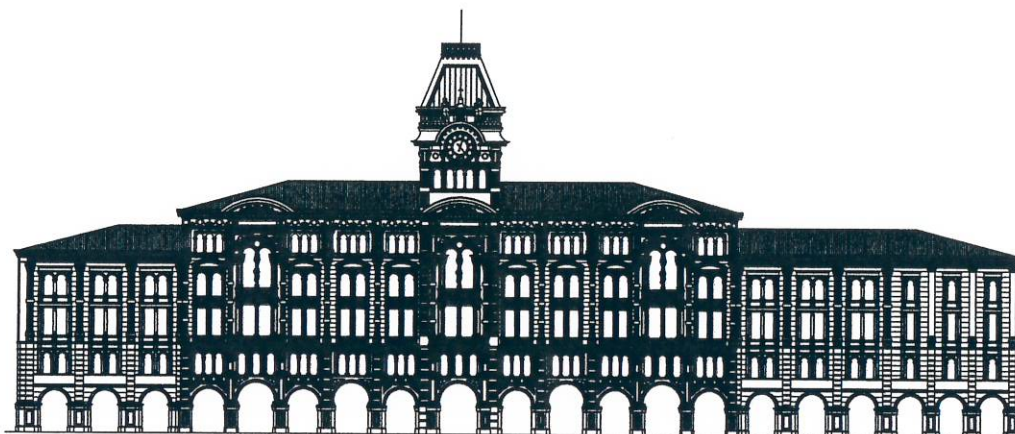


# COMUNE DI TRIESTE

## AREA LAVORI PUBBLICI FINANZA DI PROGETTO E PARTERNARIATO SERVIZIO EDILIZIA PUBBLICA



Edificio municipale di Piazza Unità: sondaggi strutturali e vulnerabilità sismica  
Progettazione delle indagini sulla struttura finalizzate all'esecuzione della verifica sismica  
Relazione descrittiva delle indagini da eseguire

OGGETTO

**INDAGINI STRUTTURALI AI FINI DELLA VERIFICA SISMICA**

PROGETTISTA

**ING GIORGIO ALTIN**

VIA DONIZETTI 1 - 34133 TRIESTE

TEL E FAX 0402463783



DISEGNO

**RELAZIONE DESCRITTIVA**

FASE PROGETTUALE

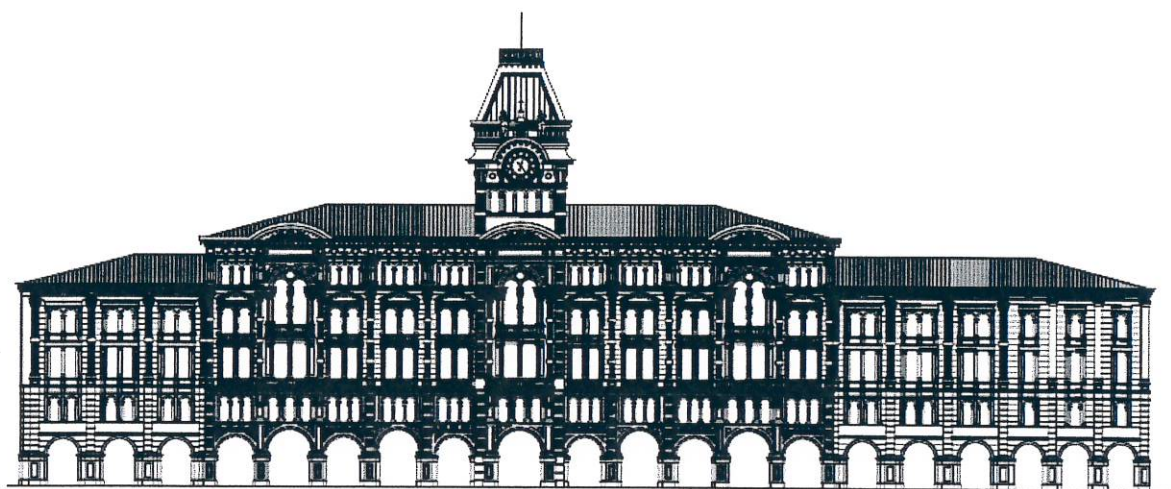
**PROGETTO ESECUTIVO**

SCALA	INDICATA	AUTORE	PROGETTO-NR.	OGGETTO-NR.	DISEGNO-NR.	OPERA	INDICE
DISEGNATORE	.	G.A.	09_10	/	9	SISM.	
DATA	02/01/2018						
VERIFICATO	.						
DIMENSIONE FOGLIO	A4						
TAV S.2							

# COMUNE DI TRIESTE

AREA LAVORI PUBBLICI FINANZA DI PROGETTO  
E PARTERNARIATO

SERVIZIO EDILIZIA PUBBLICA



**Edificio municipale di Piazza Unità: sondaggi  
strutturali e vulnerabilità sismica**

**Progettazione delle indagini sulla struttura  
finalizzate all'esecuzione della verifica sismica**

**Relazione tecnico illustrativa**

***Ing. Giorgio Altin – Via G. Donizetti 1 – Trieste***



## 1. Premessa

La presente relazione tecnico illustrativa è inerente le indagini da effettuare sull'edificio sede del Comune di Trieste e sito in Piazza Unità d'Italia.

Nel redarre la presente relazione si fa riferimento a quanto prescritto nelle seguenti norme:

- Norme tecniche sulle costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del C.S.LL.PP.
- *“Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale – allineamento alle nuove Norme tecniche per le costruzioni”*. Dirett. Pres. Cons. Min. 09/02/2011

Le indagini verranno progettate con l'obiettivo di soddisfare i requisiti previsti per il livello LC3 di conoscenza del manufatto come definito nella normativa suddetta.

---

## 2. Indagine ingegneristica conoscitiva sull'edificio

---

L'indagine dovrà essere svolta coerentemente con quanto riportato sulle *“Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale – allineamento alle nuove Norme tecniche per le costruzioni”*.

In particolare, nelle linee guida suddette, viene esplicitato che il percorso di conoscenza del fabbricato può essere riassunto nei seguenti punti:

1. l'identificazione della costruzione, la sua localizzazione in relazione a particolari aree a rischio, ed il rapporto della stessa con il contesto urbano circostante;
2. il rilievo geometrico della costruzione nello stato attuale, inteso come completa descrizione stereometrica della fabbrica, compresi gli eventuali fenomeni fessurativi e deformativi;

3. l'individuazione della evoluzione della fabbrica, intesa come sequenza delle fasi di trasformazione edilizia, dall'ipotetica configurazione originaria all'attuale;
4. l'individuazione degli elementi costituenti l'organismo resistente, nell'accezione materica e costruttiva, con una particolare attenzione rivolta alle tecniche di realizzazione, ai dettagli costruttivi ed alla connessioni tra gli elementi;
5. l'identificazione dei materiali, del loro stato di degrado, delle loro proprietà meccaniche;
6. la conoscenza del sottosuolo e delle strutture di fondazione, con riferimento anche alle variazioni avvenute nel tempo ed ai relativi dissesti.

## **2.1 Identificazione della costruzione**

In merito al punto 1, è chiaro che l'individuazione della costruzione non può prescindere dalla sua conoscenza storica. La ricerca storica completa dovrà ricostruire, per quanto possibile, l'evoluzione del processo progettuale e costruttivo dell'immobile.

## **2.2 Rilievo geometrico della costruzione e rilievo materico – stato di conservazione**

Relativamente al punto 2, il rilievo geometrico della costruzione deve permettere di ottenere le dimensioni di tutte le murature portanti e non dell'edificio. Le murature portanti dovranno essere rilevate con particolare attenzione ad eventuali restringimenti delle sezioni nei sottofinestra, nicchie e camini, canne fumarie o passaggi di impianti. Il fine deve essere quello di rilievo delle effettive sezioni resistenti degli elementi murari. Contestualmente dovranno essere rilevati i fenomeni fessurativi classificandoli in funzione dell'importanza delle lesioni in modo che si possa tenerne conto opportunamente in fase di calcolo. I solai dovranno essere rilevati sia nella loro geometria che nella loro composizione strutturale in modo che siano chiaramente individuabili i materiali gli spessori e quindi i pesi, strutturali e non, impegnati.

**Tecniche da utilizzare per il rilievo architettonico:**

- Misure celerimetriche, integrate da un rilievo di inquadramento con stazione totale, è volto alla descrizione degli spazi interni ed esterni

**Tecniche da utilizzare per il rilievo dello stato deformativo:**

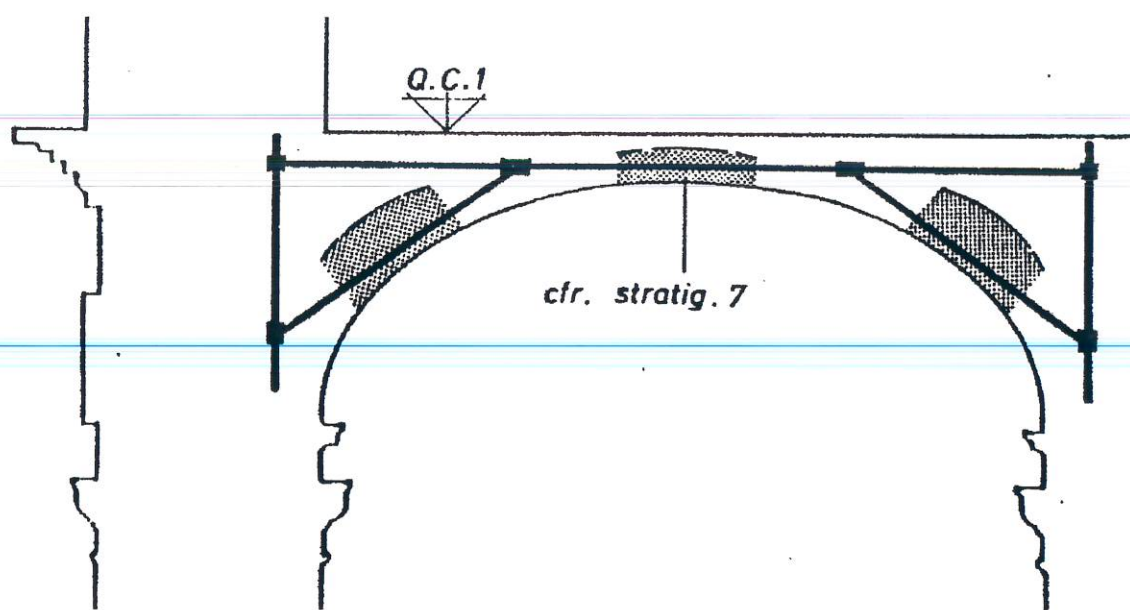
- La tecnica di rilievo a scansione laser tridimensionale è consigliabile nel caso di grandi volumi voltati qualora siano evidenti o sospette frecce anelastiche dei sistemi di solaio (loggiato al pianoterra);



## 2.3 Individuazione degli elementi costituenti l'organismo resistente, nell'accezione materica e costruttiva – dettagli costruttivi e connessioni

Le indagini sugli elementi costituenti l'organismo resistente avranno l'obiettivo di individuare le tipologie dei materiali impiegati, il metodo di posa e gli eventuali collegamenti esistenti, ammorsamenti, tirantature e dettagli costruttivi in generale. In presenza di elementi murari composti da materiali differenti si dovrà porre particolare attenzione alla ricerca di eventuali collegamenti presenti tra gli stessi. Ad esempio, nel caso di colonne rivestite in materiale lapideo, si dovrà accertare la modalità di esecuzione del nucleo, il materiale e gli eventuali collegamenti tra i diversi elementi lapidei.

Nel caso di indagine sui solai a volte si dovrà accertare l'eventuale presenza di tirantamenti nascosti. Si veda la figura 1 che illustra una prassi costruttiva di realizzazione del tirantamento in un solaio a volta.



*Fig. 1– Esempio di tirantamento nascosto in una volta a botte eventualmente da individuare in fase di indagine*

Tecniche da utilizzare per il rilievo strutturale dei componenti il meccanismo resistente , murature e solai

- Le tecniche adottate per l'indagine strutturale possono essere la termografia, le prospezioni georadar ad alta frequenza, le tecniche vibrometriche e fonometriche, le videoendoscopie. La sigla che verrà utilizzata per individuare questo tipo di indagini sarà la RS seguita dal numero progressivo che la distingue per la posizione in pianta e dal nome dell'elemento indagato. Esempio RS1M indica l'indagine di rilievo strutturale in posizione 1 sulla muratura.

RS3S indica l'indagine di rilievo strutturale in posizione 3 sul solaio.

- La tessitura muraria viene indagata asportando delle specchiature di intonaco di dimensione 100x100cm e rilevando tipologia, forma, disposizione organizzata dei mattoni e/o conci murari

Nella fig. 1 si rappresenta il risultato di un'indagine sulla tessitura muraria:

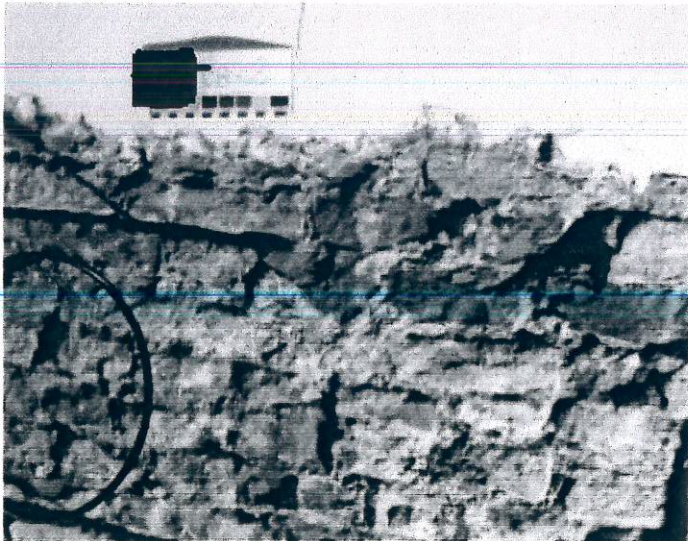
INDAGINE ID 2 - RILIEVO TESSITURA MURARIA				
PARTE D'OPERA: MURATURA TRASVERSALE - PIANO INTERRATO		DATA PROVE: 13/03/14		
		Tipologia di muratura		
		Muratura in mattoni pieni e malta di calce		
		Ricorsi e/o listature		
		ASSENTI	✓	PRESENTI
		Paramenti semplicemente accostati o mal collegati		
		PRESENTI	✓	ASSENTI
		Collegamenti trasversali		
		ASSENTI	✓	PRESENTI
		Dimensione muratura [cm]		
		spessore	80	intonaco 2 ambo i lati
		Dimensione dei blocchi [cm]		
		MIN	26	x 13 x 5.5
		MAX	26	x 13 x 5.5
		Tessitura a regola d'arte		
				M
		Caratteristiche della malta		
				M
		Regolarità dei giunti di malta		
				M
		S = SCARSA M = MEDIA B = BUONA		
		Dimensione dei giunti di malta [mm]		
		ORIZZONTALI	MIN	10 15 MAX
		VERTICALI	MIN	0 30 MAX
Note: muratura trasversale portante - malta color nocciola laborabile a punta con elevata presenza di calcinelli				

Fig. 2- Scheda riassuntiva del risultato di un'indagine di tessitura muraria

La sigla che verrà utilizzata per individuare questo tipo di indagini sarà la TM seguita dal numero progressivo che ne la distingue per la posizione in pianta.



Nell'elaborato grafico allegato verranno individuati i punti in pianta in cui si richiede l'effettuazione di una o più delle suddette tecniche di indagine.

## **2.4 Individuazione dei materiali utilizzati e delle relative proprietà meccaniche**

I parametri meccanici dei materiali costituenti l'apparecchiatura muraria possono essere indagati con prove in sito e con prove di laboratorio.

La scala geometrica dell'indagine può interessare i singoli materiali costituenti la muratura (malta e mattoni), concentrando le attività su di essi e ricostruendo i parametri meccanici dei singoli materiali in un approccio di tipo progettuale (classificazione della malta M1, ..., M5, e del mattone fbk), o l'elemento murario nel complesso, mobilitando nel meccanismo di prova le mutue relazioni fra i materiali indotte dallo schema reologico ortotropo tipico di questa tipologia costruttiva.

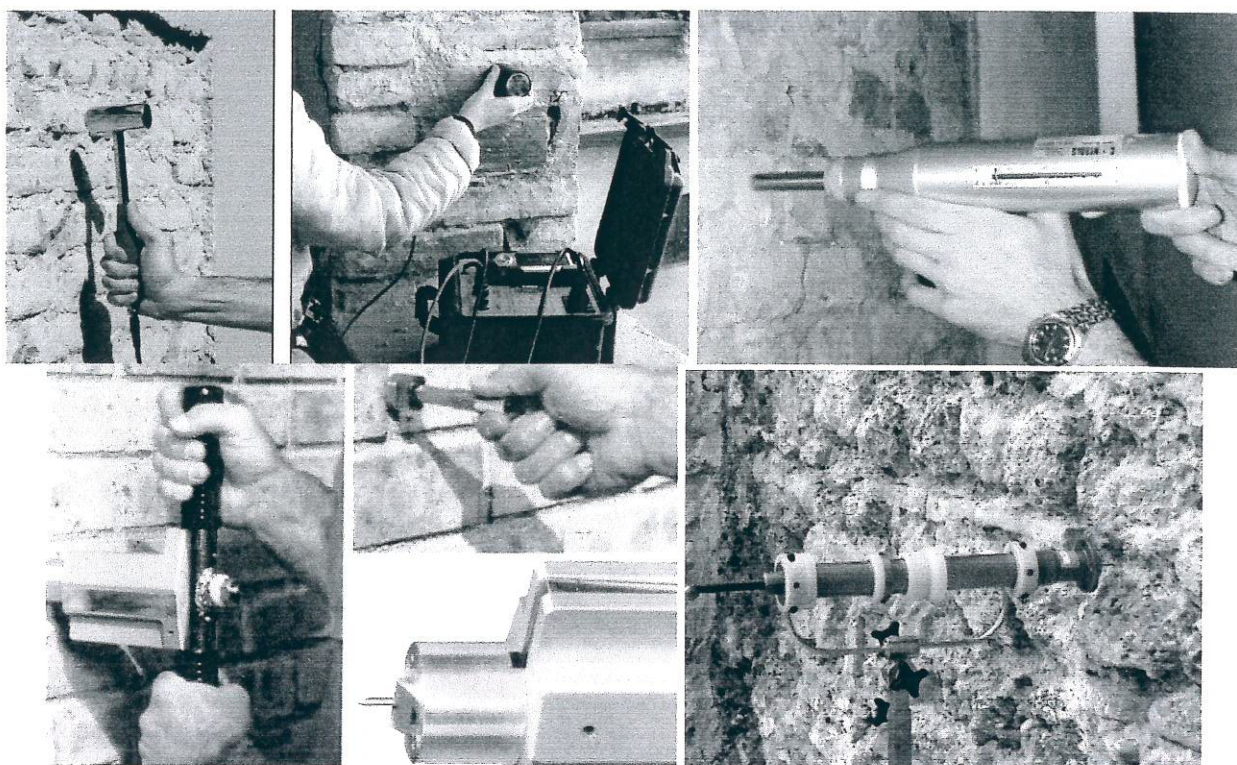
L'approccio conoscitivo prevede una prima fase di screening diffuso eseguito con tecniche non distruttive ed una successiva fase pilotata di indagini distruttive e prelievi per prove di laboratorio.

### **2.4.1 Indagini non distruttive sulla muratura**

Prima di procedere con prove sperimentali distruttive o parzialmente distruttive volte al ricavo dei parametri meccanici e deformativi, si dovrà eseguire un'estesa campagna di indagini non distruttive in grado di mappare le caratteristiche dei materiali e permettere la selezione critica delle aree sulle quali eseguire gli approfondimenti. Le tecniche di indagine adottate in questa fase sono la penetrometria per malta, le prospezioni soniche o ultrasoniche e la sclerometria sui mattoni o blocchi. Con la penetrometria si rileverà la resistenza opposta dalla malta all'avanzamento per infissione, rotazione o rotopercussione di una punta normalizzata; la misura ottenuta sarà correlabile alla resistenza meccanica della malta. Con la tecnica ad ultrasuoni è possibile verificare l'omogeneità delle caratteristiche dei giunti di malta orizzontali e verticali. Con la sclerometria è possibile verificare l'omogeneità delle caratteristiche di resistenza meccanica a compressione dei mattoni o dei blocchi lapidei



costituenti la muratura.



*Fig. 2– Indagini non distruttive*

La sigla che verrà utilizzata per individuare questo tipo di indagini sarà la IND (indagine non distruttiva) seguita dal numero progressivo che ne distingue la posizione in pianta e dal nome dell'elemento indagato. Esempio IND12M indica l'indagine non distruttiva in posizione 12 sulla muratura.

#### **2.4.2 Indagini distruttive sulla muratura**

Le prove distruttive o parzialmente distruttive volte alla ricostruzione dei parametri meccanici e deformativi delle murature possono essere suddivise in tre categorie, dipendenti dall'invasività, dalla scala geometrica interessata dalla prova e conseguentemente dal costo.

**Categoria A: prove fortemente invasive su pannelli murari.** Tali prove, eseguite su pannelli murari di dimensione approssimativa 100x100, ricavati dagli elementi murari in natura, sono fortemente rappresentative del legame costitutivo del materiale murario ma vengono scartate a priori per l'invasività.



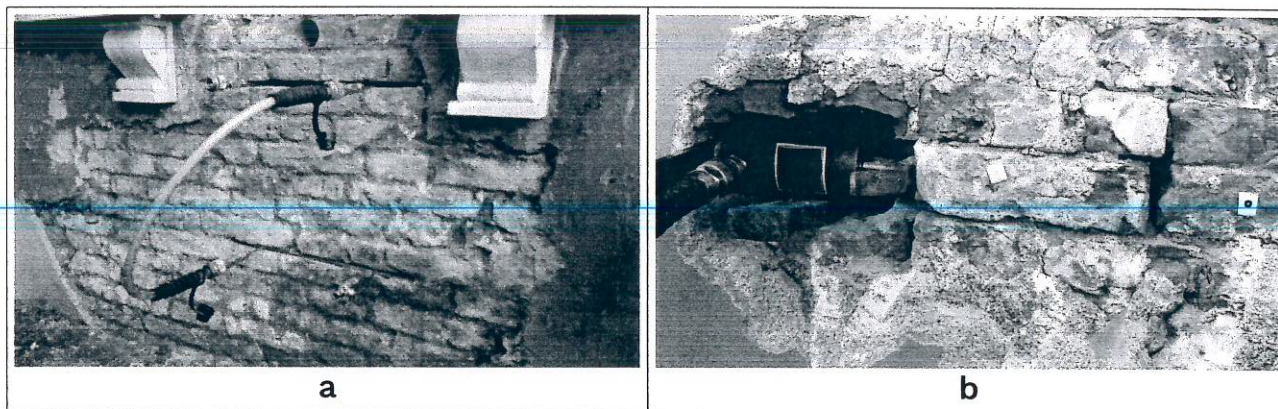
Categoria B: prove parzialmente invasive in sito. Sono prove applicate sulle murature in sito su aree di prova aventi dimensioni geometriche ridotte. Il metodo di prova a compressione dei martinetti piatti doppi, applicato secondo norma ASTM C1196 e C1197 e specifiche esecutive Reluis, prevede l'applicazione di due sistemi oleodinamici aventi spessore di 5 mm all'interno di due corsi di malta sovrapposti e distanziati di circa 50cm. Il prisma di muratura fra loro compreso viene sottoposto ad una prova di rottura per compressione strumentata per la misura dei moduli di deformabilità assiale (Young) e trasversale (Poisson).

La prova di taglio in sito secondo il metodo denominato "shove test" prevede il raggiungimento dello scorrimento di un mattone sottoposto a forza concentrata mediante un martinetto oleodinamico disposto in una nicchia ottenuta mediante demolizione del muro. La prova permette di ricavare il parametro meccanico di resistenza al taglio.

Immagine:

a) fasi operative della prova di martinetto piatto doppio.

b) prova di taglio secondo il metodo shove test



*Fig. 3– Indagini parzialmente invasive in sito*

La sigla che verrà utilizzata per individuare questo tipo di indagini sarà la MD (martinetti doppi) e ST (shove test) seguite dal numero progressivo che ne distingue la posizione in pianta e dal nome dell'elemento indagato.

Esempio:

MD4M indica l'indagine con martinetti doppi in posizione 4 sulla muratura.

ST5M indica l'indagine shove test in posizione 5 sulla muratura.



Categoria C: prove di laboratorio su materiali prelevati in sito. Esse prevedono il prelievo non disturbato di campioni di muratura dai quali ricavare una serie di provini per le successive prove meccaniche di laboratorio. E' possibile ricavare i parametri meccanici a compressione è mediante prove di punzonamento su letti di malta, distaccati dal mattone mediante scalpellatura e prove di compressione su prismi 40x40x40mm ricavati per taglio dai mattoni.



*Fig. 4– Prova di punzonamento sul letto di malta*

La resistenza al taglio può essere indagata mediante il prelievo di carote di diametro 90mm e profondità 130mm (tipicamente una testa) sulle quali eseguire prove di compressione diagonale secondo il metodo della trazione indiretta, raggiungendo lo scorrimento fra malta e mattone in condizioni di confinamento per compressione variabile e dipendente dalla giacitura angolare del corso di malta rispetto all'orizzontale.



*Fig. 5– Prova di compressione diagonale*

Con questo metodo di prova è possibile ricostruire una curva  $\sigma, \tau$  dove l'intercetta con l'asse delle ordinate rappresenta la tensione di taglio in assenza di sforzo normale (definita  $f_{vk0}$  dalle norme tecniche e rappresentativa della componente coesiva del legame a taglio) e l'inclinazione della regressione lineare della dispersione dei risultati sperimentali rappresenta il coefficiente che lega la compressione assiale con la resistenza a taglio (stimata pari a 0,4 dalle norme tecniche e rappresentativo della componente attritiva del legame al taglio).

La sigla che verrà utilizzata per individuare questo tipo di indagini sarà la PU (punzonamento) e CD (compressione diagonale) seguite dal numero progressivo che ne distingue la posizione in pianta e dal nome dell'elemento indagato.

**Esempio**

**PU6M** indica prova di punzonamento su provino di malta estratto in posizione 6.

**CD7M** indica prova di compressione diagonale su provino estratto in posizione 7 dalla muratura.



### 2.4.3 Indagini su capriate e travi lignee

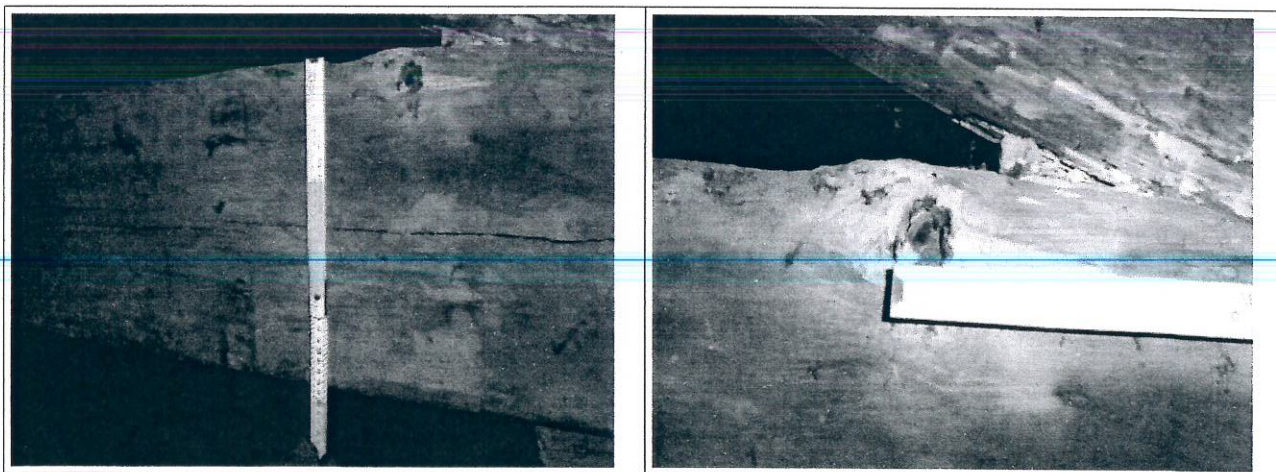
La campagna di indagine dovrà avere le seguenti finalità:

- valutazione del degrado e riconoscimento della classe di resistenza degli elementi strutturali principali e secondari, secondo le metodiche espresse nella norma UNI 11119:2004 che stabilisce obiettivi, procedure e requisiti per la diagnosi dello stato di conservazione e la stima della resistenza e della rigidezza di elementi lignei in opera nelle strutture portanti di edifici compresi nell'ambito dei beni culturali, attraverso l'esecuzione di ispezioni in situ e l'impiego di tecniche e metodologie di prova non distruttive eseguite a campione sugli elementi lignei.

Le indagini sugli elementi lignei secondo UNI 11119 comportano le seguenti modalità esecutive:

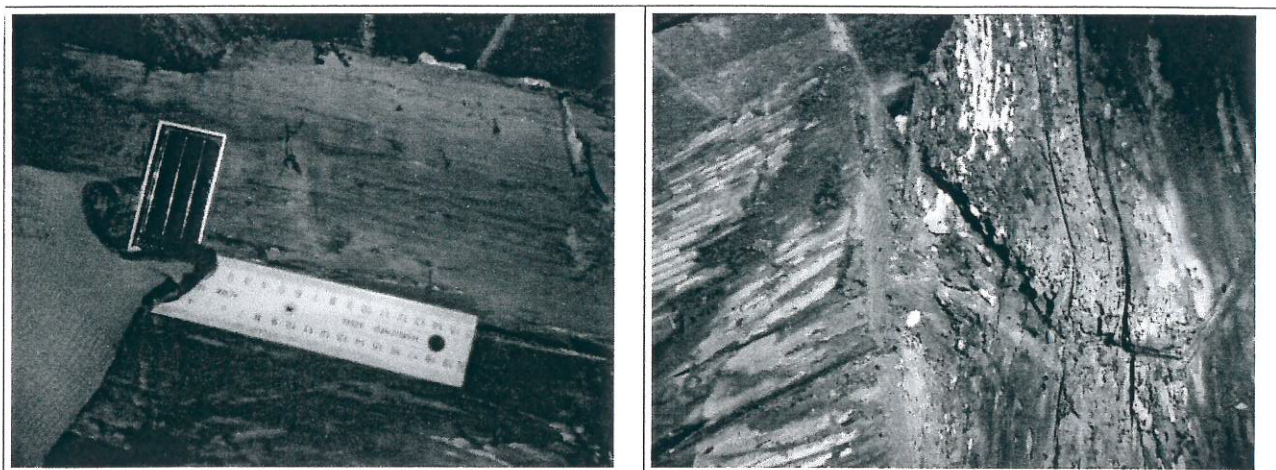
rilievo morfoanatomico delle specie legnose costituenti le strutture indagate

rilievo delle dimensioni dell'elemento ligneo, di eventuali particolarità geometriche dell'elemento (smussi e nodi), di eventuali difetti e della loro estensione

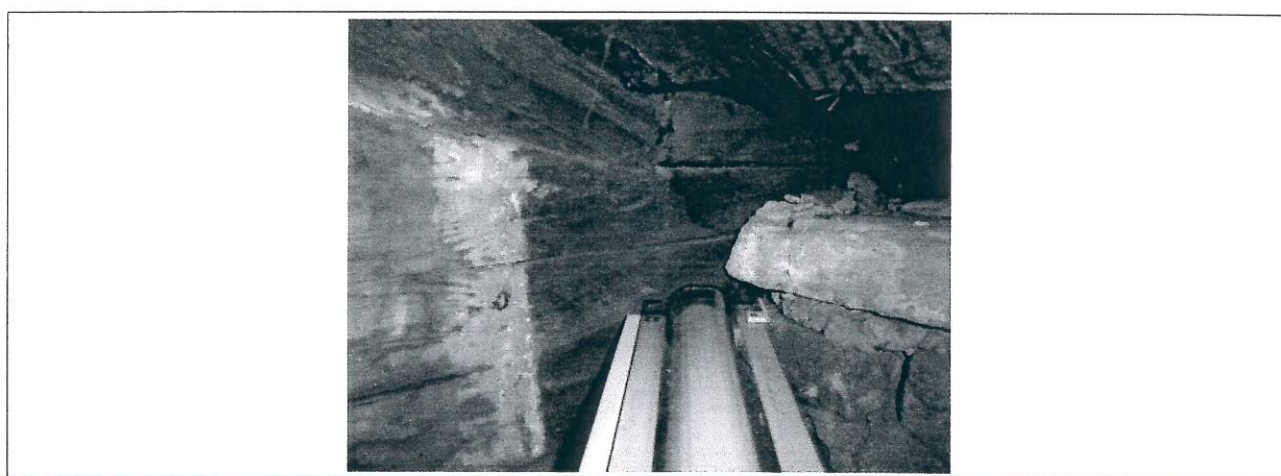


*Fig. 6– Rilievo dimensionale e del nodo*





*Fig. 7– Fibratura ed eventuali forme di degrado*



*Fig. 8– Prova di penetrazione con trapano strumentato Resistograph*

Lo strumento è in grado di misurare la resistenza opposta dalla fibra legnosa indagata alla rotazione della punta durante la perforazione. Le curve di resistenza ottenute dalle prove resistografiche, pur non fornendo direttamente una misura delle caratteristiche meccaniche del materiale, danno informazioni sullo stato del legno e soprattutto sulle sue condizioni di uniformità.

L'indagine si presta ad essere applicata anche alle zone non visibili, come le teste delle travi in corrispondenza dell'ammorsamento nel muro, punto delicato per la possibile insorgenza di fenomeni di degrado dovuto all'attacco di xilofagi, sia insetti che miceti, favoriti dal permanere di condizioni di umidità non ottimale del legno.

- misura dell'umidità relativa del legno con igrometro elettrico digitale





*Fig. 9– Misura dell'umidità del legno*

#### **Parametri fisici e meccanici dei materiali indagati**

Un utile supporto alle verifiche di calcolo degli elementi lignei indagati è fornito dalla stessa norma UNI 1119/04 dove è allegata la seguente tabella, che a partire dalle categorie di resistenza ottenute dalle indagini in situ su elementi lignei indica i valori consoni di tensioni massime per l'applicazione delle verifiche con il metodo delle tensioni ammissibili.

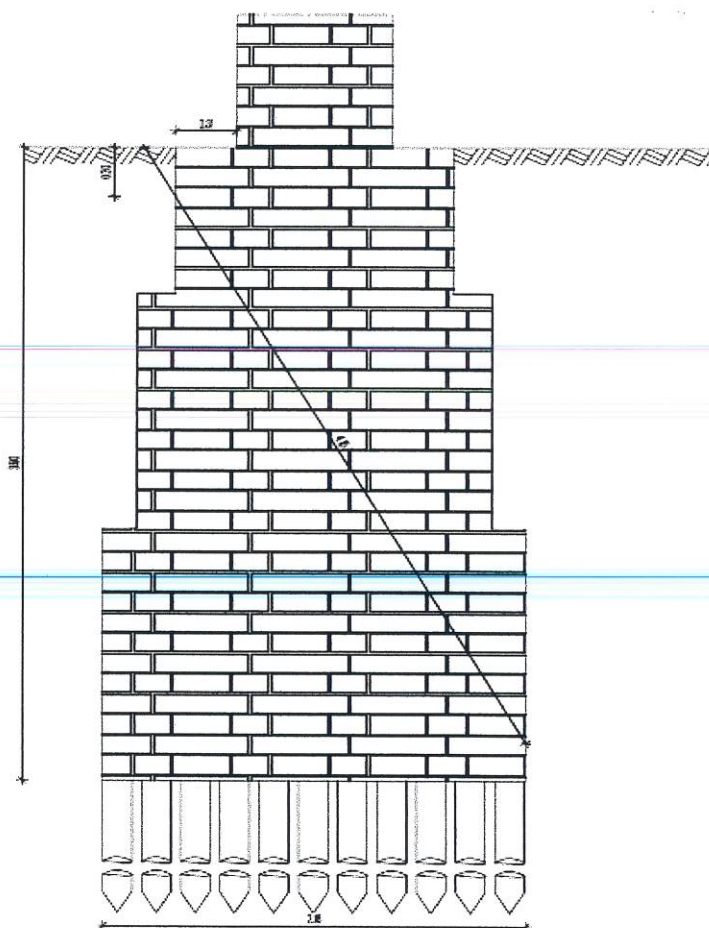
I valori sono riferiti all'umidità ottimale del 12%;

## 2.5 Indagine geotecnica sulle fondazioni

Relativamente al punto 6, indagini in fondazione, è necessario individuare la geometria delle stesse.

Sul perimetro dell'edificio, dalle informazioni raccolte, ci si aspetta una fondazione con muratura su pali lignei, sarà necessario effettuare dei carotaggi in continuo (minimo due per ogni indagine), allo scopo di poter ricostruire profondità di imposta e larghezza della fondazione

Nella figura 11 è visibile un disegno del sistema fondazionale ipotizzabile, la verticale e la diagonale rappresentano due direzioni di carotaggio che permettono di rilevare la geometria.



*Fig. 11– Ricostruzione della sezione della fondazione*



La sigla che verrà utilizzata per individuare questo tipo di indagini sarà la CF (carotaggio in fondazione) seguite dal numero progressivo che ne distingue la posizione in pianta. Esempio

CF10 indica carotaggio in fondazione in posizione 10.

### 3. Conclusioni

Relativamente alle indagini di rilievo strutturale indicate con RS si precisa che, nei punti indicati nelle piante, si intende la realizzazione di videoendoscopie, tuttavia nella zona del loggiato al pianoterra sarà necessario effettuare, oltre alla videoendoscopia, anche un'indagine con georadar ad alta frequenza (indicata con RS23S in sezione) ed un rilievo con laser scanner 3d allo scopo di individuare eventuali cedimenti della volta.

Le indagini indicate con IND, sempre affiancate a quelle di tessitura muraria, sono intendersi come indagini penetrometriche di resistenza.

Infine si precisa e si sottolinea la necessità di affiancare all'esecuzione delle indagini in oggetto, il lavoro di impostazione dei calcoli di verifica sismica. Si ritiene doveroso precisare che solo l'incaricato delle verifiche sismiche, potrà e dovrà indicare eventuali punti di indagine particolare da approfondire anche spostando indagini che si ipotizzano in un punto, ma che, a seguito della modellazione ad esempio, risulta più opportuno eseguire in un altro punto della struttura.

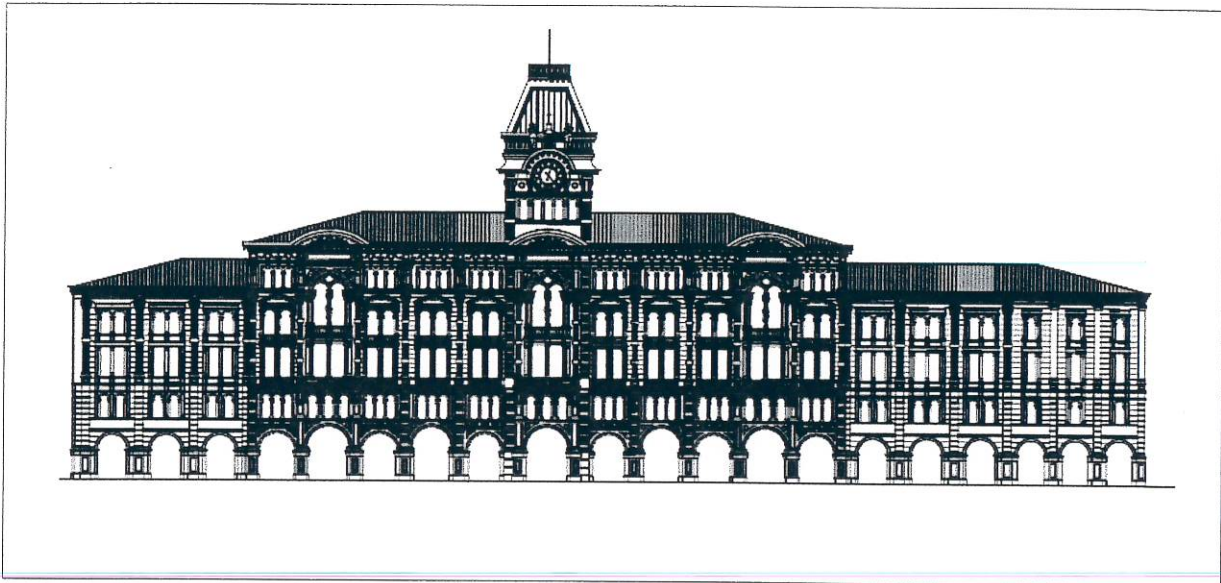
Trieste 21 dicembre 2017

Ing. Giorgio Altin

# COMUNE DI TRIESTE

AREA LAVORI PUBBLICI FINANZA DI PROGETTO  
E PARTERNARIATO

SERVIZIO EDILIZIA PUBBLICA



**Edificio municipale di Piazza Unità: sondaggi  
strutturali e vulnerabilità sismica**

**Progettazione delle indagini sulla struttura  
finalizzate all'esecuzione della verifica sismica**

**ALLEGATO: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

*Ing. Giorgio Altin – Via G. Donizetti 1 – Trieste*



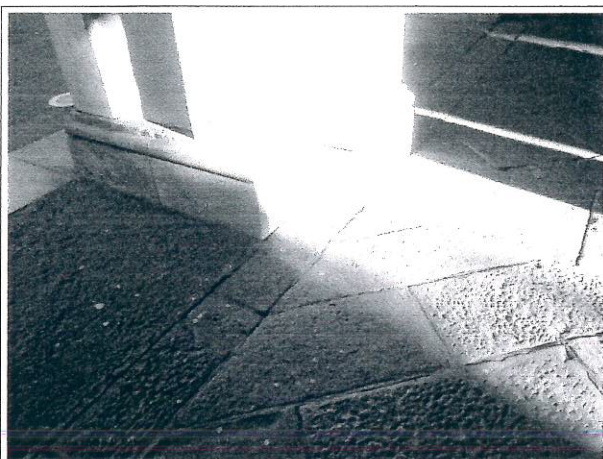
**Le seguenti foto illustrano le posizioni delle indagini corrispondenti alle didascalie delle stesse**



*MD2 – MARTINETTI DOPPI*



*MD1 – MARTINETTI DOPPI*



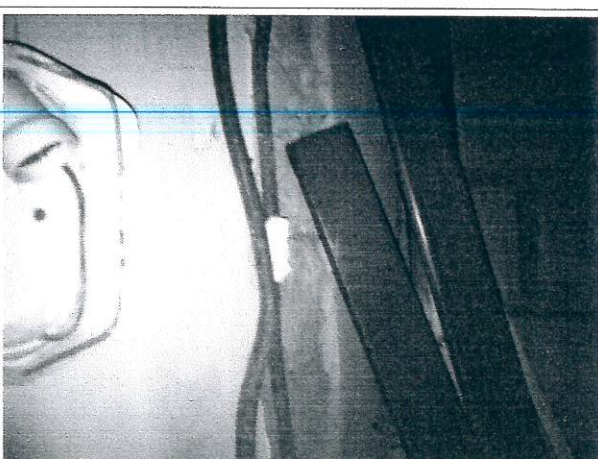
*CF1- CAROTAGGIO FONDAZIONI*



*CF2- CAROTAGGIO FONDAZIONI*

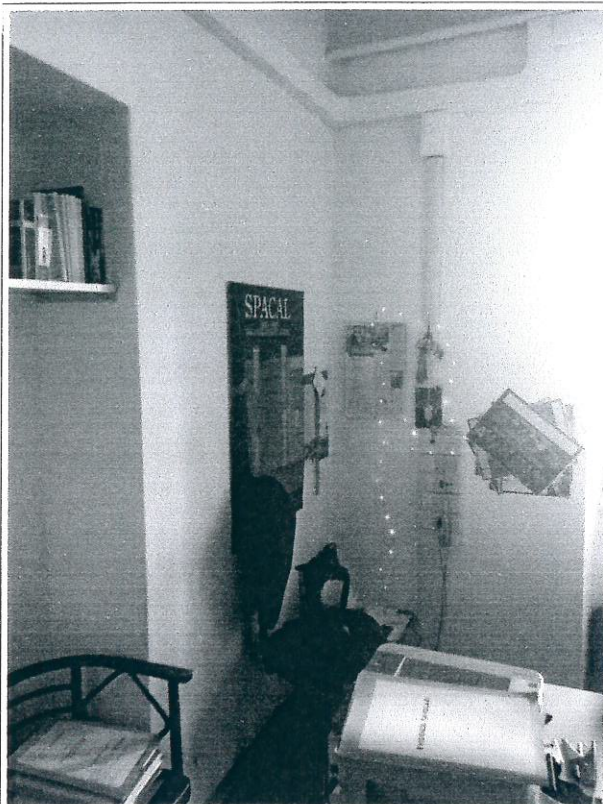


*CF3 – CAROTAGGIO FONDAZIONI*

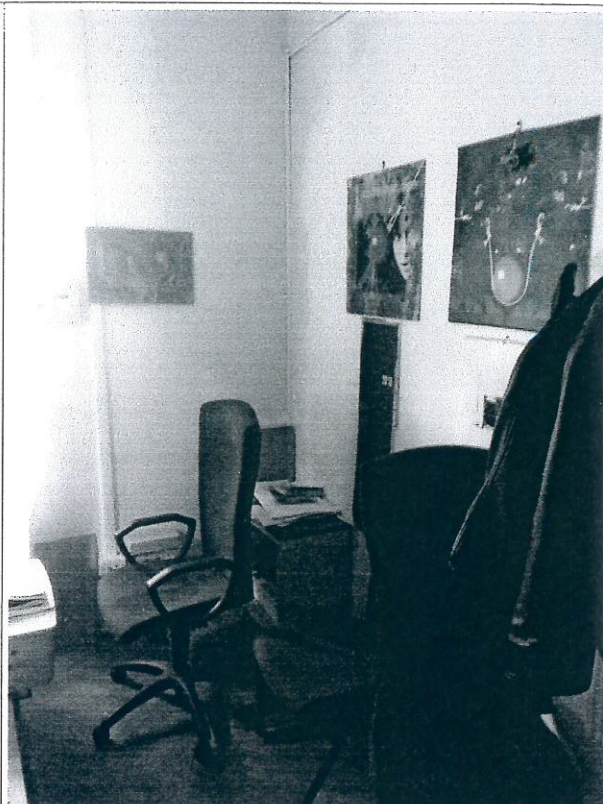


*TM3 – TESSITURA MURARIA*

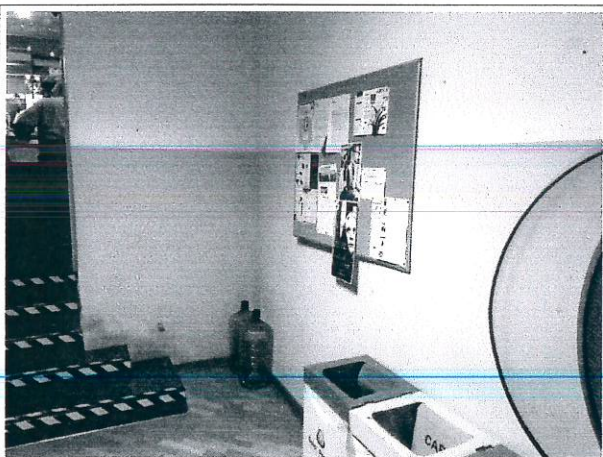




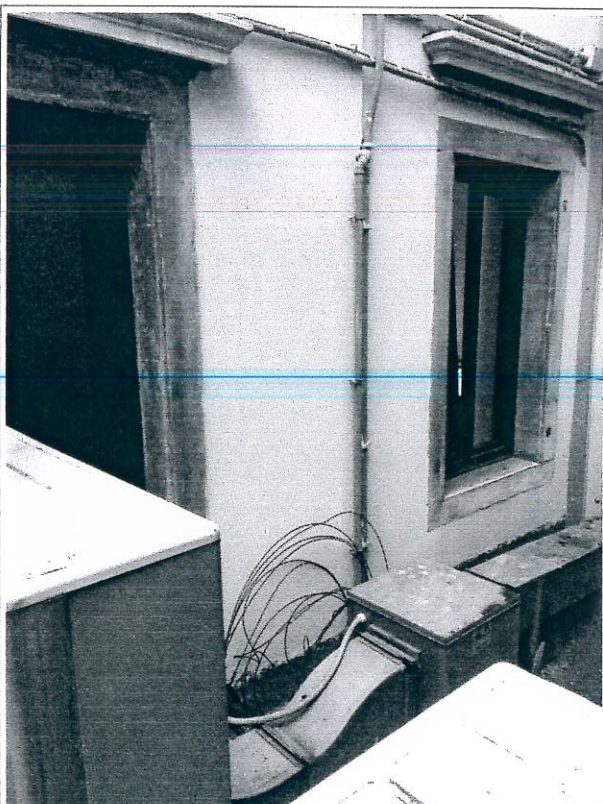
*TM5 – TESSITURA MURARIA*



*TM4 – TESSITURA MURARIA*



*TM6 – TESSITURA MURARIA*



*TM7 – TESSITURA MURARIA*



# Elenco firmatari

ATTO SOTTOSCRITTO DIGITALMENTE AI SENSI DEL D.P.R. 445/2000 E DEL D.LGS. 82/2005 E SUCCESSIVE MODIFICHE E INTEGRAZIONI

Questo documento è stato firmato da:

NOME: IAMMARINO LUCIA  
CODICE FISCALE: MMRLCU61L49L113I  
DATA FIRMA: 12/11/2018 17:27:08  
IMPRONTA: 2ED9480D04A6EAB494C6932D5FC18DEB055CF7E9229C0135ED229546143CDFCE  
055CF7E9229C0135ED229546143CDFCE1FD7F3E5472287E6588CE107D0FF5395  
1FD7F3E5472287E6588CE107D0FF5395B7ABAE67B3A3DC967408184CBAEFFEF3  
B7ABAE67B3A3DC967408184CBAEFFEF370B2E0845287DC4F8C78624EE510088E

NOME: TERRANOVA SANTI  
CODICE FISCALE: TRRSNT56A17C351S  
DATA FIRMA: 20/11/2018 09:49:02  
IMPRONTA: 4DDA080396E3790B075B97591A72A49FF3797A75E7F1E7AA517B2EE011146DC9  
F3797A75E7F1E7AA517B2EE011146DC9014D182E13F63B5C9BDF762CD380078  
014D182E13F63B5C9BDF762CD380078CB86243522728AAD2C0FBDBB6015CE1F  
CB86243522728AAD2C0FBDBB6015CE1FB27B7BD2E3ABD5B0672170FE35ACFFA3

NOME: DIPIAZZA ROBERTO  
CODICE FISCALE: DPZRRT53B01A103I  
DATA FIRMA: 20/11/2018 09:55:55  
IMPRONTA: 0C9AF9856CDC47E655ECFBFE2CC81D54F79B3F6B0D31B14C11D106DF1BE7E6DD  
F79B3F6B0D31B14C11D106DF1BE7E6DD732D2E76804AD43787C4587D9DB6FDDE  
732D2E76804AD43787C4587D9DB6FDDE60EDBDBCA3EE680D0F358396C3ABFD8F  
60EDBDBCA3EE680D0F358396C3ABFD8F194E55C0370F57E0944256E9D3C1086A