

# Promuovere l'innovazione presso gli stakeholder

Per arrivare ad una convergenza fra stakeholder e sviluppatori di tecnologie per i beni culturali è necessario che i primi siano convinti della necessità di utilizzare ciò che può essere fornito dai secondi in termini di innovazione, in quanto solo questo permetterà loro di risolvere significativi problemi di conservazione. ENEA è impegnata in diversi progetti per promuovere l'innovazione relativa a tecnologie di propria competenza per renderle il più possibile appetibili agli stakeholder del settore.

DOI 10.12910/EAI2022-015



di Roberta Fantoni, Responsabile Divisione Tecnologie Fisiche per la Sicurezza e la Salute, ENEA

**L**a conservazione e valorizzazione dei beni culturali è stata inclusa dalla regione Lazio fra le tematiche di Smart Specialization Strategies (SSS3) da sviluppare promuovendo innovazione tecnologica. ENEA con il progetto regionale “Sviluppo e diffusione di metodi, tecnologie e strumenti avanzati per la COservazione dei Beni culturali, basati sull'applicazione di Radiazioni e di tecnologie Abilitanti - COBRA” (cobra.enea.it), finanziato dal luglio 2015 al dicembre 2017, ha recepito questa finalità impegnandosi a promuovere l'innovazione relativa a tecnologie di propria competenza per renderle il più possibile appetibili agli stakeholder operanti nel settore.

Allo scopo ha anche effettuato una serie di incontri con gli stakeholder usando per la prima volta in questo campo lo strumento dei focus group, che ha portato allo stesso tavolo gli esperti di tecnologia, i gestori dei beni

culturali e i conservatori operanti con metodologie tradizionali. I risultati degli incontri si sono aggiornati nella realizzazione di 11 prototipi il più possibile rispondenti ai bisogni degli stakeholder, che sono stati dimostrati in 21 siti di intervento regionale.

Le attività di ENEA nei settori di competenza sono poi proseguite nell'ambito dei progetti della prima fase (luglio 2018 – gennaio 2020) del Centro di Eccellenza del Distretto Tecnologie per la Cultura della regione Lazio (CoE del DTC Lazio) con l'adesione dell'Agenzia come socio fondatore all'omonima Associazione. In tale ambito ENEA ha infatti partecipato ai progetti “ECOsistema Digitale – ECODIGIT” e “Tecnologie per il miglioramento della Sicurezza e la ricostruzione dei centri Storici in area sisMIca – SISMI” mentre ha coordinato il progetto “Tecnologie di Analisi, DiAgnostica e MOnitoraggio per la conservazione e il re-

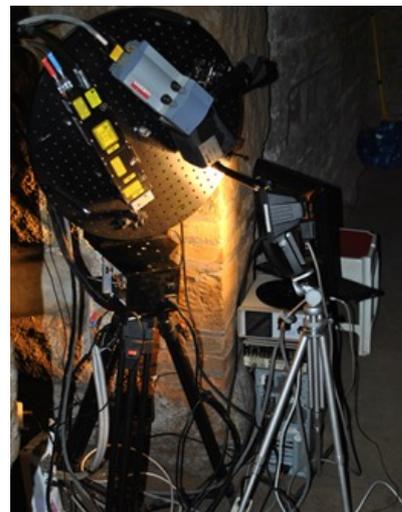


Fig. 1 Foto del prototipo ENEA LIF-Art laser scanner di fluorescenza risolto spettralmente e in tempo nella catacomba di S. Alessandro a Roma. Le modifiche per operare nel ridotto ambiente ipogeo hanno riguardato il sistema di supporto e il riscaldamento aggiuntivo delle ottiche.



Fig. 2 Dimostratore Califfo a Villa dei Quintili. Il Sistema compatto per imaging LIF CALIFFO (Compact Advanced Laser Induced Fluorescence Friendly Operating system) è un dimostratore per misure di fluorescenza indotta da laser a scansione, di dimensioni e peso ridotti per misure in sito.

### staura di beni culturali – ADAMO” (progettoadamo.enea.it)

All'interno di quest'ultimo progetto sono stati realizzati, assieme ai partner del CoE del DTC Lazio, prodotti innovativi relativi a 14 avanzamenti tecnologici ed effettuati 15 interventi dimostrativi sul territorio laziale che hanno coinvolto 15 stakeholder.

La solida interazione stabilitasi con gli stakeholder ha permesso di acquisire all'interno del CoE del DTC Lazio progetti di ricerca (RSI) congiunti nella seconda fase di finanziamento dell'Associazione. Le attività ENEA in tale ambito attualmente continuano con la partecipazione a 10 dei Progetti RSI congiunti approvati nel 2021, 4 dei quali a coordinamento dell'Agenzia. Anche in questa fase le tematiche coperte sono state varie, dalla prevenzione sismica alle diagnostiche per la conservazione di lapidei e superfici dipinte, dal contrasto al biodegrado mediante batteri alla disinfestazione di pergamene,

dall'utilizzo di sistemi robotici per archeologia sottomarina alla gestione di big data su piattaforme informatiche.

### Due macro categorie di stakeholder

Gli stakeholder delle tecnologie nel settore della conservazione dei beni culturali sono grosso modo raggruppabili due macro categorie: quelli istituzionali costituiti dai proprietari/gestori -quali Sovrintendenze, Musei, Parchi archeologici, Fondazioni, ecc...- e quelli costituiti dai conservatori (Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro ISCR, imprese di restauro, fornitori di tecnologie customizzate per la diagnostica, il monitoraggio e il restauro, imprese di servizi, ecc...), mentre la prima categoria vede attori prevalentemente nel settore pubblico, la seconda, ISCR a parte, è dominata dal privato. In ambedue le tipologie di stakeholder sono presenti figure con diverse estrazioni disciplinari che vanno dall'ambito umanistico (storici dell'arte) a quello tecnico (industriale

o artigianale), spesso con scarsa propensione tecnologica.

A livello accademico sforzi recenti di far convergere i due ambiti hanno già portato all'istituzione di corsi universitari di Scienza e tecnologia per i beni culturali ampiamente presenti nell'offerta formativa laziale. Ciononostante le peculiarità dei beni culturali materiali, quali l'unicità accoppiata spesso all'intrinseca fragilità, causano tuttora una certa diffidenza nell'approccio alle tecnologie da parte degli stakeholder che richiedono una riconosciuta non invasività o microdistruttività delle tecnologie. Lo sviluppo di professionalità multidisciplinari e di un adeguato linguaggio comune è diventato una condizione essenziale per portare efficacemente l'innovazione tecnologica nei beni culturali.

Per arrivare ad una convergenza fra stakeholder e sviluppatori di tecnologie per i beni culturali è quindi richiesto che i primi siano convinti della necessità di utilizzare ciò che può essere fornito dai secondi, in quanto solo questo permetterà loro

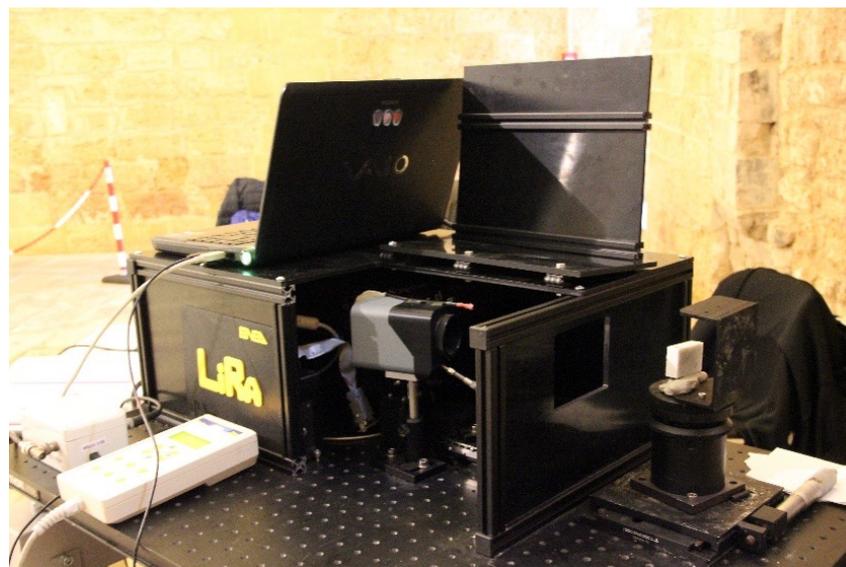


Fig. 3 Sistema LIRA al Museo archeologico di Gioia del Colle (BA) durante un training campo organizzato dall'INFN. L'indagine ha dato informazioni sui materiali e sulla tecnica di realizzazione dei reperti.



Fig. 4 Prototipo ENEA IR-ITR operante presso il Museo del Barocco a Palazzo Chigi di Ariccia. Il prototipo è stato utilizzato per acquisire il modello 3D con l'imaging sub-superficiale di alcuni dipinti eseguiti a più mani ove erano stati ipotizzati ripensamenti. L'adeguamento del prototipo all'utilizzo in situ al Museo ha riguardato l'ottimizzazione delle ottiche per la misura remota nella sala.

**di risolvere significativi problemi di conservazione.**

Questo principio è alla base dell'intensa attività di dimostrazione e disseminazione svolta dagli sviluppatori di tecnologie in ENEA nell'ultimo decennio. Stabilire uno stretto legame con gli stakeholder consente inoltre di prevedere, già in sede di sviluppo di tecnologie e progettazione di prototipi, quelle funzionalità che ne ottimizzeranno l'utilizzo in situ o in laboratorio negli scenari previsti. Va sottolineato che gli scenari applicativi possono essere altamente variabili sia per estensione che per condizioni di operabilità: dal borgo storico all'area archeologica, dall'affresco all'interno di una cattedrale al dipinto su tela in un museo, dalla statua monumentale al reperto orafa e la moneta antica. Riportiamo nel seguito alcuni esempi di needs degli stakeholder che per

ENEA sono stati di stimolo allo sviluppo di prototipi di strumentazione dedicata all'applicazione specifica.

#### **Rivelazione precoce di biodegrado in ambienti ipogei: tombe, catacombe, scavi archeologici**

La scheda controller di CALIFFO, sviluppata interamente in ENEA, si interfaccia attraverso USB con una scheda Raspberry, che è il nodo centrale dell'apparato. La gestione del sistema può essere svolta interamente in remoto su smartphone e tablet, tramite bluetooth o wifi. La motorizzazione dell'ottica di invio della sorgente laser (a 405 nm) permette la scansione di un'area di 1 m<sup>2</sup> alla distanza di due metri. L'acquisizione e la successiva elaborazione degli spettri di fluorescenza permette la caratterizzazione chimica della superficie indagata,

dando la possibilità di creare mappe che consentono di individuare la presenza di microorganismi fluorescenti (alghe verdi, cianobatteri) fornendo, quindi, indicazioni utili ai processi di conservazione e restauro. CALIFFO è stato sviluppato per utilizzo ravvicinato sul campo in situazioni disagiate, con difficoltà di accesso anche in assenza di alimentazione di rete (funziona a batteria). CALIFFO con i dati raccolti durante una sua operazione in campagna dimostrativa è mostrato nella figura sottostante.

**Stratigrafia di superfici dipinte in scavi archeologici e rispettivi musei**

Il sistema trasportabile integrato per spettroscopia laser LIRA (LIBS – Raman Integrated System) è un dimostratore per misure di spettroscopia mediante le tecniche LIBS e Raman. La combinazione delle due spettroscopie permette di ottenere informazioni complete sulla composizione atomica e molecolare del campione analizzato. La stratigrafia può essere effettuata mediante LIBS per ablazione successiva di strati sottostanti del campione, essendo la tecnica micro distruttiva. La componentistica è stata selezionata affinché il sistema possa soddisfare i requisiti necessari per entrambe le tecniche, e differenti ottiche di focalizzazione sono utilizzate alternativamente nei due percorsi di misura. L'acquisizione e l'elaborazione dei dati è eseguita da PC portatile. Le componenti principali di LIRA sono: il laser a 532 nm, l'ottica di invio e focalizzazione, l'ottica di raccolta del segnale e fibra ottica, lo spettrometro, l'elettronica di controllo.

Le dimensioni e il peso ridotti dei vari componenti rendono il sistema facilmente trasportabile sul suo carrello e ne favoriscono l'utilizzo in situ, LIRA è infatti stato sviluppato per utilizzo ravvicinato sul campo. La sua applicazione principale è relativa alla caratterizzazione di materiali, tipicamente frammenti o oggetti di piccole dimensioni (avvicinabili allo strumento).

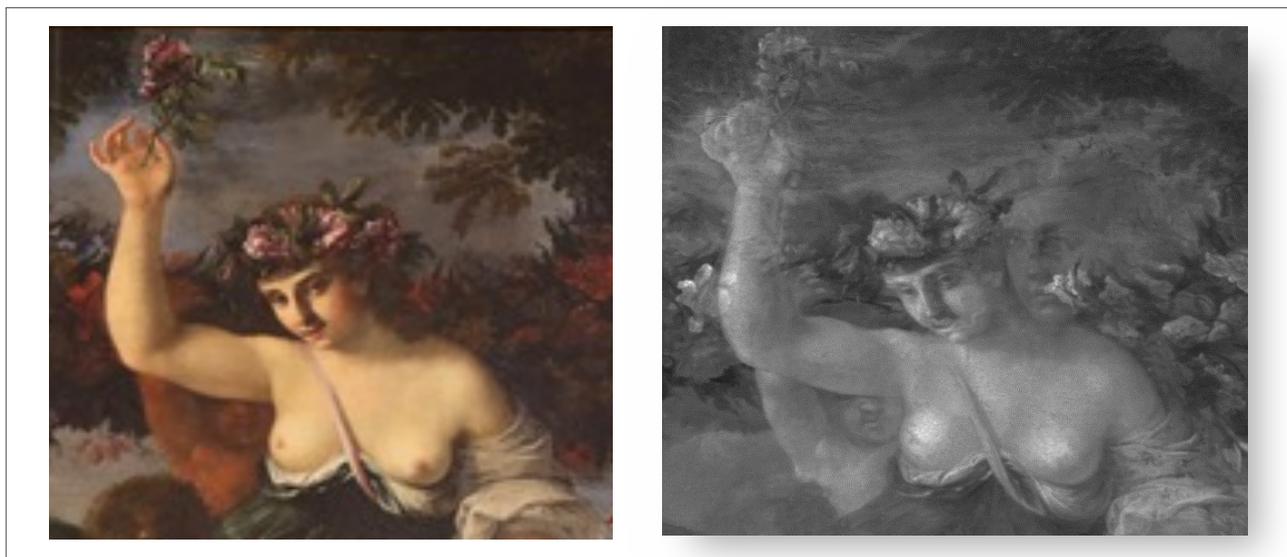


Fig. 5 Il dettaglio a sinistra del dipinto a olio su tela "La primavera" di Filippo Lauri e Mario Nuzzi, evidenzia la presenza di un ripensamento sulla posizione della testa, non identificabile nella foto a colori.

**Una richiesta significativa degli stakeholder durante il progetto ADAMO ha riguardato la possibilità di effettuare in maniera non distruttiva imaging sub-superficiale. Allo scopo, al prototipo ENEA RGB-ITR operante in visibile per imaging e morfologia superficiale è stato affiancato un nuovo prototipo operante nell'infrarosso, permettendo la penetrazione sotto lo strato superficiale dipinto di**

uno spessore confrontabile con la lunghezza d'onda utilizzata. Le caratteristiche dell'IR-ITR allestito sono relative all'utilizzo di un laser IR operante a  $1.5 \mu\text{m}$  e di ottiche di rinvio e raccolta adeguate a questa lunghezza d'onda. Il principio di funzionamento, con sistema di scansione XY e modulazione in ampiezza per ottenere la distanza Z, è stato lo stesso dell'RGB-ITR brevettato. Il range operativo ottenuto è stato

fino a 15-20 m, la risoluzione misurata a 10 m, nelle condizioni di misura sul campo, è stata di 1 mm. Il sistema operante nelle prime misure sul campo effettuate durante una campagna del progetto ADAMO è mostrato nella foto sottostante assieme ad un risultato significativo relativo alla rivelazione di un ripensamento.