

Il progetto H-S3D: elementi *intelligenti* in stampa 3D

Il progetto H-S3D vuole contribuire alla definizione di un processo progettuale e produttivo innovativo basato sull'uso di materiali ecosostenibili con elevate prestazioni meccaniche e termiche per realizzare componenti architettoniche modellate sulla irregolarità geometrica della lacuna, con caratteristiche strutturalmente ottimizzate che possano anche essere utilizzati per svolgere un monitoraggio permanente post intervento.

DOI 10.12910/EAI2022-030

di Michele Caponero, Laboratorio di Micro e Nanostrutture per la Fotonica - ENEA - Maura Imbimbo e Assunta Pelliccio, Università di Cassino e del Lazio meridionale, Alessandro Graziani e Sonia Marfia, Università degli studi di Roma TRE

La stampa 3D rappresenta una tecnologia che nell'ultimo decennio ha mostrato una crescente diffusione in diversi ambiti applicativi. Uno di questi è certamente rappresentato dai beni culturali come illustrato nel recente lavoro [1]. L'utilizzo principale della stampa 3D nell'ambito dei beni culturali è nella riproduzione fisica di reperti archeologici e scultorei ai fini di studio, conservazione e disseminazione.

Un'ulteriore e più recente applicazione riguarda l'ambito del ripristino o del restauro integrativo, o almeno delle fasi preliminari ed intermedie del processo, dove è richiesta la riproduzione fisica di elementi decorativi e/o architettonici e quella di componenti per il riempimento di lacune o la ricostruzione di parti. Infatti, la tecnologia, così detta di *additive manufacturing* su cui la stampa 3D si basa, consente una libertà di riproduzione e progettazione delle forme e, allo stesso tempo, una precisione dei dettagli che la rendono molto più versatile rispetto

alle tecniche tradizionali; rispetto a queste ultime la tecnologia di *additive manufacturing* presenta l'ulteriore vantaggio di una riduzione dei costi e dei tempi grazie ad una *industrializzazione* dei processi attualmente di *tipo artigianale*.

L'utilizzo di stampati 3D in luogo di materiali tradizionali, continuando a preservare il principio della reversibilità e riconoscibilità dell'intervento, introduce una **maggiore sostenibilità ambientale** per la possibilità di **utilizzare materiali ecosostenibili, riutilizzare componenti realizzati, risparmiare materie prime**. Non ultimo, la possibilità di utilizzare **materiali più leggeri** e con un rapporto vantaggioso tra peso e prestazioni meccaniche, rendono la tecnologia uno strumento particolarmente idoneo nelle applicazioni in **campo sismico**.

A fronte di tali vantaggi, la tecnologia di *additive manufacturing* rimane ancora in una fase sperimentale sia sul piano tecnico-scientifico che su quello concettuale-applicativo sul quale ha ancora una implementazione limitata.

Progettazione e modellazione con materiali innovativi ecosostenibili

Il progetto di ricerca H-S3D vuole fornire un contributo sul piano tecnico-scientifico definendo lo sviluppo di un processo progettuale e produttivo innovativo che, grazie all'uso di materiali ecosostenibili con elevate prestazioni meccaniche e termiche, realizzi componenti architettonici modellati sulla irregolarità geometrica della lacuna, con caratteristiche strutturalmente ottimizzate che possano anche essere strumentati per svolgere un **monitoraggio permanente post intervento**.

Tale processo viene validato dal punto di vista della sperimentazione, modellazione e realizzazione degli elementi a partire dal livello del materiale per arrivare a quello del prodotto finale con una particolare attenzione alle caratteristiche di sostenibilità del processo. L'attività del progetto consiste nella **progettazione e modellazione di elementi strutturali e compo-**



Fig. 1 Rappresentazione digitale della Rocca Janula, nello stato attuale con le lacune (sinistra, elaborazione di rilievo fotogrammetrico da drone) e nella possibile condizione post intervento di inserimento degli stampati 3d (destra, modello texturizzato)

nenti architettonici con materiali innovativi ecosostenibili dove la progettazione del materiale e del processo di stampa saranno centrali per la realizzazione delle prestazioni richieste. Nell'ambito del progetto viene analizzata sia da un punto di vista teorico che sperimentale anche la progettazione delle connessioni fra elementi stampati e costruzione esistente.

Un ulteriore aspetto caratterizzante il progetto consiste, infine, nella possibilità di rendere gli stampati 3D degli elementi *smart* utilizzandoli per un monitoraggio permanente del bene architettonico con **l'alloggiamento di sensori nel corpo dello stampato ed una opportuna progettazione del sistema di monitoraggio**.

La realizzazione dei provini e le prove sperimentali su di essi, vengono progettate via via in sinergia con le fasi di rilievo e rappresentazione digitale del bene e delle sue lacune, di progettazione del materiale e degli elementi strutturali, e della progettazione del sistema di monitoraggio. La realizzazione degli elementi da installare nelle lacune del bene architettonico, nonché delle connessioni di tali elementi con la struttura esistente, rappresenta il prodotto fi-

nale del progetto insieme al processo di monitoraggio da attivare nella fase post-intervento.

Il progetto analizza due tipologie di applicazioni: la ricostruzione parziale di elementi in muratura e/o il riempimento di lacune in modo da restituire la fruibilità completa o parziale di una costruzione antica; la ricostruzione di elementi decorativi, quali ad esempio i cornicioni o le cornici di palazzi storici o le merlature di altre opere architettoniche, una delle situazioni di degrado più diffuse e comuni del patrimonio costruttivo italiano. Nell'ambito della prima tipologia di applicazioni, il caso di studio scelto per lo sviluppo delle attività è la Rocca Janula, sita nel comune di Cassino (FR), uno dei più significativi monumenti per la comunità locale e della Terra di San Benedetto sin dal X secolo.

Il progetto H-S3D è attualmente in corso. Le attività fino ad oggi sviluppate hanno riguardato essenzialmente tre aspetti: i) fase di conoscenza, rilievo e rappresentazione digitale della Rocca Janula con l'individuazione delle lacune e delle componenti del bene su cui intervenire; ii) modellazione numerica di

elementi ottenuti mediante la stampa 3D tenendo conto della struttura del materiale alle differenti scale di osservazione e di differenti parametri di stampa; iii) progettazione geometrico/dimensionale basata sullo sviluppo di processi di ottimizzazione avanzati basati sugli algoritmi genetici che, nella progettazione della fase di stampa 3D, consentano di ottimizzare il processo di realizzazione dell'opera. La Figura 1 mostra la rappresentazione digitale della Rocca Janula, nello stato attuale con le lacune (sinistra, elaborazione di rilievo fotogrammetrico da drone) e nella possibile condizione post intervento di inserimento degli stampati 3D (destra, modello texturizzato).

Il progetto H-S3D è realizzato da due Dipartimenti e tre Laboratori del Centro di Eccellenza DTC – Lazio. L'Università di Cassino e Lazio Meridionale partecipa con il Dipartimento di Ingegneria Civile e Meccanica ed il Laboratorio di Analisi e Progettazione Strutturale, in particolare per progettazione strutturale e modellazione digitale. L'Università di Roma Tre partecipa con il Dipartimento di Ingegneria, in particolare per la sperimentazione e la modella-

zione. L'ENEA partecipa con il Laboratorio Micro e Nanostrutture per la Fotonica, in particolare per lo sviluppo di un sistema di monitoraggio integrato ai componenti 3D. Partecipa attivamente al progetto l'impresa del Lazio società ARAKNIA LABS s.r.l., con competenze specialistiche per lo sviluppo del processo produttivo e la realizzazione degli oggetti in stampa 3D. Partecipa al progetto il Comune di Cassino come titolare del bene architettonico sul quale verrà sviluppato il progetto. Inoltre

sono partner del progetto: Faculty of Architecture della Silesian University of Technology (Polonia); il Dipartimento di Ingegneria Civile ed Architettura dell'Università degli Studi di Pavia con il centro 3D@UniPV; la società consortile Parco Scientifico e Tecnologico del Lazio Meridionale. Nell'ambito del progetto H-S3D si prevedono interazioni con il progetto 3DH-solutions, finanziato dalla Regione Lazio nell'ambito del Bando Pubblico "Progetti di Gruppi di Ricerca 2020", relativo alla stessa

macro-tematica al fine di migliorare l'efficacia dei risultati.

Ringraziamenti. Il progetto H-S3D è stato finanziato dalla Regione Lazio nell'ambito del Bando Pubblico "DTC TE1 - Fase II - Progetti RSI", Det. G07413 del 16.06.2021, pubblicata sul BURL n. 61 del 22.06.2021, Avviso pubblico di LAZIO INNOVA.

Per info: michele.caponero@enea.it

BIBLIOGRAFIA

1. L. Acke, K. De Vis, S. Verwulgen, J. Verlinden, (2021), "Survey and literature study to provide insights on the application of 3D technologies in objects conservation and restoration", Journal of Cultural Heritage, Volume 49, May-June 2021, Pages 272-288, Elsevier