

Materials and Structures Testing and Research
www.associazionemaster.org

MASTER MAGAZINE

Gennaio 2024, Anno XV



Il **MASTER MAGAZINE** è una rivista a carattere tecnico-scientifica pubblicata dall'Associazione MASTER. La collaborazione è aperta a tutti.

Direzione e redazione:

Stefano Bufarini - Vincenzo D'Aria - Salvatore Menditto - Domenico Squillacioti

Comitato Scientifico:

Stefano Bufarini - Vincenzo D'Aria - Santo Mineo - Sandro Pariset - Domenico Squillacioti - Alessandro Zizzi

Articoli:

- **La nuova UNI 11931:2024: un successo che viene da lontano**
Stefano Bufarini, Vincenzo D'Aria
- **Assessment della sicurezza delle gallerie**
Claudio Brillante
- **La galleria Segesta sull'autostrada A29 Palermo-Trapani. Indagini diagnostiche, interventi di riparazione, monitoraggio statico e dinamico**
Elio Lo Giudice, Giuseppe Navarra, Giuseppe Castellano, Carol Li Calzi, Giuseppe Mugnos
- **Tecniche innovative per la conservazione del patrimonio edilizio**
Marco Maria Parrini, Anna Isabella Piazza
- **Certificato di taratura ACCREDIA e rapporto di taratura: differenza tra questi due documenti in ambito metrologico ed applicativo**
Santo Mineo
- **Costruzioni esistenti o in corso d'opera: i controlli non distruttivi in situ su barre ad a.m. ed acciai strutturali. I controlli in opera degli acciai e le caratteristiche meccaniche e prestazionali dell'acciaio nelle costruzioni esistenti**
Vincenzo Domenico Venturi, Salvatore Lombardo, Stefano Bufarini
- **Il tecnico addetto allo studio della miscela, alla riparazione, al rinforzo, alla protezione e alla manutenzione delle strutture in calcestruzzo armato ai sensi della UNI PdR 153:2023**
Giuseppe D'Aria
- **Utilizzo delle prove non distruttive per la valutazione di edifici, in assenza di progetti e disegni originari: come procedere**
Marco Maria Parrini, Anna Isabella Piazza

E' concessa la riproduzione degli articoli purché venga citata la fonte e rispettata la sua integrità.

La nuova UNI 11931:2024: un successo che viene da lontano

Stefano Bufarini*, Vincenzo D’Aria**

() Sperimentatore presso il Laboratorio Ufficiale Prove Materiali e Strutture dell’Università Politecnica delle Marche - Presidente dell’Associazione MASTER*

*(**) Già Sperimentatore presso il Laboratorio Ufficiale Prove Materiali e Strutture dell’Università Politecnica delle Marche - Presidente Emerito dell’Associazione MASTER*

L’anamnesi

Tutto ebbe inizio il 18 marzo 2002 quando gli scriventi progettaronο, in collaborazione con l’ing. Giovanni Menditto - Professore Ordinario di Scienza e Tecnica delle Costruzioni presso l’Istituto di Scienza e Tecnica delle Costruzioni dell’Università degli Studi di Ancona (ora Università Politecnica delle Marche), il primo corso nazionale di formazione finalizzato alla certificazione del personale tecnico addetto ai controlli non distruttivi sul calcestruzzo in opera.

Al corso, tenutosi presso l’Assistedil di Ancona dal 18 al 21 marzo 2002 (32 ore di lezione teorico-pratiche), parteciparono dieci tecnici.

In data 22 marzo 2002 venne espletata, sotto il controllo degli ispettori del SINCERT la sessione d’esame per la certificazione delle competenze nei due metodi prova oggetto di formazione, ovvero la “prova magnetometrica” e la “prova sclerometrica”.

Fu così accreditato dal SINCERT il primo “schema proprietario” di un organismo per la certificazione del personale tecnico addetto ai controlli non distruttivi nel campo dell’ingegneria civile.

A seguito del primo corso ne seguirono altri, su tutto il territorio nazionale. Come formatori si aggiunsero agli scriventi ed al Prof. Giovanni Menditto i Proff. Fabrizio Davi, Luigino Dezi e Roberto Giacchetti, tutti afferenti all’Università Politecnica delle Marche. Nacque la cosiddetta “**scuola anconetana**” delle prove non distruttive, monitoraggio e diagnostica strutturale.

La svolta avvenne nel 2009 quando l’Istituto INFORMA di Roma attivò, su nostra iniziativa, il “**NON DESTRUCTIVE TESTING MANAGER - CIVIL ENGINEERING**”, un corso di alta formazione – oramai divenuto storico ed alla XV edizione - di 80 ore per professionisti e tecnici della pubblica amministrazione. Al corso, che consentiva l’accesso diretto all’esame di Livello 2 in quattro metodi di prova (prova magnetometrica, prova sclerometrica, prova ultrasonora, monitoraggio strutturale dei quadri fessurativi), parteciparono venti tecnici provenienti da tutta Italia (dalla Sicilia alla Valle d’Aosta).

A seguito di questo corso della durata di tre mesi e degli esami di certificazione venne fondata, spinta da grande entusiasmo, l’Associazione “**Materials and Structures, Testing and Research**” (in sigla MASTER) con sede legale a Roma.

Gli obiettivi dell'Associazione sono:

- 1 Promozione e divulgazione della cultura della sicurezza e della ricerca nel campo dell'ingegneria civile con particolare riguardo al recupero ed alla conservazione del patrimonio edilizio e delle infrastrutture.
- 2 Divulgazione tecnico-scientifica della cultura delle Prove su Strutture, del Monitoraggio e dei Controlli Non Distruttivi attraverso l'informazione continua e l'educazione permanente.
- 3 Valorizzare lo svolgimento e lo sviluppo dell'attività associativa favorendo lo scambio di idee, informazioni, esperienze e conoscenze tra i Soci.



L'attività di formazione continuò con grande dedizione, studio, ricerca ed approfondimento verso tematiche e metodi di prova in continua evoluzione. I discendenti del "NON DESTRUCTIVE TESTING MANAGER - CIVIL ENGINEERING" si trasformarono quindi in ottimi formatori, tra cui spiccarono - per la preparazione e impegno l'ing. Fabio Bufarini, l'ing. Giuseppe D'Aria, l'ing. Santo Mineo, l'ing. Sandro Pariset, l'ing. Domenico Squillacioti, l'ing. Roberto Vollero e l'ing. Alessandro Zizzi.

Contemporaneamente all'attività formativa furono pubblicati i seguenti volumi scientifici che rappresentano una collana "unica e rara" del settore, utilizzata da numerose università nei corsi di "verifica e monitoraggio delle costruzioni ed infrastrutture esistenti":

- **"Il controllo strutturale degli edifici in cemento armato e muratura"** - Tecniche diagnostiche, indagini strumentali, esempi di prove su materiali e strutture secondo le nuove normative tecniche e sismiche, di Roberto Giacchetti, Stefano Bufarini e Vincenzo D'Aria - EPC Libri Settembre 2005;
- **"Il monitoraggio delle strutture"** - Degradi, dissesti ed analisi dei quadri fessurativi, di Stefano Bufarini, Vincenzo D'Aria, Santo Mineo, Domenico Squillacioti . EPC Editore Roma Aprile 2010;
- **"Il controllo strutturale degli edifici in cemento armato e muratura"** - Tecniche diagnostiche, indagini strumentali, esempi di prove su materiali e strutture secondo le nuove normative tecniche e sismiche. Testo aggiornato alle nuove Norme

Tecniche per le Costruzioni e alla Circolare esplicativa n. 617, di Roberto Giacchetti, Stefano Bufarini e Vincenzo D’Aria - EPC Editore Roma Giugno 2010;

- **“Controlli e verifiche delle strutture di calcestruzzo in fase di esecuzione”** - Compiti e responsabilità del Direttore dei Lavori secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) e la Circolare esplicativa n. 617, di Alessandro Zizzi, Santo Mineo, Stefano Bufarini e Vincenzo D’Aria - EPC Editore Roma Settembre 2011.
- **“Meccanica delle murature”** - Dalla definizione della qualità muraria alle indagini sperimentali mediante la tecnica dei martinetti piatti, di Stefano Bufarini, Vincenzo D’Aria e Domenico Squillacioti – EPC Editore Roma Aprile 2012;
- **“COLLAUDO STATICO Prove di carico statiche su solai ed impalcati”** - Tipologie di solai ed impalcati, schemi statici, tecniche operative ed interpretazione dei dati, di Stefano Bufarini, Vincenzo D’Aria e Domenico Squillacioti . EPC Editore Roma Maggio 2013.
- **“PROVE NON DISTRUTTIVE SU NUOVE STRUTTURE E COSTRUZIONI ESISTENTI”** - Guida pratica e Capitolato Speciale d’Appalto, di Stefano Bufarini, Salvatore Lombardo e Vincenzo Domenico Venturi - EPC Editore Roma Giugno 2021.

1. La prassi di riferimento

Il proliferare di “schemi proprietari” di organismi accreditati da ACCREDIA (nata nel 2009 dalla fusione tra SINAL e SINCERT) per la certificazione del personale addetto alle prove non distruttive nel campo dell’ingegneria civile impose la pubblicazione di una linea guida che ne uniformasse i requisiti in termini di esperienza, addestramento e modalità di conduzione delle sessioni d’esame.

In data 3 maggio 2019 è stata pubblicata la UNI/PdR 56 *“Certificazione del personale tecnico addetto alle prove non distruttive nel campo dell’ingegneria civile”*, sviluppata da UNI con la collaborazione dell’Associazione scientifico-culturale **“Materials and Structures, Testing and Research (MASTER)”**, che ha assunto il ruolo di **Project Leader**.

Le Prassi di Riferimento sono documenti para-normativi che rientrano fra i prodotti della normazione europea, così come definiti dal Regolamento UE n. 1025/2012. Vengono elaborate da un numero ristretto di esperti, sotto la conduzione operativa di UNI. Introducono prescrizioni tecniche, elaborate sulla base di un rapido processo di condivisione, in risposta a specifiche esigenze del mercato.

Le prassi di riferimento sono disponibili e fruibili gratuitamente per un periodo non superiore a 5 anni, che rappresenta il tempo massimo dalla loro pubblicazione entro il quale o decadono o vengono trasformate in un documento normativo (UNI, UNI/TS, UNI/TR).

Dal 2019 ad oggi la UNI/PdR 56 ha completato con successo il suo viaggio, confermando positivamente le aspettative che ne avevano stimolato l’elaborazione: tutti gli organismi di certificazione accreditati hanno adeguato ed uniformato i loro “schemi proprietari” alla UNI/PdR 56 e riemesso oltre 8.000 certificazioni in allineamento ad essa.

L'aggiornamento della UNI/PdR 56, avvenuto nel settembre 2020, e la parallela pubblicazione in versione inglese, ne ha di fatto confermato la validità e l'efficacia, contribuendo a fornire a tutti gli stakeholder un documento coerente con gli obiettivi prefissati.

Inoltre, nella Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale n.633/STC del 3 dicembre 2019 **“Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai Laboratori per prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti”** di cui all'art. 59, comma 2, del D.P.R. n. 380/2001, viene richiesta tra i requisiti al personale la certificazione della competenza di “Livello 3” (per il Direttore del Laboratorio) e di “Livello 2” (per gli Sperimentatori), negli specifici metodi di prova oggetto dell'autorizzazione, rilasciata da organismo di certificazione accreditato secondo la UNI CEI EN ISO/IEC 17024.

2. La trasformazione della UNI/PdR 56 in norma UNI

In data 18 gennaio 2024 è stata pubblicata la **UNI 11931:2024** *“Certificazione del personale tecnico addetto all'esecuzione delle prove non distruttive nel campo dell'ingegneria civile e dei beni culturali ed architettonici”* che sostituisce la UNI/PdR 56:2019.

La norma è stata elaborata a seguito di un'attenta attività di analisi e perfezionamento della UNI/PdR 56, che ha visto impegnati nella stessa Commissione tecnica rappresentanti delle istituzioni, del mondo accademico, delle professioni e dei laboratori prove.

Da ottobre 2021 la Commissione tecnica **UNI/CT 021 Ingegneria strutturale - UNI/CT 021/GL 08 Monitoraggio delle strutture, coordinata dal Prof. Andrea Del Grosso, ha avviato l'iter di trasformazione in norma UNI della UNI/PdR 56.** La Commissione ha terminato i lavori nel giugno 2023. L'avvio del processo di trasformazione della prassi in norma UNI è scaturito dal forte interesse mostrato dagli enti di normazione ed accreditamento, dagli organismi di certificazione e dalle stazioni appaltanti (nazionali ed internazionali), oltre che dal mercato, in generale, degli operatori del settore.

3. Cosa definisce la UNI 11931:2024

La norma definisce i principi, i criteri e le procedure per la gestione delle attività relative alla certificazione ed al successivo mantenimento al livello 1, 2 e 3 del personale tecnico addetto all'esecuzione delle prove non distruttive (PND) nel campo dell'ingegneria civile e dei beni culturali e architettonici.

La norma copre la competenza nei seguenti metodi:

- prelievo di campioni e prove chimiche e fisiche in sito (CH);
- prove di estrazione “pull out” e di aderenza “pull off” (ES);
- georadar (GR);
- prova magnetometrica (MG);
- prova con martinetti piatti, a compressione diagonale e taglio (MP);
- misure in campo statico (MS);
- misura delle vibrazioni (MV);
- prova di carico (PC);

- prova di penetrazione (PE);
- misura del potenziale di corrosione delle armature (PZ);
- prova sclerometrica (SC);
- prova sonica (SO);
- termografia ad infrarossi (TT_{Civ});
- prova ultrasonica (UT_{Civ});
- visivo (VT_{Civ}).

La UNI 11931, pur mantenendo inalterata l'architettura della UNI/PdR 56, apporta interessanti novità, tra le quali:

- l'introduzione di un **modulo generale** (sia per livello 1 che per il livello 2) che potrà essere impartito sia in didattica frontale che con didattica a distanza in modalità sincrona, con sistema di gestione del tracciamento della presenza dei partecipanti;
- per ciascun metodo di prova l'addestramento potrà essere erogato con didattica a distanza in modalità sincrona documentata, nella misura **massima del 40% ore totali previste**, limitatamente alla teoria inerente il metodo PND;
- la **nuova denominazione** di alcuni metodi di prova: misura delle vibrazioni (ex prove dinamiche), misure in campo statico (ex monitoraggio strutturale e misura delle tensioni e deformazioni), metodo visivo (ex esame visivo ed ispezione delle opere civili ed infrastrutture);
- dettagliati **syllabus** per il modulo generale e per ciascun metodo di prova;
- **valutazione dell'esame pratico dei livelli 1 e 2** - Guida alla ponderazione percentile;
- **valutazione della procedura PND di Livello 3** - Guida alla ponderazione percentile.



4. Periodo transitorio

La UNI 11931 prevede al punto 9 un "periodo transitorio". Entro 1 anno dalla pubblicazione della norma (18 gennaio 2024), i certificati emessi da organismi di certificazione accreditati UNI CEI EN ISO/IEC 17024 possono essere riconosciuti e volturati nel corrispondente metodo PND di cui al prospetto 11.

Prospetto 11 - Corrispondenza di metodo PND

Metodo PND	Sigla	Emesso in conformità a	Corrispondenza metodo PND ai sensi della UNI 11931	Sigla
prelievo di campioni e prove chimiche in sito	CH	UNI/PdR 56	prelievo di campioni e prove chimiche e fisiche in sito	CH
prove di estrazione, pull out/pull off	ES	UNI/PdR 56	prove di estrazione "pull out" e di aderenza "pull off"	ES
georadar	GR	UNI/PdR 56	georadar	GR
prova magnetometrica	MG	UNI/PdR 56	prova magnetometrica	MG
prove con martinetti piatti	MP	UNI/PdR 56	prova con martinetti piatti, a compressione diagonale e taglio	MP
monitoraggio strutturale	MO	UNI/PdR 56	misure in campo statico	MS
misura delle deformazioni e tensioni	DT	UNI/PdR 56	misure in campo statico	MS
prove dinamiche	DN	UNI/PdR 56	misura delle vibrazioni	MV
prove di carico	PC	UNI/PdR 56	prova di carico	PC
prova di penetrazione, su calcestruzzo/malta/legno	PE	UNI/PdR 56	prova di penetrazione	PE
prova del potenziale di corrosione delle armature	PZ	UNI/PdR 56	misura del potenziale di corrosione delle armature	PZ
prova sclerometrica	SC	UNI/PdR 56	prova sclerometrica	SC
prova sonora	SO	UNI/PdR 56	prova sonora	SO
termografia ad infrarossi in ambito civile	TT _{Civ}	UNI/PdR 56	termografia ad infrarossi	TT _{Civ}
termografia a infrarossi	TT	UNI EN ISO 9712	termografia a infrarossi	TT _{Civ}
prova ultrasonora	UT	UNI/PdR 56	prova ultrasonica	UT _{Civ}
esame visivo ed ispezione delle opere civili ed infrastrutture	VT	UNI/PdR 56	visivo	VT _{Civ}

I corsi di formazione/addestramento e le sessioni d'esame per la "Certificazione del personale tecnico addetto all'esecuzione delle prove non distruttive nel campo dell'ingegneria civile e dei beni culturali ed architettonici", da ora in poi, dovranno essere svolte nel rispetto della nuova UNI 11931.

I vantaggi di un sistema di certificazione “armonizzato”

I vantaggi di un sistema "armonizzato", come quello introdotto dalla UNI/PdR 56:2019 ed ora dalla UNI 11931:2024, sono numerosi e possono essere riassunti nei seguenti punti principali:

- le competenze vengono verificate sulla base di evidenze oggettive;
- la certificazione di terza parte garantisce indipendenza, imparzialità e trasparenza.

Anche i benefici di un sistema di certificazione del personale sono palesi e consistono, principalmente, nel:

- mettere a disposizione del mercato operatori qualificati, in grado di operare professionalmente secondo norme tecniche nazionali ed internazionali riconosciute;
- spingere il tecnico alla continua actualización delle competenze;
- contribuire ad elevare gli standard di qualità di tutta la filiera di processo;
- fornire evidenza oggettiva della corretta gestione aziendale del personale e dei processi di controllo;
- attribuire credenziale tecnica oggettiva delle capacità del personale, requisito cogente ai sensi delle direttive comunitarie europee;
- fornire un presidio legale a tutela della responsabilità dei/delle laboratori/società che eseguono prove e controlli.

Tale sistema “armonizzato” consentirà di avere contezza ed aggiornamento continuo delle certificazioni nella banca dati di ACCREDIA.

Nel vivo ricordo del grande Prof. Ing. Giovanni Menditto, vero ispiratore di quella che è stata una delle più importanti evoluzioni culturali nell’ambito dell’ingegneria civile, a tutela del controllo e della conservazione delle costruzioni ed infrastrutture esistenti.

Assessment della sicurezza delle gallerie

Claudio Brillante

Direttore Tecnico GTC Geodesia Topografia Collaudi srl

Sommario

Si redige questo articolo per condividere l'esperienza maturata nel corso di numerosi assessment della sicurezza di gallerie a cui abbiamo partecipato negli ultimi 4 anni.

Questo articolo descrive la tecnologia utilizzata per acquisire lo stato dei luoghi ante ingresso degli ispettori nel fornice; vengono condivisi pure alcuni concetti metrologici utili per una consapevole gestione e fruizione dei dati forniti dallo strumento.

In prossimi articoli, pubblicati ugualmente sul MASTER Magazine, saranno descritte le attività ispettive e la redazione dei report riepilogativi.

Introduzione

L'attività manutentiva di una galleria deve essere minimizzata per mantenere fruibile l'infrastruttura in cui ricade e, per questo, i tempi per individuare i difetti e gli ammaloramenti, per la progettazione e i tracciamenti dei presidi per la messa in sicurezza devono essere ristretti.

Lo strumento idealizzato e realizzato specificamente per minimizzare i tempi di mappatura dello stato di conservazione del rivestimento della galleria è il sistema Tunnel Scanner System (TSS) utilizzato e reso disponibile da SINA S.p.A. (gruppo ASTM) per la gestione informatizzata dei tunnel stradali/ferroviari (<https://www.sina.it/asset-management/sviluppo-software-applicativi/tuview-tunnel-inspector-e-tunnel-info/>).

L'utilizzo di questa tecnologia consente di abbattere i tempi di mappatura dei difetti e di tracciamento dei presidi di sicurezza fino al 70% (!).

Il TSS congela lo stato di consistenza dell'opera d'arte all'attualità del rilievo ed è un formidabile strumento di indagine e di archiviazione dello stato geometrico e conservativo del fornice a quel momento. Ripetuto nel tempo, consente un efficace monitoraggio delle evoluzioni deformative (convergenze, profili di transito, lesioni ecc.), e degli ammaloramenti oltre che la verifica dello stato di conservazione dei presidi di sicurezza in sito, degli impianti di aerazione, elettrici e smaltimento delle acque oltre che della segnaletica orizzontale e verticale e l'integrità del piano di rotolamento degli automezzi ecc.

1. Descrizione del TSS

Presente sul mercato da alcuni anni, il TSS è stato di recente ammodernato ed è ancora un innovativo, accurato e preciso strumento di rilievo ad alto rendimento (laser scanner).

La mappatura dei difetti e/o degli ammaloramenti della volta, dei marciapiedi e della carreggiata di una galleria è realizzata attraverso l'acquisizione di dati provenienti da diversi sensori opportunamente assemblati e sincronizzati:

- un laser scanner ad alta accuratezza e precisione (< 1mm) consente l'acquisizione geometrica della sezione trasversale ad alta risoluzione
- un certo numero di pirometri assieme ad ogni punto acquisito dallo scanner la temperatura
- più sensori video-fotografici ad alta risoluzione collegano ai punti acquisiti la corrispondente immagine presa a cavallo della sezione trasversale rilevata e per una larghezza funzione del raggio di curvatura della volta del tunnel
- un odometro per misurare e registrarne l'avanzamento longitudinale all'interno del fornice completa la sensoristica dello strumento

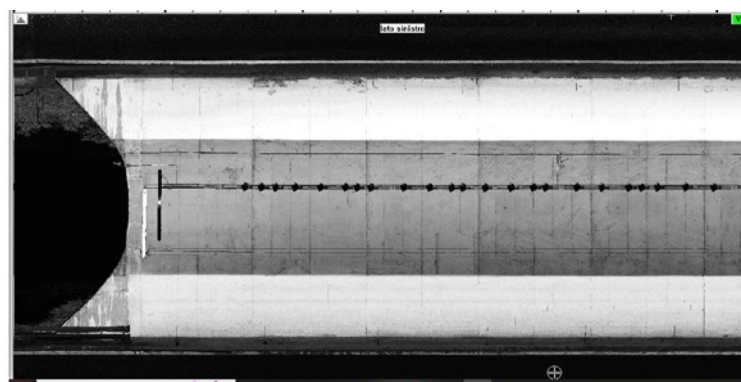


Sinteticamente, i dati acquisiti, appositamente elaborati attraverso i software TuView, Tunnel-Inspector e Tunnel-Info, sono riepilogati ed esposti attraverso immagini ad alta risoluzione, geometricamente interrogabili, in cui la sezione trasversale del fornice è tagliata pressappoco sull'asse della carreggiata e poi aperta in un piano 2D: così come appresso rappresentato.

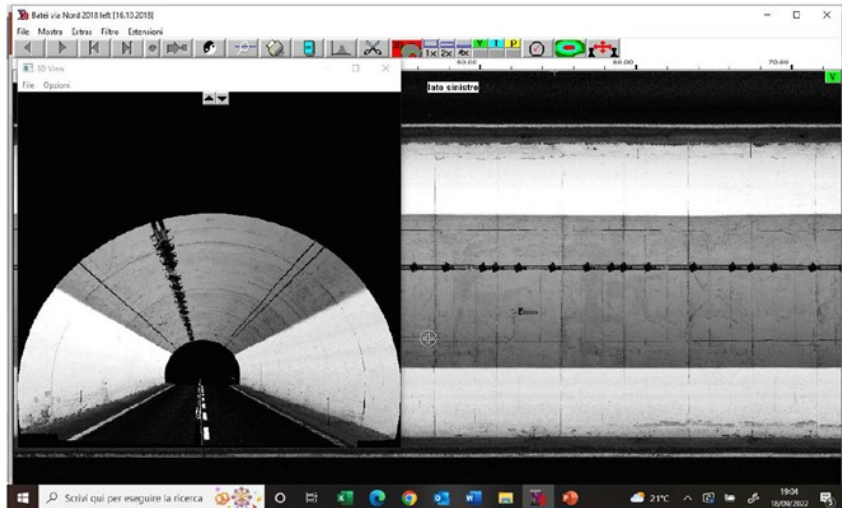
Corsia di sorpasso
 Marciapiede sinistro
 Piedritto sinistro

 Calotta

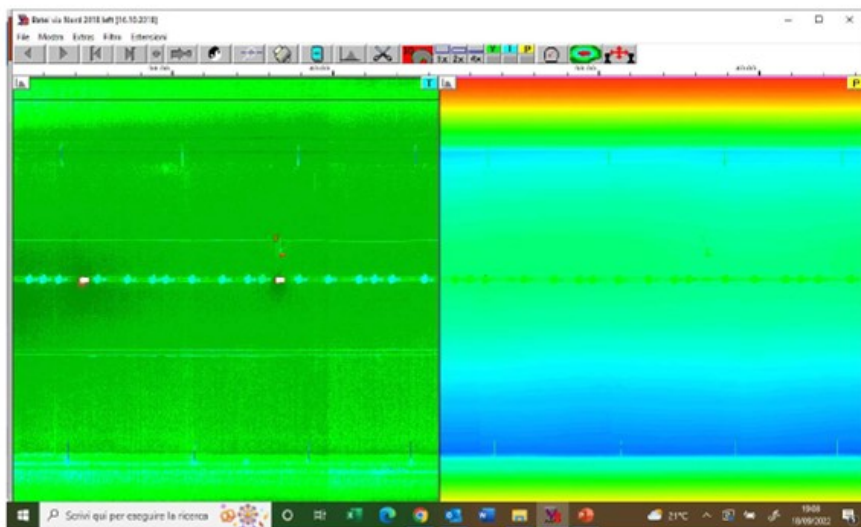
 Piedritto destro
 Marciapiede destro
 Corsia marcia normale



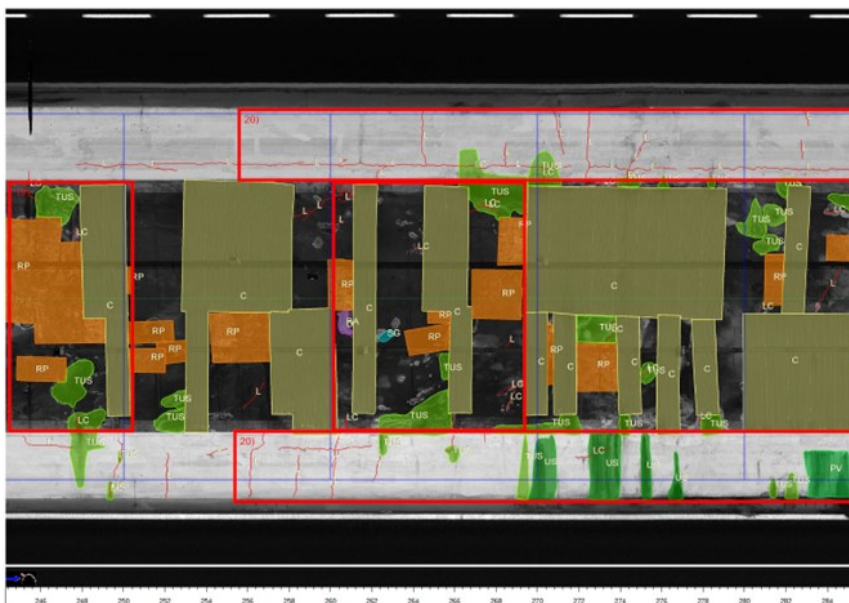
I dati sono pure gestibili in visione contemporanea tridimensionale 3D (scansione laser scanner) e 2D (fotografica).



Della stessa porzione di fornace è resa disponibile la mappatura delle temperature capace di fare emergere le porzioni di rivestimento umide e/o comunque non omogenee; le deformazioni geometriche complessive del rivestimento sono evidenziabili attraverso pseudo-colori.



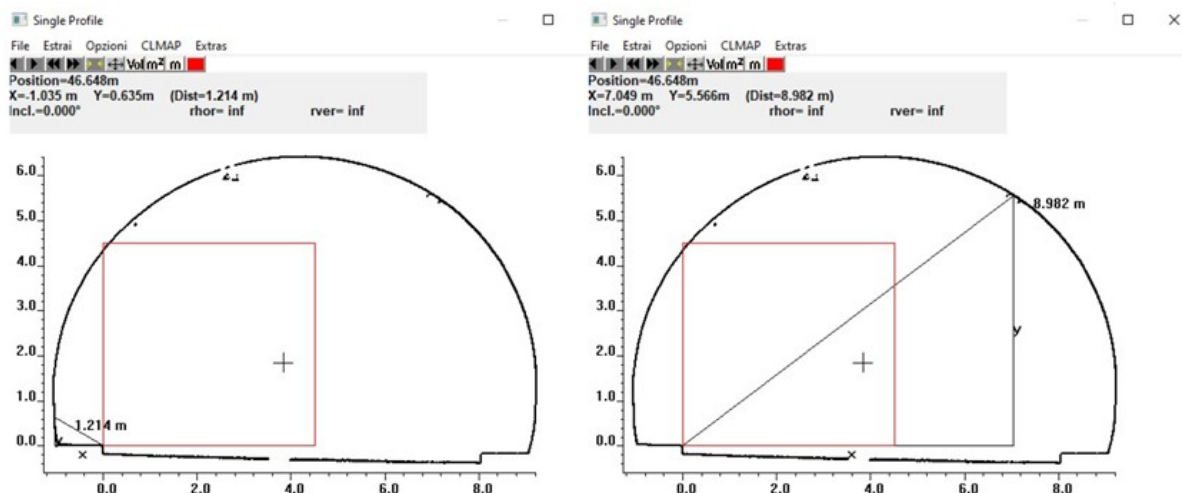
Ulteriori elaborazioni consentono il censimento semi-automatico dei difetti, degli ammaloramenti e dei presidi di sicurezza già installati.



È possibile zoomare e/o estrarre immagini ad alta definizione di singole aree e/o intere porzioni di tratta di rivestimento e/o della carreggiata per esaminarle in dettaglio così come se si fosse nel fornice e *a contatto* con il rivestimento ma senza parzializzare o chiudere al traffico la galleria (!).

La disponibilità di dati geometrici accurati e precisi consente di estrarre profili longitudinali alle quote desiderate (piedritti e/o reni e/o calotta e/o della carreggiata), singoli e/o multipli, finalizzati a individuare la progressiva a cui estrarre specifiche sezioni per confrontarle sia con quelle di progetto (per la verifica delle convergenze) sia con quella della sagoma di transito (gabarit); le sezioni possono essere estratte anche a un passo costante desiderato. La qualità geometrica dei dati acquisiti dal TSS è molto alta e congruente con la necessità dello scopo. I profili longitudinali ottenuti in corrispondenza di qualsiasi punto della sezione della galleria sono estremamente precisi (< 1cm) e perfettamente utilizzabili per individuare le criticità di gabarit e/o di convergenza all'interno del fornice; parimenti, anche le sezioni trasversali ottenute in corrispondenza di una qualsiasi progressiva longitudinale della galleria sono molto precise (< 1 cm). I dati geometrici forniti dal TSS possono essere impiegati senza ombra di dubbio per la progettazione e tracciamento degli interventi manutentivi.

A titolo di esempio segue un sintetico esempio della rappresentazione per sezioni di una porzione di rivestimento della galleria.



I dati geometrici relativi ai difetti, ammaloramenti, presidi di sicurezza in opera e quant'altro mappato sono statisticamente gestiti e riepilogati così come prescritto dalle linee guida ministeriali.

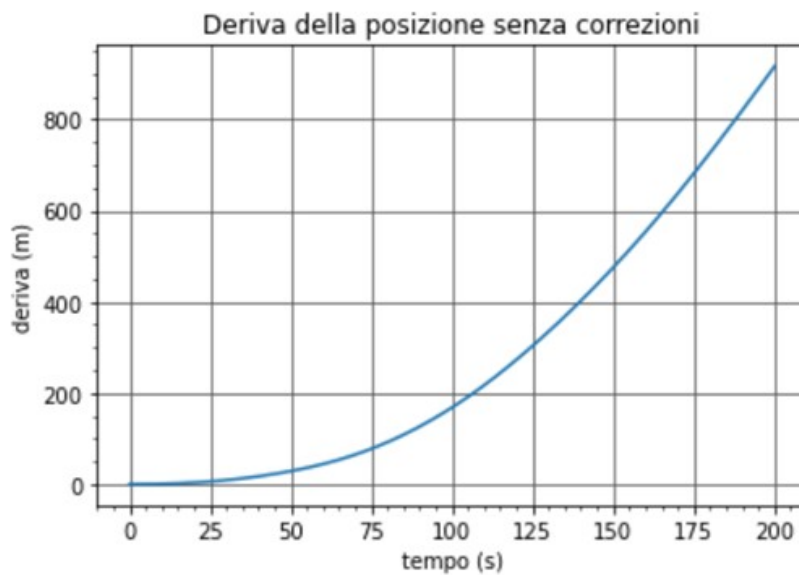
2. Rilievo con il TSS

Il TSS non prevede l'acquisizione e, quindi, non consente la ricostruzione del tracciato plan-altimetrico del tunnel perché non serve per gli scopi di gestione, censimento, tracciamento e monitoraggio di un fornice già realizzato ed in esercizio (!). Quest'affermazione potrebbe apparire ad alcuni irrazionale e addirittura topograficamente scandalosa ma, come di eseguito esposto, è proprio in questa "mancanza" la chiave del notevole risparmio di tempo e quindi economico nell'attività ispettiva e manutentiva di una galleria.

Il TSS non dispone di sistemi di posizionamento (GNSS, IMU ecc.) ma il dato di avanzamento progressivo longitudinale all'interno della galleria, come accennato, è acquisito da un odometro. Per la mancanza di un sensore capace di rilevare l'andamento dell'asse planimetrico e altimetrico del fornice, anche le tratte in curva planimetriche (parabole cubiche, clotoidi e/o circolari) sono rappresentate come fossero in rettilineo; quelle in pendenza e/o in raccordo altimetrico verticale come fossero in piano.

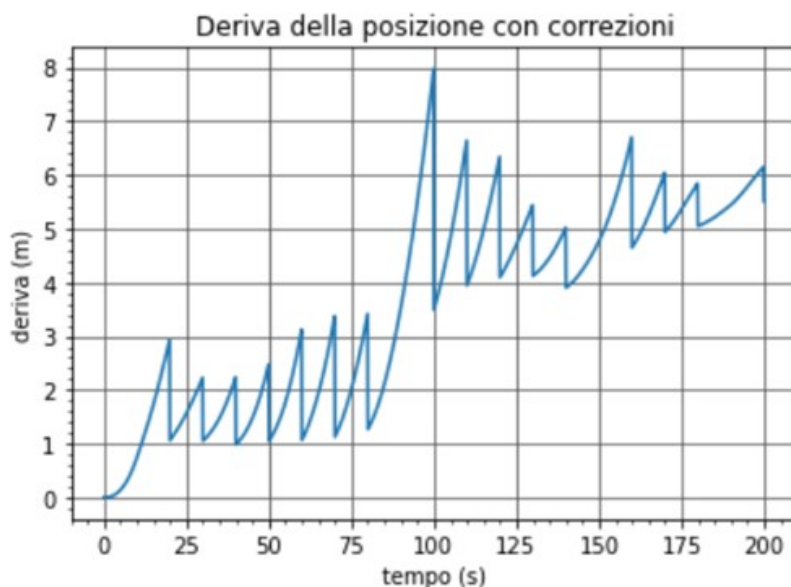
La presenza di un ricevitore GNSS non avrebbe avuta alcuna utilità perché, è noto, l'ammasso avrebbe schermato la ricezione dei segnali satellitari. Neanche la disponibilità di una o più piattaforme inerziali (IMU) avrebbe potuto restituire il reale andamento plano-altimetrico per gli errori che le caratterizzano; errori dovuti alla velocità di avanzamento, di assetto, di tempo e di temperatura e anche di sincronizzazione tra la medesima piattaforma IMU e i vari sensori collegati. Si ricorda, infatti, che una piattaforma inerziale, dopo una manciata di secondi dall'accensione, deriva anche se è ferma (!).

Seguono i grafici riepilogativi dell'errore di posizione di una piattaforma inerziale IMU in funzione del tempo estratti dalla tesi di laurea presentata da Lorenzo Bechelli nell'anno accademico 2020/2021, Relatore: Prof. Marco Prevedelli dal titolo "Implementazione di un sistema di navigazione inerziale basato su sensori MEMS" - Scuola di Scienze Dipartimento



Il grafico mostra che dopo una decina di secondi dall'accensione la deriva è già di oltre 10 metri.

Con l'aggiunta di una seconda piattaforma IMU, attivata con un certo scarto temporale rispetto alla prima (ha lo scopo solo di "capire" se la prima è ferma o in movimento), il posizionamento migliora notevolmente.



Il grafico mostra che dopo una decina di secondi, se si ha disponibile una seconda piattaforma IMU, la deriva è di circa 1 m.

Segue la tabella del calcolo di quanti secondi occorrono per percorrere una galleria di 250, 500 e 1000 metri alle velocità di 3, 4, 5 e 10 Km/h.

velocita in Km/h	m percorsi in 1 minuto	m percorsi in 1 secondo	tempo per percorrere 250 m (in secondi)	tempo per percorrere 500 m (in secondi)	tempo per percorrere 1000 m (in secondi)
3	50.00	0.83	300	600	1200
4	66.67	1.11	225	450	900
5	83.33	1.39	180	360	720
10	166.67	2.78	90	180	360

Per mitigare a pochi 2, 3 cm la deriva di posizione di un sistema di posizionamento e orientamento basato su piattaforma IMU è necessario predisporre punti di rettifica (definiti con operazioni topografiche dirette(!)) a non più di 5 secondi di avanzamento del mezzo; quindi occorrerebbe predisporre punti di riferimento ogni 5 m se il mezzo si muovesse a 4 Km/h fino a un punto ogni 15 m circa se si muovesse a 10 Km/h così come meglio specificato nella tabella seguente.

velocita in Km/h	m percorsi in 1 minuto	m percorsi in 1 secondo	m percorsi in 10 second1
3	50.00	0.83	8.33
4	66.67	1.11	11.11
5	83.33	1.39	13.89
10	166.67	2.78	27.78

Ma per definire punti di riferimento o controllo per mitigare gli errori di posizionamento della piattaforma inerziale occorrono tempi lunghi di chiusura della galleria e costi notevoli per l'attività topografica perché occorre realizzare reti d'inquadramento e/o di raffittimento di avvicinamento alla galleria e poi rilievi di dettaglio di precisione non compatibili con quelli dell'assessment e la successiva messa in sicurezza dei fornici.

In definitiva, seppure venisse o fosse stato integrato il TSS con una piattaforma inerziale (IMU), l'andamento plano altimetrico derivato non avrebbe avuto ugualmente la qualità as built necessaria per le finalità di ottimizzazione del tracciato plano-altimetrico. Per la necessità di ottimizzazione del tracciato, è noto, occorrono rilevamenti in modalità statica e non cinematica.

Il percorso plano-altimetrico in sotterraneo, acquisito con sistema *mobile* assistito dalla sola piattaforma inerziale, diventerebbe addirittura forviante rispetto ad un uso di ottimizzazione del tracciato, principalmente nel caso di tunnel ferroviari.

La mancanza del reale andamento plano-altimetrico del fornice non ha alcun effetto sulla capacità descrittiva (geometrica e qualitativa) e di censimento dei difetti e degli ammaloramenti e, quindi, conseguentemente, neanche per la definizione progettuale della posizione dei presidi di sicurezza. Da considerare in ultimo che la buona pratica della

progettazione prevede di estendere i presidi di sicurezza o le correzioni di tracciato oltre il perimetro dell'effettiva porzione ammalorata o difettosa.

Per quanto al tracciamento, la localizzazione longitudinale del presidio da installare, che sia esso di modesta superficie (una singola rete protettiva) o interessante tutto il concio o più conci, è possibile utilizzando un semplice odometro (*bicicletta*) mentre trasversalmente è sufficiente una fettuccia metrica (se proprio si vuole utilizzarla) oppure, riconoscendo il luogo dove il progettista ha previsto il presidio di sicurezza sulla sezione trasversale, semplicemente "a vista".

Per quanto più sopra indicato, il posizionamento longitudinale dei punti dei profili e delle sezioni trasversali seppure avesse una precisione di livello metrico non compromettere la possibilità di elaborare progetti o interventi all'interno della galleria.

3. Conclusioni

In definitiva, nella considerazione che generalmente le necessità di progettazione, manutentive e di gestione di un fornice esistente non arrivano fino alle esigenze di ottimizzare il tracciato plano-altimetrico, il TSS non ne consente la ricostruzione. Le necessità as built geometriche effettivamente necessarie ai fini della progettazione ed esecuzione della manutenzione e della sicurezza del fornice sono riconducibili alla gestione delle convergenze, alla verifica dei profili di transito e al censimento degli ammaloramenti e dei difetti: il TSS è finalizzato per queste necessità ed è strumento di valido supporto.

Nel caso fosse necessaria una significativa rettifica del tracciato possono essere messe in essere ugualmente le attività di rilievo topografico statico specifiche per questa finalità.

Il censimento e la mappatura dei difetti ottenuti con il TSS sono congruenti con le ispezioni periodiche di legge e le rende più agevoli e speditive. L'elevata produttività del sistema (fino a 10 Km di mappatura oraria) minimizza l'interferenza con la gestione del traffico quindi con i fruitori l'infrastruttura perché non richiede la chiusura o la parzializzazione della galleria ma solo il modesto rallentamento da "cantiere mobile".

La galleria Segesta sull'autostrada A29 Palermo-Trapani. Indagini diagnostiche, interventi di riparazione, monitoraggio statico e dinamico

Elio Lo Giudice*, Giuseppe Navarra*, Giuseppe Castellano*, Carol Li Calzi*, Giuseppe Mugnos**

(*) Laboratorio Autorizzato DISMAT s.r.l (info.dismat@gmail.com)

(**) Studio Lo Giudice & Mugnos

Premessa

La Galleria Segesta in esercizio sull'Autostrada A29 Trapani-Palermo in corrispondenza della diramazione "Alcamo-Trapani", è stata recentemente oggetto di un intervento di adeguamento. Nel seguito si esamineranno le attività di: ispezione, di indagini e prove, si riferirà sugli interventi di riparazione locale e si illustrerà sistema di monitoraggio statico e dinamico.

1. Approccio metodologico

Lo studio degli interventi strutturali di riparazione locale trova collocazione nell'ambito del perimetro normativo cogente riguardante il contesto delle Costruzioni Esistenti così come definito dal Cap. 8 delle NTC 2018 e dalle indicazioni contenute nella Circolare Attuativa, in questi casi, lo studio della valutazione preliminare della sicurezza, potrà essere limitato alle sole parti interessate dall'intervento e a quelle con esse interagenti, inoltre esso non può prescindere dalla conoscenza del manufatto finalizzata alla definizione del Modello di Riferimento per le Analisi. Tale percorso logico conoscitivo dovrà prevedere: l'analisi storico critica su base documentale, il rilievo mediante tecniche di tipo non distruttivo della geometria del rivestimento, la caratterizzazione dei materiali e la valutazione dello stato di degrado; il flow chart restituisce le fasi del processo:

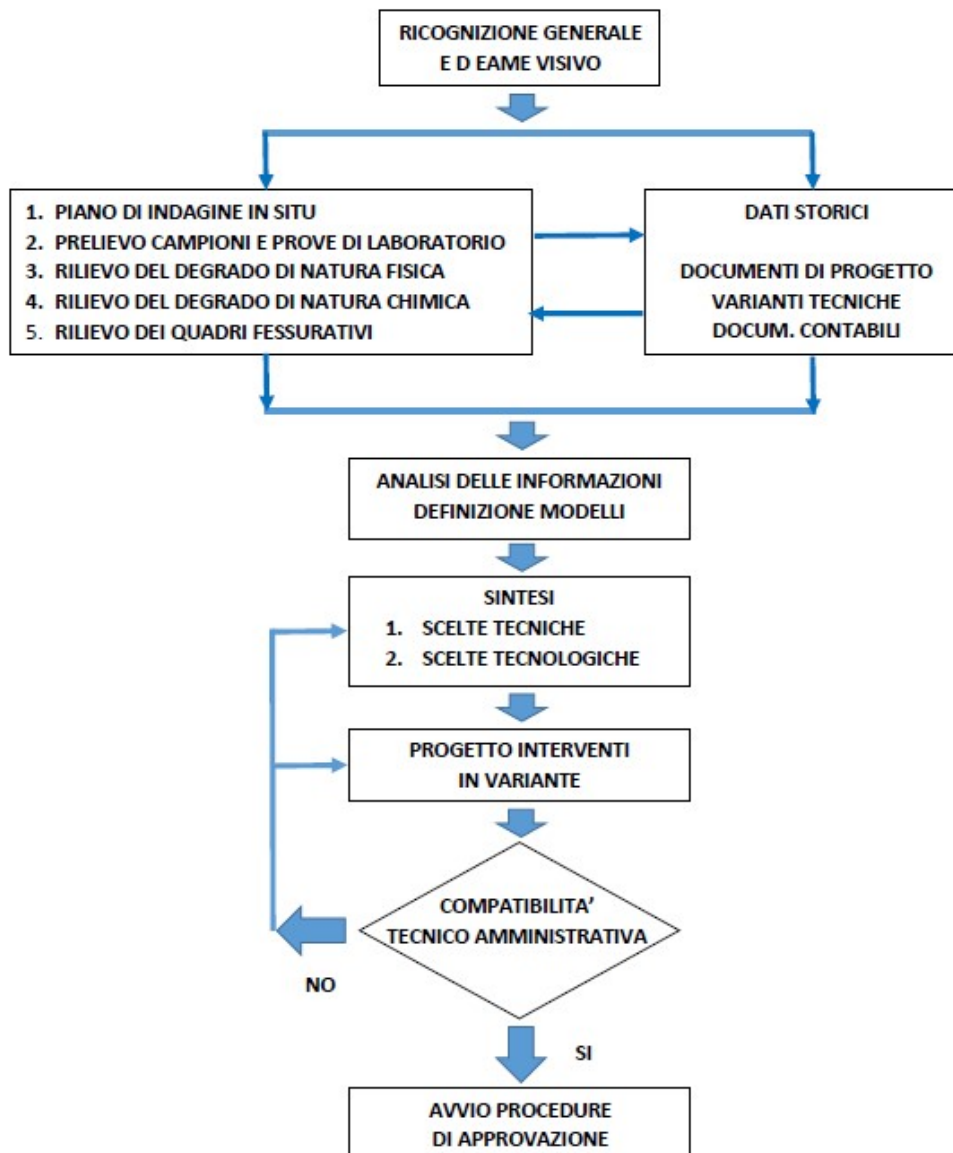


Figura 1 - Flow Chart del Processo Decisionale

La stazione appaltante ha ritenuto che si dovesse raggiungere, vista l'importanza dell'opera, un livello di conoscenza massimo LC3, da perseguire attraverso:

1. una ricognizione della documentazione tecnica in possesso;
2. un esame visivo approfondito;
3. una campagna di indagini non distruttive per la definizione della reale geometria delle sezioni del rivestimento;
4. un piano di prove per la caratterizzazione meccanica dei materiali;
5. un piano di prove atte a segnalare eventuali processi di degrado.

Non si tratta tuttavia di una mera raccolta di informazioni ma piuttosto della statuizione di una connessione tra di esse, che, sia pure rispettando i limiti inferiori dei parametri quantitativi, privilegi gli aspetti qualitativi.

2. Descrizione dell'opera ed esame documentale

I disegni del progetto originario mostrano una suddivisione strutturale della galleria in tre diverse porzioni: due porzioni di estremità costituite da tronchi di galleria artificiale e un blocco centrale rappresentato dalla galleria naturale.

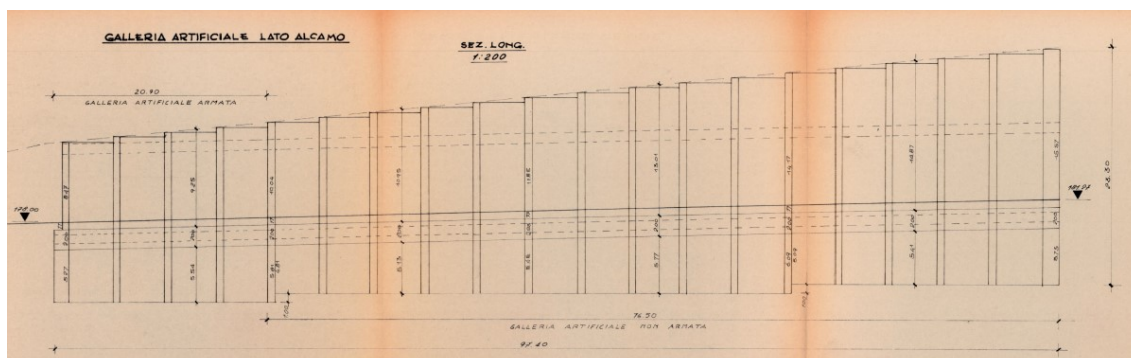


Figura 2 - Galleria Artificiale lato Alcamo

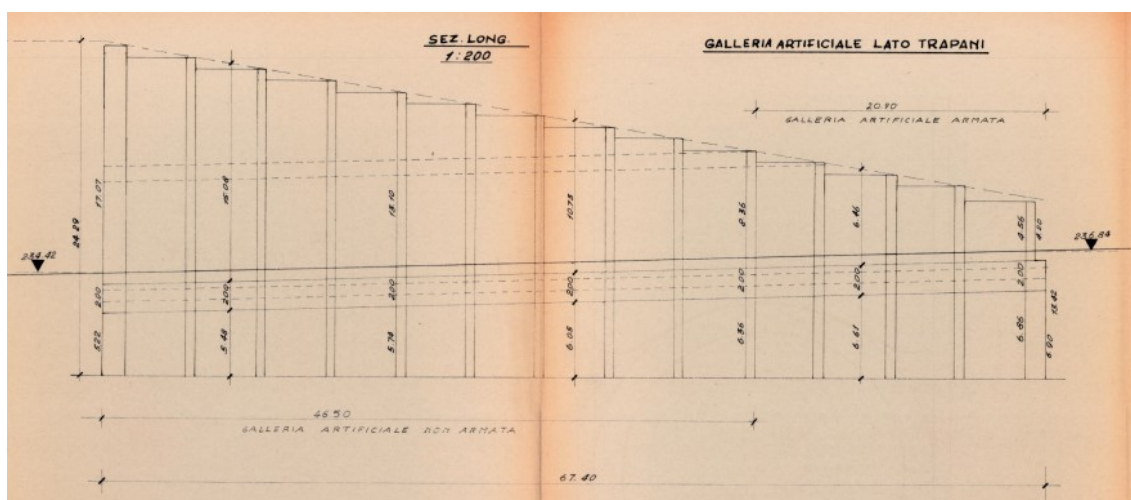


Figura 3 - Galleria Artificiale lato Trapani

Le porzioni di Galleria Artificiale presentano un primo tratto con struttura in c.a. ordinario mentre la parte rimanente è in calcestruzzo non armato, si tratta di una disposizione costruttiva che risulterà determinante ai fini diagnostici come verrà mostrato in seguito. Ogni canna si trova confinata tra due setti in calcestruzzo armato dello spessore di 60 cm che presentano una fondazione che funge da appoggio per l'arco rovescio con il compito di trasferire i carichi al terreno per via indiretta mediante diaframmi in c.a. ordinario dello spessore di 60 cm aventi profondità variabile. Lo spessore della calotta pari a 100 cm,

risulta costante per entrambe le gallerie. L'arco rovescio invece presenta uno spessore di 70 cm e come è stato osservato esso poggia sulle estremità sulla fondazione delle pareti in c.a. poste a protezione della canna e parte sul terreno, si viene così a configurare un complesso problema di interazione terreno struttura di difficile valutazione.

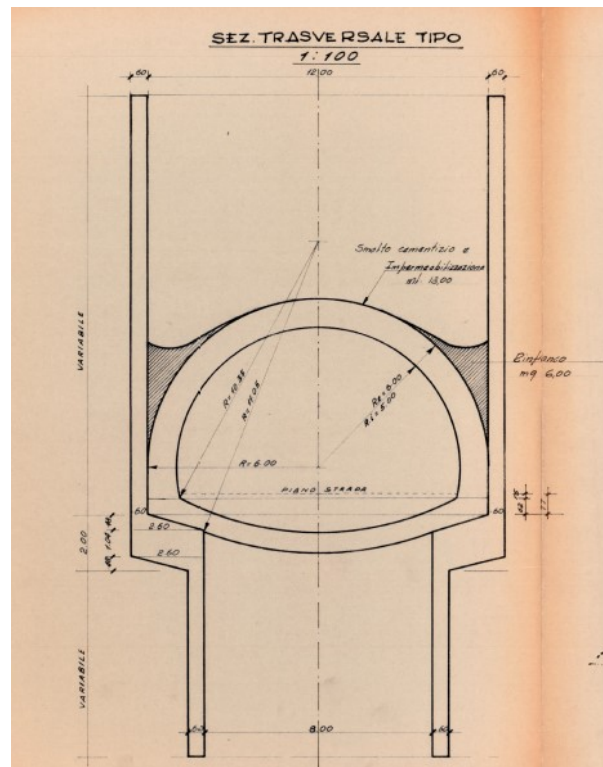


Figura 4 - Geometria della Galleria Artificiale (dai disegni contabili)

La Galleria Naturale si presenta secondo lo schema costruttivo classico con un prerivestimento dello spessore di 30 cm realizzato con calcestruzzo proiettato su un'armatura di tipo tralicciato dotata con rete elettrosaldata ancorato all'ammasso ancorato mediante 8 tiranti lunghi 3500 mm; un rivestimento, a profilo circolare, in calcestruzzo non armato di spessore costante pari a 75 cm che si innesta all'arco rovescio dello spessore costante pari a 125 cm realizzato in c.a. ordinario. Sono previste tre sezioni tipo identificate con le lettere A, B e C, che si differenziano per il diametro delle armature.

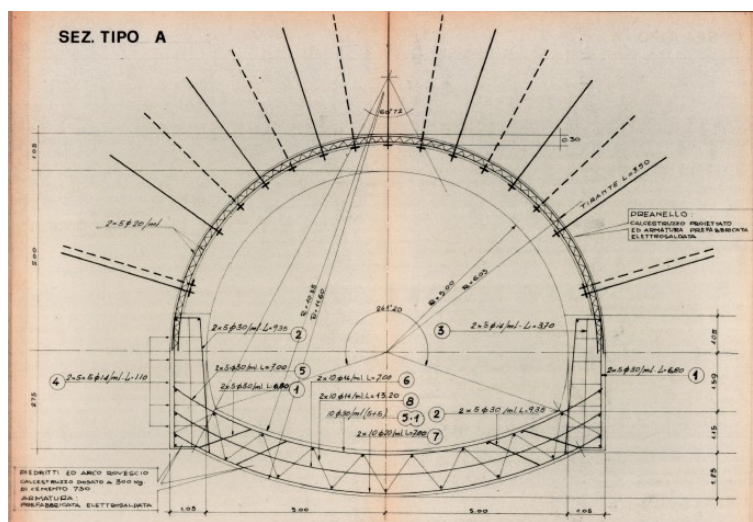


Figura 5 - Geometria della sezione tipo A (dai disegni di progetto)

È interessante osservare che dal disegno originale è possibile ricavare delle informazioni circa la qualità del calcestruzzo, in particolare, secondo una consuetudine dell'epoca veniva fornito il tipo di cemento ed il dosaggio dello stesso al m³ di calcestruzzo, nel caso in studio era stato previsto un cemento 7301 dosato a 300 kg.

3. Esame visivo

L'esame visivo, condotto da ispettori di Livello 2 e 3, ha restituito uno stato di degrado diffuso ma di limitata rilevanza nei tratti iniziali della canna, corrispondenti all'incirca con le porzioni artificiali della galleria, mentre rimangono contenute le aree interessate dal fenomeno lungo lo sviluppo interno della Galleria; esso si manifesta con macchie, infiltrazioni ed efflorescenze saline, sono altresì presenti fessure della porzione corticale non riconducibili a fenomeni di dissesto, inoltre è risultato più marcato nel tratto di imbocco che, a differenza del resto della canna, è realizzato in c.a. ed in corrispondenza dei piedritti anch'essi in c.a. Si è osservata anche una discontinuità nella convergenza della sagoma, probabilmente dovuta alla vetustà dei casseri utilizzati nella costruzione del rivestimento definitivo. Longitudinalmente la tecnologia esecutiva dell'opera prevedeva conci di rivestimento definitivo della lunghezza di 12 metri, tale circostanza oltre che rilevabile dall'esame visivo è stata confermata dalle indagini mediante Georadar. La parte rimanente del rivestimento della galleria, circa 1500 metri, non mostra segni di degrado rilevanti.

¹ Tale tipo di cemento introdotto con la Circ LL.PP 4 maggio 1961 n. 1042, poteva consentire con il dosaggio indicato anche resistenze caratteristiche di 25/30 Mpa. Ovviamente si tratta di una valutazione di larga massima in quanto, come è noto, la Rck di un calcestruzzo dipende da una molteplicità di variabili.



Figura 6 - Imbocco - Macchie ed infiltrazioni

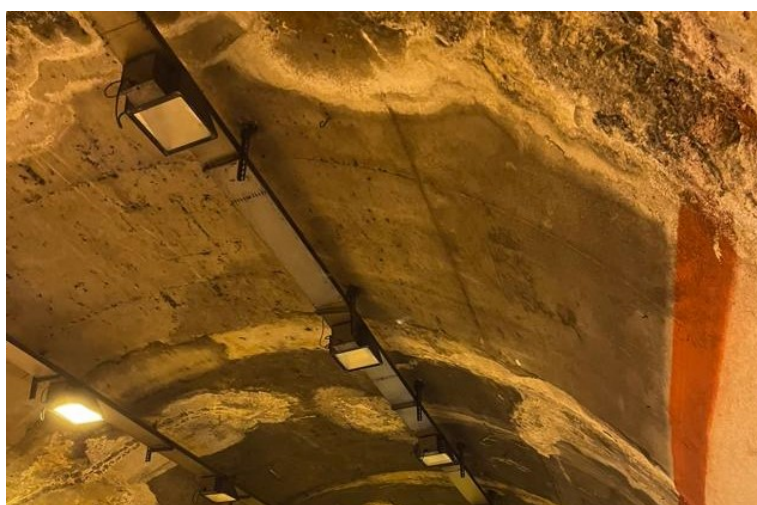


Figura 7 - Infiltrazioni, efflorescenze saline

A fianco di questi fenomeni di degrado è stata rilevata la presenza di difformità costruttive sullo spessore della calotta quale immediatamente rilevabile dai fori lasciati aperti dai carotaggi e alla presenza di sfondellamenti della calotta del rivestimento. Lo spessore della calotta in queste porzioni varia dai 5 cm a 10 cm circa.

Si è rilevata, su entrambi gli imbocchi, una lesione in corrispondenza della sommità della calotta che corre per circa 60 metri, corrispondenti alle porzioni di Galleria artificiale.



Figura 8 - Spessore del rivestimento 5/7 cm



Figura 9 - Fessura rivestimento galleria

4. Indagini e prove

Tenuto conto delle modalità costruttive della galleria che, come visto, prevede l'impiego sia di strutture in calcestruzzo non armato sia in calcestruzzo armato, e della raccolta delle rilevazioni derivanti dall'ispezione visiva e delle disposizioni progettuali originali si è attuata una campagna di indagini volta ad accertare con accuratezza le anomalie sopra segnalate, eseguendo:

- a) indagini di tipo diagnostico strutturale per definire il degrado, con esecuzione di prelievo di calcestruzzo mediante carotaggio, sui campioni estratti dovranno essere eseguite prove meccaniche di resistenza a compressione, prove fisiche quali massa volumica e determinazione del modulo elastico dinamico del calcestruzzo, prove chimiche al fine di determinare la presenza di ioni cloruro e ioni solfato e definire il gradiente di concentrazione nello spessore del calcestruzzo della canna;
- a) prelievo di barre d'armatura e successiva esecuzione di prova di trazione;
- b) indagini di tipo non distruttivo mediante tecnica Georadar, validate mediante indagini dirette mediante perforazione ed endoscopia.

5. Analisi del quadro fessurativo

5.1 Definizione del quadro fessurativo

Il quadro fessurativo è limitato alla presenza di una sola fessura presente su entrambe le gallerie artificiali che corre longitudinalmente in corrispondenza della sezione in chiave del rivestimento per circa 60 metri. Per comprendere meglio la natura delle fessure sono state eseguiti due carotaggi (sulla galleria lato Trapani) a cavallo della fessura al fine di stimare di determinarne la profondità e la geometria. In entrambi i casi si è potuto osservare che la sconnessione interessa quasi tutto lo spessore del rivestimento. Si è potuto osservare come la superficie di interfaccia della lesione risulti pulita.



Figura 10 - Prelievo della carota

Si tratta di fessure ad ampiezza variabile con la profondità², la cui presenza, come sarà mostrato, potrebbe essere correlata a sollecitazioni di tipo flessionale certamente presenti. Allo scopo di approfondire l'indagine sulle condizioni di rivestimento, si è ritenuto di integrare il prelievo di carote con l'esecuzione di indagini GPR eseguendo rilevamenti trasversali in sezioni prossime a quelle dei carotaggi.

² Purtroppo, l'inclinazione della superficie della fessura ha impedito di poterne rilevare l'effettiva profondità, le misure di profondità rilevate sulle carote devono essere intese come minimi.

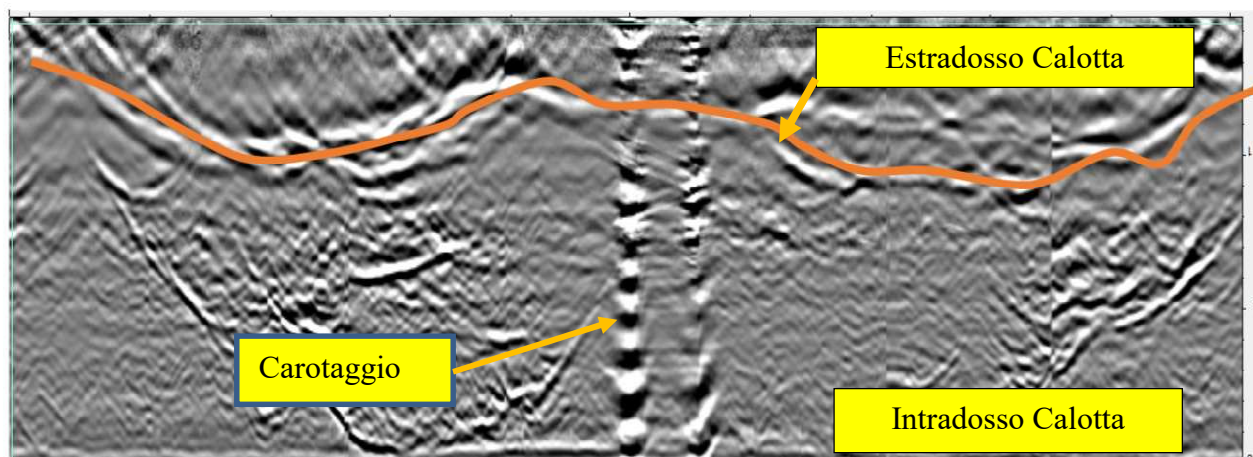


Figura 11 - Scansione trasversale in corrispondenza del Carotaggio

6. Analisi del degrado

Ai fine dello studio del degrado si è limitati alle cause più frequenti di degrado connessi all'azione dei solfati, dei cloruri e dell'anidrite carbonica.

6.1 Sintesi del rilievo del degrado

Le risultanze hanno consentito di trovare congruenza con l'esame visivo, confermando l'assenza di fenomeni di degrado connessi a cause attribuibili alla presenza di solfati e/o cloruri, fatte salve le porzioni limitate di accesso ed uscita. Tuttavia, la presenza degli elementi potenzialmente nocivi, sebbene in concentrazioni limitate, sconsiglia l'impiego di elementi in acciaio a favore di armature in vetroresina intrinsecamente resistenti all'azioni degradanti. In tutti i casi è rilevante osservare il gradiente negativo della concentrazione di elementi potenzialmente nocivi ai fini della durabilità dell'opera, tale circostanza oltre ad avere guidato la fase diagnostica circa la dinamica della contaminazione acquista importanza fondamentale nella valutazione degli interventi di adeguamento e nella scelta degli interventi sostitutivi proposti in variante.

7. Gli interventi proposti

Sono stati previsti interventi di bonifica della porzione di calcestruzzo corticale interessante la superficie interna del rivestimento, ed interventi di riparazione atti a ripristinare lo spessore originario del rivestimento in calotta. Per tali interventi, da realizzarsi in vari spessori a seconda della profondità dell'ammaloramento del calcestruzzo, si sono previsti una prima fase in cui verrà impiegata una fresatrice per rimuovere il calcestruzzo incoerente o contaminato. Nei tratti di galleria artificiale in c.a. si provvederà: alla spazzolatura dei ferri di armatura, alla eventuale integrazione delle armature con la saldatura di monconi e/o con staffe aggiuntive e/o connettori, al ripristino delle superfici in calcestruzzo degradate nell'area delimitata con applicazione di una malta cementizia, premiscelata, tixotropica, fibrorinforzata, ad espansione contrastata conforme ai requisiti

prestazionali R4, definiti dalla EN 1504-3. Per l'intervento di ricostruzione degli spessori della Calotta si farà ricorso all'impiego di una speciale malta iniettabile in grado di garantire un limitato peso di volume abbinato a stabilità volumetrica e ad elevata resistenza meccanica e basso modulo elastico. Qualora lo spessore del ripristino ecceda i 15 cm, si dovrà procedere alla ricostruzione dello spessore per rotoli successivi dello spessore di 10/15 cm, tale tecnica evita di sovraccaricare il supporto, rendendo attivi sul piano statico i rotoli già realizzati. I vari strati saranno cuciti da connettori costituiti da barre in vetroresina del diametro di 16 mm.



Figura 12 - Particolare connettori

Per quanto riguarda la decisione di impiegare connettori in vetroresina in sostituzione dei classici connettori in acciaio è legata alle condizioni di contaminazione chimica ed è finalizzata a garantire la durabilità dell'intervento e a non incidere negativamente sull'esercizio e sulla vita utile della infrastruttura. Per validare il sistema di connessione è stato predisposto un programma sperimentale preliminare su una coppia di triplete che ha consentito di valutare l'efficacia della connessione.



Figura 13 - Setup di prova

Il comportamento in termini di curva carico-spostamento, identico per entrambi i test, presenta un tratto iniziale in cui interviene l'attrito per contatto seguito da un secondo tratto, caratterizzato da minore rigidità, in cui si palesa il contributo di resistenza a taglio offerto dalle connessioni.

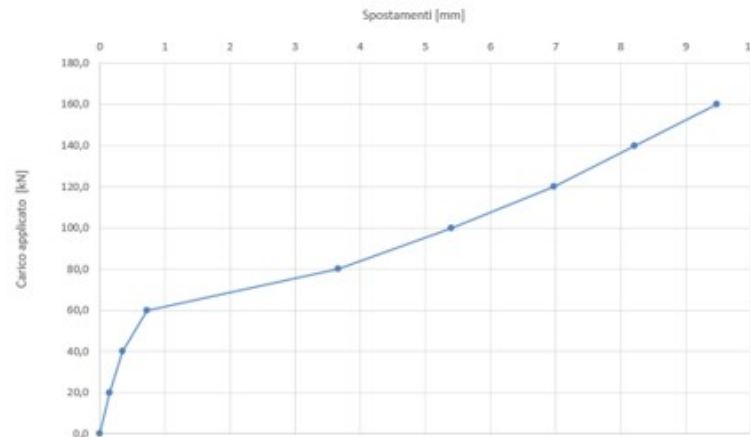


Figura 14 - Diagramma Carico - Spostamenti

Nelle porzioni di rivestimento in cui sono emersi segni di dissesto legati allo sfondellamento è opportuno intervenire con modalità analoghe a quelle impiegate per il ripristino degli spessori strutturali, con l'unica variante legata alla necessità di cassare l'intradosso della calotta. Per la cucitura delle lesioni prevede si prevede l'impiego di armature in vetroresina, previa fresatura e lavaggio delle superfici adiacenti la lesione, la sigillatura, ed infine il completamento con malta cementizia, premiscelata, tixotropica, fibrorinforzata, ad espansione contrastata in aria, marcatura CE conforme ai requisiti prestazionali R4, definiti dalla EN 1504-3.

8. Il monitoraggio statico

Il piano di monitoraggio predisposto prevede:

- Il controllo del mutato regime statico conseguente agli interventi attuati;
- Il controllo delle condizioni di servizio della galleria in esercizio;
- Il controllo della possibile evoluzione delle condizioni statiche dei due tratti di galleria artificiale.

Si tratta di un sistema complesso di cui si restituisce lo schema funzionale:

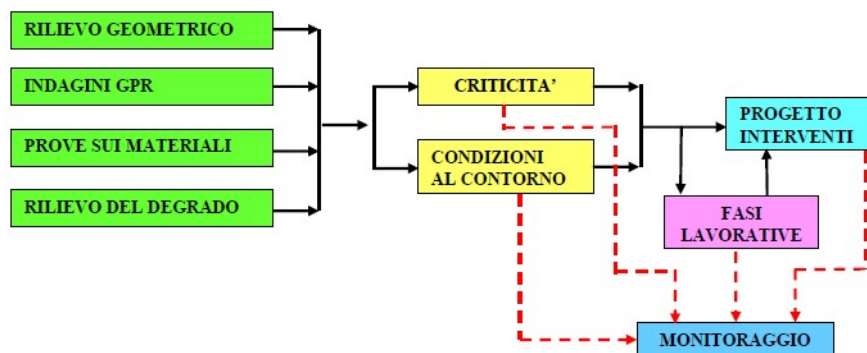


Figura 15 - Schema funzionale del sistema di monitoraggio

Si è previsto di strumentare le sezioni trasversali del rivestimento mediante barrette estensimetriche inglobate e collegate a mezzo di moduli di trasmissione wireless ad una centralina di acquisizione, per un totale di 17 sezioni ognuna delle quali dotata di 3 barrette.

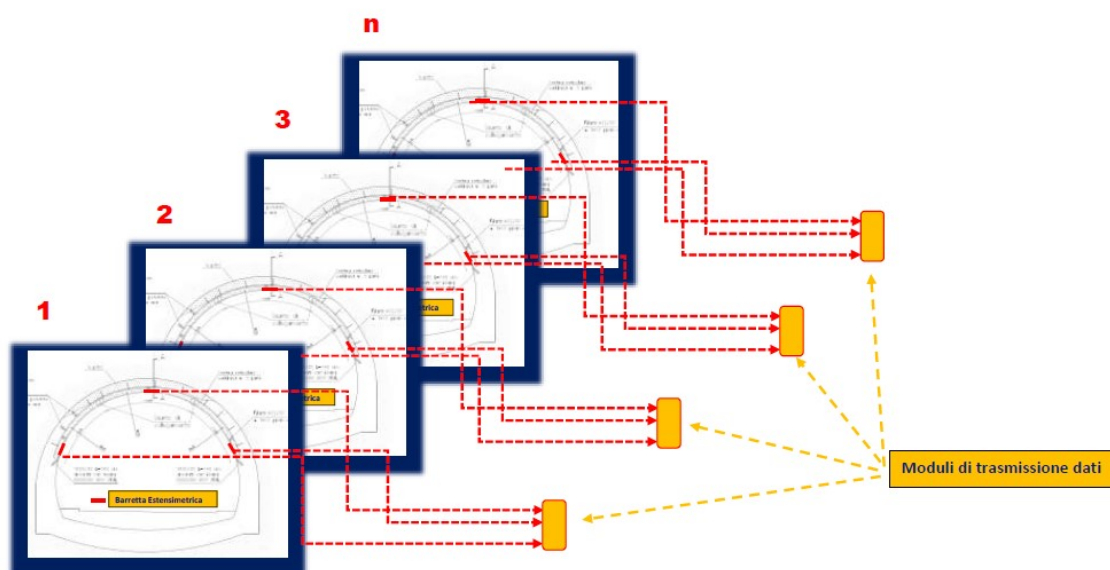


Figura 16 - Schema del sistema di monitoraggio statico

Alla luce delle rilevazioni sperimentali e dall'esame visivo si è ritenuto di integrare il piano di monitoraggio con i seguenti apparati:

- sistema di rilevamento della rotazione sul piano trasversale mediante inclinometri posizionati lungo tutta la canna comprendente i tratti di galleria artificiale;
- integrazione del sistema di celle di pressione per valutare eventuale variazione del regime statico.

9. Monitoraggio dinamico

Il monitoraggio vibrazionale è finalizzato alla determinazione di un livello di trasmissione delle vibrazioni indotte dalle lavorazioni e, sotto opportune limitazioni, deve rappresentare una sentinella per segnalare anomalie soprattutto se si è in presenza di evidenti difetti costruttivi. A ciò si aggiunge la necessità di valutare il livello di disturbo indotto alle strutture dalle vibrazioni prodotte dal traffico veicolare. Il sistema prevede l'installazione di una serie di terne accelerometriche in grado di registrare (superata una soglia di trigger minima di accelerazione prestabilita), la cosiddetta time history delle accelerazioni, necessaria a guidare il processo decisionale che sovrintende la possibilità che si verifichino condizioni tali da provocare danni alle strutture o ai vari presidi ed impianti presenti in galleria, ancorché allertare in tempo reale il personale impegnato nelle lavorazioni in situ mediante appositi sistemi di allarme in caso di "vibrazioni anomale".

Per valutare i livelli di accettabilità rispetto ai quali intervenire si è fatto riferimento alla norma UNI 9916/2004 recante i "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici". La norma in questione oltre a fornire una guida per la scelta delle metodologie appropriate per la misurazione e il trattamento dei dati e la valutazione degli effetti delle vibrazioni sulle costruzioni, fornisce i valori di riferimento per le velocità vibrazione in funzione del tipo di costruzione, durata della vibrazioni etc. Nel caso in esame, trattandosi di galleria con importante sviluppo di traffico, i valori di riferimento possono essere ricavati dalla classe A del prospetto D5: "Costruzioni molto poco sensibili (per esempio ponti, gallerie, fondazioni di macchine)", scegliendo: "esposizione" di tipo frequente, con frequenze da 30 a 60 hz il valore di riferimento per la velocità di vibrazione, quindi attivazione degli allarmi, è previsto a seguito del superamento della soglia di 20 mm/s. Ogni terna è costituita da tre accelerometri Wireless di ultima generazione disposti nelle tre direzioni x,y e z, dotati di un elevato livello di risoluzione dell'ordine di 0.03 mg in grado di saggiare la risposta dinamica della struttura attraverso le azioni ambientali o antropiche. Ciascuna terna accelerometrica, equipaggiata con memoria tampone e sistema autonomo di alimentazione, registra le vibrazioni nell'arco della 24 ore anche in caso di black-out.

Ciascuna terna accelerometrica, attraverso connessione wireless, trasferisce i dati a un modulo di riferimento in grado di indirizzare i pacchetti-dati verso un portale del centro servizi on-line: (<http://report.misure...../dismat/>) che in tempo reale fornisce la time-history dei vari accelerometri fig.2.

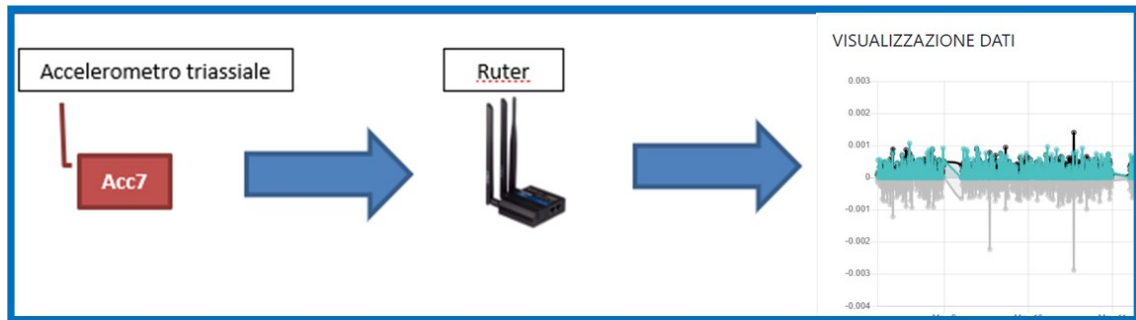


Figura 17 - Schema comunicazione dei report verso l'utenza

In caso superamento della soglia di allarme prevista (20mm/s) da parte di uno solo accelerometro (livello di preallarme), il servizio provvede a notificare l'accaduto attraverso con l'invio di e-mail al personale preposto al controllo del cantiere.

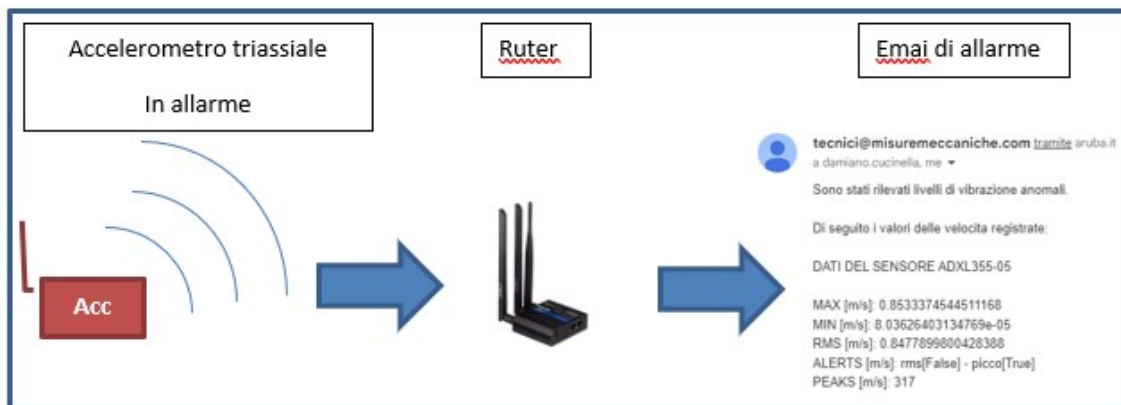


Figura 18 - Schema comunicazione superamento soglia di preallarme

Se il livello di vibrazione anomala viene riscontrato contemporaneamente da due o più sensori accelerometrici, oltre all'invio immediato della segnalazione al personale Preposto, il sistema tramite relè wi-fi, controllato da router, provvede ad attivare nella canna in lavorazione, un allarme con lampeggiante e sirena installata in situ.

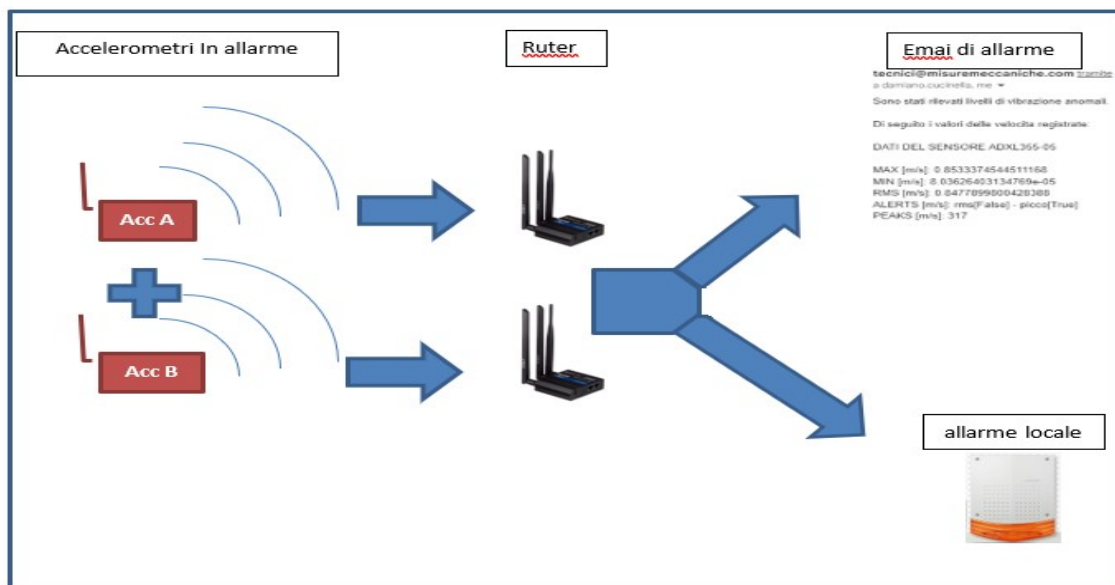


Figura 19 - Schema comunicazione superamento soglia di allarme

10. Conclusioni

Si è descritto un processo di valutazione, progettazione e controllo inerente gli interventi di riparazione del rivestimento in calcestruzzo di una galleria, mettendo in evidenza come una adeguata sinergia tra la diagnostica strutturale, lo studio degli interventi di risanamento, la riparazione e il controllo sia durante le lavorazioni che in esercizio, abbia consentito di ottenere il raggiungimento degli obiettivi previsti senza il ricorso a sistemi di misure ridondanti, spesso avulsi alla realtà, e utili solo ad illudere la Committenza sulla efficienza dei sistemi di monitoraggio. Tale visione oltre a customizzare gli interventi consente di ottimizzare i costi evitando inutili spese.

Tecniche innovative per la conservazione del patrimonio edilizio

Marco Maria Parrini, Anna Isabella Piazza

Studio di Ingegneria Parrini, Milano

studio@marco-parrini.com

Liberi Professionisti, Milano

Sommario

Nel presente articolo si esporrà un caso di utilizzo di laser scanner portatile per la realizzazione, con tecniche di stampa 3D, di elementi da sostituire a cementi decorativi (già compromessi anche da errati interventi precedenti di manutenzione) posti in facciata. L'applicazione riguarda alcune mensole di sottobalconi di edificio realizzato in Milano alla fine del 1800.

Il procedimento di riproduzione dei decori, eseguito con queste tecniche innovative, ha consentito di verificare il reale stato conservativo delle travi metalliche di supporto dei balconi, senza compromettere l'aspetto estetico/decorativo. Il tutto con procedimenti rapidi, di sicuro effetto visivo e nel rispetto dei valori estetici funzionali preesistenti.

Di seguito la situazione in cui si presentavano i decori prima dell'intervento:



Vista di insieme della facciata



Vista di dettaglio delle mensole reggi balcone del secondo piano



Dettaglio della foto precedente



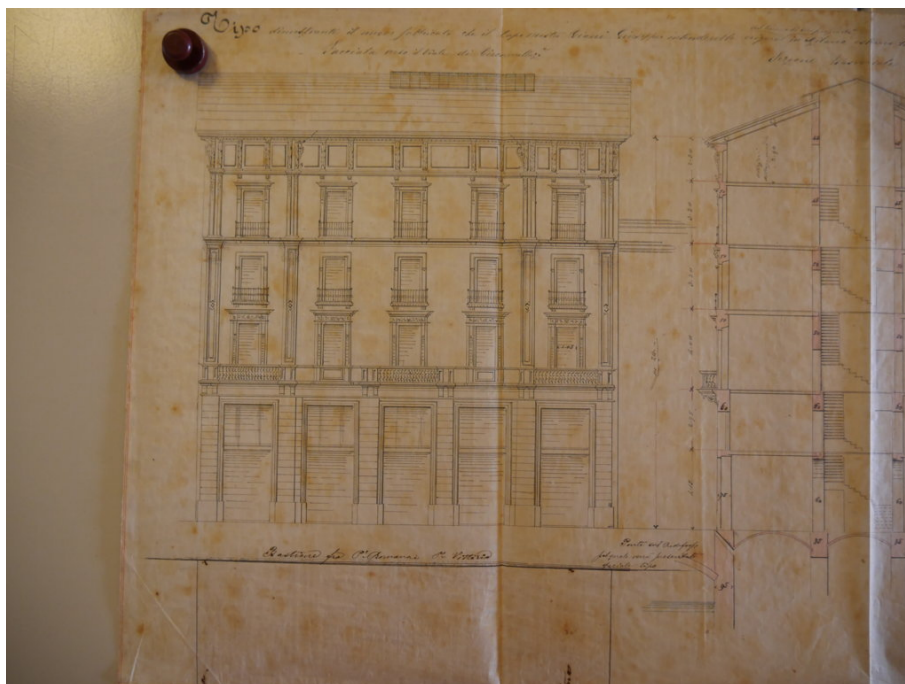
Altro balcone

1. Edificio oggetto di indagine

Il progetto dell'edificio fu depositato nel 1884 con decori cementizi di notevole importanza estetica, in parte già indicati nei disegni progettuali.

Di seguito si riportano alcuni stralci delle Tavole dell'epoca:





L'edificio non risulta soggetto a vincoli da parte della Soprintendenza alle Belle Arti, ma risulta inserito, ai sensi del vigente Piano di Governo del Territorio, in ambito di interesse paesaggistico "molto alto".

L'intervento di manutenzione relativo alle mensole reggi balcone era inserito in un più ampio intervento di manutenzione della facciata su strada, ai sensi del Bonus facciate con detrazione al 90%. Qualche anno prima si era intervenuto su un balcone presente nella facciata interna che presentava le problematiche indicate nella foto sottostante:



Si temeva pertanto che la medesima situazione si potesse riscontrare anche per i balconi sulla facciata principale, risultando quindi necessario procedere con la demolizione totale del decoro per poter verificare lo stato di integrità della trave di supporto della pavimentazione dei balconi.

Non volendo perdere i decori delle mensole ma intendendo eseguire un intervento di totale messa in sicurezza dei tre balconi presenti sulla facciata su strada si è pensato di operare con la modalità che sarà descritta in seguito.

Prima di illustrare quanto eseguito si deve specificare che, dal punto di vista costruttivo, i balconi in aggetto della facciata su pubblica strada posti al secondo piano dell'edificio (3 in totale) sono sorretti da 4 sotto mensole a sostegno di tre lastre in pietra affiancate tra loro che rappresentano il piano del balcone stesso (identica al balcone presente sulla facciata interna). Le dimensioni della lastra centrale sono di 380 x 100 cm, mentre le lastre laterali sono di 60 x 100 cm.

Di seguito si riporta la situazione dei balconi prima dell'intervento (piastrellati) e dopo la rimozione delle piastrelle:



Si notino le fessurazioni delle piastrelle indicate con la freccia, in corrispondenza del cambio di lastra



Le sotto mensole interne sono poste a cavallo di due delle tre lastre, come da sottostante foto.



Per quanto sopra illustrato risulta facile comprendere che, essendo le sotto mensole interne posate tra due lastre, nel tempo, queste siano state oggetto di maggiori infiltrazioni con conseguente ossidazione delle travi metalliche preposte al sostentamento del piano di calpestio.

Un intervento incongruo di manutenzione effettuato in anni remoti ha poi demolito parzialmente i decori sostituendoli con malte cementizie fibrorinforzate allo scopo di consolidamento della struttura, senza, però, verificare lo stato delle strutture metalliche di supporto.

2. Problematiche incontrate e soluzioni adottate

Durante le operazioni di ripristino è emerso che la pavimentazione dei balconi non consentiva più di trattenere le acque meteoriche che inevitabilmente defluivano attraverso le giunture delle pietre e hanno corroso le travi metalliche nascoste dai cementi decorativi delle sotto mensole. È stato quindi necessario pensare ad una demolizione completa dei decori per poter arrivare al nudo della trave metallica al fine di verificarne lo stato.

Si è pertanto scelto la sotto mensola in migliore stato conservativo per eseguirne un rilievo con laser scanner al fine poi di valutare la realizzazione a mezzo di stampanti 3D dell'elemento di decoro, permettendo così di ridurre sia i tempi di esecuzione del calco sia il tempo di montaggio ed il peso del sotto mensola.

3. Scelta del Laser Scanner

Il rilievo è stato eseguito con laser scanner modello "Go!Scan Spark" prodotto da CREAFORM, in quanto strumento estremamente intuitivo, di facile utilizzo e con precisione volumetrica compresa tra 0,050+0,15 mm/m.

Lo strumento scelto risulta sicuramente esuberante per le precisioni di interesse in edilizia ma ha il vantaggio di avere un software di post elaborazione molto potente in grado di rendere i successivi passaggi (prima di arrivare al file per la stampa 3D) facili e con ridotto dispendio di tempo.

La maggiore difficoltà è rappresentata dal rilievo completo del pezzo che non deve avere "buchi" nella rappresentazione virtuale, pena l'impossibilità di realizzazione dei pezzi in quanto le macchine da stampa 3D richiedono solo file senza interruzione di mesh.

Risolto brillantemente quanto necessario per un corretto rilievo del pezzo, eseguito in collaborazione con i tecnici di QFP Srl, è stato poi necessario individuare il corretto materiale e la corretta metodologia di esecuzione delle sotto mensole.

4. Scelta del materiale e della tecnologia di stampaggio

Dapprima, in collaborazione con l'Industrial Designer Gabriele Faoro è stato scelto di eseguire le nuove sotto mensole in materiale "PA 12 Powder" con utilizzo della tecnologia MJF (Multi Jet Fusion).

Il materiale termoplastico scelto ha buone caratteristiche meccaniche e ottima stabilità ambientale, necessarie per un componente che, seppur non esposto direttamente a

grandine e pioggia (trattandosi di una sotto mensola), deve comunque sopportare temperature e condizioni climatiche molto variabili.

La tecnologia MJF ha consentito di ottenere parti robuste e con superficie precisa, non lucida e granulosa, ottimale per i procedimenti protettivi da applicare a pezzo completato di cui parleremo in seguito. Il materiale si presenta prima del processo di fusione in forma di polvere, ma ad un'analisi al microscopio ottico si può riconoscere una struttura granulare.

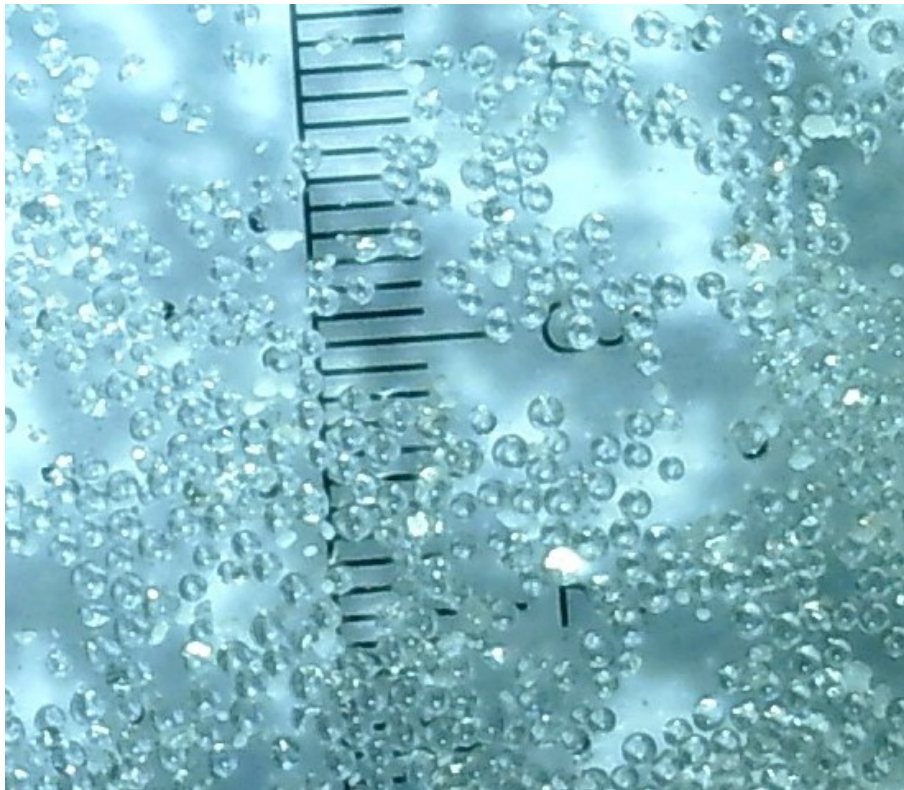


Immagine al microscopio del materiale
utilizzato prima del processo di sinterizzazione

5. Scelta della macchina per stampa, parcellizzazione del pezzo e spessori

Dopo la scelta del materiale si è dovuto risolvere il problema della realizzazione delle sotto mensole.

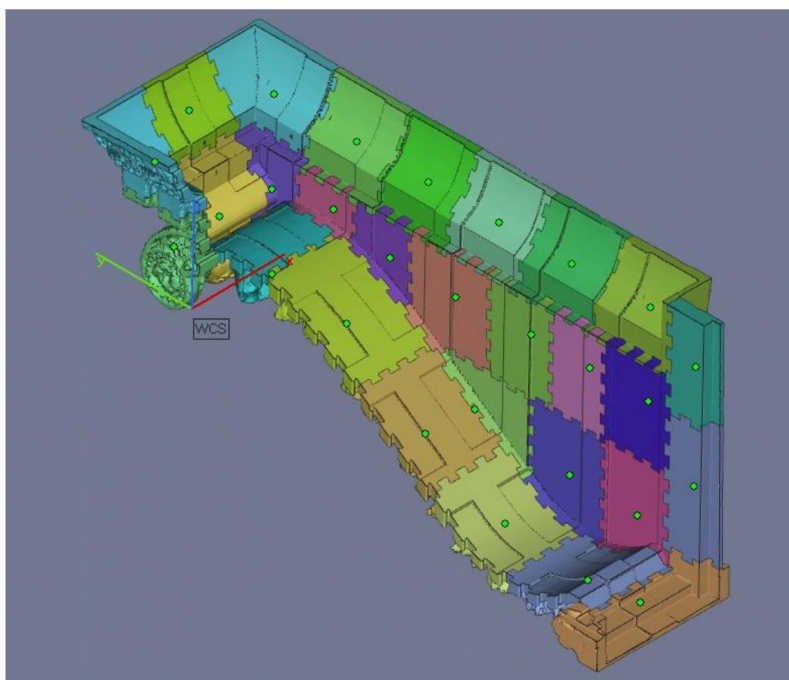
I pezzi in oggetto risultavano di dimensioni eccessive per poterli realizzare in unica stampata. Si è quindi cercato sul mercato una Società che potesse produrre i nostri elementi in un numero ragionevole di "sotto pezzi", avendo una macchina da stampa con piano di lavoro di dimensioni piuttosto ampia. Oltre a ciò vi era da stabilire quale potesse essere lo spessore ottimale sia per la resistenza meccanica richiesta, sia per i costi di stampa: maggiore è lo spessore dell'elemento da stampare maggiore è l'energia necessaria per la realizzazione dell'elemento e maggiore il tempo macchina per realizzarlo.

Solo un'approfondita conoscenza delle caratteristiche dei materiali plastici e del processo di stampa 3D consentono di arrivare all'ottimizzazione che si traduce nel miglior rapporto costi/qualità (nel senso di durata dell'elemento).

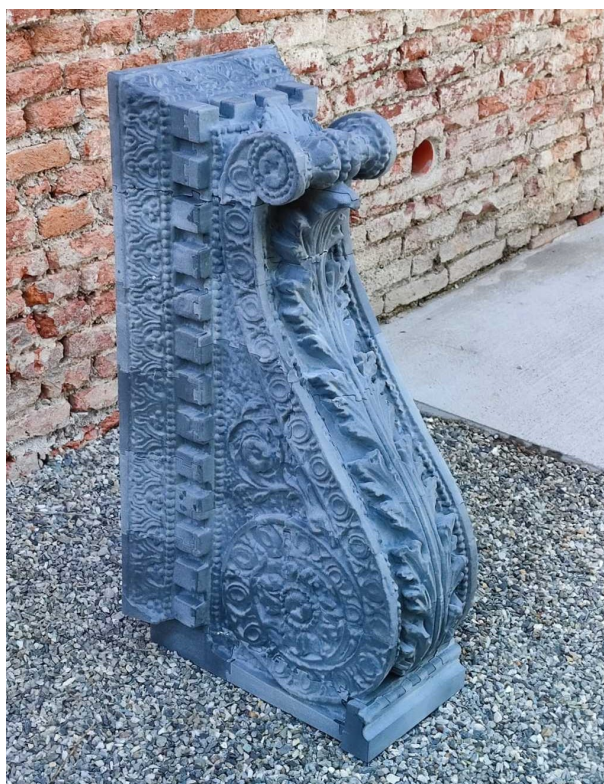
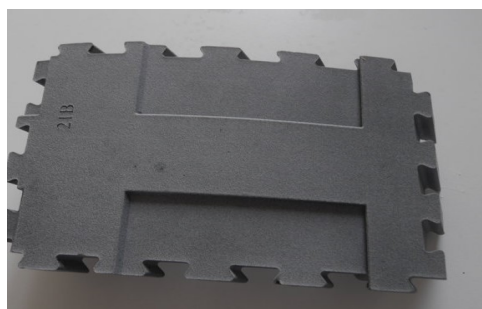
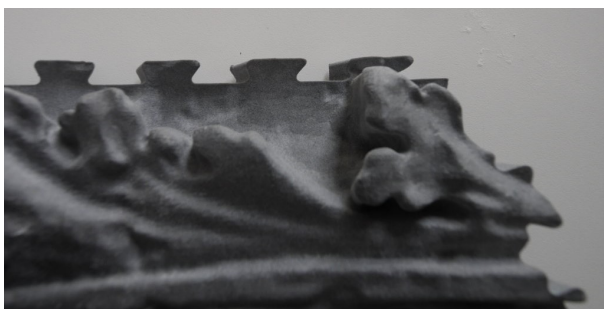
I problemi nel nostro caso sono stati risolti in team dal sottoscritto, da Gabriele Faoro e da Salvatore Saldano della Società Shape Mode Srl che ha realizzato i 6 pezzi richiesti.

Per quanto riguarda la scomposizione del pezzo in sotto insiemi, si è deciso di utilizzare la tecnica del "puzzle": tale soluzione ha conferito una maggiore solidità generale al sotto mensola assemblato e i singoli pezzi (numerati per consentire un più rapido montaggio) sono stati poi incollati con resine epossidiche.

Di seguito si presentano alcune foto dell'ingegnerizzazione del modello:



Il pezzo realizzato ed assemblato si presenta come da foto di seguito allegate:



6. Ulteriori trattamenti eseguiti sui pezzi

Pur risultando il materiale utilizzato idoneo all'uso previsto si è ritenuto opportuno trattare i pezzi per garantire da un lato un migliore comportamento in termini di durata e dall'altro un migliore aspetto estetico.

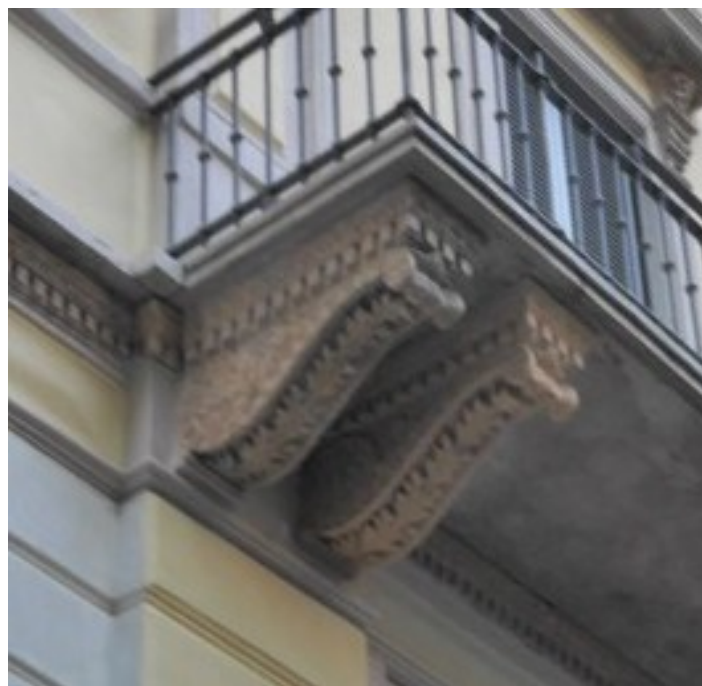
I pezzi, all'arrivo in cantiere sono, quindi, stati leggermente adattati (ove necessario), e ricoperti di mapegrout tissotropico, malta monocomponente prodotto da Mapei SpA, dato a pennello al fine di chiudere completamente le fessure presenti nei punti di collegamento dei vari elementi del puzzle (anche al fine di evitare che l'acqua meteorica potesse entrare all'interno delle sotto mensole o che si potessero creare nidi di animali (vespe ecc.) avendo cura di ottenere uno strato protettivo omogeneo e costante. Successivamente, anche per motivi estetici di similitudine con la porzione di facciata dove le sotto mensole sono state inserite si è provveduto alla verniciatura con Silancolor, pittura silossanica prodotta da Mapei SpA.

Si allegano alcune foto delle lavorazioni di cantiere:



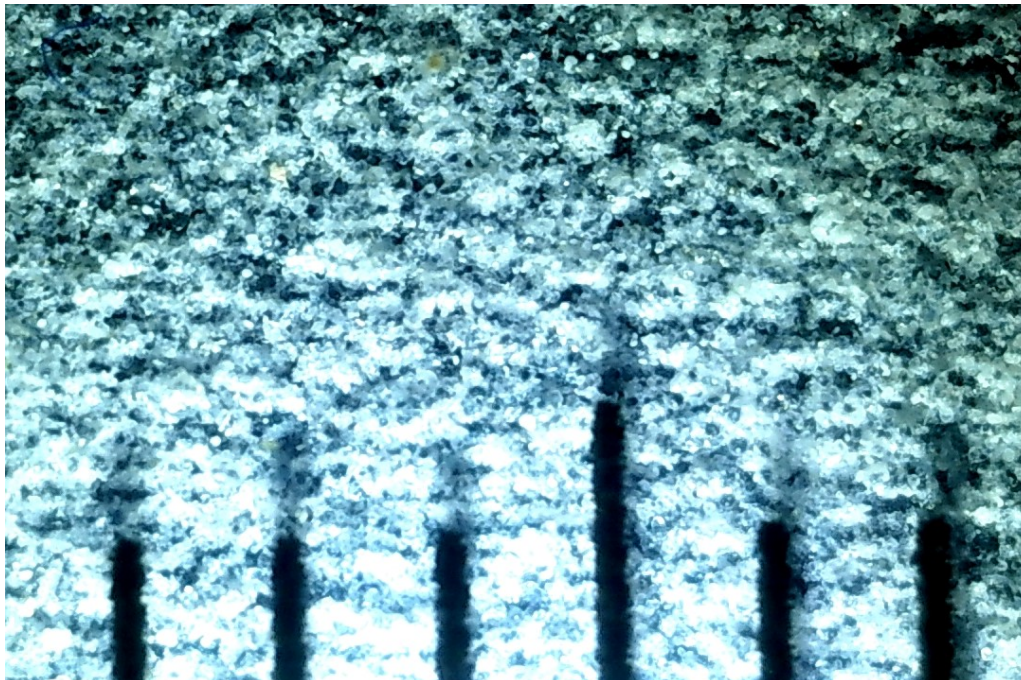
7. Fase di montaggio

Verificate le putrelle metalliche, risanate e trattate con Mapefer prodotto da Mapei, si è poi deciso di assemblare gli stessi inserendo nella muratura il lato corto della mensola e fissando con barra filettata in acciaio inox la sotto mensola alla trave. Di seguito il risultato finito e verniciato:



8. Ulteriori analisi sui campioni stampati

Una volta realizzati i pezzi sono stati analizzati al microscopio per verificare l'avvenuto procedimento di sinterizzazione. Di seguito si riporta una foto del processo di sinterizzazione:



9. Conclusione

La realizzazione delle sotto mensole con tecniche di laser scanner e stampaggio 3D ha consentito da un lato di realizzare in tempi rapidi, con precisione assoluta e con estrema facilità di montaggio, i pezzi in fase di avanzato degrado ed in secondo luogo ha consentito la verifica delle putrelle con possibilità di intervento sulle stesse.

L'innovazione, pertanto, non consiste nella modalità di realizzazione dei pezzi con tecniche moderne, ma risulta essere individuabile nella possibilità di eseguire interventi strutturali mirati, con la consapevolezza di poter fornire, a fine intervento, un risultato eccellente non solo dal punto di vista strutturale ma anche estetico.

La metodologia utilizzata si presenta come assolutamente interessante per tutte le applicazioni dove una approfondita analisi strutturale non può essere limitata da motivazioni di salvaguardia dell'aspetto storico/estetico. La riduzione dei tempi esecutivi consente anche di applicare la presente innovazione anche in cantieri dove l'evidenza di problematicità accade inaspettata.

Le potenzialità del laser scanner utilizzato nella presente indagine sono estremamente: le dimensioni contenute, l'immediatezza del software e del rilievo consentono di poter utilizzare lo strumento, dotato di batterie, in ogni cantiere anche senza presenza di corrente elettrica.

Inoltre, sempre nell'ambito edile, lo strumento e le tecniche di stampa 3D consentono di eseguire modelli anche di altre tipologie di elementi quali le componenti di parapetti

metallici di epoca liberty o particolarmente lavorati. Alcune delle tecnologie realizzative delle opere in ferro appartengono, ormai, inevitabilmente al passato. Eseguire la scansione di un decoro metallico e poterlo riprodurre esattamente con le medesime cesellature, martellature ecc., in alluminio con stampanti che utilizzano il processo di fusione a letto di polvere permette il ripristino di decori con la necessaria resistenza, in tempi contenuti e a costi accessibili.

Certificato di taratura ACCREDIA e rapporto di taratura: differenza tra questi due documenti in ambito metrologico ed applicativo

Santo Mineo

Direttore tecnico CIMENTO Srl, libero professionista, vice direttore Associazione MASTER

Un laboratorio di prova che opera nell'ambito delle costruzioni ha come attività prevalente quella di effettuare delle misure di grandezze fisiche di un campione di materiale strutturale, di un elemento strutturale, di una intera struttura.

La misurazione è l'operazione del misurare cioè nel confrontare una determinata grandezza fisica con la sua unità di misura allo scopo di determinarne il valore, o misura, della grandezza stessa. All'atto pratico, la misurazione consiste nell'impiego di uno strumento per assegnare un valore su una scala a un oggetto o ad un evento.

Ogni strumento o sistema di misura deve fornire in output un valore 'affidabile', e tale affidabilità deve essere tanto più alta quanto più importante è l'uso del risultato della misurazione.

Il concetto di 'affidabilità' di una misura è così vasto che esiste un'intera disciplina dedicata a questa problematica: la metrologia.

In questo articolo si vuol focalizzare l'attenzione su quella che potremmo chiamare 'l'affidabilità' di uno strumento di misura e come controllare la stessa per trasferire tale affidabilità alle misurazioni effettuate appunto dallo strumento.

Il controllo dell'affidabilità di uno strumento di misura avviene periodicamente tramite il processo noto con il nome di 'taratura', processo complesso che non consiste semplicemente in un mero confronto tra lo strumento da controllare con uno più accurato, ma in un articolato controllo-confronto che gerarchicamente consente di risalire sino alle unità di misura fondamentali, vero e proprio patrimonio di ogni Stato: i campioni metrologici nazionali.

I campioni metrologici nazionali, con riferimento al SI, ovvero al sistema internazionale delle unità di misura, in Italia sono stati definiti con la Legge n. 273 del 11 agosto 1991, che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). Gli enti metrologici nazionali da un lato operano sul territorio italiano e allo stesso tempo sono inseriti in un più vasto e sovranazionale contesto di ricerca per la realizzazione, il mantenimento e l'evoluzione dei campioni metrologici internazionali.

Lo Stato italiano, con il Decreto Legislativo n. 38 del 21 gennaio 2004, ha affidato la realizzazione, il mantenimento e lo sviluppo dei campioni metrologici nazionali all'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologia, l'INRiM, un ente pubblico di ricerca scientifica con sede a Torino, nato dalla fusione dell'istituto di metrologia «Gustavo Colonnetti», scorporato dal CNR, con l'istituto elettrotecnico nazionale «Galileo Ferraris».

Compito dell'INRiM è quello di confrontare a livello internazionale i campioni realizzati e di metterli a disposizione ai fini della disseminazione prevista dal sistema nazionale di taratura alle attività nazionali produttive, del commercio, della ricerca scientifica, etc.

La disseminazione delle unità di misura realizzate dall'INRiM avviene attuando tutte le operazioni tecniche e procedurali che consentono e garantiscono il trasferimento delle unità di misura dal livello di riferimento dei campioni primari a quello applicativo attraverso una catena ininterrotta di confronti, disseminazione che può essere effettuata direttamente dall'Istituto o tramite i centri di taratura.

I centri di taratura sono costituiti da laboratori di idonea valenza tecnica e organizzativa convenzionati con l'INRiM per l'effettuazione della taratura degli strumenti di misura sulla base di campioni secondari confrontati periodicamente con i campioni nazionali.

La valenza tecnica e organizzativa dei centri di taratura, ma ancor più la competenza, l'indipendenza e l'imparzialità, in ossequio alla norma internazionale ISO/IEC 17025, dei centri di taratura o, meglio, dei laboratori taratura, viene attestata da ACCREDIA, l'Ente Unico nazionale di accreditamento designato dal governo italiano in applicazione del Regolamento europeo 765/2008.

L'accREDITamento di Accredia è riconosciuto a livello internazionale, e gli organismi e i laboratori accreditati da Accredia possono operare in tutti i paesi che aderiscono agli accordi di mutuo riconoscimento. L'accREDITamento è importante per garantire la sicurezza dei prodotti e dei servizi, la tutela dei consumatori e la trasparenza del mercato. Gli organismi e i laboratori accreditati da Accredia offrono servizi di alta qualità, che sono riconosciuti e apprezzati a livello internazionale.

In particolare, l'accREDITamento di Accredia di un laboratorio di taratura attesta che lo stesso è in grado di verificare e garantire l'accuratezza degli strumenti di misura.

Un laboratorio accreditato da ACCREDIA viene definito LAT, acronimo di Laboratorio Accreditato di Taratura, ma attenzione: poiché diverse sono le grandezze fisiche fondamentali, come lunghezza, massa, tempo, etc. come pure le grandezze fisiche derivate, come pressione, potenza, velocità, etc., l'accREDITamento rilasciato da ACCREDIA ad un laboratorio di taratura si riferisce alla singola grandezza fisica, in un determinato range o campo di misura, che il laboratorio è in grado di tarare, presso il laboratorio di taratura o presso lo stesso cliente, con riferimento ovviamente agli strumenti che misurano tale grandezza.

Un laboratorio di taratura può ottenere più di un accREDITamento qualora possieda i requisiti inerenti alla competenza del personale, i metodi di misurazione, gli strumenti e le attrezzature di misurazione, e la validazione dei risultati inerenti alla grandezza fisica per la quale chiede l'accREDITamento.

Area metrologica Metrological area		Forza				
Settore / Calibration field		(SFO-01) Macchine di prova				
Strumento Instrument	Misurando Measurand	Condizioni Additional parameters	Campo di misura Measurement range	Incertezza Uncertainty	Metodo/Procedura Method / Procedure	Sede Location
Macchine prova materiali	Forza	Compressione	da 2 N a 500 N	0,05 %	UNI EN ISO 7500-1:2018 Metodo con forza reale costante ASTM E4-21 Method A	EXT
			da 2 N a 1 MN	0,14 %	UNI EN ISO 7500-1:2018 UNI EN 12390-4:2019 Metodo con forza indicata costante	
		da 1 MN a 5 MN	0,28 %	ASTM E4-21 Method C		
		Trazione	da 2 N a 500 N	0,05 %	UNI EN ISO 7500-1:2018 Metodo con forza reale costante ASTM E4-21 Method A	
	da 2 N a 1 MN		0,14 %	UNI EN ISO 7500-1:2018 UNI EN 12390-4:2019 Metodo con forza indicata costante ASTM E4-21 Method C		
	Spostamento della traversa	Compressione Trazione	da 1 mm a 500 mm	0,15 %	ASTM E2309/E2309 M-20	
	Velocità della traversa	Compressione Trazione	da 1 mm/min a 500 mm/min	0,15 %	ISO 5893:2019 ASTM E2658-15	

Figura 20 - Esempio di tabella di accreditamento per area metrologica "Forza" per gli strumenti "Macchine prova materiali"

Compito di ACCREDIA è proprio quello di verificare la conformità del laboratorio ai requisiti e rilasciare l'accreditamento se il laboratorio supera positivamente l'audit dell'ente, compito che prosegue con la sorveglianza del laboratorio accreditato per verificare che continui a mantenere i requisiti di accreditamento.

In questo processo ACCREDIA svolge il compito di 'garante' della corretta disseminazione dei campioni nazionali dell'INRiM ai laboratori LAT e dell'avvio di una corretta riferibilità metrologica mediante una catena ininterrotta documentata di tarature, contribuendo ciascuna all'incertezza di misura, altro concetto fondamentale della metrologia.

Ma che cos'è l'incertezza di misura?

Bene, bisogna partire dalla considerazione che qualunque processo di misura, dal meno al più accurato, è sempre affetto da errori che possono derivare da effetti, sistematici o casuali, che inevitabilmente influenzano il risultato del processo, tant'è che il valore vero del misurando, ossia il valore della grandezza che si vuole conoscere, è, e sembra un controsenso, sconosciuto. La vecchia teoria degli errori considerava 'errore' la differenza tra il valore misurato ed il valore vero, ma per quanto detto prima il valore vero di una grandezza è sconosciuto: possiamo soltanto assegnare ad un misurando una stima del suo valore, accompagnando questa stima con un parametro non negativo che caratterizza un intervallo di valori attribuibili al misurando: questo parametro non negativo è appunto l'incertezza di misura.

Determinare la stima del misurando e l'intervallo dei valori ad esso attribuibili ed è uno degli ambiti di quella scienza multidisciplinare che è appunto metrologia.

Quando si effettua una misura, pertanto, oltre a fornire il valore stimato del misurando bisogna che questo sia accompagnato sempre dall'incertezza di misura, senza la quale il

semplice numero risulterebbe una informazione fornita a metà, cosa che potrebbe condizionare anche negativamente la decisione scaturita dalla misura effettuata.

Stima ed incertezza di misura sono presenti in ogni procedimento di misura, a partire dagli stessi campioni primari nazionali: ogni campione primario è caratterizzato da un valore stimato accompagnato da una, seppur molto piccola, incertezza.

Quando si passa dai campioni primari, realizzati con la migliore tecnologia disponibile, ai campioni utilizzati dai laboratori di taratura, che servono per “disseminare” le unità di misura, tecnologicamente meno sofisticati per ovvie ragioni pratiche oltre che economiche, e da questi agli strumenti di uso comune, l’incertezza di misura inevitabilmente aumenta: tuttavia è quasi sempre necessario garantire che il risultato di una misura, con la sua incertezza, possa essere posto in relazione al riferimento nazionale e questo è fattibile soltanto grazie ad una catena ininterrotta di tarature, ciascuna delle quali, come è intuibile, contribuisce all’incertezza di misura.

Bene, garante di questo processo, ossia la disseminazione delle grandezze del SI dai campioni primari ai laboratori di taratura (centri LAT) e da questi alle attività svolte mediante gli strumenti tarati dai laboratori, è appunto ACCREDIA il cui compito, in tale ambito, è quello di sorvegliare sull’integrità di tale documentata catena ininterrotta di tarature.

Un laboratorio di taratura (LAT), che opera sotto accreditamento ossia con la dovuta competenza a svolgere le attività di taratura attestata da ACCREDIA, riporta i risultati di un processo di taratura di uno strumento di misura su un documento, il certificato di taratura, a volte chiamato anche certificato di taratura ACCREDIA.

Con un certificato di taratura ACCREDIA un laboratorio LAT attesta che lo strumento è stato tarato secondo procedure riconosciute dagli istituti primari. Inoltre, i certificati rilasciati sotto accreditamento sollevano da qualsiasi obbligo di dimostrare a terze parti che le tarature sono state eseguite secondo quanto previsto dalla norma internazionale di riferimento: la già citata UNI CEI EN ISO/IEC 17025.

Un certificato di taratura ACCREDIA è immediatamente riconoscibile in quanto lo stesso deve essere redatto unicamente sul modello fornito dall’Ente, riportato nella circolare IO-09-DT “Istruzione operativa sulla compilazione di Certificati di taratura/Documenti associati ai Materiali di Riferimento per i Laboratori di taratura/Produttori di Materiali di Riferimento accreditati da ACCREDIA-DT.”

https://www.accredia.it/app/uploads/2018/06/IO-09-DT_rev1_DEF.pdf

Sul certificato di taratura è riportato il marchio ACCREDIA.

Spazio ove
il Centro
può inserire
il suo
marchio

Centro di Taratura LAT xxx
Calibration Centre
Laboratorio Accreditato di Taratura
Accredited Calibration Laboratory



LAT xxx

Membro degli Accordi di
Mutuo Riconoscimento
EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC
Mutual Recognition
Agreements

Pagina 1 di ...
Page 1 of...

CERTIFICATO DI TARATURA LAT xxx nnnn
Certificate of Calibration

- data di emissione
date of issue
- cliente
customer
- destinatario
receiver

Si riferisce a
referring to

- oggetto
item
- costruttore
manufacturer
- modello
model
- matricola
serial number
- data di ricevimento oggetto
date of receipt of item
- data delle misure
date of measurements
- registro di laboratorio
laboratory reference

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT xxx rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT xxx granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI).

This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

Figura 21 - Schema di frontespizio di un certificato di taratura
rilasciato da un laboratorio LAT

Su tale documento, come stabilito da ACCREDIA, non compare la data di scadenza.

Un certificato di taratura ACCREDIA è riconosciuto ufficialmente, e quindi utilizzabile, sia in Italia che nei paesi membri degli Accordi di Mutuo Riconoscimento (EA, IAF e ILAC).

Considerato il complesso processo di disseminazione delle unità di misura dai campioni nazionali, è immediatamente consequenziale che un laboratorio di taratura LAT può rilasciare “certificati di taratura” soltanto per le grandezze, e all’interno del relativo range, per cui ha ottenuto l’accreditamento.

Un laboratorio di taratura può anche lavorare in regime di non accreditamento: tuttavia, qualora il Laboratorio effettui tarature diverse da quelle per cui ha ottenuto l’accreditamento o, meglio, per le quali non è accreditato, deve assicurare che i documenti emessi non possano essere confusi con quelli sotto accreditamento, quindi utilizzare un format differente da quello utilizzato per i certificati: in questo caso il documento emesso prende il nome di Rapporto di Taratura (RDT), detto anche ISO riferibile. Quest’ultimo è un documento, emettibile da laboratori o centri di taratura, con il quale viene documentata la riferibilità della misura ai campioni nazionali ma non più garantita ACCREDIA tant’è che nel documento non è riportato il marchio dell’Ente. E’ generalmente richiesto per controlli

sulla strumentazione utilizzata per le misure sul campo, per la normale attività produttiva, collaudo e testing aziendale. La validità tecnica di questi rapporti di taratura dipende dalla tecnica, dalla competenza e dalle procedure metrologiche utilizzate dal laboratorio.

Sul rapporto di taratura, a discrezione del cliente, può essere indicata la data della successiva taratura: la periodicità dipende dal sistema di gestione della qualità del cliente, da quanto previsto dalle norme di utilizzo o da quanto suggerito nel manuale di istruzioni del costruttore. Della riferibilità metrologica, in questo caso, è responsabile il Laboratorio di taratura: il cliente può richiedere al Laboratorio la copia della prima pagina dei certificati di taratura dei campioni impiegati.

La differenza sostanziale tra un “certificato di taratura” ed un “rapporto di taratura” è quella che è possibile disseminare la riferibilità metrologica ai campioni primari soltanto con il primo dei due documenti.

Di seguito un quadro sinottico delle differenze tra certificato LAT e rapporto di taratura RDT.

Certificato LAT	Rapporto di taratura RDT
Il garante della riferibilità metrologica è ACCREDIA ed il Certificato garantisce senza onere di prova la riferibilità dei risultati in esso contenuti.	La riferibilità metrologica rimane sotto la responsabilità del laboratorio di taratura. Il detentore del RDT ha l'onere, se richiesto, di dimostrare a terze parti che il servizio metrologico è stato svolto correttamente, nonché documentare in base a quali confronti tecnici è stata mantenuta la riferibilità dei risultati di taratura.
Il certificato di taratura ACCREDIA è riconosciuto ufficialmente sia in Italia che nei paesi membri degli Accordi di Mutuo Riconoscimento (EA, IAF e ILAC).	Valido sono in Italia.
Emessi sotto accreditamento, assicurano che i risultati di misura sono riferibili al Sistema internazionale di misura (SI) e possono essere usati per fornire riferibilità metrologica.	Emessi al di fuori dell'accreditamento, sono riferibili al sistema internazionale delle misure SI delle misure, ma non possono essere utilizzati per disseminare la riferibilità all'interno dell'azienda destinataria del rapporto.
La taratura LAT è preferibile in tutti i casi in cui è richiesta una maggiore garanzia per quanto riguarda l'affidabilità dei risultati delle misure effettuate con gli strumenti tarati: basti pensare a tutti i casi in cui il risultato errato di una misura può avere conseguenze pesanti sia in termini economici (a causa dei costi derivanti da fermi produzione, ritiro prodotti dal mercato, danni di immagine) che di sicurezza.	Di prassi viene richiesto per controlli sulla strumentazione utilizzate per le misure sul campo, per la normale attività produttiva, collaudo e testing aziendale.

Dal breve excursus sul tema della metrologia e della taratura, dovrebbe essere chiara la distinzione tra un certificato di taratura e un rapporto di taratura, oltre alla valenza di entrambi, insieme al processo che consente di risalire da una misura al relativo campione primario.

Orbene, tuttavia, in taluni documenti ufficiali il richiamo alla taratura delle strumentazioni di prova può indurre ad equivoci, del tutto in buona fede da parte dell'utenza, ma con ripercussioni anche importanti nella gestione del sistema di qualità di una azienda e degli obblighi contrattuali, se non legali, nei confronti dei consumatori.

Per citarne uno, la circolare n. 633/STC del 3 dicembre del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLP) richiede che: *“Le tarature delle apparecchiature di misura di forza, pressione, spostamenti, velocità ed accelerazioni devono essere verificate e certificate da uno dei laboratori ufficiali di cui all' art. 59, co. 1, del D.P.R. n. 380/2001 o da organismi terzi di taratura appositamente accreditati secondo i regolamenti vigenti nel settore.”*

Ma attenzione: è necessario fare i dovuti distinguo. I laboratori afferenti ai dipartimenti universitari di Ingegneria e Architettura sono sì laboratori ufficiali, in seno ai quali è possibile tarare strumenti di misura utilizzati nell'ambito dell'ingegneria civile, ma non tutti i laboratori ufficiali sono laboratori di taratura accreditati e se non accreditati non potranno rilasciare certificati di taratura nell'accezione come sopra più volte richiamata; inoltre, se un Laboratorio è accreditato non necessariamente lo è per tutte le grandezze e pertanto potrà rilasciare certificati di taratura soltanto per le grandezze, e relativo range, per le quali ha ottenuto e mantiene l'accreditamento.

A garanzia di massima trasparenza, ACCREDIA ha reso pubblica la propria banca dati dei laboratori accreditati con il relativo accreditamento, sul proprio sito internet al seguente indirizzo:

https://services.accredia.it/ppadt/search.jsp?ID_LINK=1737&area=310&PPADT_SEARCH_SHEMA=LAT

Pertanto, i laboratori ufficiali ed i laboratori di taratura potranno emettere certificati di taratura soltanto se accreditati per la specifica grandezza oggetto di taratura; in caso contrario potranno emettere soltanto rapporti di taratura.

Costruzioni esistenti o in corso d'opera: I controlli non distruttivi in situ su barre ad a.m. ed acciai strutturali. I controlli in opera degli acciai e le caratteristiche meccaniche e prestazionali dell'acciaio nelle costruzioni esistenti.

Vincenzo Domenico Venturi¹, Salvatore Lombardo², Stefano Bufarini³

¹ *Libero professionista e amministratore di SIDERCEM Istituto di Ricerca e Sperimentazione sui Materiali da Costruzione.*

² *Libero professionista.*

³ *Sperimentatore presso il Laboratorio Ufficiale Prove Materiali e Strutture dell'Università Politecnica delle Marche - Presidente dell'Associazione MASTER*

1. Premessa

Un breve riepilogo su quello che è l'attuale quadro normativo di riferimento per il Professionista che affronta, nelle costruzioni esistenti, il problema della stima delle caratteristiche meccaniche dei materiali strutturali, problema che si pone sia nella soluzione delle non conformità nelle nuove costruzioni che nei progetti di rinforzo, adeguamento e recupero strutturale nelle costruzioni esistenti.

Il 20 febbraio 2018 sono state pubblicate sulla G.U. n. 42 le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 gennaio 2018), nel seguito NTC2018, che, salvo i casi disciplinati dall'art. 2 delle disposizioni transitorie, sono entrate in vigore a far data dal 22 marzo 2018.

Successivamente, in data 11 febbraio 2019, è stata pubblicata, sulla G.U. n. 35, la Circolare C.S.LL.PP. n. 7 del 21 gennaio 2019.

In ultimo ma non per questo meno importante, in data 14 giugno 2019 la legge n. 55, pubblicata sulla G.U. n. 140 del 17 giugno 2019, *al comma 2, lett. c-bis*) ha emendato l'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, prevedendo fra le attività soggette ad autorizzazione le "Prove e controlli su materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti" in tal modo ha introdotto un nuovo soggetto: il Laboratorio prove in situ.

Il Laboratorio prove in situ, i cui requisiti necessari al rilascio della autorizzazione sono definiti e regolamentati dalla Circolare n. 633/CSLLPP/2019, può eseguire e certificare le prove che la stessa Circolare prevede in tre distinti settori indipendenti, nei quali per ciascuno è previsto un settore di prove obbligatorie, da richiedere in blocco, ed uno per il quale la richiesta di autorizzazione è facoltativa per ciascuna prova, nel seguito la sintesi:

Settore "A": Prove su strutture in calcestruzzo armato normale, precompresso e muratura, prove obbligatorie:

- a. prova magnetometrica;
- b. prova sclerometrica;
- c. prova di estrazione - metodo Pull Out;
- d. prova ultrasonica;
- e. prelievo in opera di calcestruzzo;
- f. prelievo in opera di provini di acciaio;
- g. analisi chimica;
- h. prove con martinetti piatti singoli e doppi;
- i. prove di carico statiche.

Prove facoltative:

- a. prova penetrometrica - metodo Windsor;
- b. prova di adesione a strappo - metodo Pull Off;
- c. analisi elettrochimica per la misura del potenziale e della velocità di corrosione;
- d. prove di carico statiche a compressione diagonale sulle murature;
- e. monitoraggio delle strutture;
- f. termografia ad infrarossi;
- g. indagini endoscopiche;
- h. indagini georadar;
- i. caratterizzazione meccanica delle malte per murature;
- j. misura di umidità del legno;
- k. prova penetrometrica nel legno.

Settore "B": Prove su strutture metalliche e strutture composte, prove obbligatorie:

- a. prova magnetoscopica;
- b. liquidi penetranti;
- c. ultrasuoni;
- d. prova di durezza Brinell in situ;
- e. prova di durezza Vickers in situ;
- f. prova di durezza Rockwell in situ;
- g. prova di durezza Leeb in situ;
- h. spessometria in situ;
- i. misura delle coppie di serraggio;
- j. prelievo di bulloni e di campioni di carpenteria.

Prove facoltative:

- a. estensimetria;
- b. indagine spettrometrica in situ;
- c. monitoraggio delle strutture.

Settore "C": Prove dinamiche sulle strutture.

a. prove dinamiche sulle strutture di elevazione;

b. prove di tensionamento su catene e tiranti.

Nella parte che segue vengono fornite le informazioni sintetiche e necessarie alla caratterizzazione della qualità dell'acciaio nelle strutture esistenti.

2. Costruzioni esistenti - generalità

Nelle Costruzioni esistenti l'approccio alla programmazione delle indagini non è immediatamente standardizzabile ed è riconducibile, sia nella parte della verifica della vulnerabilità sismica che nella parte del progetto degli interventi, di riparazione, adeguamento e miglioramento delle strutture esistenti, ad un rapporto sinergico fra il professionista ed il laboratorio, che va sotto il nome di *diagnostica strutturale*.

La comunicazione che si deve instaurare fra il Progettista delle indagini ed il Laboratorio che esegue le prove per la caratterizzazione meccanica dei materiali, per la determinazione delle caratteristiche del degrado e della consistenza dei dissesti è necessaria per garantire la coerenza del progetto con gli obiettivi dell'intervento, per minimizzare il danno strutturale conseguente ai prelievi, per verificare la compatibilità del progetto con la logistica dei luoghi ed i limiti strumentali delle attrezzature.

Nelle costruzioni in acciaio la determinazione della qualità del materiale strutturale "acciaio" presenta, almeno concettualmente, procedure più semplici rispetto a quelle richieste per le strutture in calcestruzzo armato, semplice o precompresso.

L'acciaio è un materiale omogeneo e isotropo, prodotto con procedimenti industriali continui che consentono di assegnare alle prove una rappresentatività maggiore di quella che si attribuisce ai provini di calcestruzzo.

Il prelievo in opera

Nelle costruzioni in carpenteria metallica le caratteristiche meccaniche dell'acciaio si ottengono, in generale, mediante l'estrazione dagli elementi strutturali di saggi, di dimensioni tali da consentire, successivamente, di ricavare i provini di geometria convenzionale necessari per l'esecuzione delle prove di laboratorio, le caratteristiche di disturbo determinate dal prelievo sono irreversibili e il ripristino della continuità strutturale richiede particolare cura.

Nelle costruzioni in c.a., relativamente al prelievo ed al ripristino della continuità delle barre a.m., valgono stesse considerazioni esposte per le strutture in acciaio.

Come premesso, tanto l'estrazione che il successivo ripristino sono attività delicate ed invasive e per questa ragione devono essere eseguite dai laboratori autorizzati di cui al D.P.R. n. 380/2001, art. 59, comma 2, lett. c-bis (ex Circolare n. 633/CSLLPP/2019).


Nel caso delle strutture in acciaio, il ripristino strutturale è previsto in genere con saldatura dell'elemento asportato mentre nel caso del prelievo di una barra a.m. la scelta della saldatura, preventiva, di una o di due barre nel tratto da prelevare e, quindi, il ripristino

della continuità con una barra dello stesso diametro di quella asportata è, come vedremo, una delle possibilità, infatti nel caso delle barre a.m. il ripristino della continuità della barra può avvenire anche per sovrapposizione o, in alternativa, con l'impiego di speciali manicotti che meglio assicurano la continuità e permettono di evitare il controllo delle saldature.

Qualora, in entrambi i casi citati, sia prevista la saldatura questa deve essere eseguita da un tecnico-saldatore munito di qualifica-patentino in corso di validità (UNI EN ISO 9606-1; UNI EN ISO 17660-1) ed un procedimento di saldatura (WPQR) qualificato da un OdC; la conformità della corretta esecuzione delle saldature e la successiva verifica deve essere certificata, da un laboratorio autorizzato D.P.R. n. 380/2001, art. 59, comma 2, lett. c-bis, specificatamente con personale certificato nei metodi VT e MT (UNI EN ISO 9712), almeno al livello 2.



Figura 1 - Ripristino di barre d'armatura mediante saldatura

	TECNOLAB s.r.l. Laboratorio di prove, ricerche e sperimentazione sui materiali da costruzione	Zona Industriale C.da Cucullo Tel 0859039193 – Fax 0859039202 info@tecnolab.org-www.tecnolab.org P.IVA 01626100695
---	--	---

EVALUATION OF TESTING OF WELDED JOINT CERTIFICATE IN ACCORDANCE WITH UNI EN ISO 17660-1:2007
 ATTESTATO DI VALUTAZIONE DI GIUNTI SALDATI IN ACCORDO ALLE UNI EN ISO 17660-1:2007
 N° ITA-18-548

DESIGNATION / Designazione: **WELDER QUALIFICATION TEST**

Manufacturer's WPS reference N. p-WPS: SID_01-02-03/18
 Procedura di riferimento del costruttore

Welder/ Saldatore

Surname/ Cognome: RIBUFFO*
 Name/ Nome: Rocco
 Method of identification/ Puntezza: RR
 Date of birth/ Data di nascita: 13/08/79
 Place of birth/ Luogo di nascita: REGGIO DI CALABRIA (RC)

**Identity
 Photography
 (if required)**
 Foto
 (se richiesto)


Employer/ Datore di lavoro

SIDERCEM S.r.l.
 Via Giovanni Agnelli n. 22 – 95045 MISTERBIANCO (CT)

Job Knowledge/ Esame teorico

Not tested / Non testato

Variabili Variables	Weld test details Dettagli della prova pratica
Welding process(es)/ Processo (i) di saldatura	111
Transfer model/ modalità di trasferimento	---
Type of weld/ Tipo di saldatura	Giunto a sovrapposizione
Parent metal designation(s)/ Designazione materiale base	B450C
Filler material (designation) / Designazione del materiale d'apporto	E 46 3 B 4 2 H5 (UNI EN ISO 2560-A)
Shielding design/ Designazione del gas protezione	NA
Gas backing/ Gas di protezione:	-----
Type of current and polarity/ Tipo di corrente e polarità	DC EP
Test piece diameter or thickness/ Diametro o spessore del campione:	Ø 8 mm to Ø 8 mm Ø 8 mm to Ø 30 mm Ø 30 mm to Ø 30 mm
Welding position/ Welding Position:	PF
Range of approval/ Campo di validità della qualifica (see table 3 UNI EN ISO 17660-1)	Giunto a sovrapposizione, giunto a coprigiunto e altri giunti
Remark/Note: * Il saldatore è qualificato in accordo alla UNI EN ISO 9606-1 (Cert. TECNOLAB ITA-18-549)	

Type of test Tipo di prova	Performed and acceptable Effettuato ed accettabile	Test report N° rapporto di prova	Nome dell'esaminatore o dell'ente di esame
Visual testing / Esame visivo Quality level of imperfections: level C (UNI EN ISO 5817)	x	Tecnolab srl 14180-18-7	Ing. Massimo Dell'acqua Firma dell'esaminatore o dell'ente di esame 
Tensile test / Prove di trazione	x	Tecnolab srl 14180-18-8	

Revalidation 9.3	Valid until 03/08/2020
---------------------	---------------------------



Certification area Area di certificazione	Location, date of issue Luogo, data d'emissione	Manufacturer Costruttore
	ORTONA, 19/11/2018	

Figura 2a - Attestato qualifica saldatore

	TECNOLAB s.r.l. Laboratorio di prove, ricerche e sperimentazione sui materiali da costruzione	Zona industriale C.da Cuccillo Tel 0859039193 – Fax 0859039202 info@tecnolab.org-www.tecnolab.org P.IVA 01626100695
---	--	--

WELDING PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (WPQR)
CERTIFICATO DI QUALIFICA PROCEDURA DI SALDATURA
N° ITA-147-18


P-WPS REFERENCE N° / N° DI RIFERIMENTO P-WPS		SID_01-02-03/18	
MANUFACTURER/ COSTRUTTORE		SIDERCEM S.r.l. Via G. Agnelli, 22 (Zona IND.LE) - 95045 MISTERBIANCO (CT)	
CODE, TESTING STANDARD/ CODICE, NORMATIVA		UNI EN ISO 17660-1:2007	
DATE OF WELDING/ DATA ESECUZIONE SAGGIO		03/08/2018	
RANGE OF QUALIFICATION / VALIDITA' DELLA QUALIFICAZIONE			
WELDING PROCESS / PROCESSO DI SALDATURA		111	
TYPE(S) / TIPO		Basico	
JOINT TYPE / TIPO DI GIUNTO		Giunto a sovrapposizione (Lap Joint)	
SINGLE OR MULTI RUN / PASSATA SINGOLA O MULTIPLA		Single run - multi run	
PARENT METAL DESIGNATION(S)/ DESIGNAZIONE MATERIALE BASE		Bar: Only B450C with an equal or lower carbon equivalent;	
TEST PIECE DIAMETER OR THICKNESS/ DIAMETRO O SPESSORE DEL CAMPIONE:		Bar: Ø 8+30 mm	
OTHER/ALTRO:		This procedure qualifies for non load-bearing welded joint (UNI EN ISO 17660-2)	
WELDING CONSUMABLES/ MATERIALI D'APPORTO	SPECIFICATION NO./SPECIFICA NO.	UNI EN ISO 2560-A	
	DESIGNATION/CLASSIFICAZIONE	E 46 3 B 4 2 H5	
	TRADE NAME/NOME COMMERCIALE	E50	
	MANUFACTURER/FABBRICANTE	SIDERARCO	
FLUX/ FLUSSO	FLUX DESIGN/DESIGNAZ. FLUSSO	NA	
	FLUX TRADE NAME/NOME COMM. FLUSSO	NA	
	TRADE NAME/NOME COMMERCIALE	NA	
		Classification/ Classific.	Gas(es)/ Gas
GAS(ES)/ GAS	SHIELDING/ PROTEZIONE A)	NA	NA
	SHIELDING/ PROTEZIONE B)	NA	NA
	BACKING/ PROTEZIONE AL ROVESCIO	NA	NA
TYPE OF WELDING CURRENT/ CORR. DI SALDATURA		DC EP	
WELDING POSITION/ POSIZIONE DI SALDATURA		PF	
HEAT INPUT/ APPORTO TERMICO (KJ/MM)		±25 % FOR EACH PASS	
PREHEAT/ PRERISCALDO (°C)		NA	Preheat holding/ Postiriscaldo (°C)
INTERPASS TEMP./ TEMP. INTERPASS (°C)		NA	
Post Weld Heat Treatment and/ or ageing/ Trattamento termico dopo saldatura e/o invecchiamento			
TEMPERATURE RANGE/ INTERVALLO DI TEMPERATURA (°C)		NA	Time range (hours)/ Tempo di mantenimento (ore)
HEATING RATE/ GRADIENTE DI RISCALDAMENTO (°C/h)		NA	Cooling rate/ Gradiente di raffreddamento (°C/h)
OTHER INFORMATION / ALTRE INFORMAZIONI		Qualified wire system : Single wire system	
WELDERS NAME/ NOME DEL SALDATORE		DELL'ERBA Alfredo, TROVATO Giuseppe, LO GIUOCO Santo Lucio Stamp/ Punzone DA, TG, LL	
WELDING TEST CONDUCTED BY/ SAGGI ESEGUITI DA		SIDERCEM S.r.l. Via G. Agnelli, 22 (Zona IND.LE) - 95045 MISTERBIANCO (CT)	
MECHANICAL TEST CONDUCTED BY/ PROVE MECC. CONDOTTE DA		TECNOLAB srl – Ortona (Ch)	
LABORATORY REPORT REFERENCE N°/RAPPORTO DI PROVA N.		14180-18-1_2_3_4_5_6	
TEST CARRIED OUT IN THE PRESENCE OF/ PROVE COND. ALLA PRES. DI		Ing. Massimo Dell'Orso	
		Test result/ Ris. prove	Satisfactory
We certify that the statement in this record are correct and that the test welds were prepared, welded and tested in accordance with the requirements of the / Si certifica che i dati in questo certificato sono corretti e che i saggi di saldatura sono stati preparati, saldati e provati in accordo con le richieste della UNI EN ISO 17660-1:2007			
CERTIFICATION AREA / AREA DI QUALIFICAZIONE		LOCATION AND DATE OF ISSUE / LUOGO E DATA DI EMISSIONE	MANUFACTURER / COSTRUTTORE
		Ortona 19/11/18	(stamp and signature)

Figura 2b - Attestato qualifica procedimento di saldatura

I controlli in opera e le PnD

Considerazioni sulla ripetitività e l'omogeneità degli elementi unite alla migliore rappresentatività dei provini, nei confronti delle strutture in acciaio, consentono di integrare con interventi non invasivi il numero minimo di provini proposto, dalla Circolare n. 7/2019 nella tabella C8.5.VI (**NTC 2018 in allegato, tabella C8.5.VI**) che limita alla esecuzione della prova a trazione con determinazione della tensione di snervamento, della resistenza a rottura e dell'allungamento i parametri in grado di caratterizzare l'acciaio.



Figura 3a-b - Prelievo in opera di un saggio di carpenteria metallica

Nell'interpretare i risultati delle prove può essere utile avere come riferimento anche i valori di accettazione previsti nelle norme dell'epoca della costruzione ed è evidente che le attività sperimentali previste nella tabella debbano intendersi come un riferimento di minima in quanto non è possibile prevedere, in una norma, tutti i casi che si possono presentare nella realtà dove ogni indagine risponde a specifiche esigenze e condizioni ed è quindi unica.

Per progettare correttamente un'indagine di diagnosi strutturale, indicando il tipo, la quantità e l'ubicazione delle prove è opportuno eseguire preliminarmente:

- l'analisi storico-critica, della documentazione disponibile, il rilievo geometrico con determinazione degli spessori, ed il rilievo materico, dal quale ricavare la presenza di vernice, zincatura,....;
- la ricognizione sui luoghi e l'esame visivo, con la mappatura della tipologia e della consistenza del degrado implementate sul rilievo;
- l'esecuzione di un numero limitato di indagini preliminari sugli elementi individuati come rappresentativi a seguito dell'analisi storico-critica e dell'esame visivo per definire il modello preliminare della struttura;
- l'esecuzione di un'analisi per la verifica preliminare della sicurezza statica e della vulnerabilità sismica, utilizzando i dettagli costruttivi valutati nel corso della campagna di indagini preliminari.

Dall'esito dell'analisi preliminare il Progettista può valutare se deve integrare la campagna di indagini, in funzione dell'impegno statico delle diverse membrature, del loro ruolo riguardo alla sicurezza della struttura e del grado di omogeneità dei risultati delle prove preliminari supportati, eventualmente dai documenti originari.

Le NTC 2018 e la C.S.LL.PP. n. 7/2019 non prevedono nulla su come integrare le indagini e per questa ragione ci sembra opportuno sottolineare la necessità di richiamare le caratteristiche di alcune delle tecniche più diffuse.

Fra i controlli delle saldature il “visual test” (VT), o Esame visivo, deve interessare il 100% delle saldature, e deve essere integrato dai Controlli non distruttivi (CND) suddivisi in metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti (LT) o polveri magnetiche (MT)), e metodi volumetrici e cioè i raggi X o γ (RT) o gli ultrasuoni (UT).

Le NTC 2018 prevedono che tutti i tecnici che eseguono i controlli non distruttivi (CND) devono essere certificati, almeno al secondo livello (UNI EN ISO 9712).

Per ridurre il danneggiamento indotto dal prelievo di saggi le caratteristiche meccaniche dell'acciaio possono essere determinate con tecniche non distruttive, come la durezza in situ mentre la saldabilità può essere verificata in situ mediante l'analisi chimica spettrometrica.

Le prove di durezza e chimiche, in situ, devono essere eseguite e certificate dai laboratori di cui D.P.R. n. 380/2001, art. 59, comma 2, lett. c-bis.



Figura 4a - Analisi quanto metrica in sito



Figura 4b - Prova di durezza in sito

Per le unioni bullonate sembra poco rappresentativo il quantitativo di bulloni (pezzi) indicato nella tabella C8.5.VI sia rispetto alla numerosità di elementi che vengono impiegati sia nei confronti delle prove che servono per caratterizzare i bulloni (vite, dado, rondella) oltre a non essere contemplata, in maniera esplicita, la verifica delle coppie di serraggio.

La tabella C8.5.VI prevede il prelievo da uno fino a tre bulloni o chiodi, o meglio pezzi (in quanto sottoposti a prova nelle stesse condizioni di impiego senza alcuna manipolazione o riduzione), in numero crescente in funzione del livello di conoscenza (LC), e la verifica (geometria e coppie di serraggio) dal 15 % fino al 50% dei collegamenti per piano dell'edificio sempre crescente con il livello di conoscenza.

È evidente come uno (o tre) campioni (bulloni), riferiti al piano e non al numero di bulloni effettivamente in opera, non sono sufficienti a caratterizzare la “popolazione” di bulloni componenti tutti i nodi di un piano, un ciclo completo di prove riferito a 1500 pezzi, prevede rispettivamente:

- bulloni, prova di strappo;
 - viti, prova di trazione verticale, di taglio o rescissione, di tenacità;
- dadi, prova di carico, di durezza, di allargamento;
per cui sono necessari almeno 4 bulloni, dove 1 bullone = 1 vite + 1 dado.

3. Conclusioni

Tanto per le barre impiegate come armatura lenta nelle costruzioni in c.a. e c.a.p. che per l'acciaio delle strutture in carpenteria metallica è opportuno che le quantità dei prelievi di acciaio, riferite nelle NTC 2018 ai livelli di conoscenza (LC), per le caratteristiche proprie dell'acciaio, l'omogeneità e la isotropia, la maggiore rappresentatività e la notevole invasività ed irreversibilità dei prelievi, vengano ridotte a favore di un maggior numero di prove in situ.

La rappresentatività del prelievo di campioni deve essere riferita ai primi 300 m² di piano limitando alle restanti parti l'esecuzione di specifiche prove non distruttive (per esempio durezza e analisi chimica spettrometrica) da confrontare e calibrare con i risultati delle prove eseguite sui campioni prelevati in opera.

La rappresentatività del prelievo dei bulloni deve essere riferita al numero di bulloni omogenei presenti su 300 m² di piano, nella misura di almeno 4 bulloni dalle travi e 4 bulloni dai pilastri per un prelievo minimo di almeno 8 bulloni omogenei ogni 300 m² di piano, i prelievi e le relative prove di laboratori devono essere integrate dalla verifica della coppia di serraggio variabile, in funzione del livello di conoscenza, dal 50% al 80% del numero complessivo di bulloni.

Fra le prove previste dalle NTC 2018 e dalla C.S.LL.PP. n. 7/2019 al punto C11.3.4.6 per i bulloni, in particolare per le viti, è contemplata la prova di taglio o rescissione.

Questa prova viene eseguita sul pezzo e permette la verifica dell'effettiva prestazione della vite nei confronti della sollecitazione di taglio e rappresenta il modo migliore per stimare la qualità di prestazione residua delle unioni/giunti per i quali la sollecitazione di taglio è la sollecitazione di progetto (assiemi a serraggio non controllato) ma è altrettanto utile nel caso delle unioni ad attrito (assiemi a serraggio controllato), per le quali può rappresentare la riserva di sicurezza.

La UNI ha ritirato la norma UNI 3740-6:1988 e, quindi, ad oggi la prova di taglio, o rescissione, non ha più valori di soglia, non ha quindi i valori limite di accettazione commerciale, di prodotto, però il progettista-calcolista può riferirla nella “Relazione dei materiali” al valore di prestazione atteso, di calcolo, della sollecitazione di taglio, stimata nelle costruzioni esistenti o prevista in progetto nelle nuove costruzioni.

Il tecnico addetto allo studio della miscela, alla riparazione, al rinforzo, alla protezione e alla manutenzione delle strutture in calcestruzzo armato ai sensi della UNI PdR 153:2023

Giuseppe D’Aria

libero professionista

www.studiotecnicogda.it

giuseppe.daria@studiotecnicogda.it

Sommario

In questo articolo vengono riportati e sintetizzati i principali aspetti contenuti nella UNI/PdR 153:2023 che fornisce, al mercato, i requisiti di “conoscenza, abilità, autonomia e responsabilità relativi all’attività professionale del personale tecnico addetto allo studio della miscela, alla riparazione, al rinforzo, alla protezione e alla manutenzione delle strutture in calcestruzzo armato”.

1. Introduzione.

A fine 2023 è stata pubblicata da UNI - Ente Italiano di Normazione, dopo circa un anno di lavoro, la UNI/PdR 153:2023 dal titolo “Profili professionali del personale tecnico per la scelta e l’applicazione dei prodotti e sistemi destinati alla riparazione, il rinforzo, la protezione e la manutenzione delle strutture in calcestruzzo armato normale e precompresso - Requisiti di conoscenza, abilità, autonomia e responsabilità”.

La prassi di riferimento, per sua definizione non è una norma nazionale, ma è un documento tecnico emesso in conformità al Regolamento UE N. 1025/2012³ e promosso da organizzazioni la cui rappresentatività è ampiamente riconosciuta dal mercato.

Tale sviluppo fornisce - in tempi piuttosto brevi - un primo riferimento volontario su tematiche (come la formazione, specializzazione e certificazione del personale addetto alla riparazione di strutture) che non sono ancora trattate dalla normazione tecnica (tradizionale) motivo per il quale il processo coordinato da UNI è rapido ed ampiamente condiviso dai principali stakeholders. In questo caso chi ha proposto la redazione della UNI/PdR 153 è stata l’Associazione Master – Materials and Structures, Testing and Research, di cui mi onoro di far parte sin dalla sua prima costituzione, che dal 2009, favorisce, oltre ad altre attività ed iniziative, anche “la cultura della sicurezza e della ricerca nel campo dell’ingegneria civile con particolare riguardo al recupero ed alla conservazione del patrimonio edilizio e delle infrastrutture”.

³ REGOLAMENTO (UE) N. 1025/2012 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 25 ottobre 2012 sulla normazione europea, che modifica le direttive 89/686/CEE e 93/15/CEE del Consiglio nonché le direttive 94/9/CE, 94/25/CE, 95/16/CE, 97/23/CE, 98/34/CE, 2004/22/CE, 2007/23/CE, 2009/23/CE e 2009/105/CE del Parlamento europeo e del Consiglio e che abroga la decisione 87/95/CEE del Consiglio e la decisione n. 1673/2006/CE del Parlamento europeo e del Consiglio (Gazzetta ufficiale dell’Unione Europea del 14/11/2012).

Vista la grandissima mole di strutture ed infrastrutture in cemento armato e considerato il grado di vetustà e degrado in cui esse vertono, la UNI/PdR 153 ad oggi rappresenta una risposta **volontaria, operativa e concreta** all'esigenza di poter disporre, sul mercato, di figure professionali, adeguatamente formate e certificate (ai sensi della UNI CEI EN ISO/IEC 17024⁴) nel controllo e nell'accettazione dei prodotti e sistemi e delle loro modalità di applicazione in cantiere e nell'assicurazione della qualità degli interventi eseguiti.

La norma è quindi – dopo un'inchiesta pubblica durata oltre 30 giorni - pubblicata ufficialmente e disponibile in forma gratuita e reperibile nel sito della UNI a partire dal 30/11/2023.

2. Il personale tecnico coinvolto.

Il contesto normativo in cui oggi gli addetti formati ai sensi della UNI PDR 153 opereranno è il seguente:

- UNI EN 1504 “Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo” (dalla parte 1 alla parte 10);
- UNI EN 206:2021 “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- EC 1-2017 UNI 11104:2016 “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206”;
- EC 1-2010 UNI EN 13670:2010 “Esecuzione di strutture di calcestruzzo”.

Il personale tecnico addetto certificato ai sensi della presente prassi risponderà ai seguenti requisiti:

- alla scelta ed alla definizione delle proprietà di prodotti e sistemi destinati alla riparazione, al rinforzo, alla protezione ed alla manutenzione delle strutture in conglomerato cementizio armato;
- alla loro applicazione in cantiere;
- al controllo, alla verifica ed alla rispondenza delle proprietà dei prodotti e sistemi a quanto stabilito dal progetto.

Al fine di definire chiaramente ed univocamente i livelli di autonomia e responsabilità del personale tecnico certificato, anche in coerenza con il “QNQ⁵ – Quadro Nazionale delle Qualificazioni” le competenze e le attività specifiche sono calibrate su tre profili:

- **Capo squadra (CS):** è colui che coordina le attività delle maestranze in cantiere e che cioè opera su incarico dell'impresa appaltatrice; sulla base delle proprie conoscenze ed abilità e dei propri livelli di autonomia e responsabilità, coordina il

⁴ UNI CEI EN ISO/IEC 17024:2012 “Valutazione della conformità - Requisiti generali per organismi che eseguono la certificazione di persone”.

⁵ Il Quadro Nazionale delle Qualifiche (QNQ) è lo strumento che descrive tutte le qualifiche rilasciate nell'ambito del sistema nazionale di certificazione delle competenze. Il QNQ riferisce le qualifiche nazionali al Quadro Europeo delle Qualifiche (EQF - European Qualification Framework) al fine di coordinare il sistema delle qualifiche nazionali con quello degli altri paesi membri. Il QNQ ha quindi lo scopo di coordinare tutti i vari sistemi che costituiscono l'intera offerta pubblica di apprendimento permanente e che rilasciano delle qualifiche. Esso è definito dal Decreto 08/01/2018 “Istituzione del Quadro nazionale delle qualificazioni rilasciate nell'ambito del Sistema nazionale di certificazione delle competenze di cui al decreto legislativo 16 gennaio 2013, n. 13” pubblicato in GU Serie Generale N. 20 del 25/01/2018.

confezionamento e l'applicazione dei prodotti e sistemi, il prelievo di campioni e/o il confezionamento e la tracciabilità dei provini per il controllo delle proprietà richieste e delle caratteristiche addizionali (se presenti), sulla base delle indicazioni ricevute dall'Assistente di Cantiere (AC) o dal Tecnico Specialista (TS) o dalla Direzione Lavori, nel rispetto del progetto di intervento e delle normative vigenti.

- **Assistente di cantiere (AC):** supervisiona le attività delle maestranze in cantiere e può operare su incarico (i) dell'impresa appaltatrice che esegue le opere, (ii) di una società di ingegneria, del progettista, della direzione lavori, del collaudatore, della stazione appaltante, (iii) del laboratorio prove; sulla base delle proprie conoscenze ed abilità e dei propri livelli di autonomia e responsabilità, sovrintende al confezionamento/preparazione dei prodotti e sistemi, all'applicazione degli stessi ed al prelievo di campioni e/o al confezionamento e alla tracciabilità dei provini per il controllo delle proprietà richieste e delle caratteristiche addizionali (se presenti), sulla base delle indicazioni ricevute dal tecnico specialista (TS) - allorché questa figura opera su incarico della direzione lavori - o direttamente dalla direzione lavori nel rispetto del progetto di intervento e delle normative vigenti.
- **Tecnico specialista (TS):** ha le competenze sulle prestazioni, sull'uso e sull'applicazione dei prodotti e sistemi destinati alla riparazione, al rinforzo, alla protezione ed alla manutenzione delle strutture esistenti in conglomerato cementizio armato ed in particolare sarà competente in prodotti e sistemi premiscelati, su prodotti pronti all'uso e su prodotti predosati oltre che su calcestruzzi a prestazione garantita ed a composizione richiesta e può operare su incarico (i) dell'impresa appaltatrice che esegue le opere, (ii) di una società di ingegneria, del progettista, della direzione lavori, del collaudatore, della stazione appaltante, (iii) del laboratorio prove. È importante sottolineare che le attività specifiche di cui il tecnico specialista (TS) può occuparsi devono essere coerenti con l'incarico che gli viene affidato e non possono surrogare in alcun modo le competenze e le responsabilità delle figure professionali disciplinate per legge (fornitore di prodotti e sistemi, progettista, direttore dei lavori, collaudatore, ecc).

3. Addestramento ed esame di certificazione.

Per ogni profilo poc'anzi individuato, la prassi individua un vero e proprio "piano di studi" (chiamati nella prassi "requisiti minimi in termini di conoscenza ed addestramento") che il candidato interessato a conseguire la certificazione (c.d.) "di terza parte" deve aver conseguito e dimostrare di possedere tramite la produzione di documentazione.

Per la preparazione all'esame di certificazione "parte generale" – propedeutico per l'accesso all'esame di certificazione per le figure di AC e TS – la durata minima dovrà essere pari a 16 ore e può essere impartita sia in didattica frontale che con didattica a distanza in modalità sincrona (con il tracciamento della presenza dei partecipanti).

Per la preparazione all'esame di certificazione "parte specifica" la durata minima dovrà essere pari a 8 ore per CS, 8 ore per AC ed a 60 ore per TS (che può scendere a 30 ore nel caso in cui i candidati dimostrino un'esperienza documentata di almeno due anni con ruoli

di progettista, direttore lavori, collaudatore, direzione di un laboratorio prove materiali da costruzioni, ecc).

Per ogni figura professionale l'addestramento deve essere svolto sotto la guida e la responsabilità di un TS certificato o in alternativa – per i primi tre anni di applicazione della prassi ovvero fino al 2026 - qualificato come “grandparent” dall'organismo di certificazione.

4. Conclusioni.

Ho avuto l'opportunità di prendere parte al tavolo tecnico coordinato da UNI per la redazione della UNI/PdR 153, insieme ad altri 26 componenti esperti e rappresentanti dell'intera filiera che - quotidianamente - si vedono coinvolti nella progettazione di nuove miscele per la riparazione, il rinforzo, la protezione e per la manutenzione delle strutture in calcestruzzo armato posto in opera su opere civili ed infrastrutture strategiche: essi provengono dal mondo delle professioni, da quello accademico, istituzionale e da quello produttivo.

L'idea alla base della norma è quella di fornire al mercato – e quindi di “progettare” nel dettaglio formativo – tre figure professionali in grado di garantire la qualità di ogni fase dell'intervento edilizio di recupero e/o di consolidamento strutturale, un'esperienza illuminante ed altamente innovativa in un contesto complesso come quello delle costruzioni esistenti, che non è solamente una necessità tecnica ma assume un impegno verso la sicurezza pubblica.

Il “campo di gioco” in cui si contestualizzerà la presente prassi è già di per se piuttosto ricettivo e pronto verso i “sistemi di certificazione” ed ovviamente verso la “certificazione del personale” ed il mio primo auspicio è che le principali stazioni appaltanti nazionali sappiano, soprattutto nel breve periodo viste le numerose opportunità legate agli obiettivi individuati nel PNNR - Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza relativamente a “infrastrutture sostenibili e resilienti come condizione necessaria per uno sviluppo pieno e durevole”, recepire l'opportunità che questa “nuova regolamentazione” offre.

Utilizzo delle prove non distruttive per la valutazione di edifici, in assenza di progetti e disegni originari: come procedere

Marco Maria Parrini, Anna Isabella Piazza

Studio di Ingegneria Parrini, Milano

studio@marco-parrini.com

liberi Professionisti, Milano

Sommario

Si analizzano, nel presente articolo, attrezzature e metodologie di lavoro per l'esecuzione di prove non distruttive ad uso dei professionisti tecnici.

1. Introduzione

A ciascun professionista può succedere di trovarsi ad eseguire attività, oppure dover rispondere a domande precise di due diligence tecnica (ai sensi del Codice delle Valutazioni Immobiliari edito da Tecnoborsa) per un immobile di cui poco si conosce dal punto di vista tecnico.

Oppure può capitare di dover decidere interventi da eseguire su un immobile senza la possibilità di reperire informazioni tecniche affidabili.

Inoltre, anche in caso di esistenza di disegni costruttivi o altro, può accadere che l'immobile sia stato, nel tempo, trasformato o rimaneggiato, spesso in maniera arbitraria se non fuori dalla logica e senza documentazione attestante i cambiamenti.

Sicuramente una indagine visiva approfondita, avendo seguito un percorso formativo del tipo di quelli patrocinati periodicamente dalla Associazione MASTER, permette di partire con la corretta metodologia e preparazione.

In altre parole avere una certificazione di, almeno, "livello 2" ai sensi della UNI/PdR 56:2019, aiuta non solo a spiegare alla committenza quali sono le nostre competenze, ma anche direttamente sul campo a comprendere la tipologia di edificio che dobbiamo esaminare e quali sono le peculiarità in funzione della struttura costruttiva e delle successive, eventuali, modificazioni.

Risulta, semplificando, possibile imbattersi in strutture con murature portanti e solette di interpiano in legno, oppure in edifici più recenti "a cassa vuota" con solette in cemento armato gettato in opera, oppure ancora in strutture in XLAM o ferro/vetro.

In molti di questi casi, per non dire in tutti, non risulta sufficiente l'analisi esclusivamente visiva: approfondire la conoscenza dell'involucro edilizio con indagini non distruttive è sicuramente un metodo efficace di indagine.

Di seguito cercheremo di mettere in ordine di importanza diverse metodologie che possono essere applicate al fine di rispondere al quesito postoci.

Quando parliamo di “ordine di importanza” intendiamo affermare che ogni indagine non distruttiva permette di approfondire aspetti di carattere maggiormente generali o, talvolta, estremamente specifici. Si dovrà, pertanto, procedere con un certo ordine nell'utilizzo di tali tecniche, iniziando da quelle che forniscono informazioni a più ampia portata per concludere con quelle decisamente specialistiche di dettaglio.

Sulla base delle esperienze acquisite negli anni si proporrà una metodologia applicativa che non ha la pretesa di essere l'unica adottabile, ma semplicemente di confermare che, se si segue il processo come indicato, si arriva ad una valutazione sufficientemente completa.

Tale metodologia si potrà applicare in uno o più dei seguenti campi:

- due diligence immobiliare;
- redazione di un computo metrico per il rifacimento di una facciata sulla base dei reali interventi da mettere in campo e non solo sulla base del solo aspetto esteriore;
- fornire indicazioni sull'esecuzione di un intervento di riparazione/rifacimento di una copertura lignea individuando l'effettivo lavoro da eseguire e non una generica “ricostruzione totale”;
- prescrivere metodologie operative per il ripristino di murature dove la malta di allettamento ha perso consistenza sia per la vetustà della muratura, sia per la presenza di infiltrazioni o umidità di risalita.

È sempre fondamentale ricordare che, parafrasando quanto affermato da un grande Maestro decoratore Franco Fogliata: “il muro è l'ossatura, le malte sono la carne ed i muscoli, e l'intonaco e la pittura sono la pelle. Tutti questi elementi sono legati tra loro in modo imprescindibile e dipendono uno dall'altro”.

Si riportano in bibliografia le principali norme relative agli strumenti che andremo ad elencare nonché qualche testo utile per approfondimenti.

2. Elementi di indagine successivi all'esame visivo

Di seguito si riportano le tipologie di indagine più utilizzate dal nostro Studio di Ingegneria motivandone, in maniera sommaria, le scelte.

a. Rilievo dell'edificio o della porzione di edificio

Un rilievo accurato è di fondamentale importanza per “mettere su carta” ciò che abbiamo visto con gli occhi. Le informazioni raccolte in un sopralluogo visivo sono talmente tante da non potersi affidare alla sola memoria per ricordarle: affiancare un disegno (in pianta o prospettico, in funzione di ciò che stiamo analizzando) consente di rimembrare, ovvero di rivalutare a posteriori (al ritorno in ufficio) tutte le “percezioni” che abbiamo raccolto.

Avere davanti ai propri occhi una planimetria complessiva degli spazi che si stanno indagando permette, in particolare, di orientarsi nel riscontro di alcuni elementi o problematiche, spesso collegandoli, al di là delle murature o dei solai tra i vari ambienti.

b. Utilizzo di fotografie e di misurazioni 3D

Inutile affermare che la fotografia ha assunto negli anni un ruolo fondamentale anche nella fase di indagine. In aggiunta alle usuali macchine fotografiche con ottiche intercambiabili e zoom, è consigliabile utilizzare anche strumenti in grado di realizzare fotografie con possibilità di misurazione in 3D.

Questo sistema, decisamente meno costoso degli strumenti tipo laser scanner, permette di rilevare misure altrimenti non rilevabili tra cui, ad esempio: interasse di sottomensola reggi balcone, dimensione di travi di colmo non raggiungibili ecc. La fotogrammetria stereofonica deve essere abbinata ad un sistema di illuminazione adeguato al fine di poter individuare più facilmente i punti di misura.

Le misurazioni vanno poi eseguite su uno schermo di computer, utilizzando il mouse come puntatore, in quanto lo schermo dello strumento non risulta avere dimensione sufficiente per effettuare misurazioni precise.

c. Battitura con martello, asta o altri sistemi

Questi semplici strumenti consentono di fornire una prima indicazione sulla consistenza della costruzione (quello che si deve battere sono le pareti, i solai, i vani scala, le travi di legno di una copertura, le pavimentazioni dei balconi, i sottofinestra ecc.)

Le indicazioni che si otterranno riguardano in prima analisi l'omogeneità o meno e la consistenza del materiale percosso.

L'operazione di battitura deve essere se possibile eseguita con due mani (e due orecchie): una mano percuote col martello e l'altra mano viene appoggiata con il palmo aperto, in vicinanza del punto di battitura. Quest'ultima "percepisce" così l'eventuale vibrazione della struttura, mentre le orecchie ascoltano la "frequenza del suono" in termini di frequenza bassa o alta che sia.

Ciò che principalmente importa, nell'operazione di battitura, non è solo la frequenza della risposta alla percussione, ma anche la variazione della frequenza in funzione del punto battuto. Tale sistema consente di individuare diverse tipologie di situazioni edilizie alcune delle quali sono di seguito indicate:

- distacco di intonaco o di piastrelle;
- presenza di fessurazioni non visibili ad occhio nudo;
- presenza di cavità come canne fumarie, nicchie ecc.;
- cambio di materiale della struttura se rivestita da intonaco;

- nelle travi di legno consente di determinare l'eventuale presenza di cavità all'interno della trave a seguito, anche, di attacchi da insetti xilofagi, o per presenza di parti marcite, spesso nascosti proprio nel tratto di innesto della trave nella muratura.

d. Indagine termografica

L'utilizzo di indagine termografica, anche solo di tipo qualitativo, è sicuramente il primo passo da compiere successivamente all'analisi visiva.

La termocamera consente di allargare la conoscenza oltre il campo del visibile, sfruttando le differenze di temperatura tra gli elementi; è in grado, pertanto, di fornire preziose informazioni su diversi importanti aspetti quali:

- posizione dei travetti nei solai (potendo fare anche valutazioni sulla tipologia di solaio);
- esistenza di pareti di spessore limitato a seguito dell'esistenza di canne fumarie;
- esistenza di scalfiture nel muro per la creazione di brecce per la posa di tubazioni di impianti elettrici o altro;
- esistenza di zone con infiltrazioni attive.

Uno dei limiti dell'uso della termografia è spesso dato dalla presenza di sorgenti luminose in prossimità del punto da analizzare: la temperatura della sorgente può inficiare la ricerca. Altro limite, più importante, della termocamera è rappresentato dal principio di funzionamento stesso dello strumento: rilevando differenze di temperatura è difficile eseguire indagini di tipo qualitativo nelle stagioni più calde dove vi è, sostanzialmente, un equilibrio termico tra i vari elementi sotto esame.

È vero, comunque, che sulle temperature dell'ambiente si può agire anche alterando le situazioni con sistemi di condizionamento locale, ma tale tecnica è riservata, perlopiù, alla valutazione dei ponti termici o ad analisi specifiche che esulano dall'ambito del nostro scritto.

Per completare la breve dissertazione sull'uso della termocamera, si deve precisare che il suo uso (nel caso di ricerca di infiltrazioni o presenza di umidità) deve essere abbinato a quello dell'igrometro (si veda anche un paragrafo successivo, destinato a tale strumento).

Ultima nota: risulta importante, anche in questo caso, aver seguito un percorso di certificazione delle competenze ai sensi della UNI PdR 56:2019. L'aver seguito una certificazione di carattere "industriale" ai sensi della norma UNI EN ISO 9712 permette di avere conoscenza sull'uso della termocamera, ma aiuta nell'ampliamento di conoscenze necessarie relativamente al settore edile.

e. Datalogger per la misura della temperatura ambiente e dell'umidità relativa

Sono strumenti di facile utilizzo in grado di rilevare con oggettività le condizioni ambientali dell'involucro sotto esame.

Hanno molteplici scopi: dal validare le condizioni ambientali rilevando presenza di umidità al fine di riconoscere aree con pericolo di condensa superficiale (e conseguente rischio

muffa) al riconoscere la stratigrafia dell'aria all'interno di un ambiente (p.e. sale museali). Sono utili anche per validare i parametri ambientali di prova.

È necessario avere a disposizione datalogger che consentono tempi di misura che variano da un paio di secondi a intervalli di un'ora, così da poter impostare il corretto parametro di campionamento, in base all'obiettivo dell'indagine.

L'attivare la misurazione dei data logger all'inizio delle operazioni con intervalli di misura piuttosto stretti è assolutamente consigliabile.

Si suggerisce di eseguire taratura periodica dei datalogger posizionandoli in un ambiente con parametri ambientali in quiete per verificare che le letture degli stessi siano all'interno del range di tolleranza dichiarato dal produttore.

f. Strutture in legno

Se si devono esprimere giudizi su travi di legno (ad esempio strutture di coperture o di solai piani) è utile ricorrere al resistografo da legno, da usare sempre, in abbinamento con un igrometro da legno.

L'utilizzo del resistografo deve essere attentamente valutato.

I punti, di norma, maggiormente critici, in travi non attaccate da insetti, sono in corrispondenza degli innesti nella muratura, in quanto, in caso di infiltrazioni, l'umidità evapora dal legno in tempi più lunghi per la presenza del materiale da costruzione che circonda la trave (mattone, malta, cemento) che rallenta l'asciugatura della trave.

È necessario ricordare che la specie legnosa della trave o del componente ligneo deve essere specificata, almeno a livello macro: il riconoscimento è facilmente eseguibile prelevando una porzione del legno da analizzare e visionando le sezioni trasversale e tangenziale con una opportuna lente di ingrandimento o microscopio ottico. La sezione trasversale metterà in luce caratteri anatomici del legname in esame come la presenza di vasi, la porosità dell'anello, mentre la superficie tangenziale evidenzierà caratteri non anatomici quale durame più o meno differenziato.

Un'analisi degli anelli di accrescimento, correttamente eseguita, può portare, con una corretta (non intuitiva) analisi dendrocronologica, alla datazione della trave.

L'individuazione della specie consente anche di attribuire le proprietà fisiche alla trave in esame, necessarie per eventuali calcoli di verifica strutturale.

L'analisi degli elementi in legno si concluderà anche con analisi visiva, individuando le tipologie di difetti presenti, quali nodi, cipollature, fessurazioni da ritiro, carie, attacchi da insetti, sacche di resina, inclusioni di corteccia (difficilmente visionabili in ambienti poco illuminati e polverosi come la maggior parte dei solai).

g. Igrometro per muratura e igrometro per legno

Igrometro in generale: ce ne sono diversi tipi ma quelli più usati individuano l'umidità tramite il metodo di misurazione della resistenza elettrica o della conducibilità, ovvero si basano sul fatto che i parametri elettrici risultano influenzati dalla umidità presente nel materiale sotto indagine.

Igrometro per muratura

si suggerisce l'uso di un igrometro a puntali oppure capacitivo. Gli igrometri capacitivi (alcune volte definiti "a contatto") non sempre sono in grado di fornire valori corretti soprattutto se vi è presenza di tubazioni metalliche nella zona da indagare. Ottimo, in questo campo è l'igrometro a sfera. Si raccomanda sempre di agire per confronto, ovvero di rilevare il valore fornito dallo strumento sia su superfici asciutte sia su superfici con presenza di infiltrazione. Utile utilizzare un igrometro con possibilità di sostituzione degli elettrodi potendo sfruttare anche quelli a spazzola e piatti, per indagare all'interno di fori o su giunti di espansione o bordi.

Igrometro per legno

si raccomanda, nel caso di indagini su travi, l'uso di un igrometro con elettrodo a battente e punte parzialmente isolate in teflon, per la misurazione dell'umidità degli strati e del nucleo, senza che venga misurata l'umidità della superficie.

h. Pacometro

Lo strumento nasce per verificare presenza e posizione dei ferri di armatura di una struttura in cemento armato, sfruttando il principio dell'induzione magnetica.

Un buon pacometro consente però, anche, di individuare la presenza di altri componenti ferrosi all'interno delle strutture: risulta particolarmente utile per indagare lo stato delle mensole sotto balcone, con anima metallica e ricopertura in materiale cementizio (si veda l'articolo presente all'interno del medesimo numero di Master Magazine). Si deve sapere che non tutti i pacometri sono ugualmente validi: la scelta del corretto strumento è fondamentale.

i. Sclerometro con incudine di taratura

Questo strumento risulta utile solo in caso di presenza di murature in cemento armato. Si ricorda che è necessario abbinare le rilevazioni all'uso dell'incudine di taratura.

Di norma, trattandosi di strumento utile per analisi su cemento armato, è raro che si trovino edifici con tale materiale senza disegni costruttivi.

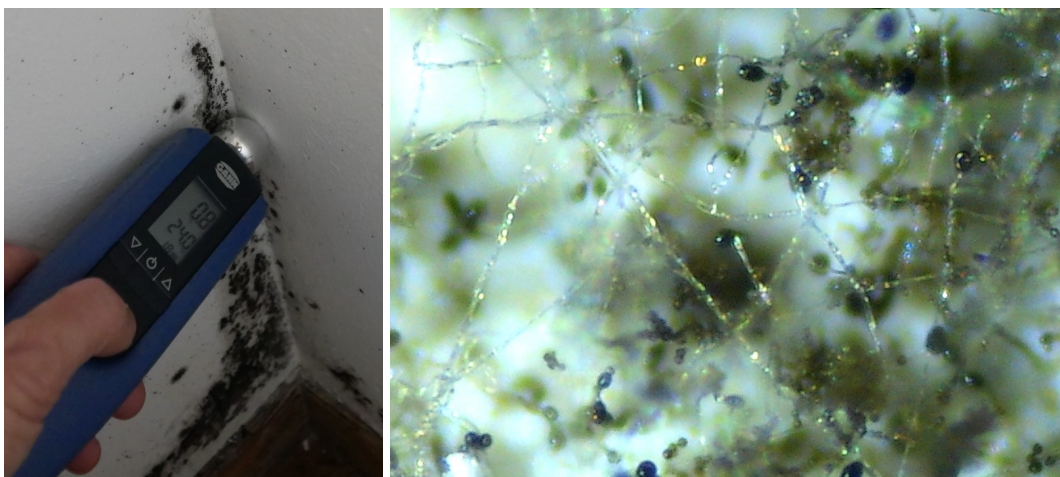
j. Microscopio ottico

Questo strumento è utile nell'analisi di muffe o croste (presenti di norma al piano cantinato) e consente, quanto meno, di determinare in maniera oggettiva l'appartenenza al mondo delle muffe o a quello dei sali per le croste rinvenute. È necessario dotarsi di contenitori puliti e chiusura a vite per la raccolta di campioni da analizzare in ufficio, dove è fondamentale avere uno schermo sufficientemente grande (da collegare al microscopio ottico) per apprezzare l'ingrandimento del microscopio.

Da un'analisi al microscopio ottico si evince se i campioni di croste/muffe/efflorescenze prelevati sono di natura salina, riconducibili, pertanto, a situazioni di cristallizzazioni di sali solubili, dovuti alla contaminazione degli elementi contenuti nei materiali edili (solfato di calcio, sodio, potassio, magnesio) con l'acqua presente nel terreno circostante.

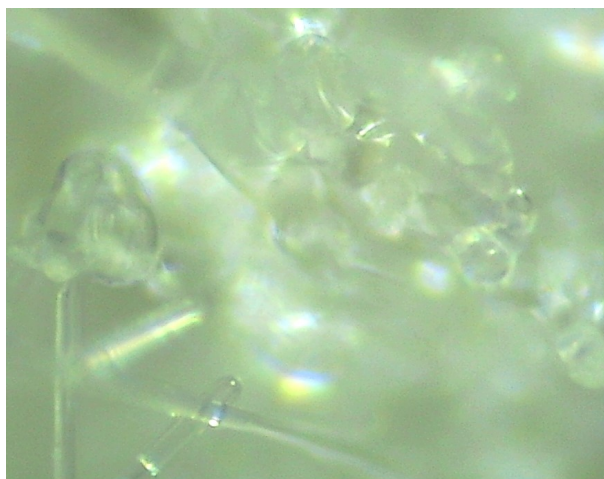
L'individuazione a mezzo di microscopio consente di avere dati inequivocabili sulla natura delle croste, così da determinare in maniera puntuale la tipologia di intervento risanatore da mettere in atto.

Si allegano di seguito alcune foto esemplificative di quanto affermato.



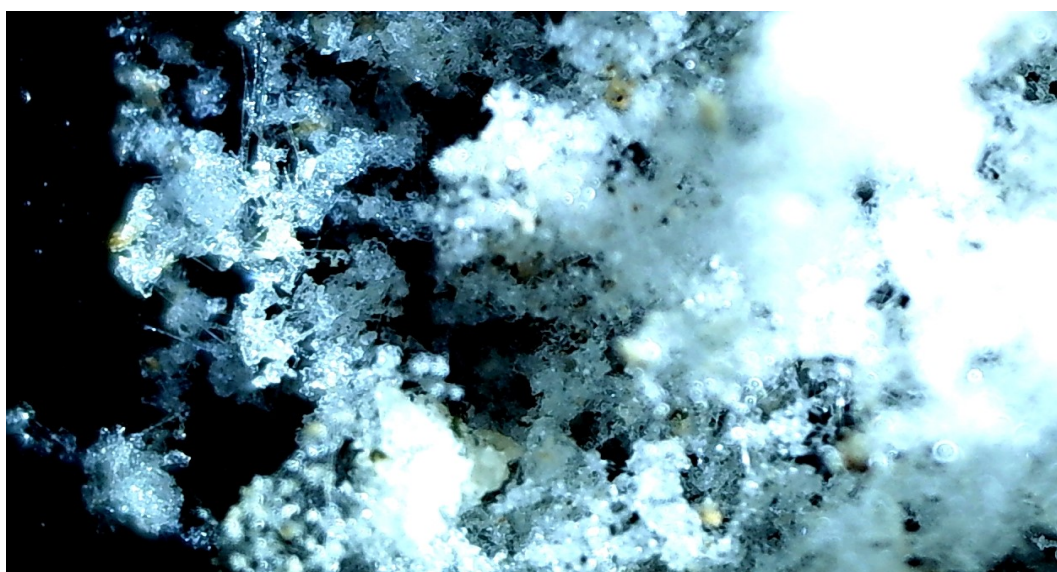
Esempio di muffa da condensa su parete interna (a sinistra) e relativa immagine al microscopio (a destra); la muffa è compatibile con il tipo *Stachybotrys chartarum*.
Strumento utilizzato: microscopio ottico modello Peak 2054 con kit Alpha-k10 (marca LIPPOLIS Optical Video Technology)



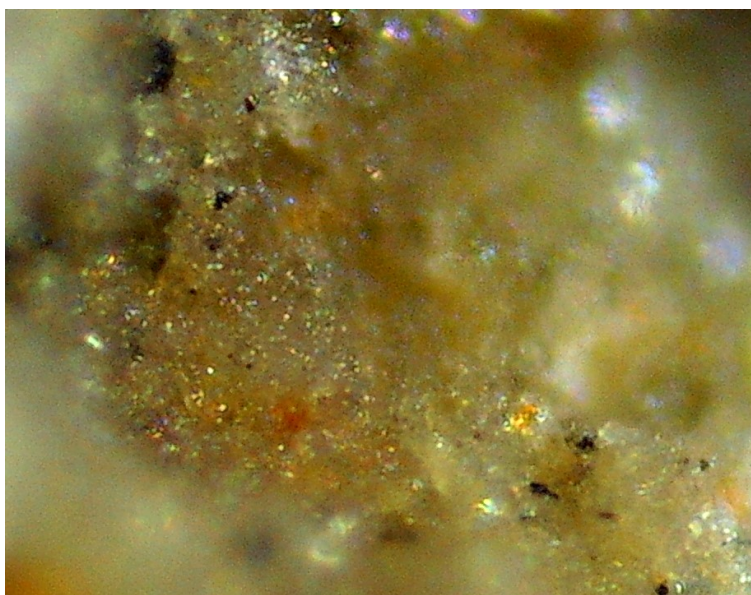


Esempio di efflorescenza salina su colonna lapidea (a sinistra) e relativa immagine al microscopio (a destra).

Strumento utilizzato: microscopio ottico modello Peak 2054 con kit Alpha-k10 (marca LIPPOLIS Optical Video Technology)



Ulteriore immagine al microscopio dell'efflorescenza salina presente sulla medesima colonna lapidea. Strumento utilizzato: microscopio ottico modello Peak 2054 con kit Alpha-k10 (marca LIPPOLIS Optical Video Technology)



Esempio di prelievo di un campione di crosta (a sinistra) e relativa analisi al microscopio (a destra): si noti l'alta presenza di sali.

Strumento utilizzato: microscopio ottico modello Peak 2054 con kit Alpha-k10 (marca LIPPOLIS Optical Video Technology)

k. Endoscopia e videoispezione

Questi strumenti sono utili per l'indagine delle intercapedini dei solai, al fine di valutare la tipologia degli stessi.

Nel caso di travi di legno rivestite è possibile indagare lo stato reale della trave fino all'innesto della muratura (se si dispone di un cavo sufficientemente lungo). Il diametro della sonda deve essere non superiore a 5,5 mm per gli endoscopi e non superiore a 10 mm per la videoispezione.

In altri casi la strumentazione qui descritta permette anche la verifica dei cordoni di saldatura per le parti non in vista.

l. Bolle, livelle e inclinometro

Sono strumenti indispensabili per il corretto rilievo dell'inclinazione delle coperture, ma risultano necessari anche per la valutazione delle pendenze o degli avvallamenti di solai. Consentono anche di comprendere alcune efflorescenze presenti in facciata dovute a errata pendenza del ballatoio o del balcone.

m. Anemometro a ventolina

Trattasi di strumento molto semplice, piccolo e leggero, importante nel caso si debba validare la presenza di circolazione dell'aria. L'uso più frequente avviene per verificare il corretto funzionamento dei vespai e per l'individuazione della presenza di un flusso d'aria in condotte di scarico.

n. Termometro a puntale

È uno strumento a contatto, utile se dotato di un lungo puntale (10 cm) che possa quindi consentire di indagare le cavità, grazie alla sua conformazione.

Di fatto è possibile utilizzare un termometro da arrosti (adatto anche per uso nell'edilizia).

o. Rilevatori di gas Radon

Sia la L.R. n.3/2022 sia il D.Lgs n.101/2020 prevedono l'obbligo di rilevamento delle radiazioni radon nei locali interrati che si configurano come luoghi di lavoro. Tale rilevamento deve essere effettuato con strumentazioni fornite da laboratori autorizzati e deve coprire un periodo di tempo di almeno 12 mesi, fornendo un dato medio di radiazione in Bq/mc.

Si ricorda che il valore limite annuale medio di radiazione ammessa risulta, oggi, è pari a 300 Bq/mc annuo per gli edifici esistenti e 200 Bq/mc annuo per edifici nuovi.

Le indagini che possiamo mettere in campo (se si possiede adeguata preparazione) possono essere effettuate esclusivamente con lo scopo di poter prevedere la tipologia di mitigazione necessaria nel caso siano previsti lavori futuri di ristrutturazione.

Il compito di un professionista è quello di mettere a conoscenza la committenza del maggior numero di informazioni possibile, anche per scopi che possono non essere completamente esplicitati dalla committenza in fase di ordinativo delle indagini

3. Tarature della strumentazione

Al fine di fornire un report completo e corretto non solo dal punto di vista procedurale, ma anche dal punto di vista della validità dei risultati presentati, oltre alla tipologia di strumentazione utilizzata (marca, modello, numero di serie), risulta necessario dare evidenza del corretto funzionamento della strumentazione. Nel caso in cui non siano

disponibili certificati di calibrazione, si dovrà procedere alla realizzazione di test periodici di taratura della strumentazione. Tali procedure possono essere eseguite con la cadenza che si ritiene opportuna, ma è necessario fornire evidenza dell'avvenuta taratura.

Per le sonde datalogger abbiamo visto il tipo di taratura che si può eseguire in house, ma anche strumenti come il pacometro possono essere verificati per mezzo di "scatole" con opportuni fori in cui inserire diversi diametri di barre di acciaio e verificando la corretta lettura dello strumento sia nell'identificazione del diametro della barra sia nella valutazione della corretta distanza dalla superficie di appoggio del pacometro.

In tal modo, seppur non si ottempera ai requisiti di taratura di un laboratorio certificato, quanto meno si dimostra di eseguire un controllo periodico delle attrezzature prive di certificato di calibrazione.

4. Scelta della strumentazione e scelta del fornitore della strumentazione

Se è vero che non tutti gli strumenti sono uguali, è vero anche che non tutte le Società di commercializzazione della strumentazione lo sono.

Prima dell'acquisto della strumentazione il professionista è portato in palmo di mano dai venditori di strumentazione, salvo poi, essere immediatamente "dimenticato" non appena pagata la strumentazione.

In linea di massima si deve fare molta attenzione ai seguenti punti:

- verificare le marche trattate da ciascun rivenditore;
- verificare la struttura organizzativa di ciascun venditore;
- cercare di capire se il rivenditore fornisce grossi gruppi, enti pubblici o altre imprese che sono in grado di fare ordini massivi e ripetuti nel tempo. Noi liberi professionisti, spesso, siamo piccoli e con limitata capacità di investimento. In altre parole a volte risultiamo quasi più di intralcio all'organizzazione del Venditore che un cliente da fidelizzare.

Quanto sopra vale più per il settore industriale che per il settore edile, ma la scelta del fornitore richiede tempo e particolare attenzione.

5. Conclusioni

Quanto sopra illustra una metodologia applicativa che, senza la pretesa di essere l'unica adottabile, permette di arrivare, se si segue il processo indicato, ad una valutazione completa.

In aggiunta si è dimostrato come le prove non distruttive possano essere patrimonio utile per diverse tipologie professionali, a partire dai liberi professionisti che hanno il compito di rispondere o di trovare soluzioni a problemi che risultano, spesso, molto più complessi di quanto si possa credere a prima vista. Un attento e consapevole uso delle tecniche non distruttive consente di poter affrontare gli incarichi con maggiore conoscenza, confidenza e consapevolezza e fornendo risultati validati e completi.

In altre parole, chi crede che le tecniche non distruttive debbano essere appannaggio solo dei laboratori autorizzati in accordo alla Circolare 633 del 03/12/2019 è in errore e non riconosce il diverso ruolo dei liberi professionisti nell'uso di tali metodologie.

Essere in grado di inserire quanto indagato in un quadro generale sull'edificio resta appannaggio dei liberi professionisti, senza nulla togliere alle competenze dei laboratori di cui alla Circolare 633.

Resta indubbia l'importanza di una formazione comune per liberi professionisti e tecnici che operano nell'ambito di Laboratori certificati per prove in situ: percorsi di certificazione delle competenze ai sensi della UNI PdR 56:2019 devono diventare il punto di riferimento comune per chiunque intenda operare nell'ambito delle prove non distruttive.

La competenza nell'uso di prove non distruttive, deve essere omogenea sia per i tecnici di laboratorio che per i liberi professionisti certificati, per quanto i due attori hanno finalità diverse.

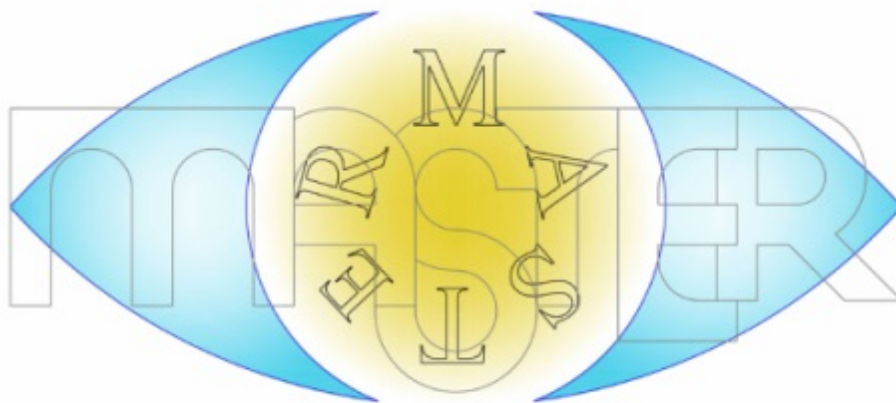
Ciò risulta ancor più corretto in quanto il libero professionista oltre ad essere in grado di inserire quanto indagato in un quadro generale sull'edificio, deve fornire indicazione su dove eseguire le prove ai laboratori per prove in situ e deve interpretare i risultati delle prove condotte da questi ultimi.

Non si comprende, infatti, come possa accadere ancora oggi che un professionista possa prescrivere le prove da eseguire anche solo per un collaudo statico, senza avere una preparazione certificata, al pari dei tecnici dei laboratori di cui alla Circolare 633 del Consiglio Superiore dei lavori Pubblici.

Bibliografia:

1. Codice delle valutazioni immobiliari, cap 15, paragrafo 5 "Due diligence, contenuto della relazione di stima e compiti dell'esperto", edito da Tecnoborsa 2018;
2. UNI/PdR 56:2019 "Certificazione del personale tecnico addetto alle prove non distruttive nel campo dell'ingegneria civile";
3. "Lo stuccatore - Decoro e ornamento: Compendio di Franco Fogliata", edito da Il Prato Publishing House, 2022;
4. UNI EN 6781-1:2023 "Prestazione degli edifici - Rilevazione di irregolarità di calore, aria e umidità negli edifici mediante metodi a infrarossi - Parte 1: Procedure generali" e "Parte 3: Qualificazione degli operatori, delle attrezzature, degli analisti dei dati e dei redattori dei rapporti";
5. UNI EN ISO 13788:2013 "Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e la condensazione interstiziale - Metodi di calcolo";
6. UNI 11119:2004 "Beni culturali – Manufatti lignei: strutture portanti degli edifici – Ispezione in situ per le diagnosi degli elementi in opera;
7. UNI 11035-1:2022 "Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 1: Conifere a sezione rettangolare";

8. BS 1881-204:1988 "Recommendations on the Use of Electromagnetic Covermeters";
9. UNI EN 12504-2:2022 "Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 2: Prove non distruttive – Determinazione dell'indice sclerometrico";
10. Enrico Bevilacqua: "Restauro delle strutture in legno – Tecniche di consolidamento strutturale" edito da Il Prato Publishing House, 2018;
11. Franco Augelli: "La diagnosi delle opere e delle strutture lignee. le ispezioni" edito da Il Prato Publishing House, 2006;
12. Gianangelo Cagnol: "Tecnologia edilizia- Materiali e progettazione di elementi costruttivi" edito da Tecnologos 2002;
13. Massimo Mariani: "Trattato sul consolidamento e restauro degli edifici in muratura" edito da Dei-Tipografia del Genio Civile 2012;
14. Massimo Mariani: "Consolidamento delle strutture lignee con l'acciaio" edito da Dei-Tipografia del Genio Civile 2004;
15. Massimo Mariani: "Particolari costruttivi nel consolidamento e restauro" edito da Dei-Tipografia del Genio Civile 2014;
16. Stefania Franceschi e leonardo Germani: "Il degrado dei materiali nell'edilizia – cause e valutazione delle patologie" edito da Dei-Tipografia del Genio Civile 2012;
17. D. Watt: "Building Pathology" Bleckwell Publishing 2008.



Materials and Structures Testing and Research
www.associazionemaster.org