

# Il progetto MONALISA

Il progetto Monitoraggio Attivo e Isolamento da vibrazioni e Sismi di oggetti d'Arte (MONALISA) si basa sull'utilizzo di dispositivi innovativi per effettuare il controllo delle vibrazioni sismiche e di quelle indotte dal traffico sugli oggetti d'arte.

DOI 10.12910/EAI2022-029

di Luigi Sorrentino, Omar Al Shawa, *Sapienza Università di Roma*, Maria Aurora Vincenti, Paolo Clemente - *ENEA* - Fabrizio Paolacci, Marialaura Malena, *Università Roma Tre*, Chiara Castino, Anna Maria Cicalese, *Somma srl*, Miriam Lamonaca, Maria Paola Guidobaldi, *Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia, Roma*

**L**a **Smart Specialisation Strategy della Regione Lazio**<sup>1</sup> riconosce la notevole rilevanza del valore aggiunto creato dal sistema produttivo culturale per il Lazio, più che in qualunque altra regione d'Italia. Il principale contributo sono sicuramente le entrate dei musei, dei quali è quindi necessario **tutelare gli oggetti d'arte, in particolare quelli più iconici perché di maggior richiamo per il pubblico culturale italiano e internazionale**. Questi oggetti sono spesso molto vulnerabili per ragioni storiche, quali la realizzazione con materiali fragili e i danneggiamenti subiti nel passato, ma anche per minacce naturali e antropiche.

**Il pericolo naturale più rilevante è costituito dai terremoti**. L'evento sismico del 24 agosto 2016, il primo della sequenza Amatrice-Norcia-Visso del 2016-17, oltre a provocare un ingente numero di vittime e senzatetto, ha colpito il Museo Cola Filotesio di Amatrice e gli oggetti d'arte che custodiva. Nelle settimane successive sono stati recuperati ben 85 beni mobili, tra i quali il reliquiario realizzato dall'orafo ascolano Pietro Paolo Vannini nel 1472 e dedicato alla Madonna di Filetta, patrona di Amatrice. In precedenza il terremoto dell'Aquila del 2009 aveva causato estesi danneggiamenti alle sculture custodite nel Forte Spagnolo, non per il crollo

delle strutture murarie che le ospitavano, bensì per il ribaltamento dei singoli beni mobili. **L'elenco delle perdite di oggetti d'interesse storico e artistico, dovute a sismi, potrebbe andare anche molto indietro nel tempo ed estendersi a numerose nazioni in aree esposte ai terremoti**.

## La vulnerabilità sismica degli oggetti d'arte e le vibrazioni da traffico

**La vulnerabilità sismica degli oggetti d'arte richiede un'attenta disamina delle caratteristiche geometriche e di allestimento, che determinano le condizioni di vincolo**. Numerosi studi sono stati svolti nell'ambito dell'analisi di vulnerabilità dei musei archeologici. Per la protezione sismica degli oggetti d'arte, al fine di limitare le sollecitazioni soprattutto su oggetti pesanti o realizzati con materiali fragili, **l'isolamento alla base rappresenta un'efficace soluzione**. Esso consiste nell'inserire dispositivi con bassa rigidità in direzione orizzontale al fine di disaccoppiare il moto dell'oggetto da proteggere rispetto a quello del suo basamento, che rimane vincolato alla fondazione o al solaio. Il risultato è la notevole riduzione delle azioni sismiche sull'oggetto e, quindi, dei danneggiamenti anche in occasione di eventi sismici violenti.

Va detto che l'isolamento alla base per oggetti d'arte è stato già proposto in diversi casi ma è stato finora impiegato soltanto poche volte. Tra le applicazioni di maggiore interesse, si citano l'**Erme di Prassitele al museo archeologico di Olimpia**, **Le Porte dell'Inferno di Rodin al museo nazionale di Arte Occidentale a Tokyo** (con dispositivi a pendolo attrittivo), alcuni beni mobili al **museo J. Paul Getty a Los Angeles** (con sistemi a molle), **la Pietà Rondanini nel Castello Sforzesco a Milano** (sistema di protezione dalle vibrazioni), **i Bronzi di Riace** (con dispositivi attrittivi), **il gruppo dell'Annunciazione di Francesco Mochi nel Duomo di Orvieto** con elementi dissipativi composti da funi di acciaio inossidabile con funzione anche di limitazione di spostamento e ricentraggio.

Oltre alle fonti di vibrazioni naturali, come il sisma, vanno considerate quelle di tipo antropico, come le **vibrazioni indotte dal traffico**. I mezzi di trasporto, infatti, inducono vibrazioni nel terreno, che vengono trasmesse agli edifici adiacenti e, quindi, al loro contenuto. Si tratta di vibrazioni di ampiezza molto minore rispetto a quelle dovute ai terremoti violenti, ma che presentano caratteristiche diverse, sia nel contenuto in frequenza sia nella durata e nel numero di rinnovi. Soprattutto nei casi di vibra-



Fig.1 Il "Sarcophago degli Sposi" nel Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia a Roma

zione praticamente continua almeno per alcune parti di ogni giorno, la sollecitazione ripetuta può provocare piccoli danneggiamenti che si sovrappongono ai precedenti, specie in oggetti realizzati con materiali fragili, o indurre fenomeni di fatica.

Tra i mezzi di trasporto più diffusi e pericolosi nell'ottica delle vibrazioni indotte sugli oggetti d'arte, vanno annoverati **treni e tram**, che ben si prestano alle politiche di contenimento delle emissioni di gas serra e di riduzione dell'uso dello spazio nell'ottica di implementazione, potenziamento e sviluppo di sistemi integrati di trasporto rapido di massa. Al fine di evitare l'accumulo di danneggiamenti nel tempo negli

edifici, le normative tecniche indicano valori limite per le velocità di picco che tuttavia possono risultare non idonei alla corretta conservazione di edifici monumentali e oggetti museali, come evidenziato da numerose esperienze precedenti.

#### Il sarcofago degli sposi a Villa Giulia

**Tali problematiche sono affrontate nel progetto di ricerca e sviluppo industriale finanziato dalla Regione Lazio MONALISA nel quale si considera come caso studio il "Sarcophago degli Sposi" (Figura 1).** Questo oggetto d'arte è custodito nel Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia a Roma, che risente

delle vibrazioni indotte dalla adiacente linea tranviaria e dalla linea ferroviaria Roma Nord-Viterbo, che interessa l'estremità est dell'area museale. Il sarcofago è una scultura etrusca in terracotta che risale al VI secolo a.C. ed è stato riportato alla luce nel 1881 durante scavi nella necropoli della Banditaccia a Cerveteri. La scultura raffigura una coppia di sposi semidistesi, in posizione di perfetta parità a dimostrare la parità di diritto e dignità delle donne rispetto agli uomini della cultura etrusca, che non trovava riscontro nella cultura greca né in quella romana.

Al momento del ritrovamento il manufatto si presentava in più di 400 frammenti, ricomposti nel corso del primo

Il progetto MONALISA è risultato primo classificato, su 81 domande delle quali 56 giudicate ammissibili, all'Avviso pubblico di LAZIO INNOVA, società in house della Regione Lazio, Accordo di programma quadro "Ricerca, Innovazione Tecnologica, Reti Telematiche" (APQ6) - Stralcio "Attuazione degli interventi programmatici e dei nuovi interventi relativi al Distretto Tecnologico per le nuove tecnologie applicate ai beni e alle attività culturali". Intervento TE1 - Invito al Centro di Eccellenza a presentare progetti per la seconda fase - Progetti RSI (Det. G07413 del 16.06.2021, pubblicata sul BURL n. 61 del 22.06.2021, Atto di Impegno del 18.10.2021). Partner del progetto sono: Sapienza Università di Roma, ENEA, Università Roma Tre, Somma srl. È stato sottoscritto un apposito accordo di collaborazione scientifica con il Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia a Roma, per l'accesso alla documentazione e ai luoghi ove eseguire l'intervento di protezione dalle vibrazioni.

intervento di restauro di fine '800. Dall'analisi dello stato di conservazione emerge che il problema conservativo principale è di tipo strutturale, correlato al sistema di ricomposizione dei fram-

menti e ai supporti inseriti nella parte interna, alla distribuzione dei carichi e alla limitata resistenza meccanica della terracotta dovuta ad una cottura a basse temperature (700-750°C). Le molte-

plici linee di frattura rappresentano il punto di debolezza del manufatto; le vibrazioni causano un aggravamento dello stato di conservazione generale, con conseguente riapertura delle fratture, formazione di nuove fessurazioni e rischio di cadute di materiale. L'isolamento dalle vibrazioni del Sarcofago si inserisce pertanto, insieme al prossimo restauro dell'opera, nel quadro delle misure finalizzate alla conservazione a lungo termine dei materiali e alla tutela del bene per la pubblica fruizione.

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova piattaforma metallica, sulla quale alloggiare il sarcofago con la sua vetrina, poggiante su dispositivi di isolamento, appositamente progettati per proteggere la scultura sia dalle quotidiane vibrazioni da traffico sia da quelle eccezionali dovute ai terremoti. Per limitare le prime i dispositivi dovranno garantire un isolamento anche in direzione verticale, usualmente trascurata nel caso di sola protezione sismica. La tecnica potrà facilmente essere adattata ad altre situazioni museali, ma anche in contesti industriali o di telecomunicazioni.

Ai fini del progetto è prevista un'accurata analisi delle caratteristiche delle vibrazioni indotte dal traffico veicolare e ferroviario mediante rilievi di vibrazioni nell'arco di 24 ore. Il progetto prevede la sperimentazione preventiva su tavola vibrante di una replica del sarcofago dotata del sistema di isolamento proposto. Il sistema di isolamento e l'oggetto protetto saranno anche dotati di un si-

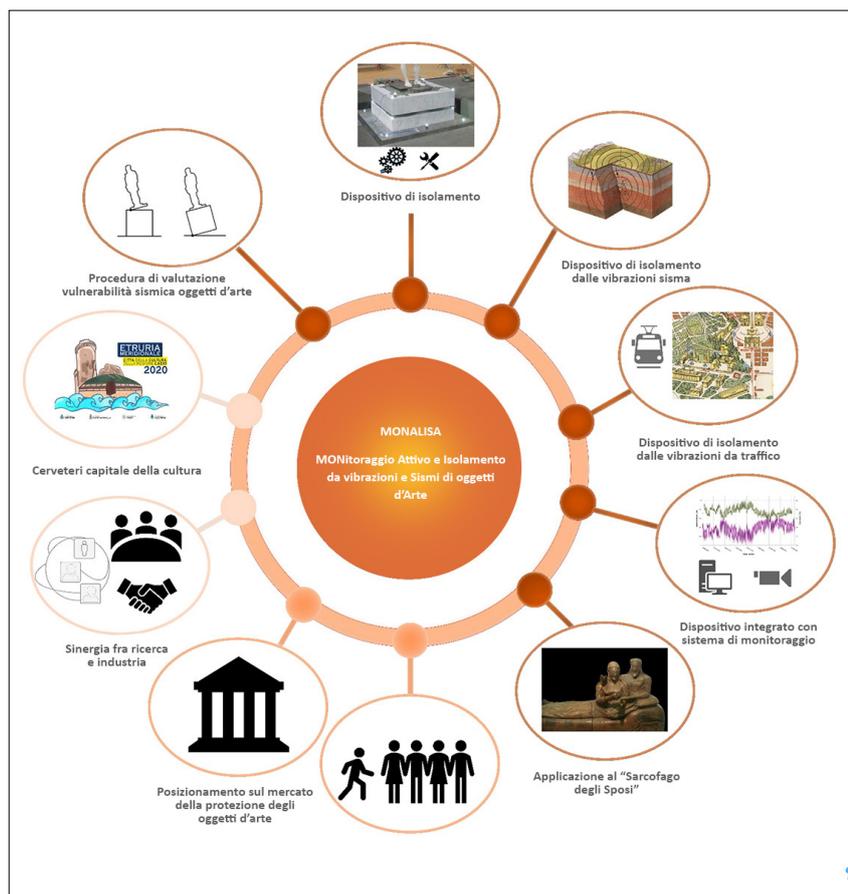


Fig.2 Principali obiettivi, risultati economici e risultati indiretti del progetto MONALISA



stema di monitoraggio permanente con sensori in fibra ottica, che consentirà di valutare l'efficacia del sistema di isolamento stesso ma anche di trarre informazioni utili allo sviluppo di sistemi e dispositivi sempre più efficaci. Inoltre, potrà evidenziare eventuali malfunzionamenti o degrado sia dell'oggetto protetto sia del sistema di isolamento. Saranno monitorati, in particolare, parametri ambientali (quali temperatura e umidità, vibrazioni da cause naturali ed antropiche, illuminazione), di comportamento e ammaloramento (come ad esempio quadro fessurativo, risposta alle vibrazioni, risposta alle sollecitazioni termiche circadiane e stagionali), verificando che non siano superate fissate soglie di attenzione sia per valori istantanei (danneggiamento a seguito di cedimento) sia per trend (danneggiamento progressivo) del sistema di isolamento.

L'insieme delle tematiche affrontate dal progetto è sintetizzato in Figura 2.

Figura 1 mostra il "Sarcophago degli Sposi" conservato nel Museo Nazionale Etrusco di Villa Giulia all'interno di una teca in vetro. L'opera, realizzata in terracotta dipinta, raffigura una coppia di coniugi semidistesi uno accanto all'altro su un letto da banchetto ricoperto da cuscini. Entrambe le figure hanno occhi allungati e labbra aperte in un sorriso. La donna indossa abiti eleganti, tipiche calzature con la punta ripiegata verso l'alto ed un copricapo caratteristico dal quale escono lunghe trecce. L'uomo, a busto nudo, ha capelli lunghi e barba appuntita e cinge teneramente con il braccio destro le spalle di lei. La disposizione delle mani dei due sposi evoca la presenza di oggetti andati perduti quali una coppa per il vino o un vaso dal quale versare profumo o unguenti. Il sarcofago era destinato a contenere le

ceneri dei coniugi defunti.

Lo schema di Figura 2 evidenzia i principali obiettivi del progetto MONALISA e i risultati economici ed indiretti attesi più rilevanti. Nello schema, il progetto MONALISA è rappresentato dal cerchio posto nel centro al quale corrispondono dieci nodi: sei rappresentano gli obiettivi principali, due indicano i risultati economici e due i risultati indiretti.

Gli obiettivi principali del progetto consistono nella messa a punto di una procedura per la valutazione della vulnerabilità degli oggetti d'arte per vibrazioni da terremoti e da traffico, nella progettazione di un dispositivo base per l'isolamento dalle vibrazioni, nell'ottimizzazione del dispositivo di protezione degli oggetti d'arte, nell'integrazione della tecnologia di monitoraggio attivo in fibra ottica con il dispositivo di protezione e infine nell'applicazione del dispositivo ottimizzato al "Sarcophago degli Sposi".

I risultati economici più rilevanti consistono nel favorire l'occupazione con l'acquisizione di personale incrementale per lo svolgimento delle attività del progetto e nel posizionamento sul mercato della tecnologia innovativa per la protezione da vibrazioni di oggetti d'arte. Tra i risultati indiretti del progetto lo schema evidenzia la sinergia tra il mondo della ricerca e le realtà imprenditoriali legate all'innovazione tecnologica e le ricadute in ambito culturale.

*Per info: [aurora.vincenti@enea.it](mailto:aurora.vincenti@enea.it)*

1. Bollettino Ufficiale della Regione Lazio, n. 48, Supplemento n. 1, del 16.06.2016