelatore (SDD) con una risoluzione energetica pari a 128 eV a 5.9 keV. Il sistema è anche dotato di un flusso di He che consente di minimizzare gli assorbimenti garantendo una rivelazione efficiente anche di raggi X di bassa energia. Le sorgenti di polonio installate nello spettrometro sono non contaminanti e possono essere utilizzate *in situ* in assoluta sicurezza. Queste ultime vengono oggi prodotte presso il laboratorio LAB-alfa dei LNS-INFN di Catania in collaborazione con IBAM-CNR.

Il sistema portatile PIXE-alfa è particolarmente indicato per l'analisi della composizione elementare e superficiale (profondità di penetrazione di circa 5-10  $\mu\text{m}$ ) con la possibilità di rivelare elementi con peso atomico superiore a quello del sodio. Il sistema è stato principalmente applicato per l'analisi quantitativa di pigmenti su dipinti e affreschi e di patine superficiali di manufatti metallici antichi, anche in combinazione con la diffrazione X portatile.

**Collaboratori**

Francesco Paolo Romano, CNR-IBAM

*The first portable system for non-destructive PIXE (Particle Induced X-Ray Emission) analysis of materials of interest in the Cultural Heritage fields has been realised at the LANDIS laboratory of Institut for Archaeological and Monumental Heritage (IBAM) of the CNR and LNS-INFN of Catania. The PIXE-alpha system is constituted by a 5.1 MeV alpha particles  $^{210}\text{Po}$  radioactive source, having activity of 1 mCi, coupled with a 20mm<sup>2</sup> SD3 PnSensor detector with 128 eV energy resolution at 5.9 keV. A He flux is also present, with the aim of minimizing the absorption effects of the air and to obtain an efficient detection of low energy X-rays, up to 0.8 keV. The  $^{210}\text{Po}$  sources installed on the PIXE-alpha spectrometer are not contaminant and can be used *in situ* with absolute security. The above described sources are today produced at the Lab-alpha laboratory of LNS-INFN of Catania in collaboration with IBAM-CNR. The PIXE-alpha portable system, due to the alpha particles range in the matter and to the large cross sections for low Z chemical elements, is particularly suitable for the surface analysis (5-8  $\mu\text{m}$ ) and for the low Z elements analysis, starting from Na. The system is currently used in combination with the portable XRD technique of the LANDIS laboratory for the quantitative chemical analysis of pigments in paintings and frescoes, as well as for the superficial patinas characterization in ancient alloys.*





Fig. 1 MODi - Mobile Dual-Pulse Instrument for LIPS Analysis.

MODi - Mobile Dual-Pulse Instrument for LIPS Analysis.



Fig. 2 Analisi LIPS del 'Filosofo di Porticello' presso il Museo Nazionale Archeologico di Reggio Calabria.

*LIPS analysis of the 'Porticello Philosopher' at Museo Nazionale della Magna Grecia in Reggio Calabria (Italy).*

## LIPS (Laser-Induced Plasma Spectroscopy)

## LIPS (Laser-Induced Plasma Spectroscopy)

Istituto di Chimica dei Composti Organo-Metallici (ICCOM): [www.iccom.cnr.it](http://www.iccom.cnr.it)

Dipartimento Progettazione Molecolare

Responsabile scientifico: **Vincenzo Palleschi**, [vince@ipcf.cnr.it](mailto:vince@ipcf.cnr.it)

La LIPS è una metodologia fisica che risponde alla domanda tipica della chimica analitica: la determinazione della composizione elementare, sia qualitativa che quantitativa, di materiali in fase solida, liquida o gassosa. Il fascio di un laser, opportunamente focalizzato sulla superficie del campione, genera un micro-plasma costituito da elettroni, ioni e atomi eccitati. L'emissione luminosa, la scintilla, di questo micro-plasma viene raccolta da un apposito sistema ottico e risolta in lunghezza d'onda mediante uno spettrografo. Il risultato ottenuto viene poi elaborato con un opportuno software per determinare la composizione elementare dell'oggetto e delle concentrazioni degli elementi in esso presenti. Il tempo di analisi è tipicamente di pochi secondi e la misura, grazie alla strumentazione mobile MODi' (Mobile Dual-Pulse Instrument for LIPS Analysis) realizzata nei laboratori dell'Istituto per i Processi Chimico-Fisici (IPCF), viene effettuata in situ senza nessun trattamento dell'oggetto, spesso anche senza spostare l'oggetto stesso dalla sua posizione all'interno del Museo o del laboratorio di restauro.

**Sito web:** [www.iccom.cnr.it](http://www.iccom.cnr.it)

**Collaboratori**

Stefano Legnaioli, CNR-IPCF

*The LIPS technique is a physical technology applied to the typical problem of analytical chemistry, i.e. the determination of elemental composition – both qualitatively and quantitatively – of objects in gas, liquid or solid phase. The beam of a laser, focussed on the sample surface, generates a micro-plasma with electrons, ions and excited atoms. The light emitted, as a spark, by such a plasma is collected by a suitable optical system and analyzed through a spectrometer. The spectrum obtained is then elaborated with a software, realized and patented by the Laboratory, for the determination of the elemental composition of the object and the concentration of the elements in it. The total time of analysis lasts a few seconds and the measurement, thanks to the mobile instrument MODi' (Mobile Dual-Pulse Instrument for LIPS Analysis), realized in the CNR laboratories, is performed in situ and without any treatment of the object, often even without removing the object from its display within the Museum of restoration laboratory.*

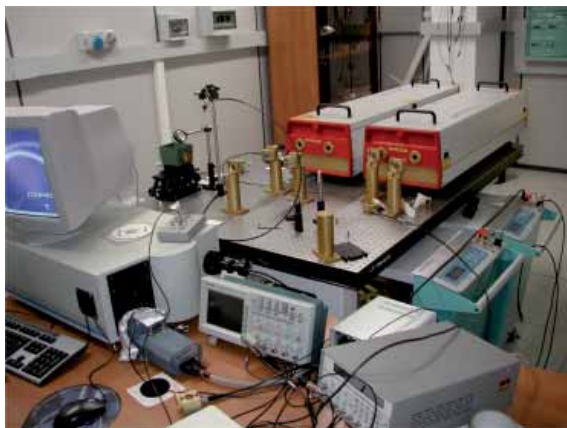


Fig.1 Laboratorio LIPS.  
LIPS Laboratory.

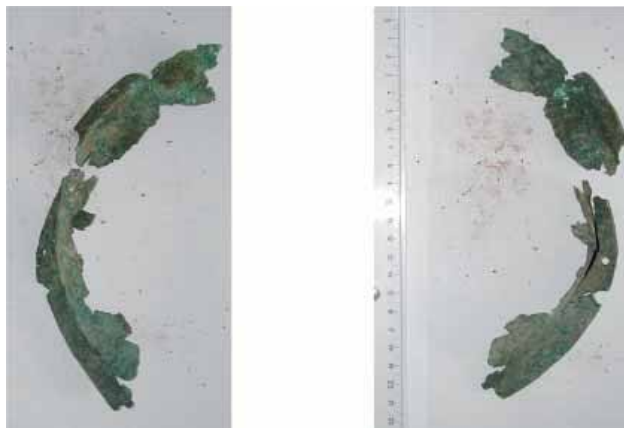


Fig.2 Frammenti di bacile bronzeo da una necropoli di Minervino Murge (BA), VII sec a.C.  
Bronze basin fragments from a Minerino Murge (BA) necropolis (VII century b.C.).

## Diagnostica mediante Laser Induced Plasma Spectroscopy (LIPS) per l'analisi non invasiva di manufatti archeologici

## Laser Induced Plasma Spectroscopy (LIPS) diagnostics for non-destructive archeological artifact analysis

Istituto di Metodologie Inorganiche e dei Plasmi (IMIP): [www.imip.cnr.it](http://www.imip.cnr.it)

Dipartimento Materiali e Dispositivi

Responsabile scientifico: **Olga De Pascale**, [olga.depascale@ba.imip.cnr.it](mailto:olga.depascale@ba.imip.cnr.it)

82

diagnostica

Le tecniche non distruttive e microdistruttive per l'analisi della composizione degli strati superficiali di un manufatto hanno una grande importanza nel campo della conservazione di beni culturali. La Laser Induced Plasma Spectroscopy (LIPS) è una tecnica diagnostica le cui peculiarità essenziali sono la preparazione del campione non necessaria; l'applicabilità a matrici solide, liquide e gassose; l'analisi elementare e quantitativa contemporaneamente di più elementi; l'analisi superficiale praticamente non-distruttiva (microdistruttiva); la possibilità di analisi *on-line*. La tecnica si basa sulla focalizzazione di un fascio laser sulla superficie del campione (solido, liquido o gassoso) da analizzare e sulla successiva formazione di un plasma la cui emissione viene opportunamente analizzata per mezzo di un sistema spettroscopico ad alta risoluzione temporale. La metodologia sviluppata permette di misurare l'evoluzione temporale di importanti parametri del plasma come le funzioni di distribuzione di specie atomiche e ioniche, la densità elettronica e la velocità di propagazione del plasma. Lo studio combinato di queste grandezze permette di osservare le deviazioni dall'equilibrio e di individuare, quindi, le condizioni ottimali per le specifiche applicazioni. Il campo di applicabilità della LIPS è stato ampliato all'ambiente marino per la diagnostica di materiali sommersi non trasportabili in superficie. Il laboratorio laser è costituito da due laser Nd-YAG con generazione di seconda armonica, banco ottico per la sistemazione delle ottiche di rinvio, sistema di rivelazione costituito da monochromatore e ICCD. Un sistema di generatori di impulsi permette la sincronizzazione dei laser tra loro e con il sistema di acquisizione.

*Non-destructive and micro-destructive analysis techniques are relevant in restoring and conservation of cultural heritage for composition determination of surface layers and pigments, in antique frescoes or ceramics, and for the chemical composition of ancient metal alloys.*

*Laser Induced Plasma Spectroscopy (LIPS) is a laser diagnostic technique characterized by: no need of sample preparation; solid, liquid and gaseous matrix compatibility; multi-element qualitative and quantitative analysis; non-destructive (micro-destructive) surface analysis; on-line results. The technique is based on focussing a laser beam onto the sample surface (solid, liquid, gaseous) and in detecting the laser induced plasma emission by means of a high temporal resolution spectroscopy system. The time evolution of important plasma parameters, such as atomic and ionic species distribution functions and plasma electron density and propagation rate, can be measured by this methodology. These parameters have to be studied all together and the deviation from equilibrium condition can be singled out to get the optimum condition for the specific application. Laser Induced Plasma Spectroscopy can be applied also to submarine diagnostic for materials unable to be taken at the surface. This laser laboratory consists of: two Nd-YAG laser sources, with second harmonic generation, an optical bench with laser bending optics, a detection system made of a monochromator and an ICCD. A pulse generation system gives synchronization among laser sources and acquisition system.*

Collaboratori

Alessandro De Giacomo, Università degli Studi di Bari



Fig. 1 Caratterizzazione LIPS di una scultura bronzea della Fontana del Nettuno, Firenze.

*LIPS characterisation of a copper alloy statue of the Fontana del Nettuno in Florence.*



Fig. 2 Utilizzo dello strumento LIPS nell'autenticazione di bronzetti.  
*Application of LIPS for authenticating copper alloy statuettes.*

## Strumentazione portatile a basso costo basata su spettroscopia di plasma indotto da laser (LIPS) e sue applicazioni nello studio di manufatti metallici

## Portable laser induced plasma spectroscopy device and its application for characterising metal artefacts

Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC): [www.ifac.cnr.it](http://www.ifac.cnr.it)  
Dipartimento Materiali e Dispositivi  
Responsabile scientifico: **Salvatore Siano**, [s.siano@ifac.cnr.it](mailto:s.siano@ifac.cnr.it)

Lo strumento LIPS (Laser Induced Plasma Spectroscopy) messo a punto dall'Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC) permette di analizzare in modo non invasivo la composizione chimica dei primi strati materici di un manufatto. Esso è stato accuratamente calibrato per la caratterizzazione di manufatti in lega di rame, argento e oro e quindi utilizzato per affrontare una varietà di problematiche di conoscenza e conservazione di opere metalliche. Tale approccio diagnostico è stato di grande ausilio in interventi di restauro su capolavori unici quali: il David di Donatello, la Predica del Battista del Rustici e la Decollazione del Battista del Danti, unitamente a famose statue etrusche come la Chimera di Arezzo e l'Arringatore.

La LIPS portatile è stata inoltre applicata con successo, per la prima volta, in studi di autenticazione attraverso la messa a punto di una nuova metodologia di analisi che permette di discriminare tra fenomenologie di alterazione naturali e patinature fraudolente. È in fase avanzata uno studio esteso sulle collezioni mediceo-lorenese di statuette e monete del Museo Archeologico Nazionale di Firenze. Lo strumento può fornire un contributo significativo nel contrasto al traffico illecito e alla contraffazione di beni culturali.

### Sito web:

[http://ec.europa.eu/research/environment/pdf/publications/fp6/cultural\\_heritage/authentico.pdf#view=fit&pagemode=none](http://ec.europa.eu/research/environment/pdf/publications/fp6/cultural_heritage/authentico.pdf#view=fit&pagemode=none)

### Collaboratori

Juri Agresti, Laura Bartoli, Andrea Mencaglia, CNR-IFAC  
Marcello Miccio, Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana

*The novel portable LIPS device developed by the Institute of Applied Physics "Nello Carrara" (IFAC) allows analysing in a non-invasive way the composition of the outer material layers of any artefact. It has been carefully calibrated for characterizing copper, silver and gold alloy artefacts and then used to investigate a variety of knowledge and conservation problems of metal artworks. Such analytical approach has been very useful in the restoration works of unique masterpieces such as the "David" by Donatello, the "Predica del Battista" by G. Rustici and the "Decollazione del Battista" by V. Danti, and Etruscan named the "Arringatore" and the "Chimera" from Arezzo. Furthermore, the portable LIPS has been successfully used for the first time in authentication studies through the development of a novel analytical methodology, which allows discriminating between natural alteration phenomenologies and fraudulent patinations. The technique is being applied in an overall authentication study of the small bronzes, jewels, and coins of Florence's National Museum of Archaeology, which belong to the antiquary collections of the Houses of Medici and Lorraine. The novel analytical tool can provide a significant contribution in order to contrast the illicit traffic and counterfeit of cultural assets.*

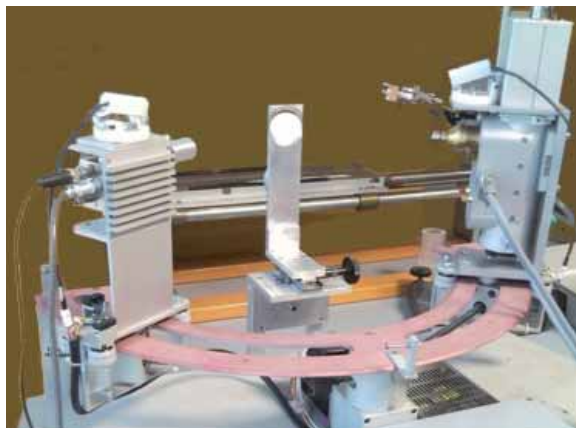


Fig. 1 Il sistema portatile XRD del laboratorio LANDIS.  
The XRD portable system of the LANDIS laboratory.



Fig. 2 La sorgente microfoco con ottica policapillare installata nel diffrattometro.  
The microfocus X-ray source coupled to the polycapillary optics installed on the diffractometer.

## Nuovo diffrattometro portatile XRD

## A new portable XRD system

Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM): [www.ibam.cnr.it](http://www.ibam.cnr.it)

Dipartimento Patrimonio Culturale

Responsabile scientifico: **Francesco Paolo Romano**, [romanop@lns.infn.it](mailto:romanop@lns.infn.it)

Presso il laboratorio LANDIS dell'Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM) e dei Laboratori Nazionali del Sud, INFN, Catania, è stato recentemente sviluppato un sistema portatile XRD per la caratterizzazione mineralogica non distruttiva di campioni di interesse nel settore dei beni culturali. Il diffrattometro è stato realizzato a partire da un sistema goniometrico commerciale e mediante l'installazione di una sorgente X microfoco accoppiata a una lente policapillare a raggi paralleli, particolarmente indicata per l'analisi diffrattometrica. Il sistema presenta una risoluzione angolare confrontabile con quella dei sistemi da banco e consente di effettuare le misure in tempi rapidi (circa 60 minuti). L'utilizzo della geometria goniometrica theta-theta consente infine di operare anche su opere di grande dimensioni senza la necessità di effettuare alcun prelievo dagli oggetti analizzati. Il sistema portatile XRD viene applicato principalmente per l'analisi mineralogica di pigmenti utilizzati nella manifattura di ceramiche e nell'esecuzione di dipinti murali (affresco e a secco). Inoltre, combinando la tecnica XRD con quella PIXE-alfa del laboratorio LANDIS, è possibile ottenere informazioni mineralogiche quantitative sulle miscele di pigmenti impiegate per la realizzazione delle opere.

**Collaboratori**

Lighea Pappalardo, CNR-IBAM

*A portable XRD system for non-destructive mineralogical characterisation of materials in the cultural heritage field has been developed at the LANDIS laboratory of the Institute for Archaeological and Monumental Heritage (IBAM) and LNS-INFN institutes of Catania. The diffractometer was realised by upgrading a commercial goniometric apparatus through the installation of a microfocus X-ray source coupled to a polycapillary half-lens, particularly suited for the XRD analysis. The system presents high angular resolution and allows rapid measurements (about 60 minutes). The use of the "theta-theta" goniometric geometry allows also to operate on large dimension objects, avoiding the necessity of sampling the analysed material.*

*The XRD portable system is mainly applied for the mineralogical analysis of pictorial and ceramic pigments as well as wall paintings. Moreover, the combined use of the XRD and the PIXE-alpha portable techniques of the LANDIS laboratory allows to obtain quantitative mineralogical information about the mixture of pigments used for the realisation of the masterpieces.*





Fig. 1 Reperto di ceramica ingobbiata del XV-XVII secolo ritrovata nel sito di via Bertini a Castelfiorentino (Firenze).

*Investigated fragment of Tuscany slipped pottery (XV-XVII century) from the archeological site of via Bertini in Castelfiorentino (Florence).*

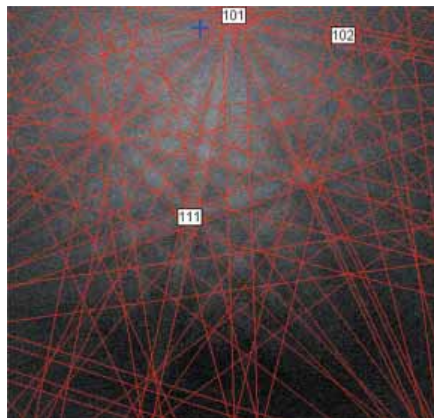


Fig. 2 Indicizzazione del pattern di diffrazione EBSD della policromia gialla, si rileva la fase bindehimita corrispondente al pigmento giallino.

*Indexing of diffraction pattern collected on the yellow glaze: the identified phase bindehimita is ascribed to the artificial ancient pigment giallino.*

## Diffrazione di elettroni retrodiffusi (EBSD) per la diagnostica dei beni culturali

## Innovative diagnostic nanotechnology for cultural heritage: the electron backscattered diffraction (EBSD)

Istituto di Chimica Inorganica e delle Superfici (ICIS): [www.isti.cnr.it](http://www.isti.cnr.it)

Dipartimento Progettazione Molecolare

Responsabile scientifico: **Monica Favaro**, [favaro@icis.cnr.it](mailto:favaro@icis.cnr.it)

Nella caratterizzazione delle opere policrome assume particolare rilievo l'identificazione dei materiali. Per colmare le lacune nei dati ottenuti con le tecniche analitiche attuali, la diffrazione di elettroni retrodiffusi (EBSD), una nuova metodologia analitica che permette di caratterizzare a livello micro e nanometrico la composizione di materiali cristallini in matrice eterogenea di interesse storico artistico, consente di avere maggiori e più approfondite informazioni per la conoscenza dei materiali storici, la comprensione dei meccanismi di degrado e per lo sviluppo di appropriate tecniche di conservazione. Per la prima volta tale tecnica è stata applicata con successo all'identificazione di pigmenti cromofori in una ceramica ingobbiata fiorentina del XV-XVII secolo che è risultata costituita da un pigmento contenente piombo e antimonio in rapporto 1:1. La tecnica EBSD ha permesso di identificare la fase bindehimita, corrispondente al pigmento artificiale giallino descritto negli antichi trattati.

**Collaboratori**

Paolo Guerriero, CNR-ICIS

*The exhaustive material identification is of paramount relevance in the characterization of ancient artifacts; the EBSD technique has been innovatively applied for cultural heritage characterization at nanometric scale to overcome the drawbacks of laboratory traditional techniques that usually investigate at microscale level. This technique allows the crystallographic identification of nanometric phases in heterogeneous matrices as glasses, ceramics, stone and even painting layers, giving an higher and deeper insight in the knowledge of employed materials and their deterioration processes, thus ensuring the optimization of more suitable conservation techniques. First successful results obtained by the EBSD technique in the identification of chromophore pigments in Tuscany slipped pottery (XV-XVII century) show that the yellow color is due to an inorganic lead-antimony pigment (Pb-Sb ratio 1:1) corresponding to the crystalline phase bindehimita. This identification is in agreement with the artificial pigment giallino, described in the ancient treatises. Furthermore, this technique has also been successfully applied for the first time to characterize ancient bronzes.*



Fig. 1 Lo spettrometro per analisi di assorbimento di raggi X. Presso GILDA si possono effettuare studi su elementi in traccia fino al limite di alcune ppm.

*The spectrometer for X-ray Absorption spectroscopy studies. At GILDA it is possible to analyze trace elements down to a few ppm level.*



Fig.2 Polittico di Sant'Angelo di Niccolò Alunno (1499): oggetto di uno studio sull'annerimento del pigmento, in origine verde, della colonna a sinistra.

*Polittico di Sant'Angelo by Niccolò Alunno (1499): it has been the topic of a study dedicated on the blackening of the originally green pigment on the left side column.*

## Tecniche di diagnostica basate su luce di sincrotrone

## Diagnostic techniques based on synchrotron radiation

Istituto Officina dei Materiali (IOM): [www.ogg.infm.it](http://www.ogg.infm.it), [www.tasc.infm.it](http://www.tasc.infm.it)

Dipartimento Materiali e Dispositivi

Responsabile scientifico: **Francesco D'Acapito**, [dacapito@esrf.fr](mailto:dacapito@esrf.fr)

L'uso di radiazione di sincrotrone permette l'analisi a livello atomico di materiali nel campo dei beni culturali. Il laboratorio GILDA, presso l'European Synchrotron Radiation Facility di Grenoble, finanziato congiuntamente da CNR e INFN, costituisce un punto di riferimento per la comunità scientifica italiana. Tramite la spettroscopia di assorbimento e la diffrazione di raggi X è possibile determinare la struttura atomica del materiale in esame e, anche tramite simulazioni teoriche, derivarne informazioni in maniera completamente non distruttiva. Si possono eseguire studi sulla funzione del materiale (caratterizzazione di pigmenti), sullo stato di conservazione (caratterizzazione del degrado) e sulle tecniche esecutive dei manufatti esaminati. Esempi di analisi condotte riguardano la caratterizzazione di elementi cromofori (rame, argento, ferro, manganese, cobalto) in ceramiche e vetri (oggettistica e tessere musive vitree), studi sul degrado di pigmenti come il resinato di rame e lo smaltino, determinazione delle fasi cristalline presenti nei materiali costitutivi di vari manufatti.

*Synchrotron Radiation permits the analysis at the atomic scale of materials in the field of cultural heritage. The GILDA laboratory, operative at the European Synchrotron Radiation Facility in Grenoble and jointly financed by CNR and INFN, represents a reference point for the Italian community operating in this field. Using X-ray Absorption Spectroscopy and Diffraction it is possible to determine the atomic structure of the materials under study and, also through the use of theoretical simulations, derive information in a completely non-destructive way. Different studies can be carried out on the function of the material (color in pigments), conservation state (causes of degradation) or on the production technologies. Examples on studies carried out at GILDA include characterization of chromophoric elements (copper, silver, iron, manganese, cobalt) in ceramics and glass vesselware, studies on the causes of degradation on pigments like copper resinates or smaltino, determination of the crystalline phases in pottery.*

### Sito web:

[www.esrf.fr/UsersAndScience/Experiments/CRG/BM08](http://www.esrf.fr/UsersAndScience/Experiments/CRG/BM08)

### Collaboratori

Maurizio, Trapananti, CNR-IOM

Cartechini, Fantacci, CNR-ISTM

Brunetti, Sgamellotti, Università degli Studi di Perugia e CNR-ISTM

Talarico, MiBAC-Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro

Davoli, Colantoni, Cianchetta, Università degli Studi di Roma Tor Vergata

Turbanti-Memmi, Università di Siena

Quartieri, Università degli Studi di Messina

Vezzalini, Arletti, Università degli Studi di Modena

Silvestri, Tonietto, Gallo, Molin, Università degli Studi di Padova



Fig.1 Immagine di tre spade antiche in acciaio (epoca Koto, prima del 1600 A.D.) analizzate attraverso la diffrazione neutronica. Le figure di diffrazione corrispondenti sono riportate nella Fig. 2.

Picture of three steel historical blades (Koto age, before 1600 A.D.) that were analysed by neutron diffraction. The corresponding diffraction patterns are shown in Fig. 2.

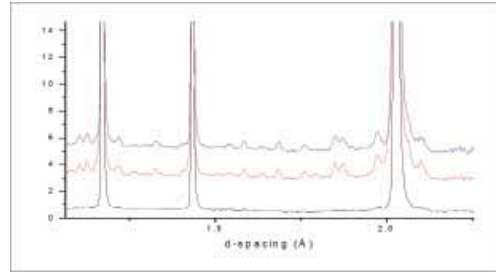


Fig. 2 La diffrazione neutronica mostra la presenza di ferrite (picchi intensi a 1.44 e 2.03 Å) e la presenza di cementite, Fe-C (picchi meno intensi). Le tre diverse figure di diffrazione mostrano una chiara variazione nel livello di cementite.

Neutron diffraction showing ferrite (high peaks at 1.44 and 2.03 Å) and cementite, Fe-C (lower pattern) phases. The diffraction patterns of the three blades are different showing a clearly visible different level of cementite.

## Tecniche diagnostiche, tramite diffrazione neutronica e/o spettroscopia raman su manufatti di origine storico-archeologico

## Diagnostic techniques, using neutron diffraction and/or raman spectroscopy, on artefacts of historical and archaeological interest

Istituto dei Sistemi Complessi (ISC): [www.fi.isc.cnr.it](http://www.fi.isc.cnr.it)

Dipartimento Materiali e Dispositivi

Responsabile scientifico: **Marco Zoppi**, [marco.zoppi@isc.cnr.it](mailto:marco.zoppi@isc.cnr.it)

Nell'ambito dell'accordo scientifico tra CNR e STFC (UK), l'ISC ha costruito e gestisce un diffrattometro a neutroni (Italian Neutron Experimental Station: INES@ISIS) dedicato a misure su manufatti di interesse storico-archeologico. Sulla stazione sperimentale INES vengono correntemente effettuate misure di diffrazione neutronica su reperti metallici e/o ceramici. Inoltre, sono state sperimentate tecniche di imaging e tomografia neutronica, che rappresentano una novità per le sorgenti pulsate.

Le tecniche non invasive di diffrazione neutronica e di spettroscopia ottica vengono utilizzate per la caratterizzazione dei reperti di interesse storico-artistico che sono forniti da musei o istituzioni accademiche. Ad esempio, componenti di montature di spade, lame, e dipinti su carta di riso Giapponesi, sono stati forniti dal Museo Stibbert di Firenze e dal Pitt Rivers Museum di Oxford; manufatti in acciaio indiano antico e armature giapponesi sono stati forniti dalla Wallace Collection di Londra; reperti metallici e ceramici dell'età del bronzo, provenienti da siti archeologici Toscani, sono stati messi a disposizione dalla Soprintendenza Beni Archeologici della Toscana.

La diffrazione neutronica è una tecnica che, grazie all'elevato potere di penetrazione dei neutroni termici, permette di ottenere informazioni quantitative sulla distribuzione media delle fasi presenti nel manufatto. La spettroscopia ottica rappresenta un utile complemento sperimentale che fornisce informazioni quantitative sulla superficie del campione. La combinazione di queste due tecniche, totalmente non invasive, permette di ottenere informazioni sulla composizione media (neutroni) e superficiale (fotoni) dei reperti.

**Sito web della tecnologia:** [www.fi.isc.cnr.it/ines](http://www.fi.isc.cnr.it/ines)

*In the framework of the scientific cooperation agreement between CNR and STFC (UK), ISC-CNR has built and operates a neutron diffractometer (Italian Neutron Experimental Station: INES@ISIS) devoted to measurements on artworks of historical-archaeological interest. Neutron diffraction experiments on metal and/or ceramic artworks are currently performed on the INES experimental station. In addition, neutron imaging and tomography techniques have been recently tested, which represent a novelty for a pulsed source.*

*Non-invasive techniques of neutron diffraction and optical spectroscopy are used to characterize artefacts of historical and archaeological origin, which are kindly provided by museums and academic institutions. For example, Japanese swords, mount fittings, blades and paper paintings were provided by the Stibbert Museum in Florence and by the Pitt Rivers Museum in Oxford; Indian artefacts in ancient steel and Japanese armours were provided by the Wallace Collection in London; metal and ceramic samples from bronze-age archaeological sites in Tuscany were provided by the Soprintendenza Beni Archeologici della Toscana.*

*Thanks to the high penetration power of thermal neutrons in dense matter, neutron diffraction techniques allow obtaining quantitative information on the average phase distribution in the artefact. Optical spectroscopy represents a useful experimental complement, which gives a surface-limited information. Combining these two techniques allows obtaining quantitative information on the average bulk composition (neutrons) and the surface phase distribution (photons) of the investigated artefacts.*

### Collaboratori

CNR-ISC: Francesco Grazzi, Antonella Scherillo

CNR-IFAC: Laura Bartoli, Marcello Piccolo, Salvatore Siano

CNR-IPCF: Francesco Aliotta, Rosa Ponterio, Gabriele Salvato, Cirino Vasi



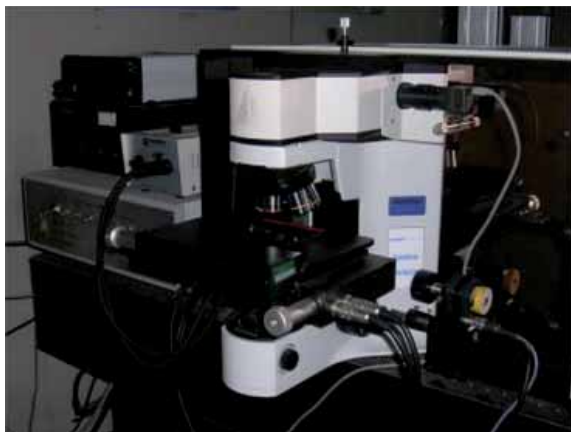


Fig. 1 Sistema Micro-Raman mapping Horiba Labram HR800.  
 $\mu$ -Raman mapping system Horiba Labram HR800.

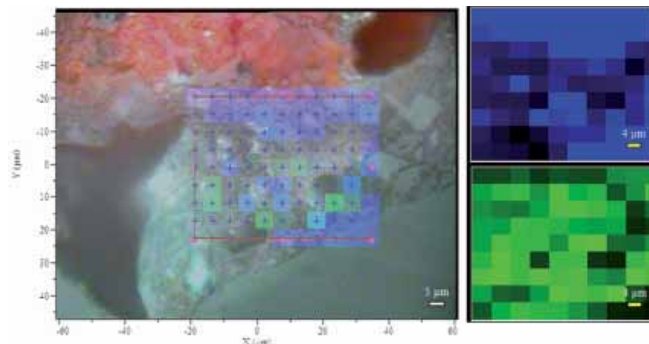


Fig. 2 Mappa areale di un campione di intonaco in sezione trasversale lucida (sinistra); distribuzione di due fasi mineralogiche mappate (destra).  
*Area map of a plaster (left); distribution of two mapped mineralogical phases (right).*

## Mappatura $\mu$ Raman su sezioni lucide trasversali

## $\mu$ Raman mapping on polished cross section

Istituto per la Conservazione e la Valorizzazione dei Beni Culturali (ICVBC): [www.icvbc.cnr.it](http://www.icvbc.cnr.it)  
 Dipartimento Patrimonio Culturale  
 Responsabile scientifico: **Claudia Conti**, [c.conti@icvbc.cnr.it](mailto:c.conti@icvbc.cnr.it)

La tecnica  $\mu$ Raman mapping è largamente impiegata per studi spettroscopici poiché consente di definire la relazione tra dimensione, forma e distribuzione dei costituenti materici. Nella scienza della conservazione dei beni culturali, la metodologia messa a punto dall'Istituto per la Conservazione e la Valorizzazione dei Beni Culturali (ICVBC) consiste nella sua applicazione su sezioni lucide trasversali per ottenere informazioni dirette riguardo la distribuzione e la profondità di penetrazione di un trattamento applicato a fini conservativi su materiali lapidei naturali e artificiali. Ottimi risultati sono stati ottenuti nella valutazione della profondità di penetrazione e della distribuzione del trattamento a ossalato di ammonio su materiali lapidei porosi di natura carbonatica. La metodologia è attualmente in fase di messa a punto per la valutazione della penetrazione di prodotti protettivi e consolidanti di natura organica, fattore indispensabile per determinare l'efficacia e la durabilità di un trattamento conservativo.

*$\mu$ Raman mapping technique is widely used for spectroscopic studies as it represents an efficient approach for understanding the relation among size, shape and distribution of the chemical constituents of the materials. In the cultural heritage conservation science, the methodology performed by Institute for the Conservation and the Valorization of Cultural Heritage (ICVBC) together with the Politecnico of Milan consists on the application of  $\mu$ Raman mapping on polished cross sections to obtain direct information on the distribution and penetration depth of a treatment applied on stone materials for conservative purpose. Good results have been achieved on the evaluation of the penetration depth and distribution of ammonium oxalate treatment applied on porous carbonatic stone materials. The improvement of the technique is going on to ascertain the diffusion of consolidant and protective organic products, essential information to evaluate effectiveness and durability of a conservative treatment.*

### Collaboratori

Chiara Colombo, CNR-ICVBC  
 Giuseppe Zerbi, Politecnico di Milano



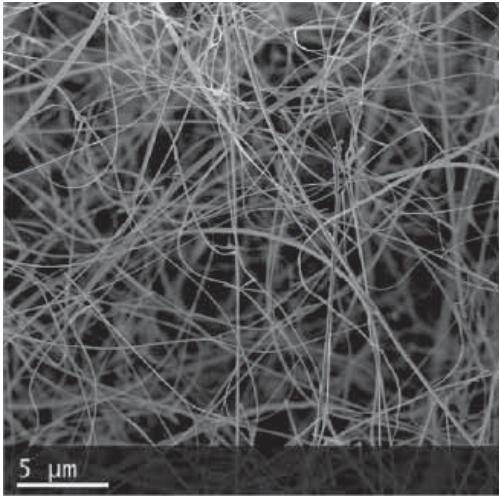


Fig.1 Immagine acquisita al microscopio elettronico (SEM) di una matassa di nanofili di ossido di stagno.

Scanning electron microscope (SEM) image of a tin oxide nanowire bundle.

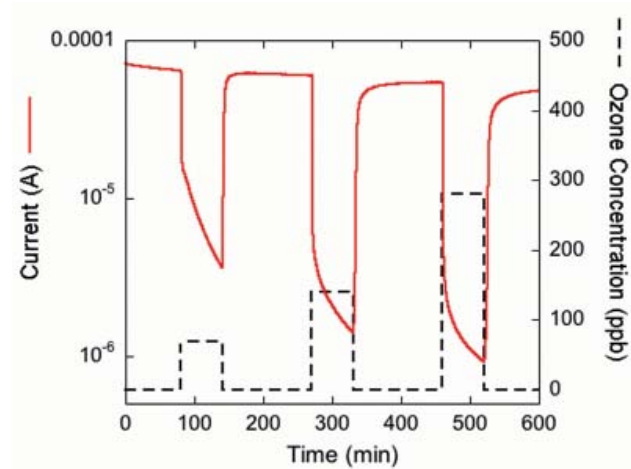


Fig.2 Risposta di un sensore a base di nanofili di ossido di stagno a diverse concentrazioni di ozono.

Response exhibited by a sensor based on tin oxide nanowires different ozone concentrations.

## Sensori di gas a base di nanowires di ossidi metallici per applicazioni nel campo dei beni culturali

## Gas sensors based on metal oxide nanowires for cultural heritage applications

Istituto di Acustica e Sensoristica "Orso Mario Corbino" (IDASC): [www.idac.rm.cnr.it](http://www.idac.rm.cnr.it)  
 Dipartimento Sistemi di Produzione  
 Responsabile scientifico: **Giorgio Sberveglieri**, [sbervegl@ing.unibs.it](mailto:sbervegl@ing.unibs.it)

Nanowires di ossidi metallici sono strutture monocristalline con dimensioni laterali nanometriche e lunghezza che può raggiungere qualche mm. La peculiare struttura rende questi nanomateriali particolarmente adatti allo sviluppo di dispositivi elettronici con proprietà innovative. In particolare si possono sviluppare sensori di gas che presentino un'elevata sensibilità grazie alle dimensioni nanometriche. È ad esempio possibile rilevare la presenza di inquinanti, quali  $O_3$  e  $NO_2$ , aggressivi per i beni culturali, a livello di parti per miliardo (ppb). Vista la sensibilità di questi materiali a un vasto spettro di sostanze gassose, tali sensori possono essere accoppiati con sorgenti laser per eseguire analisi chimiche non-invasive dei beni (progetto EU-FP6 n. 044480 AUTHENTICO). Al tempo stesso, la struttura monocristallina (priva di difetti estesi) garantisce una miglior stabilità termica rispetto ai materiali policristallini attualmente impiegati per lo sviluppo di questi dispositivi. I beni su cui i sensori possono essere applicati sono oggetti solidi come monete, marmi, metalli, ecc.

*Metal oxide nanowires are single crystalline nanostructures with nanosized lateral dimensions and high aspect ratio (they can be up to few mm long). Due to their peculiar structure and morphology, nanowires are well suited for the development of innovative devices.*

*In particular, thanks to their nanosized dimensions, they can be used to prepare highly sensitive gas sensors. As an example, it is possible to use these materials to detect compounds aggressive to cultural goods, such as  $O_3$  or  $NO_2$ , at part per billion (ppb) level. Since these materials are sensitive to a wide spectrum of molecules, they can also be coupled with laser sources to carry out non-invasive chemical analysis of cultural goods (EU-FP6 project n. 044480 AUTHENTICO).*

*At the same time, the single crystalline structure (free from extended defects) is well suited to have an improved thermal-stability with respect to polycrystalline layers usually adopted to prepare gas sensors. These sensors can be applied on solid objects such as coins, marbles, metals, etc.*

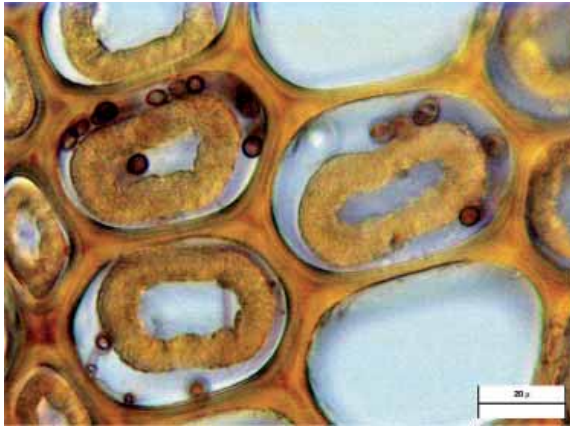


Fig. 1 Sezione trasversale di legno archeologico imbibito degradato di larice. Gli strati interni della parete, degradati da attacco batterico, hanno subito un distacco. Sono visibili alcune spore rotonde di funghi agenti della carie.

*Transverse section of larch waterlogged archaeological wood. The inner layers of the cell walls have been attacked by bacteria and are actually detached from the cellular matrix. Fungal round spores of wood rot agents are also visible.*



Fig. 2 Studio e consolidamento di reperti navali rinvenuti a Napoli.  
*Studies and consolidation of naval finds discovered in Naples.*

## Metodologia diagnostica multidisciplinare su legno archeologico imbibito

## Multidisciplinary diagnostic methodology on waterlogged archaeological wood

Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree (IVALSA): [www.ivalsa.cnr.it](http://www.ivalsa.cnr.it)  
Dipartimento Terra e Ambiente  
Responsabile scientifico: **Nicola Macchioni**, [macchioni@ivalsa.cnr.it](mailto:macchioni@ivalsa.cnr.it)

La diagnosi multidisciplinare permette di caratterizzare lo stato di conservazione del legno e costituisce la premessa per la progettazione di qualsiasi eventuale intervento. L'osservazione attraverso microscopi ottici a luce trasmessa, elettronici a scansione e trasmissione, fornisce informazioni per la determinazione delle specie legnose e per la caratterizzazione qualitativa sullo stato di conservazione della struttura legnosa a diversi livelli di dettaglio, vale a dire per identificare la tipologia di degrado cui è andata soggetta la parete cellulare e, conseguentemente, gli agenti biotici che l'hanno determinata. La caratterizzazione chimica del legno archeologico consente di misurare le quantità residue delle componenti strutturali della parete cellulare (gli estrattivi, la lignina e la cellulosa) sia attraverso misure chimico-gravimetriche sia per mezzo di analisi IR. La caratterizzazione fisica permette di misurare densità, umidità del legno (parametro quest'ultimo direttamente correlabile al livello di degrado del materiale) e i movimenti igroscopici (ritiri e rigonfiamenti) del legno archeologico.

### Collaboratori

Benedetto Pizzo, Chiara Capretti, CNR-IVALSA  
Gianna Giachi, Soprintendenza Archeologica della Toscana

*The multidisciplinary diagnosis allows the study of the state of preservation of wood and represents an effective tool for the design of any eventual intervention. The micromorphological analysis through optical and electronic microscopy gives the information for the determination of wood species and for the qualitative characterisation of the state of preservation of the cell walls. This information is crucial to determine the decay typology of the cell wall and the biological agent the caused the attack. The chemical characterisation measures the residual amount of the compounds that are the structural components of the cell walls (holocellulose and lignin) and the other substances in wood (extractives and ash), both through chemical gravimetric methodologies and IR analysis. The physical characterisation allows determining the actual densities (to be compared with the original ones) and the water content, at present the most utilised parameter to measure the decay level of waterlogged archaeological wood. The physical methodologies can also measure the hygroscopic deformations of treated and untreated archaeological wood.*





Fig. 1 Rilievo delle ampiezze anulari con il dendrocronografo portatile direttamente nella teca di conservazione.

*The transportable tree-ring width measuring device. Sometimes, the sampling is carried out without removing the artefact from its case.*



Fig. 2 Rilievi su piante in piedi. Costruzione di cronologie di riferimento.

*The master chronologies construction on standing trees.*

## Datazione dendrocronologica

## Dendrochronological dating

Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree (IVALSA): [www.ivalsa.cnr.it](http://www.ivalsa.cnr.it)

Dipartimento Terra e Ambiente

Responsabile scientifico: **Mauro Bernabei**, [bernabei@ivalsa.cnr.it](mailto:bernabei@ivalsa.cnr.it)

La dendrocronologia è la scienza che studia gli anelli di accrescimento degli alberi in relazione al tempo. Si basa sul principio secondo cui l'ampiezza dell'anello annuale è largamente influenzata dalle condizioni in cui la pianta è cresciuta, in particolare dal clima. La datazione dendrocronologica (Norma UNI 11141, 2004) si ottiene confrontando una successione di anelli del campione da datare con una corrispondente cronologia di riferimento o master. Idealmente, le cronologie di riferimento dovrebbero essere sufficientemente lunghe, riferite alla stessa specie e area geografica del legno da datare ed essere sufficientemente replicate, ovvero costituite da un elevato numero di campioni, tale da garantirne una vasta applicabilità. La data che si determina con la dendrocronologia è relativa all'ultimo anello visibile sul manufatto e non all'effettiva realizzazione dell'oggetto. Ciò nonostante, la tecnica dendrocronologica è oggi considerata tra le più importanti per la datazione nel campo delle scienze storiche. La forza della dendrocronologia risiede nella risoluzione, uguale all'anno o inferiore, e nella sua assoluta indipendenza rispetto ad altri criteri o discipline.

**Sito web:** [www.ivalsa.cnr.it/dendrocrono.htm](http://www.ivalsa.cnr.it/dendrocrono.htm)

**Collaboratori**

Jarno Bontadi, Claudio Pollini, CNR-IVALSA

*Dendrochronology is the science that studies growth rings on trees in relation to time. It is based on the principle that the size of the annual ring is strongly influenced by the conditions, and specifically, the climate in which the plant has grown. Dendrochronological dating (UNI standard 11141, 2004) is done by comparing a sequence of rings on the sample to be dated with a corresponding reference chronology or master. The selection of the appropriate reference is a crucial step for successful dating. Ideally, the reference chronologies should be sufficiently long, refer to the same species and geographic area as the wood to be dated and be sufficiently replicated, that is comprise a large enough number of specimens to guarantee broad applicability. Even though the date determined through dendrochronology refers to the last visible ring on the object and not when the item was actually made, it is one of the most important dating methods in the field of historical sciences. The strength of dendrochronology is the resolution, equal to one year, and its absolute independence with respect to other criteria or disciplines.*

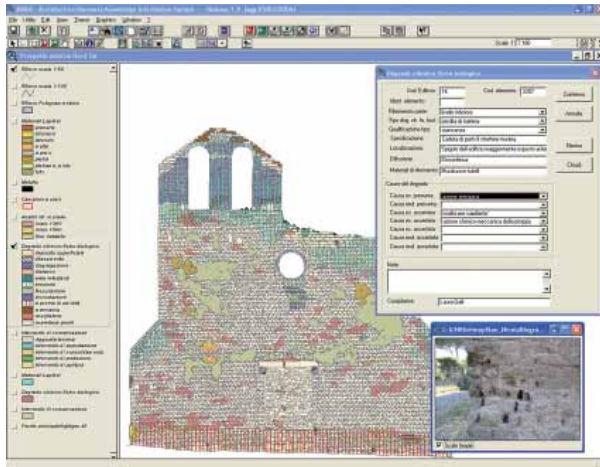


Fig.1 ARKIS interfaccia. Analisi di degrado della facciata della Chiesa di San Nicola (Roma).

ARKIS interface. Deterioration analysis of San Nicola Church facade (Rome).

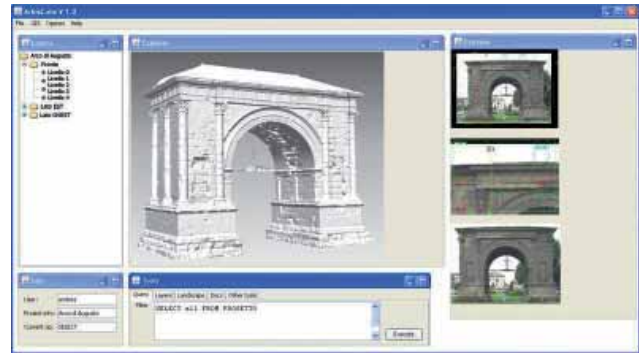


Fig.2 3D WEB GIS interfaccia. Arco Trionfale di Augusto, Aosta.

3D WEB GIS interface. Triumphal Arch of Aosta.

## Sistema informativo ARKIS

## ARKIS Information system

Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali (ITABC): [www.itabc.cnr.it](http://www.itabc.cnr.it)

Dipartimento Patrimonio Culturale

Responsabile scientifico: **Paolo Salonia**, [paolo.salonia@itabc.cnr.it](mailto:paolo.salonia@itabc.cnr.it)

92

Il Sistema Informativo ARKIS è uno strumento di sintesi che integra informazioni provenienti da settori di indagine "scientifica" e "umanistica" al fine di un monitoraggio assistito sullo stato di conservazione di un bene. ARKIS, basato su tecnologia GIS, permette di interrelare dati descrittivi (la storia, gli interventi pregressi, i materiali, il degrado) e dati grafici (la restituzione geometrica e la morfologia) e l'informazione viene geometricamente localizzata, mediante funzioni di posizionamento spaziale e relazionale, nel rispetto del rapporto topologico delle diverse parti del manufatti in esame. ARKIS-NET è un'evoluzione di ARKIS in ambiente web-gis che consente l'accesso remoto di dati GIS alla scala architettonica.

Attualmente è in corso di sviluppo un'evoluzione del sistema in forma di WEB GIS 3D tale da espandere le funzionalità di ARKIS sui modelli tridimensionali derivanti da nuvole di punti. In questo modo si viene a completare il ciclo che va dall'acquisizione del dato geometrico alla sua modellazione e all'integrazione con tutto il bagaglio informativo che riguarda il manufatto.

**Sito web della tecnologia :** [www.arkis.it](http://www.arkis.it)

### Collaboratori

Tommaso Leti-Messina, Andrea Marcolongo, Andrea Pozzi, Serena Scolastico, CNR-ITABC

*ARKIS Information System is a scientific and humanistic data integration system to provide a monitoring support for the conservation status of a cultural heritage object. ARKIS is a GIS based system allowing the interrelation of descriptive data (historic information, previous restorations, materials, deterioration) and graphic data (geometric restitution and morphology). The information is geometrically localized by spatial and relational positioning functions, respecting the topologic asset of the portions of the object. ARKIS-NET is an evolution of ARKIS in web-gis environment that allows the remote access to GIS data at the architectonic scale.*

*A further evolution of the system as a 3D WEB GIS to increase ARKIS functionality on 3D models from point clouds is being currently developed. In this way the path, from acquisition to modeling and integration with the entire information set is completed.*



Fig. 1 Stazione utilizzata dagli operatori per lavorare alla ricomposizione. L'interfaccia è progettata per supportare i processi utilizzati in cantiere.

*Station used by the operators to work on the recomposition. The interface supports the same processes used in the physical labs.*

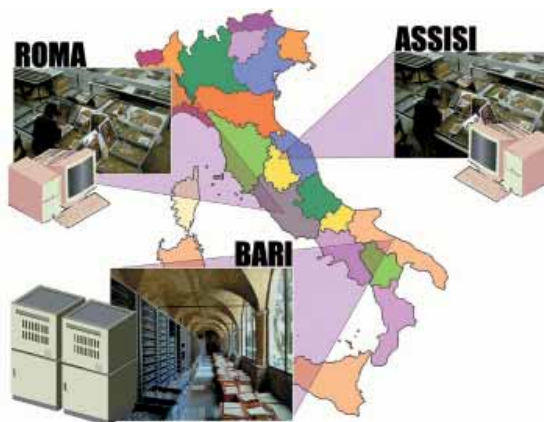


Fig. 2 Ciascun restauratore può connettersi in qualunque parte del mondo, anche a bassa velocità, alla banca dati dei frammenti digitali.

*Each operator can be located everywhere in the world: he needs a low-speed internet connection to the database of the digital images of fragments.*

## Software per la ricomposizione assistita di immagini

## Software for the aided recomposition of images

Istituto di Studi sui Sistemi Intelligenti per l'Automazione (ISSIA): [www.issia.cnr.it](http://www.issia.cnr.it)

Dipartimento Sistemi di Produzione

Responsabile scientifico: **Giovanni Attolico**, [attolico@ba.issia.cnr.it](mailto:attolico@ba.issia.cnr.it)

Sistema geograficamente distribuito per la ricomposizione virtuale di frammenti progettato sul caso di studio della vela del S. Matteo di Cimabue affrescata nella Basilica Superiore di S. Francesco in Assisi e frammentata in più di 140.000 parti dal terremoto del 1997.

La tecnologia offre in digitale strumenti e processi utilizzati nei cantieri di ricomposizione di frammenti. Più restauratori da diverse parti del mondo possono cooperare alla medesima ricomposizione con stazioni collegate via rete con la banca dati delle immagini digitali dei frammenti senza rischiare di danneggiare i frammenti reali. Il sistema può essere applicato anche senza disporre di un'immagine dell'opera d'arte originaria. La ricomposizione virtuale guida la composizione dei frammenti reali nel restauro.

Lavorando in digitale è possibile eseguire operazioni di elaborazione e di analisi delle immagini (analisi e correzione del colore), di classificazione, di interrogazione della banca dati attraverso un motore di ricerca basato su esempi di immagini, di visualizzazione dello stato corrente del lavoro.

### Sito web:

[www.issia.cnr.it/htdocs%20nuovo/progetti/bari/restauro.html](http://www.issia.cnr.it/htdocs%20nuovo/progetti/bari/restauro.html)

### Collaboratori

Nicola Mosca, Floriana Renna, Giovanna Carlomagno, CNR-ISSIA

*A geographically distributed system for the virtual recomposition of fragments, designed and applied to the case study of the St. Mathew fresco, painted by Cimabue in the Upper Church of St. Francis in Assisi and broken into more than 140.000 pieces by the earthquake on the 1997.*

*The technology offers a digital version of tools and processes used in the physical recomposition of fragments. Several operators from different places in the world can cooperate to the same recomposition by using several stations connected via internet to a central database hosting the digital images of fragments. The operators can work without any risk of damages for the physical fragments. The system can be applied even without an image of the artwork before the fragmentation. The virtual recomposition drives the subsequent real restoration of the fresco. Working in the digital world allows image processing and analyses (such as color analysis and correction), image classification, image retrieval from the database using a content-based approach, flexible visualization of the current state of the process.*

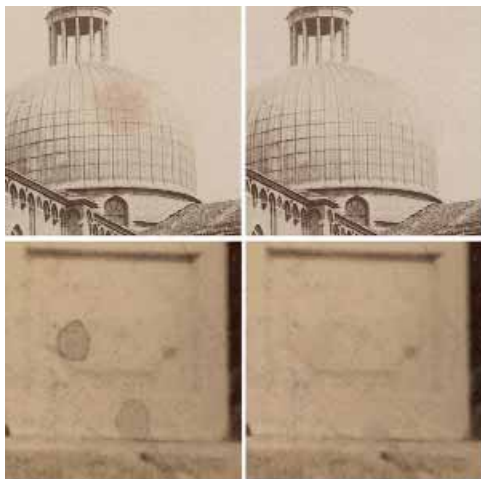


Fig. 1 Due esempi di foto con macchie semitrasparenti (a sinistra) e loro versioni restaurate (a destra).

*Two examples of semitransparent blotches (left) and their restored copies (right).*



Fig. 2 Fotografia offuscata e sua versione restaurata (parte superiore). Fotogramma con graffio e sua versione restaurata (parte inferiore).

*Faded image and its restored copy (top). Frame affected by a line scratch and its restored copy (bottom).*

## Restauro digitale

## Digital restoration

Istituto per le Applicazioni del Calcolo "Mauro Picone" (IAC): [www.iac.cnr.it](http://www.iac.cnr.it)

Dipartimento Materiali e Dispositivi

Responsabile scientifico: **Domenico Vitulano**, [vitulano@iac.rm.cnr.it](mailto:vitulano@iac.rm.cnr.it)

Tecnica matematico-statistica dedicata al restauro di foto, stampe e filmati provenienti da archivi, soggetti a varie tipologie di degrado molto frequenti, indipendentemente dal supporto materico, quali: gore d'acqua, graffi, perdita di contrasto ecc. La metodologia di restauro si basa su un'analisi multiscale nel dominio wavelet delle immagini digitalizzate (in cui esse sono rappresentate come oscillazioni di lunghezza finita) e su analisi di tipo statistico che tendono a rendere la metodologia stessa automatica, ovvero indipendente da un utente che regoli la fase di restauro. A tale scopo, la metodologia proposta utilizza risultati e strategie basate sul sistema visivo umano. I principali vantaggi sono: il basso costo dell'operazione di restauro; la non invasività, ovvero, viene restaurata solo la copia digitale del documento, senza che quest'ultimo venga maneggiato (a parte la fase di acquisizione digitale tramite scanner); la possibilità di un ulteriore successivo restauro del documento con tecniche perfezionate.

**Sito web:** [www.iac.cnr.it/~vitulano/activity.htm](http://www.iac.cnr.it/~vitulano/activity.htm)

### Collaboratori

Andrew Crawford, Anil Kokaram, Trinity College, Dublino  
 Vittoria Bruni, Benedetto Piccoli, Patrizia Ciarlina, CNR-IAC  
 Giovanni Ramponi, Università degli Studi di Trieste

*Mathematical method oriented to digital restoration of archive photos, stamps and videos having different kinds of degradation such as semi-transparent blotches, scratches, fading, yellowing etc. This methodology exploits a wavelet based multiscale analysis of digitized images. The use of visibility laws allows to define a user independent restoration framework. The main advantages are: low cost of the restoration process; just a digital copy of the image is processed (apart from the scanning phases); the possibility of a successive restoration process through improved techniques.*



Fig. 1 Analisi stratigrafica delle fasi storico evolutive della facciata nord, cross-correlate alle indagini termografiche per la valutazione delle dispersioni termiche.  
*Stratigraphic analysis of the historical stages of the north wall, cross-related with thermographic investigations for the heat losses evaluation.*

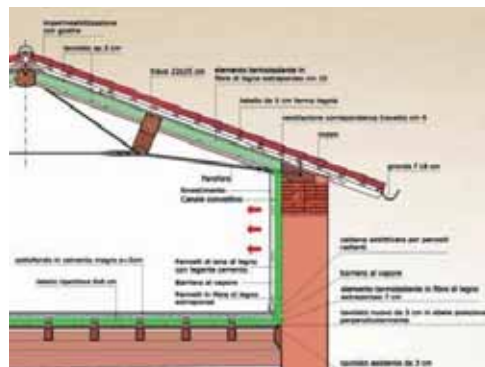


Fig. 2 Particolari architettonici dell'ala est del castello di Zena, con le soluzioni strutturali e di adeguamento tecnologico ed energetico.  
*Architectural details of the east wing of the Zena castle, with structural solutions and proposals for technological and energy renovation.*

## Built Heritage Lab: laboratorio per le tecnologie sostenibili integrate per la documentazione e la conservazione del patrimonio costruito

## Built Heritage Lab: a laboratory for sustainable integrated technologies applied to the built heritage documentation and conservation

Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali (ITABC): [www.itabc.cnr.it](http://www.itabc.cnr.it)

Dipartimento Patrimonio Culturale

Responsabile scientifico: **Luciano Cessari**, [luciano.cessari@itabc.cnr.it](mailto:luciano.cessari@itabc.cnr.it)

Il BHLab, un laboratorio dell'ITABC, ha sviluppato una metodologia per l'avanzamento tecnologico e la ricerca operativa nel settore delle nuove tecniche di indagine, integrate con soluzioni di progettazione sostenibile e strategie olistiche per il restauro del patrimonio monumentale. È stato messo a punto un protocollo di intervento che attraverso un approccio multidisciplinare utilizza sistemi di analisi non distruttive ed estensive con basso impatto sul monumento e sull'ambiente, e procedure progettuali per la conservazione programmata, realizzata con soluzioni sostenibili dal punto di vista ambientale, culturale e economico-sociale.

È stato sviluppato il concetto di "Green conservation", che privilegia un approccio "olistico" alla conoscenza e al recupero dell'edificio, e una ricerca che integra tecnologie tradizionali e tecnologie innovative, finalizzate all'adeguamento tecnologico, al potenziamento e al miglioramento dell'efficienza energetica e all'uso di risorse rinnovabili nel patrimonio costruito.

Come caso di studio il team del laboratorio ha recentemente lavorato sul castello di Zena, una fortificazione medievale, situata nella pianura padana, trasformata in residenza agricola nella metà del '700. L'analisi integrata di dati storici, indagini diagnostiche, ricostruzioni architettoniche dello stato di fatto e delle fasi costruttive e scavi archeologici, hanno orientato le scelte progettuali. Tra le soluzioni tecnologiche ecocompatibili si evidenzia un sistema che integra pannelli in materiali naturali, pareti ventilate e impianti di riscaldamento e raffrescamento a basso consumo, capace di ridurre del 40% il fabbisogno energetico e le perdite termiche.

### Collaboratori

Elena Gigliarelli, Cinzia Bacigalupo, Maria Giovanna Mastroianni, CNR-ITABC

*The BHLab, an ITABC CNR laboratory, has developed a specific methodology for the management of the diagnostic, fact-finding and design processes, aimed to the architectural heritage conservation by means of efficient solutions favoring technology transfer and innovative and eco-sustainable methods. In support of this process, the laboratory has developed a protocol for intervention through a multidisciplinary approach using integrated diagnostic analysis systems with low impact on monuments and on environment; design procedures for planned conservation, technologies and tools for technological adaptation. BHLab has also developed the concept of "Green Conservation", which promotes an holistic approach to the conservation interventions and the upgrading of historical buildings and urban centres. The "Green Conservation" focuses on research that integrates traditional and innovative technologies aimed at the plant adaptation and at the improving of the energy efficiency measures and of the use of renewable resources in the built heritage.*

*This approach was recently tested at the castle of Zena, a medieval fortification located in alluvial plains of the Po river, which turned into a country residence in the mid 1700s, with the aim was to choose the most sustainable solutions in such example of historic excellence. The integrated analysis of historical data, the diagnostic surveys, the architectural reconstructions of the building phases and archaeological excavations, combined with the energy audit and energy efficiency study, guided the design and project choices. For example an integrated system of natural materials panels, ventilated walls, radiant heat and air conditioning system has been designed for the attic floor able to reduce the 40% of the heating requirements energy demand and thermal losses.*







Fig. 1 Utilizzo di sistemi e metodi laser sviluppati dall'IFAC nel restauro di diversi capolavori.

*Application of the laser cleaning techniques developed by IFAC in restoration of several artworks.*



Fig. 2 Partecipazione all'esibizione associata alla 8th European Commission Conference on Sustaining Europe's Cultural Heritage, Ljubljana, November 10-14, 2008: nella foto il Commissario per la Scienza e la Ricerca J. Potocnik in visita allo stand dell'IFAC.

*IFAC's laser clearing stand at the exhibition of the 8th European Commission Conference on Sustaining Europe's Cultural Heritage, Ljubljana, November 10-14, 2008: the visit of the Commissioner for Science and Research J. Potocnik.*

## Sviluppo di tecniche di pulitura laser di beni culturali: tecnologia, metodi e trasferimento

## Development of laser cleaning techniques for the conservation of cultural heritage: technology, methods and dissemination

Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC): [www.ifac.cnr.it](http://www.ifac.cnr.it)

Dipartimento Materiali e Dispositivi

Responsabile scientifico: **Salvatore Siano**, [s.siano@ifac.cnr.it](mailto:s.siano@ifac.cnr.it)

L'Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC) sviluppa tecniche di pulitura laser di beni culturali dall'inizio degli anni novanta. Un'attività di grande successo che colloca l'Istituto in posizione di leadership riconosciuta. I principali risultati che hanno determinato il consolidamento di una tale eccellenza sono stati i seguenti. Innanzitutto lo sviluppo *ex novo* di sistemi laser dedicati e di metodologie ottimizzate, quindi la loro validazione su opere di grande pregio, il trasferimento industriale e un'efficace campagna di disseminazione messa in opera a diversi livelli (pubblicazioni, fiere, formazione e altro). In particolare, esistono oggi sul mercato tre sistemi laser per la pulitura di beni culturali, commercializzati da El.En. S.p.A, che costituiscono la traduzione industriale di prototipi sviluppati dall'Istituto, trasferimento realizzato nell'ambito di una serie di progetti di ricerca. Per quanto riguarda le campagne di validazione e supporto scientifico al trasferimento metodologico a centri di restauro e imprese, è il caso di menzionare il ruolo cruciale dell'Istituto in interventi di restauro su grandi opere, quali ad esempio: Porta del Paradiso e San Matteo del Ghiberti, Santi Quattro Coronati e Assunta di Nanni di Banco, Amore Attis e David di Donatello e tante altre. Infine, l'impegno nella formazione è rappresentato da un corso svolto periodicamente presso al Scuola dell'Opificio delle Pietre Dure, seminari in corsi universitari e da una varietà di iniziative.

**Sito web:** [www.ifac.cnr.it/index.php?option=com\\_content&view=article&id=67&catid=34&Itemid=96&lang=it](http://www.ifac.cnr.it/index.php?option=com_content&view=article&id=67&catid=34&Itemid=96&lang=it)

[alpha1.infim.ro/cost/pagini/handbook/chapters/prin\\_cle.htm](http://alpha1.infim.ro/cost/pagini/handbook/chapters/prin_cle.htm)

[news.bbc.co.uk/2/hi/8534969.stm](http://news.bbc.co.uk/2/hi/8534969.stm)

*Since the beginning of nineties the Institute of Applied Physics (IFAC) contributes significantly to the development of laser cleaning techniques for the conservation of cultural heritage. The Institute has a recognized leadership in this application field achieved through the development of novel laser systems and methodologies, their validation on unique masterpieces, the industrial transfer, and an effective dissemination campaign (publications, fairs, formation, tutoring, and other). In particular, three dedicated laser systems, which were marketed by the company El.En. S.p.A. along the last decade, represent the industrial transfer of prototypes formerly developed by IFAC-CNR within several research projects. At the same time, the Institute has played a crucial role in restoration works of important artworks which allowed the validation of novel technical approaches and promoted the methodological transfer to restoration centres and enterprises. Among the main involvements, those concernig the restoration of the Porta del Paradiso and San Matteo by Ghiberti, Santi Quattro Coronati e Assunta by Nanni di Banco, Amore Attis and David by Donatello, and other. Finally, the main engagements in the formation and tutoring are represented by a regular course periodically held at the Restoration School of the Opificio delle Pietre Dure in Florence, academic seminars, and dissemination initiatives dedicated to restoration enterprises.*

### Collaboratori

Renzo Salimbeni, Laura Bartoli, Marta Mascalchi, Juri Agresti, CNR-IFAC  
Cecilia Frosini, Roberto Bellucci, Opificio delle Pietre Dure



Fig.1 Piastre per la conta delle colonie di *E. coli*: crescita inibita per piastra da test su nanocomposito (campione) rispetto a bianco di riferimento.

*Plates for the count of the E. coli colonies: the E. coli growth is inhibited for plate from test on nanocomposite sample.*



Fig.2 Campioni di tufo giallo napoletano: tal quali (ultima fila); trattati con dispersioni acquose di nanocomposito polimero/biossido di titanio (prima e seconda fila).

*Neapolitan yellow tuff samples: comparison between untreated samples (last line) and samples treated by applying nanocomposite water dispersions by immersion and brush (first and second line).*

## Materiali Nanocompositi per la salvaguardia del patrimonio culturale da inquinamento e microorganismi

## Nanocomposite materials for the safeguard of cultural heritage against pollution and microorganisms

Istituto di Chimica e Tecnologia dei Polimeri (ICTP): [www.ictp.cnr.it](http://www.ictp.cnr.it)

Dipartimento Progettazione Molecolare

Responsabile scientifico: **Loredana D'Orazio**, [loredana.dorazio@ictp.cnr.it](mailto:loredana.dorazio@ictp.cnr.it)

La tecnologia riguarda la preparazione di nanocompositi a matrice polimerica contenenti l'1% in peso di nanocariche costituite da nanoparticelle di biossido di titanio mediante miscelazione a freddo di dispersioni acquose dei singoli componenti opportunamente selezionati. L'obiettivo è conferire ai materiali ottenuti proprietà mirate all'utilizzo nel settore della salvaguardia del patrimonio culturale per combattere specificamente il degrado causato da inquinamento e microorganismi. Le proprietà auto-pulenti sono dimostrate dalla decomposizione di colorante organico rappresentativo di inquinanti ambientali per irraggiamento UV sulla superficie di film di nanocomposito. L'efficacia antibatterica fotoindotta è stata provata inoculando film di nanocomposito con la specie *E. coli* in mezzo liquido e misurandone la crescita nel tempo mediante piastre di cultura (Fig. 1). Dispersioni acquose di nanocomposito sono state applicate su campioni di tufo giallo napoletano a immersione e a pennello: tutti i campioni trattati hanno mostrato ottima compatibilità estetica con quelli non trattati (vedi Fig. 2).

*The technology concerns the preparation of polymer based nanocomposites containing 1% (wt/wt) of nanofillers consisting of titanium dioxide nanoparticles by cold mixing of aqueous dispersions of single components selected suitably. The objective is to confer to the achieved materials, properties tailored for applications in the field of the safeguard of cultural heritage to combat specifically the degradation caused by pollution and microorganisms. The self-cleaning properties are proved by the decomposition of organic dye representative of environmental pollutants through UV irradiation on the surface of nanocomposite film sample. The photo-induced biocidal effectiveness has been tested by inoculating nanocomposite film samples with the strain *E. coli* in liquid medium and measuring its growth for different times by means of culture plates (Fig. 1). Nanocomposite water dispersions have been applied on Neapolitan yellow tuff samples by immersion and brush: all the treated stone samples show excellent aesthetical compatibility with those untreated (Fig. 2).*

### Collaboratori

Giorgio Cerichelli, Alessandra Grippo, Università degli Studi dell'Aquila  
Agata Gambacorta, Ida Romano, CNR-ICB

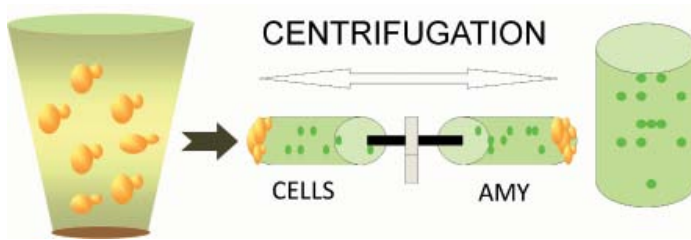


Fig. 1 Produzione di enzimi secreti dal lievito per applicazioni nel campo del restauro dei beni antichi.

*Production of secreted enzymes in budding yeast for application in the restoration of work arts and monuments.*



Fig. 2 Studio pilota per la produzione di enzimi utili al restauro dei beni librari alterati dal tempo e da attacchi fungini.

*A pilot study for the production of enzymes useful for the restoration and recovery of ancient books.*

## Produzione biotecnologica nel lievito di birra di enzimi per applicazioni nel campo del restauro dei beni culturali

## Biotechnology and production of enzymes in budding yeast for restoration of cultural heritage

Istituto di Biologia e Patologia Molecolari (IBPM): [www.ibpm.cnr.it](http://www.ibpm.cnr.it)

Dipartimento Scienze della Vita

Responsabile scientifico: **Patrizia Filetici**, [patrizia.filetici@uniroma1.it](mailto:patrizia.filetici@uniroma1.it)

Microorganismi unicellulari semplici possono produrre enzimi specifici e mediante tecniche biotecnologiche e molecolari è oggi possibile ottenere enzimi da cellule per il restauro di opere d'arte. Utilizzando un ceppo di lievito *S.cerevisiae*, che secreta gli enzimi di interesse nel terreno di coltura, sono stati prodotti diversi ceppi di lievito, ingegnerizzati per la produzione di miscele enzimatiche *ad hoc* per le diverse esigenze di restauro, da utilizzare in trattamenti conservativi di manufatti di interesse storico-artistico quali affreschi e libri antichi. Si tratta di miscele enzimatiche a basso costo, ad alta efficienza enzimatica e di facile conservazione. Questa tecnologia è stata recentemente applicata dalla Fondazione per la Conservazione e il Restauro dei Beni Librari di Spoleto per il restauro di libri antichi.

*Simple microorganisms produce specific enzymes, following a biotechnological approach the Institute of Molecular Biology and Pathology produced yeast strains, engineered for production of an ad hoc enzyme mixtures ready to be used in the field of art restoration for the preservation and recovery of frescos and ancient books. The production of this enzyme mix is less expensive, highly active and of easy storage and use. This technology has been recently applied by the Fondazione per la Conservazione e il Restauro dei Beni Librari di Spoleto for the restoration of ancient books.*

### Collaboratori

Maria Laura Santarelli, Università di Roma Sapienza-CisTEC



Fig. 1 Applicatore a microonde per il trattamento di insetti xilofagi su tavole dipinte.  
*Microwave applicator for wood paintings treatment.*



Fig. 2 Applicatore a microonde per il trattamento di licheni su materiale lapideo.  
*Microwave applicator to control biodeteriogens agents (lichens, fungi, etc.).*

## Dispositivi a microonde per il trattamento di agenti biodeteriogeni su manufatti di interesse artistico e architettonico

## Microwave devices for the control of biodeteriogens on artistic and architectural manufacts

Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" (IFAC): [www.ifac.cnr.it](http://www.ifac.cnr.it)  
Dipartimento Materiali e Dispositivi  
Responsabile scientifico: **Roberto Olmi**, [r.olmi@ifac.cnr.it](mailto:r.olmi@ifac.cnr.it)

Il riscaldamento a microonde è stato impiegato con successo per la disinfestazioni di agenti biotici in diversi ambiti, come ad esempio per suoli (nematode e altri organismi patogeni) e granaglie (insetti). L'unità di ricerca ha realizzato alcuni prototipi di applicatori per la disinfestazione da insetti xilofagi di manufatti lignei (dipinti, parquet, soffitti a cassettoni, travi, etc.), e per il trattamento di biodeteriogeni su materiali lapidei, naturali e artificiali. Per ciascun tipo di applicazione, è stato progettato e realizzato un applicatore (antenna) opportuno, in grado di concentrare l'energia delle microonde nella zona da trattare, preservando le zone adiacenti integre del manufatto da inutili stress termici e meccanici.

Sono viventi i vantaggi di utilizzo delle microonde rispetto alle tecniche biocide tradizionali: sicurezza per l'operatore e per i non addetti ai lavori che incidentalmente si trovano nella zona soggetta al trattamento, possibilità di trattamento molto localizzato con una preparazione minima del manufatto, interazione pressoché nulla con il supporto da trattare.

### Collaboratori

Amleto Ignesti, Saverio Priori, Cristiano Riminesi, CNR-IFAC

*The microwave heating has been applied successfully in several fields like the soil disinfestations (nematode and other pathogens) and corns disinfestations (insects). The research group of Institute of Applied Physics "Nello Carrara" (IFAC) realized several prototypes for the wood treatment from woodworm and beetle (parquet, wood paintings, balk, etc.). For each kind of treatment has been developed a specific microwave applicator in order to concentrate energy where it is necessary, in order to preserve the rest of the artefact from unnecessary thermal and mechanical stress.*

*The advantages in the use of microwave heating respect to traditional methods (chemical treatments, freezing, hot air) are: health and safety for the operator, minimal interaction with the object treated, and a localized treatment.*



Fig. 1 Soffitto a cassettoni di San Gregorio Armeno (NA) con particolare dei volti degli angeli restaurati con schiume poliuretaniche.

*Panelled ceilings of St. Gregory the Armenian (NA). Details of angel faces restored with polyurethane foam.*



Fig. 2 Argano consolidato con resina epossidica esposto nella Sala della Barca presso gli Scavi archeologici di Ercolano.

*Windlass consolidated with epoxy resin. Exhibited in the "Hall of the Boat" at Herculaneum.*

## Polimeri sintetici per la conservazione di beni culturali in legno

## The use of synthetic polymers for the preservation and restoration of wooden artworks

Istituto per i Materiali Compositi e Biomedici (IMCB): [www.imcb.cnr.it](http://www.imcb.cnr.it)

Dipartimento Progettazione Molecolare

Responsabile scientifico: **Eugenio Amendola**, [amendola@unina.it](mailto:amendola@unina.it)

Le tecnologie innovative per preservare oggetti d'arte e manufatti architettonici in legno del passato sono basate sull'utilizzo di materiali polimerici sintetici selezionati e modificati opportunamente in funzione delle caratteristiche chimiche, fisiche e morfologiche del substrato e del suo stato di conservazione. Nell'ambito del progetto di restauro del soffitto cassettonato di San Gregorio Armeno a Napoli, sono stati utilizzati collanti epossidici per la messa in sicurezza di tutti gli elementi costituenti il soffitto, mentre sono state impiegate schiume poliuretaniche monocomponenti per il reintegro delle figure lignee. Un altro esempio dell'utilizzo di polimeri sintetici per la conservazione di beni culturali in legno è dato dall'intervento di consolidamento dei legni archeologici carbonizzati di Ercolano effettuato utilizzando una resina epossidica bi-componente, di bassa viscosità e in grado di penetrare opportunamente in quel che resta dei canali parenchimatici. La reticolazione della resina è avvenuta a temperatura ambiente, e il sistema finale è caratterizzato da ottime proprietà ottiche (trasparenza e resistenza alla luce UV) e meccaniche (tenacità e flessibilità).

*Innovative technologies to preserve works of art, architectural and archaeological woods are based on the use of synthetic polymers. These are selected and modified according to the chemical, physical and morphological substrate and its condition. Epoxy adhesives have been used for restoration of panelled ceiling of St. Gregory the Armenian in Naples. All the structural elements constituting the panelled ceiling were secured by means of adhesive bonding. Polyurethane foams were used for the restoration of wooden figures. The second case study is represented by the consolidation of archaeological charred wood in Herculaneum. Two components epoxy resin have been used. The resin low viscosity before crosslinking allowed a suitable penetration in what remains of the medullary canals. The curing of the resin was performed at room temperature. The final system is characterized by excellent optical (transparency and resistance to UV light) and mechanical properties (toughness and flexibility).*

### Collaboratori

Rosalba Miranda, Mario De Angioletti, CNR-IMCB

Domenico Acierno, Università di Napoli Federico II

Giuseppe Zolfo, Soprintendenza speciale per i beni archeologici di Napoli e Pompei

Umberto Piezzo, Consorzio "Athenum" restauri di Portici



Fig. 1 Firenze, Loggia dei Lanzi (1376-1382): Arenaria trattata con derivati perfluoropolieteri e con perfluoropolimeri.

Florence, Loggia dei Lanzi (1376-1382): Sandstone treated with perfluoropolyethers derivatives and perfluoropolymers.

## Sviluppo di prodotti idrorepellenti per la protezione dei beni culturali

## Development of hydrophobic compounds for the preservation of cultural assets

Istituto per la Conservazione e la Valorizzazione dei Beni Culturali (ICVBC): [www.icvbc.cnr.it](http://www.icvbc.cnr.it)

Dipartimento Patrimonio Culturale

Responsabile scientifico: **Mara Camaiti**, [m.camaiti@icvbc.cnr.it](mailto:m.camaiti@icvbc.cnr.it)

Derivati perfluoropolieteri, polimeri acrilici parzialmente fluorurati, poliolefine funzionalizzate e perfluoropolimeri sono stati progettati, sintetizzati, formulati e sperimentati dall'Istituto per la Conservazione e la Valorizzazione dei Beni Culturali (ICVBC) come protettivi o consolidanti superficiali di manufatti lapidei, pittorici o lignei di interesse storico-artistico. Grazie alla loro spiccata idrorepellenza, questi prodotti sono in grado di modificare la bagnabilità superficiale di tutti quei manufatti che hanno una naturale affinità all'acqua, la quale è la principale causa di degrado di opere d'arte esposte all'aperto in quanto favorisce la reazione con inquinanti, l'attacco di agenti biodeteriogeni e l'azione di agenti fisici (gelo-disgelo, solubilizzazione e ricristallizzazione di sali solubili). I prodotti perfluorurati, inoltre, soddisfano molti dei requisiti richiesti ai materiali da impiegare nella protezione di beni culturali come la stabilità foto-ossidativa, la permeabilità al vapore, la resistenza all'invecchiamento (ad es. crescita biologica, interazione con inquinanti acidi) e il rispetto delle proprietà cromatiche del manufatto.

*Perfluoropolyethers derivatives, partially fluorinated acrylic polymers, functionalized polyolefins and perfluoropolymers were designed, synthesized, formulated and tested from ICVBC as protective or surface reinforcing agents of stone, wood or painting artifacts of historical and artistic interest. Thanks to their high water repellency, these products are able to modify the surface wettability of all those artifacts that have a natural affinity to water, which is the main cause of deterioration of outdoor works of art as it promotes the reaction with pollutants, the access of biodeteriogens and the action of physical agents (freeze-thaw, dissolution and recrystallization of soluble salts). Moreover, perfluorinated products satisfy many of the requirements for materials to be used in the protection of cultural assets such as photo-oxidative stability, permeability to water vapor, resistance to aging (eg. biological growth, interaction with acid pollutants) and preservation of the chromatic properties of the artifact.*

Collaboratori

Piero Frediani, CNR-ICVBC



Fig. 1 Formazione della crosta di gesso su un campione di marmo (solfatazione) realizzata in laboratorio (Cistec – Univ. Roma “La Sapienza”).  
*Gypsum crust formation on a marble sample. Laboratory experiments (Cistec – Univ. Roma “La Sapienza”).*

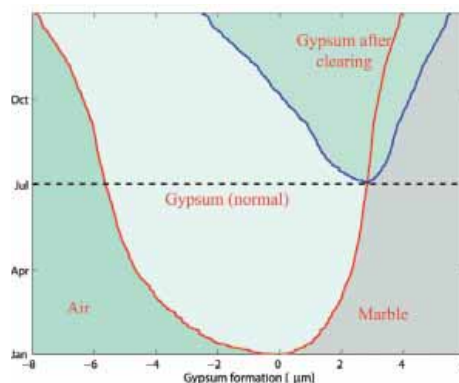


Fig. 2 Simulazioni del processo di solfatazione per 1 anno (in rosso), dove sulla destra si osserva il consumo di marmo, mentre sulla sinistra si osserva il rigonfiamento della crosta. In blu si osserva la nuova formazione di gesso dopo una pulizia (linea tratteggiata) della crosta formata, evidenziando la maggiore perdita di materiale in questo secondo caso.

*Simulations of sulfation process in 1 year (in red line). On the right we can observe marble consumption, while on the left we can observe the swelling of crust. Also, we can observe (blue line) a new gypsum formation, after a cleaning (dotted line) of present crust, putting in evidence a larger marble consumption.*

## Software per la previsione del degrado dei monumenti

## Software to predict monument consumption

Strumento diagnostico per la protezione dei monumenti marmorei realizzato per mezzo di un software capace di fornire informazioni in tempo reale sulla velocità istantanea del degrado e una previsioni su 12-24 mesi basate su serie storiche dei dati ambientali locali. Lo strumento utilizza un modello matematico capace di descrivere la formazione e lo spessore della crosta di gesso sui monumenti marmorei, inoltre fornisce informazioni sul consumo del marmo sottostante. Tale descrizione tiene conto dei dati ambientali e degli inquinanti presenti localmente, oltre alle serie storiche degli stessi dati. In parallelo al modello matematico il software gestisce dati ambientali rilevati da opportune centraline in tempo reale da mettere come input per il modello.

Lo scopo è di fornire informazioni in tempo reale sulla velocità del degrado del monumento, consentendo quindi interventi mirati, in modo da ottimizzare i costi e massimizzare l'efficienza degli interventi stessi. Tale strumento può essere utilizzato per il monitoraggio di monumenti di diverse dimensioni, in particolare laddove è possibile utilizzare i sensori ambientali.

*A diagnostic tool has been achieved for preservation of marble monuments. This new tool is given by software able to give in real time information about the velocity of marble damaging, and a prediction on 12-24 months based on local historical data. This tool uses a mathematical model able to describe the gypsum crust formation and evolution on marble monuments, with the consequent consumption of marble. The model is based on partial differential equations and it takes into account the environmental variables and pollutants (also in real time) used as input data in the model. The main goal is to obtain real time information regarding the velocity of monument damaging so to plan focused interventions to prevent damaging and to optimize their costs and efficiency.*

### Collaboratori

Fabrizio Clarelli, CNR-IAC

Maria Laura Santarelli, CISTEC – Università degli Studi di Roma Sapienza

Elisabetta Gianì, Istituto Superiore Centrale per il Restauro






*BetMultimedia*

Editing, grafica e stampa

Tel.: +39 06 86216255

[info@betmultimedia.it](mailto:info@betmultimedia.it)

settembre 2010

The background of the page is an abstract composition. It features a dense field of thin, dark lines that resemble fiber optic cables, some of which are illuminated at their ends, creating a sense of depth and movement. Interspersed among these lines are numerous out-of-focus, circular light spots in shades of red and pink, creating a bokeh effect. On the right side of the image, there are large, overlapping white circular shapes that partially obscure the underlying fiber optic pattern.

Published by  
Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Piazzale Aldo Moro, 7  
00185 Roma

Graphic Design  
Valentina Gottardi  
Silvestro Caligiuri

Printed by  
BetMultimedia