

COMUNE DI RIVOLI

RIQUALIFICAZIONE DELLA VILLA ANTICA, DELLA PALAZZINA SVIZZERA E DELLE AREE ESTERNE AD ESSE CONNESSE DEL COMPENDIO DENOMINATO "VILLA MELANO"

FONTE DI FINANZIAMENTO: FONDO PER LO SVILUPPO E LA COESIONE (FSC)
CIG: 938107432A - CUP: F25C19001500007



PROGETTO DEFINITIVO

RTP: **Isolarchitetti S.r.l. (capogruppo)**

prof. arch. Giovanni Durbiano

arch. Umberto Montanari

arch. paesaggista Marco Ferrari

Nicola Restauri S.r.l.

MCM Ingegneria S.r.l.

ing. Damiano Bonomelli

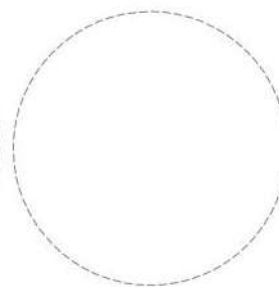
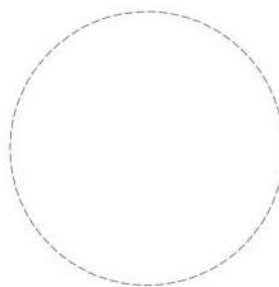
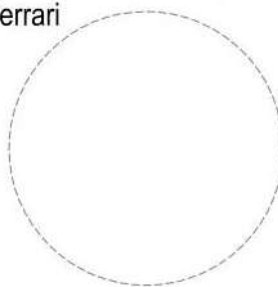
geol. Andrea Ferrarotti

Pirotecnico S.r.l.

RUP: **arch. Antonio Graziani**

Comune di Rivoli

Direzione Servizi al Territorio e alla Città



OGGETTO

RELAZIONE SUI SONDAGGI EFFETTUATI

G07

DATA

13/10/2023

REV.01

REV.02

REV.03

SCALA

COMUNE DI RIVOLI

RIQUALIFICAZIONE DELLA VILLA ANTICA, DELLA PALAZZINA SVIZZERA E DELLE AREE ESTERNE AD ESSE CONNESSE DEL COMPENDIO DENOMINATO “VILLA MELANO”

FONTE DI FINANZIAMENTO: FONDO PER LO SVILUPPO E LA COESIONE (FSC)
CIG: 938107432A - CUP: F25C19001500007

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE SUI SONDAGGI EFFETTUATI

SOMMARIO

1. ANALISI RELATIVE ALLA STABILITÀ DEGLI ESEMPLARI ARBOREI RADICATI INTORNO ALLA VILLA ANTICA (ALLEGATO I)	2
2. ANALISI RELATIVE AI SAGGI STRATIGRAFICI (ALLEGATO II).....	4
3. INDAGINI STRUTTURALI (ALLEGATO III)	5
3.1. UBICAZIONE INDICATIVA DELLE PROVE	5
3.1.1. Villa Antica	5
3.1.2. Palazzina Svizzera.....	6
3.1.3. Citroniera	7
4. INDAGINI SMAT	9

1. ANALISI RELATIVE ALLA STABILITÀ DEGLI ESEMPLARI ARBOREI RADICATI INTORNO ALLA VILLA ANTICA (ALLEGATO I)

Al fine di conoscere la consistenza degli esemplari arborei radicati nell'area di progetto, è stata richiesta la possibilità di eseguire delle indagini visive e strumentali da parte di tecnici qualificati e di conoscere eventuali indagini pregresse. Tale conoscenza supporta gli interventi previsti dal progetto per salvaguardare il patrimonio arboreo e restituire in sicurezza il giardino a cantiere ultimato.

L'esemplare di *Cedrus atlantica* collocato a sud-ovest della villa antica rappresenta l'elemento vegetale più importante del compendio di Villa Melano. Nonostante la contenuta altezza entro i 20 metri, presenta un'età stimata di circa 200 anni e un diametro del fusto di circa 2 metri. Su incarico del Comune di Rivoli, sull'esemplare è stata eseguita dal Dott. William Roca dello Studio Floema di Torino, in data 17 ottobre 2022, una valutazione approfondita da indagine strumentale tramite tomografia al colletto con 15 sensori posizionati a circa 25 centimetri dal suolo. Il tomogramma evidenzia una zona concentrica in estensione verso il settore Ovest con densità inferiore rispetto al legno periferico. La porzione cava corrisponde in percentuale a circa il 18% mentre quella sana e strutturale a circa il 69%. La cavitazione o densità inferiore, entro certi limiti, è da ritenersi fisiologica. In questo caso specifico, potrebbe essere attribuito alla rimozione accidentale o programmata della branca centrale che ad oggi si presenta con grosso taglio apicale (capitozzatura). L'esemplare dovrebbe rientrare in un programma di potature, per poter ricostituire in un periodo da 3 a 9 anni, l'originaria architettura della chioma. È stata attribuita CPC (Classe di propensione al cedimento) di livello C con controllo biennale.

In data 21 giugno 2023 il Comune di Rivoli ha provveduto alla valutazione di 8 esemplari arborei tramite il tecnico incaricato, Dott. Andrea Pelleriti.

La valutazione di stabilità è stata eseguita mediante metodo VTA (*Visual Tree Assessment*), composta da ispezione visiva di ogni parte dell'esemplare (radici, colletto, fusto, chioma) con rilevamento di dati dendrometrici, contesto di crescita della pianta, caratteristiche strutturali e difetti. All'ispezione visiva segue l'indagine strumentale tramite martello di gomma al fine di individuare anomalie interne, cavità e fessure. Possono seguire eventuali approfondimenti strumentali tramite penetrometro, tomografie e prove di trazione. Ne consegue, tramite relazione da parte del tecnico, l'attribuzione di classi di propensione al cedimento (da A a D) che esprimono il grado di pericolosità di ciascun soggetto indagato.

L'esemplare di *Aesculus hippocastanum* M.01 presenta una cavità al castello profonda almeno 20 cm che porta l'albero in classe C, con un controllo da eseguire nuovamente entro 12 mesi. Si prescrive una potatura di riduzione in altezza della chioma mediante tagli di ritorno, avendo cura di non rimuovere i rami sul fusto. Si consiglia inoltre di eliminare le piante infestanti sul fusto e sulle branche, nonché di eseguire lo scollettamento del colletto manualmente senza danneggiare nessuna parte dell'albero.

L'adiacente esemplare di *Tilia platyphyllos* M.02 presenta una lesione aperta al colletto a sud-ovest e fori di picchio sul fusto in direzione sud, a circa 7 metri di altezza. Classe C; occorre eliminare piante infestanti e intervenire con potatura di riduzione in altezza mediante tagli di ritorno, nonché provvedere allo scollettamento manuale ed eseguire una potatura mediante selezione e diradamento dei ricacci e dei rami epicormici. Rimuovere inoltre i rami mal e/o debolmente inseriti, quelli morti, i succhioni e quelli con direzione anomala, verso l'interno chioma e mantenere i rami meglio inseriti e ben conformati.

L'esemplare di *Aesculus hippocastanum* M.03 radicato a nord-est della villa antica presenta corpi fruttiferi sul fusto e dalle analisi strumentali sono emerse carie-cavità estese tali da pregiudicarne la stabilità. Per tale esemplare arboreo si prescrive l'abbattimento nell'immediato.

L'esemplare di *Taxus baccata* M.04 presente a nord-est della villa antica presenta una branca verso nord eccessivamente protesa, per la quale, in previsione di possibili scosciature, è stato prescritto l'inserimento di un cavo dinamico tipo Cobra da 2 tonnellate a 9 metri di altezza, in modo da assicurare quest'ultima alla branca principale.

Gli esemplari di *Pinus nigra* M.05, M.06 e M.07, posti in classe C, richiedono leggere potature di rimonda del secco, scollettamento manuale ed eliminazione delle piante infestanti.

L'esemplare di *Aesculus hippocastanum* M.08, posto in classe C, presenta un contrafforte a est lesionato; occorrono una potatura di riduzione in altezza della chioma mediante tagli di ritorno e un'eliminazione delle piante infestanti.

Si allegano relazioni e schede delle indagini eseguite nell'ottobre 2022 e nel giugno 2023 su otto esemplari arborei circostanti la villa antica (ALLEGATO 1).

2. ANALISI RELATIVE AI SAGGI STRATIGRAFICI (ALLEGATO II)

Lo studio chimico-fisico condotto su campioni provenienti da Villa Melano a Rivoli (TO) è stato eseguito su incarico di Nicola Restauri srl. I campionamenti sono stati condotti in data 14/06/2023.

I campioni sono stati sottoposti alle seguenti analisi:

- indagine microstratigrafica : dopo essere stati inglobati in opportuna resina ed essere stati levigati perpendicolarmente agli strati, i campioni sono stati osservati in luce riflessa visibile e successivamente ne è stata registrata la fluorescenza UV.
- immagini al microscopio elettronico a scansione con modalità a pressione variabile (XVPSEM) che permette di operare direttamente sul campione evitando ulteriori manipolazioni e ricoprimenti. Le indagini al SEM sono state abbinate alle analisi con microsonda (XVPSEM/EDS) per rilevare la composizione elementare dei materiali e dei pigmenti usati.
- studio in sezione sottile petrografica secondo UNI EN 11176:2006 (mediante osservazione in luce riflessa e in luce trasmessa polarizzata sia con polarizzatore sia con nicols incrociati).
- indagini spettroscopiche infrarosse a trasformata di Fourier (FT-IR)d per ottenere informazioni sui composti di natura organica e inorganica.
- analisi quantitativa dei sali solubili mediante Cromatografia ionica per il dosaggio di solfati, nitrati e cloruri sulla base della norma UNI EN 16455:2014.

I risultati delle analisi sono presentati in sintesi e discussi nel capitolo “Risultati” qui a seguire. Informazioni più dettagliate sono disponibili nei paragrafi dedicati ai singoli microcampioni.

3. INDAGINI STRUTTURALI (ALLEGATO III)

La Committenza, con Ordine di Servizio a firma del R.U.P. Arch. Antonio GRAZIANI inviato via PEC il giorno 16/06/2023, a seguito di un sopralluogo congiunto con il team di progettazione, l'Impresa appaltatrice e il laboratorio di Prova 4EMME Service S.r.l. attivato dalla Committenza stessa, nella persona dell'Arch. Alberto CAPUSSOTTO, intima testualmente di:

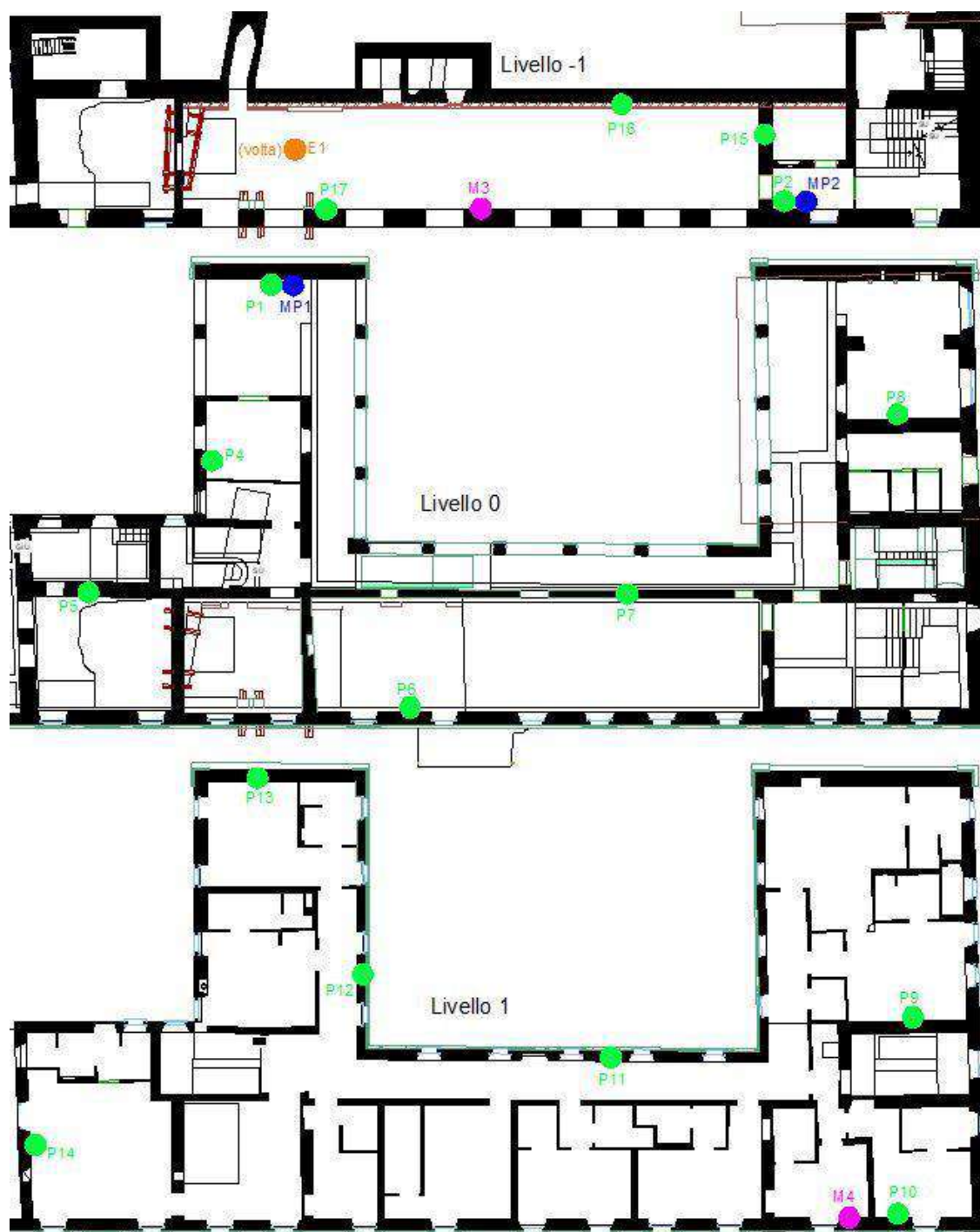
- Procedere con prove di qualità della malta costituente le murature portanti e quindi con delle valutazioni di portanza delle murature stesse, grazie anche alla campagna di indagini di seguito descritta;
- Procedere con l'esecuzione della prova di caratterizzazione dinamica proposta dall'Arch. Capussotto sia sulla Villa Antica sia sulla Palazzina Svizzera così da confermare i modelli di calcolo di cui al punto precedente e creare una base scientifica per eventuali future verifiche.

3.1. UBICAZIONE INDICATIVA DELLE PROVE

3.1.1. Villa Antica

La Villa Antica sarà oggetto delle seguenti indagini:

- Caratterizzazione dinamica della struttura;
- n° 2 prove con martinetto piatto doppio;
- n° 15 prove penetrometriche su malta;
- n° 2 prove di laboratorio su malta;
- n° 1 indagine endoscopica per verifica spessori;



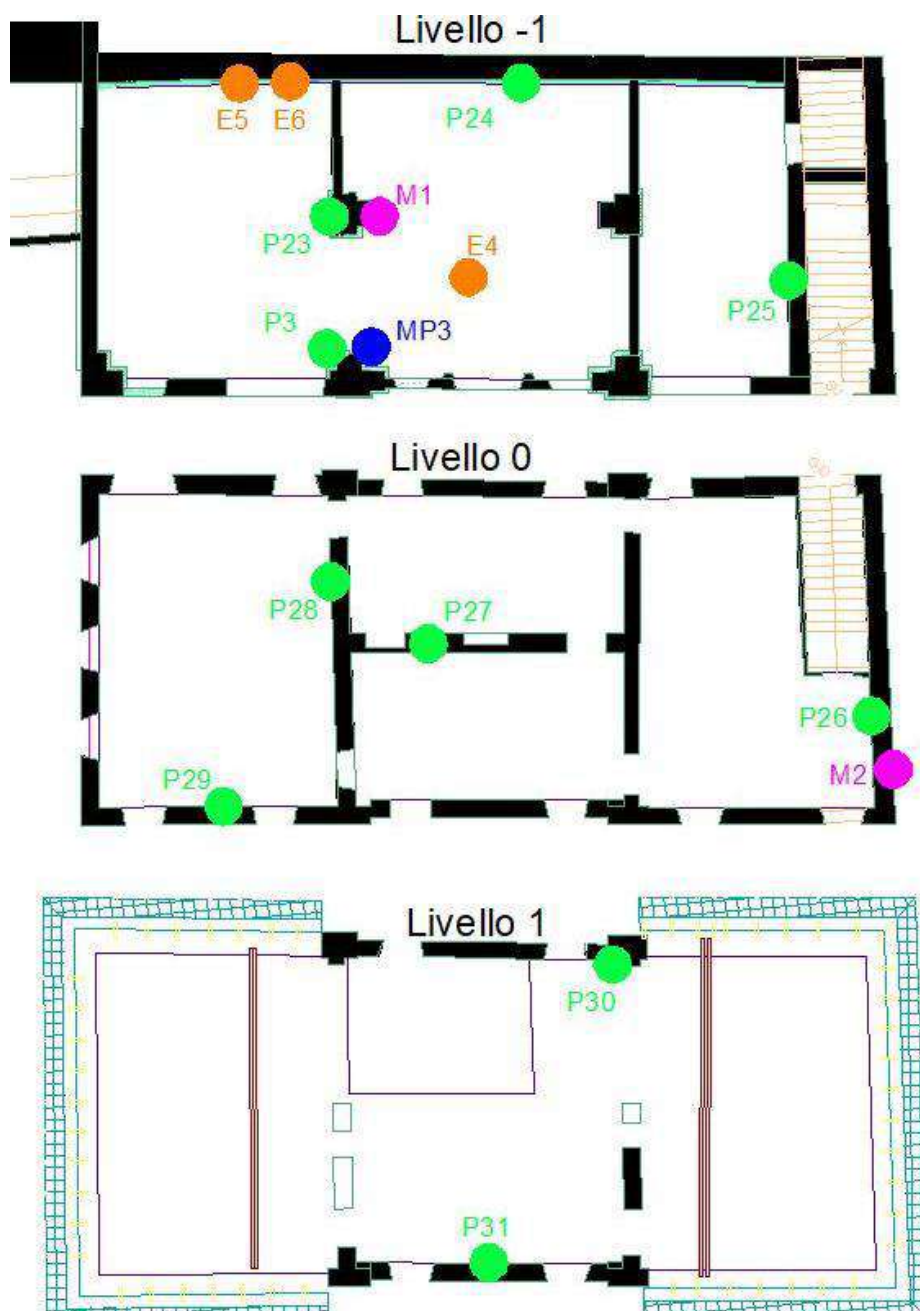
Prove in situ sulle murature – Villa Antica

3.1.2. Palazzina Svizzera

La Palazzina Svizzera sarà oggetto delle seguenti indagini:

- Caratterizzazione dinamica della struttura;
- n° 1 prova con martinetto piatto doppio;
- n° 10 prove penetrometriche su malta;

- n° 2 prove di laboratorio su malta;
- n° 2 indagine endoscopica per verifica spessori.

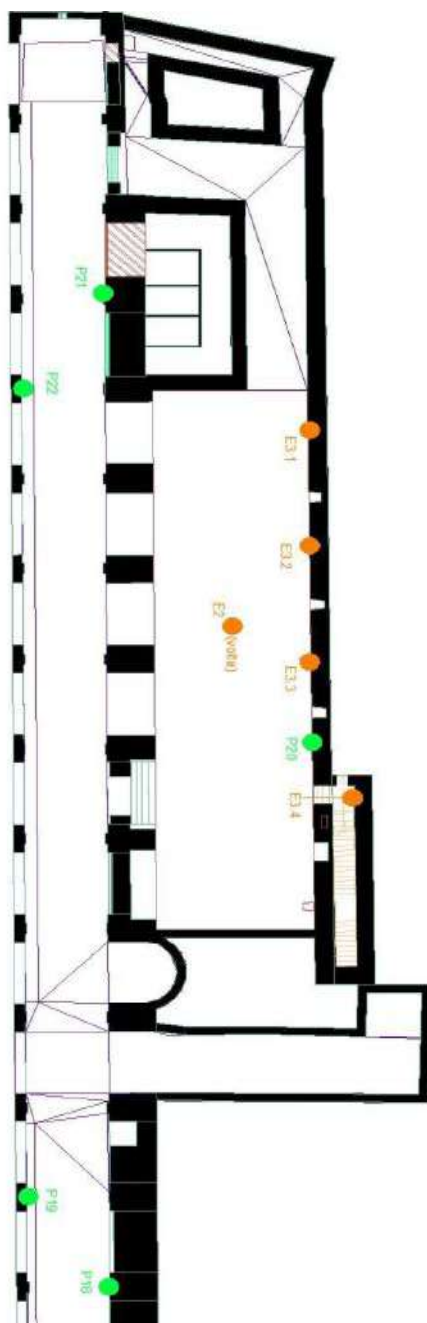


Prove in situ sulle murature – Palazzina Svizzera

3.1.3. Citroniera

La Citroniera sarà oggetto delle seguenti indagini:

- n° 5 prove penetrometriche su malta;
- n° 2 indagine endoscopica per verifica spessori.



Prove in situ sulle murature – Citroniera – Livello unico

4. INDAGINI SMAT

In data 04/10/2023 sono state effettuate delle video ispezioni sulle cisterne n. 2-3-4. In data odierna il gruppo di progettazione è ancora in attesa di ricevere da parte dell'ente le risultanze di tali video ispezioni. Durante l'attività era presente tuttavia un rappresentante del gruppo di progettazione e pertanto si può iniziare ad affermare quanto segue:

- Nella cisterna 1, collocata davanti alla Citroniera, non è stato possibile effettuare video ispezioni in quanto non raggiungibile con i mezzi. La cisterna è stata comunque svuotata mediante l'ausilio di motopompa dell'impresa e, da esame visivo, risulta essere un manufatto in cemento armato e pare versare in buono stato di conservazione. Andrà comunque effettuata una attività di pulizia profonda all'interno e bonifica, compreso dragaggio del fondo per la rimozione dei sedimenti. Mediante l'ausilio di un laser scanner è stata effettuata una valutazione dei volumi della cisterna, che si attestano su 77 m³;
- Nella cisterna 2, collocata a sinistra della villa antica, sono state effettuate delle video ispezioni che hanno permesso di identificare ingressi/uscite dalla cisterna: è stato identificato un unico ingresso ed un'unica uscita (troppo pieno). La cisterna risulta essere un manufatto in cemento armato e pare versare in buono stato di conservazione. Andrà comunque effettuata una attività di pulizia profonda all'interno e bonifica, compreso dragaggio del fondo per la rimozione dei sedimenti. Mediante l'ausilio di un laser scanner è stata effettuata una valutazione dei volumi della cisterna, che si attestano su 129 m³;
- Nella cisterna 3, collocata nel cortile interno della villa antica, sono state effettuate delle video ispezioni che non hanno tuttavia permesso di identificare con efficacia ingressi/uscite dalla cisterna. La cisterna risulta essere un manufatto in muratura e versa in pessimo stato di conservazione. Andrà pertanto effettuata una attività di impermeabilizzazione a seguito di una attività di pulizia profonda all'interno e bonifica, compreso dragaggio del fondo per la rimozione dei sedimenti. Mediante l'ausilio di un laser scanner è stata effettuata una valutazione dei volumi della cisterna, che si attestano su 97 m³;
- Nella cisterna 4, collocata di fronte alla pazzina svizzera, sono state effettuate delle video ispezioni che non hanno tuttavia permesso di identificare con efficacia ingressi/uscite dalla cisterna. La cisterna risulta essere un manufatto in cemento armato e pare versare in buono stato di conservazione. Andrà comunque effettuata una attività di pulizia profonda all'interno e bonifica, compreso dragaggio del fondo per la rimozione dei sedimenti. Mediante l'ausilio di un laser scanner è stata effettuata una valutazione dei volumi della cisterna, che si attestano su 40 m³;

In data 03/04/2023 è stato effettuato un incontro in SMAT in cui è emerso che la richiesta dell'ente è quella di non prevedere allacci per scarichi diretti delle acque bianche in fognatura, ma di andare a laminare la totalità delle acque meteoriche raccolte in sito. Tali acque andranno successivamente rilasciate in fognatura mediante rilancio con pompe elettroniche con una portata massima di rilascio pari a 15 l/s.

È stato richiesto inoltre alla SMAT la disponibilità per l'allaccio antincendio, con comunicazione prot n. 54720 del 30/06/2023, ha rilasciato la garanzia di 4,5 l/sec (270 l/min) con una prevalenza di 55 m, la fornitura è prevista sulla via Melano (parte Bassa), questa è in grado di rispondere a quanto previsto dalla pratica di prevenzione incendi. è stata comunque mandata una nuova richiesta per l'allaccio antincendio sulla parte alta (area parcheggio castello), per garantire una migliore prevalenza disponibile, che ad oggi non ha ancora avuto risposta..

ALLEGATO I



Località Villa Melano - Rivoli

Data 18/10/2022

Albero n° 01

Specie Cedrus atlantica

COLLETTO-RADICI

lesioni cicatrizzate Lieve

Altezza (m) 19
Fusto Ø (cm) 200
Fusto libero (m) 2
Colletto Ø (cm) 200
Chioma Ø (m) 18
Stato vegetativo: Mediocre
Età/dimensione: Adulto
Sito radicazione: Suolo naturale
Sesto d'impianto: Isolato
Tipologia d'impianto: Verde di pertinenza

Limiti allo sviluppo:

FUSTO

Lesioni aperte Lieve

Cavità esposte/carie Lieve

Bersaglio:

Classe di pericolosità: C

Interventi: Cura della chioma

Monitoraggio: Biennale

CASTELLO E CHIOMA

Chioma asimmetrica Moderato

Branche protese Lieve

Branche capitozzate Moderato

Lesioni da taglio su branche Moderato

Lesioni da taglio al castello Accentuato

Foro di picchio al fusto a c.ca 10 m lato Ovest. Eseguita tomografia al colletto con n. 15 sensori posizionati a circa 25 centimetri dal suolo. Il tomogramma evidenzia una zona concentrica in estensione verso il settore Ovest con densità inferiore rispetto al legno periferico. La porzione cava corrisponde in percentuale a circa il 18% mentre quella sana e strutturale a circa il 69%. La cavitazione o densità inferiore, entro certi limite, è da ritenersi fisiologica. In questo caso specifico, potrebbe essere attribuito alla rimozione accidentale o programmata della branca centrale che ad oggi si presenta con grosso taglio apicale (capitozzatura). L'esemplare dovrebbe rientrare in un programma di

N°	Zona	Orientamento	Altezza (cm)	Diametro Ø (cm)	Inclinazione (°)	Avanzamento(cm/min)	Data
----	------	--------------	--------------	-----------------	------------------	---------------------	------

Picus:



Committente:

CITTA' DI RIVOLI

Perito:

DOTT. WILLIAM ROCA FLOEMA STP SRL
TORINO ITALY

Tel: 349-7158264

Fax:

email: info@floema-web.it

Specie dell'albero : Deodar cedar

Città:

Quartiere:

Via:

Numero d'albero: 0

Data di misurazione: 17/10/2022 09:27:16

Altezza albero [m]:

Nord al punto di misurazione:

Diametro chioma [m]:

Posizione del MP 1:

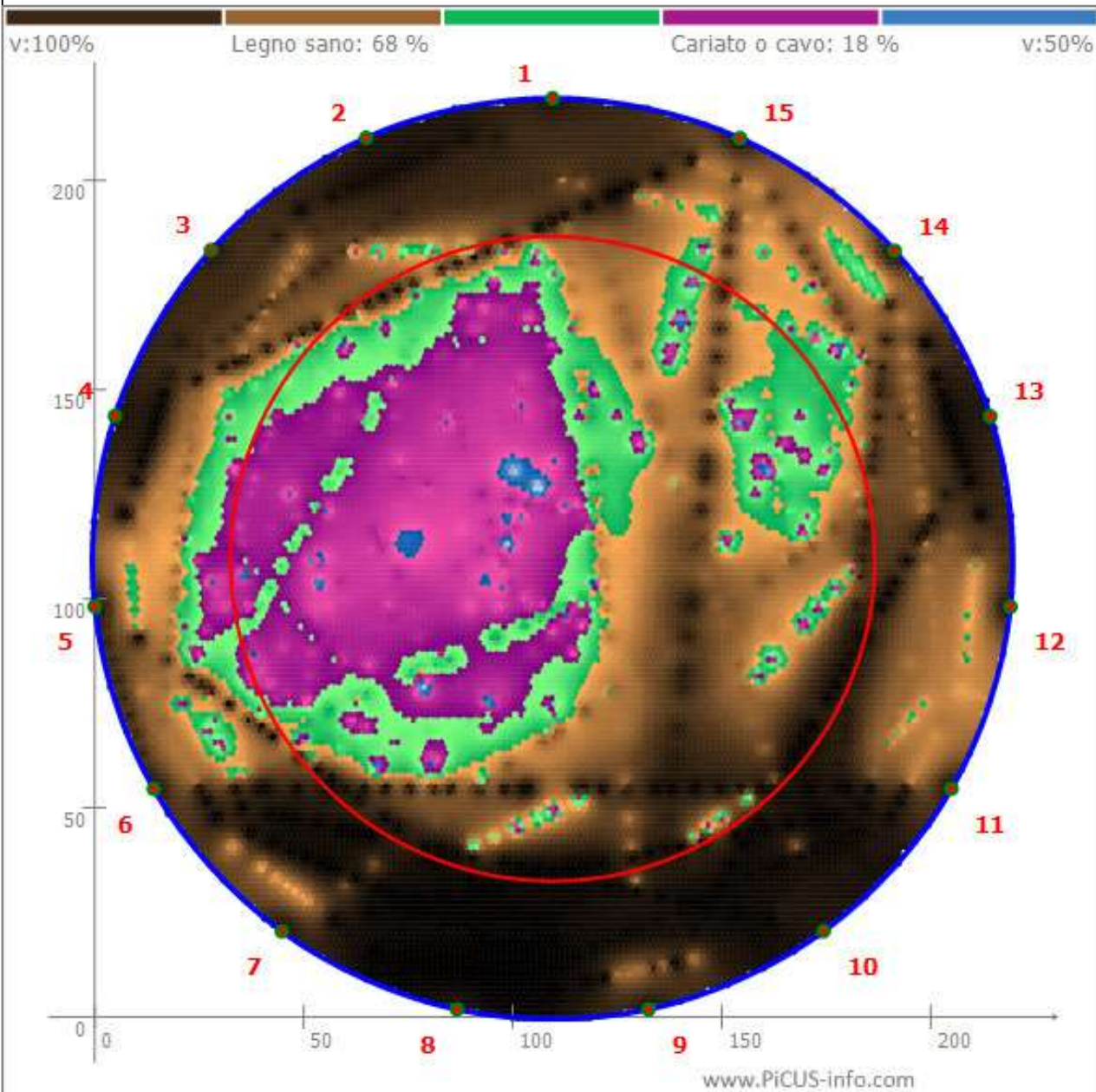
Circonferenza tronco (130cm altezza) [cm]:

Livello di misurazione [cm]:

1

N

25



Commento:

Eseguita tomografia al colletto con n. 15 sensori posizionati a circa 25 centimetri dal suolo. Il tomogramma evidenzia una zona concentrica in estensione verso il settore Ovest con densità inferiore rispetto al legno periferico. La porzione cava corrisponde in percentuale a circa il 18% mentre quella sana e strutturale a circa il 69%. La cavitazione o densità inferiore, entro certi limiti, è da ritenersi fisiologica. In questo caso specifico, potrebbe essere attribuito alla rimozione accidentale o programmata della branca centrale che ad oggi si presenta con grosso taglio apicale (capitozzatura). L'esemplare dovrebbe rientrare in un programma di potature, per poter ricostituire in un periodo da 3 a 9 anni, l'originale architettura della chioma. Si attribuisce la CPC (Classe di propensione al cedimento) C con controllo biennale.



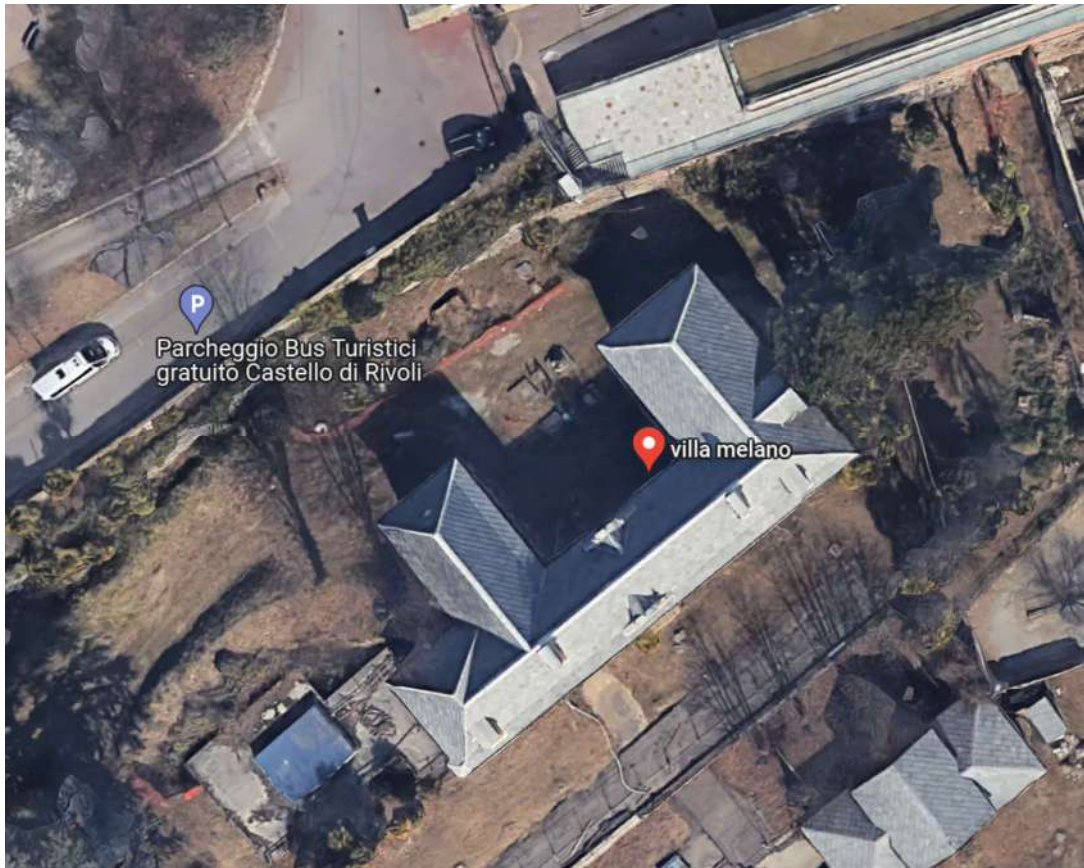






Comune di Rivoli

Villa Melano



RELAZIONE TECNICA

ANALISI DI STABILITA' mediante metodo V.T.A. (*Visual Tree Assessment*)



Andrea Pelleriti

Andrea Pelleriti

Dottore Agronomo e dottore in Architettura del Paesaggio
Tel. 349 3942799 ap.andreapelleriti@gmail.com

Pianezza, 22 giugno 2023

Sommario

1. Premessa.....	3
2. Inquadramento degli esemplari arborei oggetto d'indagine.....	4
3. Metodi e strumentazioni utilizzate.....	6
V.T.A. – Visual tree assessment.....	6
4. Analisi degli esemplari arborei	16
5. Risultati delle analisi.....	17
6. Descrizione degli interventi e schede di Analisi	18

1. Premessa

In esecuzione dell'incarico ricevuto, il sottoscritto Dott. Andrea Pelleriti, Agronomo e dott. in Architettura del Paesaggio libero professionista iscritto all'Albo dei Dottori Agronomi e Dottori Forestali della Provincia di Torino al n° 951 ha effettuato le opportune indagini per reperire gli elementi occorrenti alla stesura della presente “*Relazione tecnica inerente, l'Analisi di stabilità mediante metodo V.T.A. (Visual Tree Assessment) su numero otto piante arboree ad alto fusto insistenti nelle immediate vicinanze della Villa Melano sita nel comune di Rivoli (TO)*”.

2. Inquadramento degli esemplari arborei oggetto d'indagine

Gli alberi oggetto d'indagine si trovano sul territorio del Comune di Rivoli (TO), nello specifico ricadono sul Foglio 36 Particella catastale 1.

Di seguito l'estratto planimetrico con individuazione della particella catastale su cui radicano le piante arboree oggetto di indagine.



1. Estratto catastale con evidenziata in rosso l'area in cui radicano gli esemplari oggetto di analisi.



2. Estratto di mappa fornita in cui sono evidenziati gli otto esemplari oggetto di indagini.

3. Metodi e strumentazioni utilizzate

V.T.A. – Visual tree assessment

La valutazione di stabilità mediante metodo V.T.A. (= *Visual tree assessment*) ha interessato numero otto esemplari di alberi ad alto fusto radicati nelle immediate vicinanze del corpo di fabbrica padronale di Villa Melano sita nel Comune di Rivoli (TO).

La descrizione dell'albero, finalizzata a valutare le probabilità di rottura del tronco, di grosse branche o ribaltamento della zolla radicale, fa riferimento al metodo V.T.A. (= *Visual tree assessment*), introdotto in seguito agli studi del fisico tedesco K. Mattheck e oggi diffuso in tutto il mondo.

In diversi paesi europei il metodo V.T.A. ha assunto valore probatorio in sede legale. L'analisi mediante metodo V.T.A. consiste in:

1. Ispezione visiva: ogni albero sarà sottoposto ad accurata osservazione di ogni sua parte (radici-colletto, fusto, chioma) secondo metodo V.T.A., seguendo il Protocollo della S.I.A. (Società Italiana di Arboricoltura) sottoscritto ed in vigore dal 2001. In questa fase vengono anche raccolti e verificati i seguenti dati della pianta:
 - Dati dendrometrici (altezza, diametro etc..)
 - Contesto di crescita della pianta
 - Caratteristiche strutturali e difetti: le definizioni utilizzate sono quelle più comunemente utilizzate e riconosciute dai monitoratori italiani, in via di codificazione da parte del GLSA (Gruppo di lavoro sulla Stabilità degli Alberi del S.I.A. – Società Italiana di Arboricoltura).
 - Immagini fotografiche significative.
2. Ispezione mediante strumentazione: ogni esemplare è sondato con martello di gomma al fine di individuare anomalie interne, eventualmente, in presenza di cavità e fessure, si utilizzerà un'asta metallica e nelle parti che al momento dell'esame visivo manifestano difetti o anomalie tali da mettere in dubbio l'integrità interna del legno verrà eseguita l'Analisi strumentale mediante l'utilizzo di strumenti specialistici di precisione, quali Penetrometro modello Resi-PD 400 in grado di mettere in evidenza l'eventuale presenza di carie e alterazioni interne del legno su ogni albero.
3. Restituzione dati:
 - stesura di relazione tecnica, costituita dalla scheda di analisi di ogni esemplare, corredata dai risultati delle analisi strumentali e documentazione fotografica;
 - indicazione degli interventi gestionali necessari per la salvaguardia di ogni albero e nello stesso tempo garantire l'incolumità pubblica;

- per ogni esemplare verrà attribuita una classe di pericolosità di propensione al cedimento meccanico, indicante il grado di pericolosità del soggetto.

Con l'attribuzione della Classe di Pericolosità il professionista si assume la responsabilità sui danni a persone o cose in caso di caduta di alberi o di parti di esso.

Di seguito si riportano l'elenco e le definizioni delle categorie di rischio (recentemente ridefinite anche come "classi di propensione al cedimento meccanico" dal glsa – gruppo di lavoro sulla stabilità della S.I.A.) comunemente accettate dal Settore Verde Pubblico del Comune di Torino e assimilabili alla classificazione internazionale FRC (Failure Risk Classification).

CLASSI DI PROPENSIONE AL CEDIMENTO

A trascurabile

Gli alberi appartenenti a questa classe, al momento dell'indagine, non manifestano segni, sintomi o difetti significativi, riscontrabili con il controllo visivo, tali da far ritenere che il fattore di sicurezza naturale dell'albero si sia ridotto. Per questi soggetti è opportuno un controllo visivo periodico, con cadenza stabilita dal tecnico incaricato, comunque non superiore a cinque anni.

B bassa

Gli alberi appartenenti a questa classe, al momento dell'indagine, manifestano segni, sintomi o difetti lievi, riscontrabili con il controllo visivo ed a giudizio del tecnico con indagini strumentali, tali da far ritenere che il fattore di sicurezza naturale dell'albero non si sia sensibilmente ridotto. Per questi soggetti è opportuno un controllo visivo periodico, con cadenza stabilita dal tecnico incaricato, comunque non superiore a tre anni.

L'eventuale approfondimento diagnostico di tipo strumentale e la sua periodicità sono a discrezione del tecnico.

C moderata

Gli alberi appartenenti a questa classe, al momento dell'indagine, manifestano segni, sintomi o difetti significativi, riscontrabili con il controllo visivo e di norma con indagini strumentali*. Le anomalie riscontrate sono tali da far ritenere che il fattore di sicurezza naturale dell'albero si sia sensibilmente ridotto. Per questi soggetti è opportuno un controllo visivo periodico, con cadenza stabilita dal tecnico incaricato, comunque non superiore a due anni. L'eventuale approfondimento diagnostico di tipo strumentale e la sua periodicità sono a discrezione del tecnico. Questa avrà comunque una cadenza temporale non superiore a due anni. Per questi soggetti il tecnico incaricato può progettare un insieme di interventi colturali finalizzati alla riduzione del livello di pericolosità e, qualora realizzati, potrà modificare la classe di pericolosità dell'albero. * è ammessa una valutazione analitica documentata.

C/D elevata

Gli alberi appartenenti a questa classe, al momento dell'indagine, manifestano segni, sintomi o difetti gravi, riscontrabili con il controllo visivo e di norma con indagini strumentali*. Le anomalie riscontrate sono tali da far ritenere che il fattore di sicurezza naturale dell'albero si sia drasticamente ridotto. Per questi soggetti il tecnico incaricato deve assolutamente indicare dettagliatamente un insieme di interventi colturali. Tali interventi devono essere finalizzati alla riduzione del livello di pericolosità e devono essere compatibili con le buone pratiche colturali. Qualora realizzati, il tecnico valuterà la possibilità di modificare la classe di pericolosità dell'albero. Nell'impossibilità di effettuare i suddetti interventi l'albero è da collocare tra i soggetti di classe D. * è ammessa una valutazione analitica documentata.

D estrema

Gli alberi appartenenti a questa classe, al momento dell'indagine, manifestano segni, sintomi o difetti gravi, riscontrabili con il controllo visivo e di norma con indagini strumentali*. Le anomalie riscontrate sono tali da far ritenere che il fattore di sicurezza naturale dell'albero si sia ormai, quindi, esaurito. Per questi soggetti, le cui prospettive future sono gravemente compromesse, ogni intervento di riduzione del livello di pericolosità risulterebbe insufficiente o realizzabile solo con tecniche contrarie alla buona pratica dell'arboricoltura.

Gli strumenti utilizzati per approfondire l'analisi visiva, secondo la discrezionalità del monitoratore, sono:

□ Il **penetrometro modello Resi-PD 400®** è stato sviluppato per l'analisi puntuale e la valutazione dello stato interno degli alberi, ed è basato sul principio della resistenza alla penetrazione dei tessuti lungo linee prestabilite. L'analisi resistografica permette quindi di quantificare con precisione i rapporti tra tessuti sani e più o meno degradati, nei punti critici indicati.

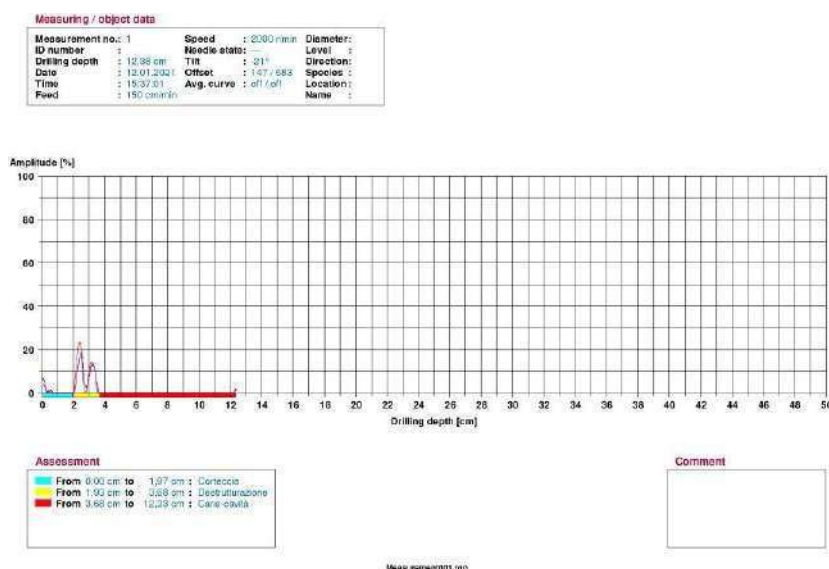


3. Esempio di utilizzo del resistograph sul fusto di un albero.

Sotto è riportato un esempio di analisi puntuale con penetrometro, che restituisce il grafico della resistenza alla penetrazione dei tessuti lungo linee prestabilite (immagine 3).

L'analisi resistografica permette quindi di quantificare con precisione i rapporti tra tessuti sani e più o meno degradati, nei punti critici indicati in maniera più generale dalla tomografia.

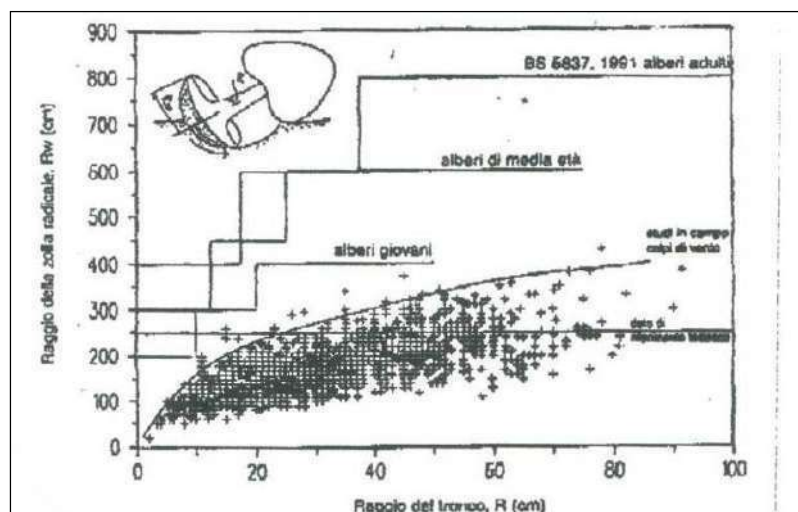
Profilo densitometrico



4. Esempio di restituzione penetrometrica su una pianta con degradazione interna dei tessuti legnosi.

I referti strumentali sono allegati alla presente perizia.

Le valutazioni sull'efficienza dell'ancoraggio radicale della pianta fanno invece riferimento al grafico sotto rappresentato (Mattheck), espressione della correlazione tra dimensioni della parte aerea della pianta e dimensione della zolla radicale. Tale grafico è utilizzato a livello internazionale ed è ufficialmente riconosciuto a livello sia tecnico che scientifico.



5. Correlazione tra la dimensione della parte aerea di una pianta (raggio del tronco) e la dimensione della sua zolla radicale (raggio minimo necessario).

Analisi strumentale con Resistograph: il rapporto t/R .

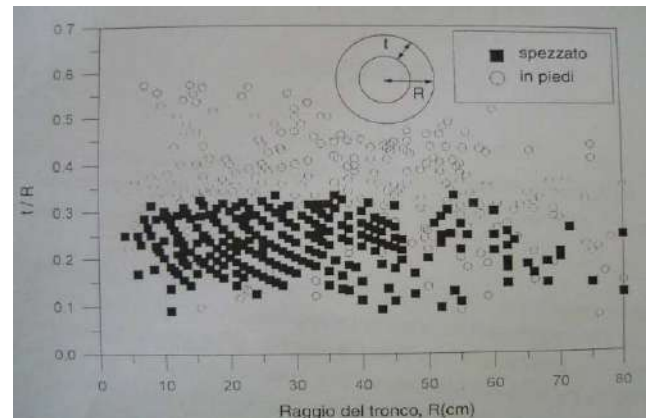
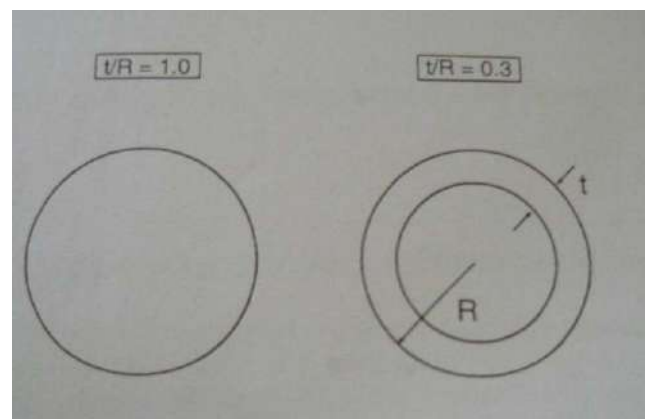
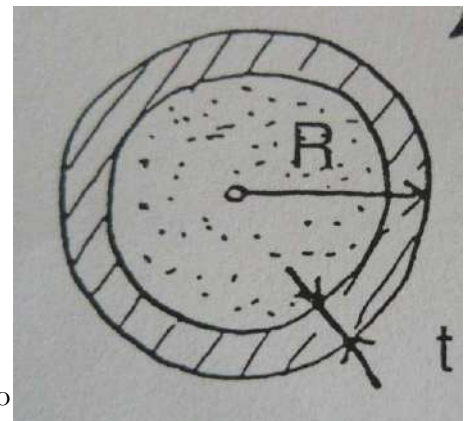
I difetti interni più gravi riscontrabili su un albero sono rappresentati dalle carie (cioè degradazioni del legno causate da agenti fungini), che possono portare alla formazione di cavità interne.

Gli ideatori del Metodo V.T.A. (Mattheck e Breloer, 1992), attraverso studi in laboratorio e in campo, hanno dimostrato che si ha il cedimento meccanico di un albero per imbozzamento, vale a dire provocato da una cavità interna, quando lo spessore residuo del legno (t) è inferiore al 30-35% rispetto allo analizzata.

Una cavità interna che interessa oltre il 65- 70% del diametro del tronco determina quindi un consistente aumento della sollecitazione sulla parte residua dello stesso. Osservazioni su alberi caduti in natura in Germania, Inghilterra e Usa hanno evidenziato, nella pressoché totalità dei casi, un rapporto $t/R < 0,30$, dove t è lo spessore di parete esterna residua sana e R il valore del raggio.

Sempre Mattheck, attraverso i suoi studi, enuncia che per escludere il cedimento per imbozzamento di una data sezione basta che si mantenga un rapporto t/R medio sulla sezione maggiore di 0,30– 0,35; questo dato vale per alberi che possiedono ancora una chioma completa, non oggetto di potature.

Sempre le statistiche di Mattheck hanno dimostrato che su alberi cavi ma con una chioma ridotta il cedimento avviene con valori di t/R inferiori, solitamente prossimi a 0,25.



PROTOCOLLO S.I.A. SULLA VALUTAZIONE DI STABILITÀ DEGLI ALBERI

1. Oggetto e scopo della valutazione di stabilità degli alberi
2. Procedure di valutazione di stabilità degli alberi
3. Restituzione dei dati al committente
4. Prescrizioni, cure colturali e indicazioni tecnico-operative
5. Limiti della valutazione di stabilità

Il presente documento viene redatto dal Gruppo di Lavoro sulla Stabilità degli Alberi della Società Italiana di Arboricoltura, ed è patrimonio dell'associazione. Esso definisce le prassi condivise dagli iscritti che si occupano a titolo professionale della valutazione di stabilità; il valutatore che vi aderisce lo dichiara in maniera esplicita all'inizio dell'elaborato fornito al committente e vi si attiene per intero. La valutazione di stabilità in quanto analisi peritale, deve essere condotta da professionisti in possesso dei requisiti di legge (iscrizione agli albi professionali di riferimento) e con adeguata esperienza specifica comprovata a livello curriculare, sia come formazione che come prestazioni svolte.

1. Oggetto e scopo della valutazione di stabilità degli alberi

Oggetto della valutazione di stabilità sono gli alberi in qualsivoglia sito, considerati ed esaminati singolarmente.

La valutazione di stabilità consiste nella identificazione tassonomica e nella descrizione morfologica, anatomica, biologica, fitopatologica e meccanica dell'albero al fine di determinarne la pericolosità intesa come propensione al cedimento strutturale integrale o parziale. Tale verifica richiede conoscenze approfondite e integrate di arboricoltura ornamentale (botanica, patologia vegetale, tecnologia del legno, meccanica, ecc.).

La valutazione di stabilità individua le cure colturali e gli interventi utili alla riduzione della pericolosità e definisce modalità e cadenza temporale dei monitoraggi necessari al controllo della sua evoluzione nel tempo.

Nel caso in cui le condizioni di pericolosità non siano mitigabili, attraverso specifici interventi colturali, la valutazione di stabilità è lo strumento idoneo per individuare la necessità di procedere all'abbattimento dell'albero.

Non fanno parte dei giudizi esprimibili nell'ambito delle valutazioni di stabilità, le valutazioni basate su criteri estetici, paesaggistici, ecologico-ambientali o relativi a valutazioni estimative legate ad esempio al valore ornamentale o al valore di servizio (legato all'età) di alberature urbane.

2. Procedure di valutazione di stabilità degli alberi

L'albero oggetto di valutazione deve essere chiaramente ed inequivocabilmente identificato.

La valutazione di stabilità prende in considerazione l'albero nei suoi diversi elementi anatomici e consta di quattro fasi: anamnesi, diagnosi, prognosi, prescrizioni. In particolare, l'anamnesi è volta ad individuare sintomi, danni, difetti morfologici ed altre anomalie che abbiano ripercussioni dirette o indirette sulla stabilità dell'albero o di una sua parte. Le prescrizioni devono avere carattere di sostenibilità tecnica, economica e sociale.

L'analisi deve tener conto sia delle caratteristiche del sito di radicazione che delle peculiarità stazionali in cui l'albero vive. Quando disponibili, anche i dati storici su situazioni pregresse ed oggettive danno completamento al quadro diagnostico.

La valutazione di stabilità ha inizio con un'analisi visiva che può essere integrata da approfondimenti diagnostici e/o strumentali sulla base della sintomatologia riscontrata.

Esistono diversi metodi codificati di analisi; pertanto la metodologia da seguire deve essere chiaramente individuata ed applicata in modo appropriato, tenendo ragionevolmente conto delle condizioni del sito e dell'albero.

L'analisi visiva consiste sempre in un'ispezione dettagliata dell'albero e della stazione in cui esso vegeta. Ciò richiede che il valutatore si muova intorno a tutto l'albero, osservando il sito, il colletto, il tronco e i rami. L'analisi visiva può includere l'uso di semplici strumenti al fine di acquisire ulteriori informazioni in merito alle condizioni dell'albero ed ai suoi difetti.

L'analisi visiva consiste ordinariamente in una ispezione svolta a terra; i fattori interni dell'albero, al di sotto del piano campagna, o in quota, nella porzione superiore delle chioma, possono essere non visibili o di difficile valutazione e quindi possono rimanere indeterminati. Indagini di natura visuale effettuate in chioma o ispezioni a livello radicale sono da considerarsi alla stregua di approfondimenti strumentali.

Quando il quadro diagnostico ottenuto con l'analisi visiva non è chiaro è opportuno sottoporre l'albero ad un approfondimento di indagine di tipo strumentale. L'analisi strumentale è eseguita sui punti dell'albero che mostrano difetti strettamente correlati con una significativa propensione al cedimento.

L'analisi strumentale, comunque realizzata, è una parte della valutazione, ma non è la valutazione stessa; l'evidenza strumentale deve essere interpretata alla luce di quanto evidenziato con l'analisi visiva ed è finalizzata a confermare il giudizio di stabilità.

La tipologia e la quantità di analisi strumentali sono definite dal valutatore; la scelta deve essere orientata secondo il criterio del minimo danno per l'albero e della rappresentatività delle stesse. Quando eseguite, le analisi strumentali dovranno essere ripetibili e fornire dati associati e riconducibili chiaramente alle porzioni anatomiche che sono state analizzate.

La valutazione di stabilità di un albero si conclude con l'attribuzione della classe di propensione al cedimento (si fa riferimento Classi di Propensione al Cedimento della S.I.A.) ed è riferibile solo alle caratteristiche strutturali dell'albero indipendentemente dal bersaglio che attiene alla valutazione del rischio e potrà essere considerata separatamente se richiesto dal committente.

La valutazione di stabilità ha una validità temporale e fissata a discrezione del valutatore. Tale validità (turno di ricontrollo) non potrà essere superiore a quanto indicato dalla classe di propensione al cedimento a cui viene attribuito l'albero.

La valutazione, tuttavia, è riferita alle condizioni verificate al momento del rilievo; la validità temporale della valutazione, quindi, coincide con il turno di ricontrollo, fatto salvo il verificarsi di cambiamenti di condizioni per eventi meteorologici estremi, l'insorgenza di patologie o lo svolgimento di attività sull'albero o intorno ad esso, che possono modificare, successivamente alla valutazione, le condizioni e la propensione al cedimento dell'albero stesso.

L'abbattimento di soggetti morti o fortemente deperenti con scarse prospettive di vita può essere prescritto, purché tale parere venga espresso con le motivazioni che gli sono proprie.

3. Restituzione dei dati al committente

Le quattro fasi della valutazione di stabilità (anamnesi, diagnosi, prognosi, prescrizioni) devono essere adeguatamente descritte in una specifica relazione tecnica, datata e sottoscritta dal rilevatore.

La relazione tecnica relativa all'indagine di stabilità deve contenere almeno:

- la descrizione della metodologia, delle procedure operative e della eventuale strumentazione utilizzate;
- la descrizione degli elementi individuati e ritenuti critici che permettano di comprendere la situazione fisiologica e strutturale dell'albero; tale descrizione può essere restituita anche sotto forma di schede cartacee o digitali, anch'esse datate e sottoscritte dal rilevatore;
- la localizzazione degli eventuali punti di sondaggio, qualora l'albero sia stato verificato anche strumentalmente; i referti strumentali prodotti dovranno essere allegati alla relazione o alle singole schede pianta.
- adeguati elaborati grafici e fotografici, se pattuiti con il committente;
- la Classe di Propensione al Cedimento salvo i casi in cui è possibile ometterla ed un giudizio sintetico sulle condizioni di stabilità degli alberi indagati;
- prescrizioni arboricolturali tecnico-operative dettagliate, miranti alla riduzione della propensione al cedimento dell'albero esaminato, in conformità a quanto previsto dal protocollo sulle classi di propensione al cedimento.

Nel caso specifico della Classe di Propensione al Cedimento C/D, la pianta dovrà essere assoggettata a rivalutazione a posteriori con emissione di nuova classe.

4. Prescrizioni, cure colturali e indicazioni tecnico-operative

Le prescrizioni impartite dal valutatore dovranno essere compatibili con la dignità dell'albero, intesa come integrità biologica e funzionale dello stesso, essere commisurate alle caratteristiche della specie botanica, allo stadio fisiologico ed alle sue condizioni fitosanitarie, ed essere coerenti con l'obiettivo di riduzione della propensione al cedimento della pianta.

Tutte le prescrizioni, cure colturali e interventi operativi dovranno fare riferimento alla moderna arboricoltura; in nessun caso la capitozzatura può costituire intervento colturale valido ai fini della riduzione della propensione al cedimento. In assenza di interventi corretti realizzabili, il valutatore potrà prescrivere l'abbattimento dell'albero, fornendo adeguate motivazioni.

5. Limiti della valutazione di stabilità

La valutazione di stabilità è uno strumento indispensabile, insieme alle corrette cure arboricolturali, per una moderna gestione dei patrimoni arborei.

La valutazione di stabilità comporta intrinsecamente un grado di incertezza, connaturato in maniera incompressibile alla natura vivente dell'albero e alla ancora limitata conoscenza dei processi naturali, all'incapacità di predire l'intensità degli eventi climatici e le loro conseguenze potenziali sugli alberi. Ogni metodologia di ispezione è da considerarsi limitata e in evoluzione, cioè aggiornabile e rinnovabile sulla base di conoscenze scientifiche, tecniche e tecnologiche che sono in continua evoluzione.

La valutazione di stabilità e la biomeccanica sono discipline relativamente recenti; i valutatori esprimono un giudizio disponendo di informazioni limitate nei confronti sia delle condizioni strutturali dell'albero che dell'ambiente in cui vive.

Nella convivenza degli alberi con le attività umane e con i manufatti è implicito un rischio; un certo grado di rischio sostenibile deve essere comunque accettato per poter usufruire dei benefici che gli alberi forniscono.

La valutazione di stabilità ha lo scopo di valutare la pericolosità degli alberi e non il rischio connaturato alla convivenza di alberi e uomini, la cui analisi e valutazione è oggetto di specifiche procedure.

È necessario distinguere ruoli e responsabilità tra le figure coinvolte nella gestione dell'albero: il gestore dell'albero, il valutatore della stabilità e l'arboricoltore che attua le prescrizioni impartite dal valutatore.

I piccoli rami o le ramificazioni di modesta importanza non sono oggetto di indagine. Il cosiddetto secco fisiologico può dare origine a distacchi e cedimenti che in qualche modo potrebbero anche essere pericolosi ma sono oggetto degli interventi colturali ordinari delle alberate.

4. Analisi degli esemplari arborei

In data 21 giugno 2023, il sottoscritto Dott. Andrea Pelleriti si è recato presso i luoghi oggetto di indagine per lo svolgimento delle operazioni di Analisi di stabilità mediante metodo V.T.A. (*Visual Tree Assessment*) sugli otto esemplari arborei ad alto fusto radicati nelle immediate vicinanze del corpo di fabbrica padronale di Villa Melano sita nel Comune di Rivoli (TO).

Nel corso del sopralluogo in campo, sono state raccolte le informazioni necessarie allo stesura della presente relazione, quindi analizzati gli alberi mediante indagine visiva e analisi strumentale dove ritenuto necessario.

Per effettuare un'analisi approfondita è stato necessario lo scollettamento del colletto mediante l'ausilio di un piccone a punta smussata per non danneggiare le parti sani. Lo scollettamento non è stato possibile portarlo a compimento visto l'interramento di alcune piante per cui, dove indicato nelle specifiche schede degli alberi, si prescrive la rimozione della terra dal colletto al fine di liberarlo completamente.

Si è poi proceduto all'analisi visiva delle altre parti degli alberi (fusto, castello e chioma) e successivamente si sono eseguiti, dove ritenuto necessario, approfondimenti strumentali mediante l'utilizzo del Resistograph.

5. Risultati delle analisi

Si riportano di seguito i risultati sui cui porre maggiore attenzione, emersi durante l'analisi degli esemplari arborei. Il dettaglio riferito alla valutazione di ogni singolo albero è riportato sulle singole schede di analisi.

L'esemplare di *Aesculus hippocastanum* individuato con il n. M 03, radicato a nord-est rispetto al corpo di fabbrica di Villa Melano, presenta corpi fruttiferi sul fusto e dalle analisi strumentali sono emerse carie-cavità estese tali da pregiudicarne la stabilità. Per tale esemplare arboreo si prescrive l'abbattimento nell'immediato.

Si riportano in allegato le schede di Analisi di ogni singolo albero valutato.

Si sottolinea che le prescrizioni riportate nelle schede V.T.A. debbano essere eseguite nel più breve tempo possibile, nel rispetto del ciclo vitale e fisiologico degli alberi.

6. Descrizione degli interventi e schede di Analisi

Tutti gli interventi di potatura dovranno essere eseguiti nel rispetto: dell'epoca ottimale di intervento, del portamento naturale della specie, dell'estetica della pianta, della fisiologia e della vigoria della pianta, della corretta successione fra i diametri dei diversi assi vegetativi (nell'esecuzione del taglio di ritorno non passare da un diametro grande e a un diametro sproporzionato troppo piccolo), del collare del ramo. Gli interventi di potatura devono essere effettuati nel periodo estivo, nei mesi più caldi, quando la pianta rallenta il suo metabolismo, oppure in alternativa durante il riposo vegetativo invernale e quindi dopo la caduta delle foglie. Il potatore dovrà avere cura di valutare la corretta intensità di potatura, intesa come la quantità di legna da asportare, al fine di mantenere l'equilibrio ormonale nell'albero.

Tipi di taglio:

- **taglio di ritorno:** si tratta di recidere il ramo nella parte immediatamente al di sopra di un ramo di ordine inferiore a quello che si elimina. Il ramo che rimane sostituisce quello che si elimina e diviene la nuova cima.
- **taglio di diradamento:** si tratta di tagli di asportazione completa di rami in prossimità della loro inserzione.

Tipi di potature:

- **Potatura a tutta cima:** realizzata mediante la tecnica del taglio di ritorno aventi un diametro massimo di cm cinque, salvo diverse indicazioni e ad eccezione di rami morti o rami da rimuovere per motivi di sicurezza. Ha lo scopo principale di alleggerire la chioma nel rispetto del portamento e della fisiologia dell'albero. Con la potatura a tutta cima in nessun ramo potato viene interrotta la dominanza apicale esercitata dalla gemma apicale.
- **Potatura di alleggerimento:** realizzata mediante la tecnica del taglio di ritorno e/o di diradamento aventi un diametro massimo di cm sei, salvo diverse indicazioni e ad eccezione di rami morti o rami da rimuovere per motivi di sicurezza. Ha lo scopo principale di alleggerire la chioma e di diminuire la propensione al cedimento dell'albero.
- **Potatura di riduzione in altezza:** se possibile mediante tagli di ritorno aventi un diametro massimo di cm dieci, salvo diverse indicazioni e ad eccezione di rami morti o rami da rimuovere per motivi di sicurezza. Tale potatura è resa necessaria a causa della presenza di difetti a carico dell'albero stesso che possono minarne la stabilità.
- **Potatura di riequilibrio:** da eseguirsi su alberi presentanti chioma asimmetriche e/o spiombate al fine di ristabilire l'equilibrio dei carichi all'interno della pianta mediante tagli di ritorno aventi un diametro massimo di cm sei, salvo diverse indicazioni e ad eccezione di rami morti o rami da rimuovere per motivi di sicurezza.

Scheda V.T.A. - Valutazione di stabilità albero					
Rilevatore:	Andrea Pelleriti		Data analisi:	21/giu/2023	

Dati dell'albero					
Specie:	<i>Aesculus hippocastanum</i>		N.° albero:	M 01	
Città:	Rivoli (TO)	Posizione:	gruppo	Condizione vegetativa generale:	discreta
Località:	Villa Melano	Altezza (m):	18	Sito di crescita:	giardino
		Ø fusto (cm):	80	Bersaglio:	manufatti
		Ø chioma (m):	9	Uso:	frequente
		H. inser. chioma (m):	2		

Analisi visiva					
Intensità del difetto:	1 lieve	2 moderato	3 accentuato	4 grave	
Difetti colletto:	Intensità	Difetti fusto:			Intensità
Colletto interrato	3				
Presenza di infestanti	3				
Difetti castello:	Intensità	Difetti chioma:			Intensità
Cavità esposta al castello	2	Capitozzature sulla chioma			3
		Lesioni aperte sulle branche			1

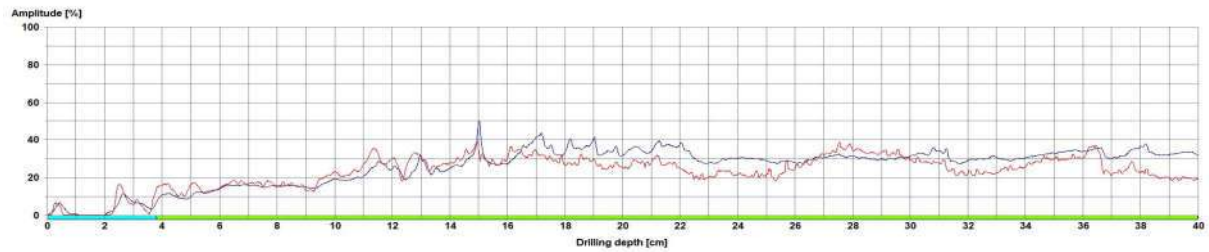
Analisi strumentale					
Analisi	N.° file	Angolo [°]	Punto applicaz.	h da terra [cm]	Ø [cm]
R1	1	350°	colletto - radici	0	80
R2	2	230°	colletto - radici	0	80

Giudizio conclusivo	
Classe di propensione al cedimento:	C
Ricontrollo entro:	12 mesi
Rapporto di snellezza:	23
Note	
Ispezione difficoltosa del colletto-radici e del castello dovuta alla presenza di fitta vegetazione infestante. Cavità al castello profonda almeno 20 cm.	
Prescrizioni	
Potatura di riduzione in altezza della chioma mediante tagli di ritorno. Non rimuovere i rami sul fusto. Eliminare le piante infestanti sul fusto e sulle branche. Effettuare lo scollettamento del colletto manualmente senza danneggiare nessuna parte dell'albero. Effettuare ispezione al castello.	



Measuring / object data

Measurement no.:	1	Speed	: 2500 r/min	Diameter:	
ID number	:	Needle state:	---	Level	:
Drilling depth	: 40,14 cm	Tilt	:	Direction	:
Date	: 21.06.2023	Offset	: 56 / 281	Species	:
Time	: 09:20:07	Avg. curve	: off / off	Location	:
Feed	: 50 cm/min			Name	:



Assessment

From 0,00 cm to 3,80 cm : Corteccia
From 3,80 cm to 40,00 cm : Legno integro

Comment

Analisi effettuata a nord, tra i contrafforti.

Measuring / object data

Measurement no.:	2	Speed	: 2500 r/min	Diameter:	
ID number	:	Needle state:	---	Level	:
Drilling depth	: 40,14 cm	Tilt	:	Direction	:
Date	: 21.06.2023	Offset	: 56 / 310	Species	:
Time	: 09:22:11	Avg. curve	: off / off	Location	:
Feed	: 50 cm/min			Name	:



Assessment

From 0,00 cm to 8,00 cm : Corteccia
From 8,00 cm to 13,00 cm : Destutturazione
From 13,00 cm to 40,00 cm : Legno integro

Comment

Analisi effettuata a sud-ovest, tra i contrafforti.

Scheda V.T.A. - Valutazione di stabilità albero					
Rilevatore:	Andrea Pelleriti		Data analisi:	21/giu/2023	

Dati dell'albero					
Specie:	<i>Tilia platyphyllos</i>		N.° albero:	M 02	
Città:	Rivoli (TO)	Posizione:	gruppo	Condizione vegetativa generale:	discreta
Località:	Villa Melano	Altezza (m):	19	Sito di crescita:	giardino
		Ø fusto (cm):	72	Bersaglio:	manufatti
		Ø chioma (m):	9	Uso:	frequente
		H. inser. chioma (m):	2,5		

Analisi visiva				
Intensità del difetto:	1 lieve	2 moderato	3 accentuato	4 grave
Difetti colletto:	Intensità	Difetti fusto:		Intensità
Presenza di infestanti	2			
Lesioni aperte sul colletto	2			
Radice strozzante	2			
Colletto interrato	1			
Difetti castello:	Intensità	Difetti chioma:		Intensità
		Capitozzature sulla chioma		2

Analisi strumentale					
Analisi	N.° file	Angolo [°]	Punto applicaz.	h da terra [cm]	Ø [cm]
R1	3	210°	colletto - radici	0	75

Giudizio conclusivo	
Classe di propensione al cedimento:	C
Ricontrollo entro:	12 mesi
Rapporto di snellezza:	26
Note	
Lesione aperta al colletto a sud-ovest.	
Presenza di foro di picchio sul fusto in direzione sud, a circa 7 m d'altezza.	
Prescrizioni	
Eliminare le piante infestanti. Potatura di riduzione in altezza mediante tagli di ritorno. Effettuare scollettamento del colletto manualmente senza danneggiare nessuna parte dell'albero. Effettuare ispezione in quota. Potatura di selezione dei rami sul fusto, con sola eliminazione di quelli con andamento verticale. Potatura mediante selezione e diradamento dei ricacci e dei rami epicormici. Rimuovere i rami mal e/o debolmente inseriti, quelli morti, i succhioni e quelli con direzione anomala, verso l'interno chioma. Mantenere i rami meglio inseriti e ben conformati.	



Measuring / object data

Measurement no.:	3	Speed	: 2500 rpm	Diameter:	
ID number	:	Needle state:	—	Level	:
Drilling depth	: 40.14 cm	Tilt	:	Direction:	:
Date	: 21.06.2023	Offset	: 44 (276)	Species	:
Time	: 09:40:01	Avg. curve	: off / off	Location	:
Feed	: 50 cm/min	Name	:		



Assessment

From 0.00 cm to 2.60 cm	: Corteccia
From 2.60 cm to 40.00 cm	: Legno integro

Comment

Analisi effettuata a sud-ovest, su forata.

Scheda V.T.A. - Valutazione di stabilità albero					
Rilevatore:	Andrea Pelleriti		Data analisi:	21/giu/2023	

Dati dell'albero					
Specie:	<i>Aesculus hippocastanum</i>			N.° albero:	M 03
Città:	Rivoli (TO)	Posizione:	isolata	Condizione vegetativa generale:	scarsa
Località:	Villa Melano	Altezza (m):	11	Sito di crescita:	giardino
		Ø fusto (cm):	38	Bersaglio:	giardino/manufatti
		Ø chioma (m):	6	Uso:	frequente
		H. inser. chioma (m):	4		

Analisi visiva			
Intensità del difetto:	1 lieve	2 moderato	3 accentuato 4 grave
Difetti colletto:	Intensità	Difetti fusto:	Intensità
Carpofori di saprofita sul colletto	2	Carpofori di agenti cariogeni sul fusto	3
Contrafforte lesionato	3	Lesioni aperte sul fusto	2
Presenza di infestanti	1		
Danni da scavo sulla zolla radicale	2		
Difetti castello:	Intensità	Difetti chioma:	Intensità
		Capitozzature sulla chioma	2

Analisi strumentale					
Analisi	N.° file	Angolo [°]	Punto applicaz.	h da terra [cm]	Ø [cm]
R1	4	220°	colletto - radici	0	56
R2	5	220°	fusto	200	38

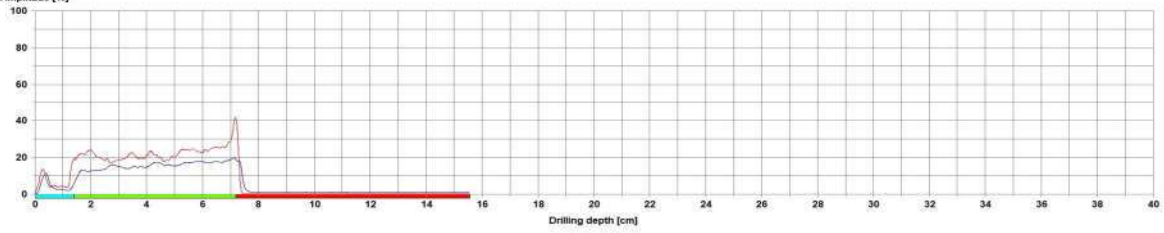
Giudizio conclusivo	
Classe di propensione al cedimento:	D
Ricontrollo entro:	Abbattimento
Rapporto di snellezza:	29
Note	
Presenza di carpofori di saprofita e danni da scavo, al livello del colletto-radici, a sud.	
Presenza di carpofori di funghi agenti di carie a circa 2,5 m d'altezza e di ferita aperta sul fusto, a sud.	
Prescrizioni	
Pianta senza prospettive future. Abbattimento.	



Measuring / object data

Measurement no.:	4	Speed	: 2500 /min	Diameter:	
ID number	:	Needle state:	---	Level	:
Drilling depth:	15,57 cm	Tilt	---	Direction:	
Date	: 21.06.2023	Offset	: 44 / 276	Species	:
Time	: 10:05:19	Avg. curve	: off / off	Location:	
Feed	: 50 cm/min			Name	:

Amplitude [%]



Assessment

From 0,00 cm to	1,40 cm	:	Corteccia
From 1,40 cm to	7,20 cm	:	Legno integro
From 7,20 cm to	15,57 cm	:	Cane-cavità

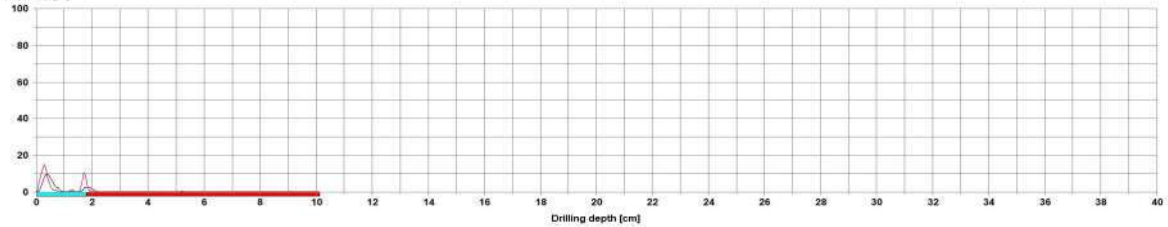
Comment

Analisi effettuata a sud-ovest.

Measuring / object data

Measurement no.:	5	Speed	: 2500 cm/min	Diameter:	
ID number	:	Needle state:	---	Level	:
Drilling depth	: 10,11 cm	Tilt	---	Direction:	
Date	: 21.06.2023	Offset	: 68 / 270	Species	:
Time	: 10:06:22	Avg. curve	: off / off	Location:	
Feed	: 50 cm/min			Name	:

Amplitude [%]



Assessment

From 0,00 cm to	1,80 cm	:	Corteccia
From 1,80 cm to	10,11 cm	:	Cane-cavità

Comment

Analisi effettuata a sud-ovest, sotto il carpoforo.

Scheda V.T.A. - Valutazione di stabilità albero					
Rilevatore:	Andrea Pelleriti		Data analisi:	21/giu/2023	

Dati dell'albero					
Specie:	Taxus baccata		N.° albero:	M 04	
Città:	Rivoli (TO)	Posizione:	gruppo	Condizione vegetativa generale:	discreta
Località:	Villa Melano	Altezza (m):	11	Sito di crescita:	giardino
		Ø fusto (cm):	60	Bersaglio:	giardino
		Ø chioma (m):	9	Uso:	frequente
		H. inser. chioma (m):	0,5		

Analisi visiva			
Intensità del difetto:	1 lieve	2 moderato	3 accentuato 4 grave
Difetti colletto:	Intensità	Difetti fusto:	Intensità
Colletto interrato	2	Sciabolatura del fusto	2
Presenza di infestanti	2	Fusto inclinato	3
Difetti castello:	Intensità	Difetti chioma:	Intensità
		Capitozzature sulla chioma	2

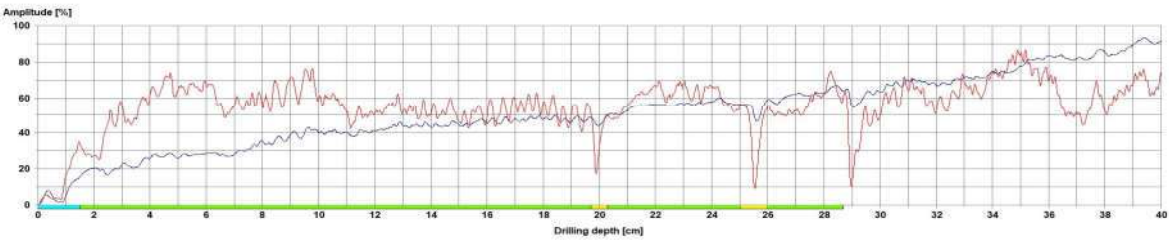
Analisi strumentale					
Analisi	N.° file	Angolo [°]	Punto applicaz.	h da terra [cm]	Ø [cm]
R1	6	210°	colletto - radici	0	64

Giudizio conclusivo	
Classe di propensione al cedimento:	C
Ricontrollo entro:	12 mesi
Rapporto di snellezza:	18
Note	
Prescrizioni	
Potatura di contenimento e di alleggerimento della chioma, lato nord, mediante tagli di ritorno. Eliminare le piante infestanti. Effettuare scollettamento del colletto manualmente senza danneggiare nessuna parte dell'albero. Installazione cavo dinamico, con carico di rottura 2 tonnellate, tra le branche a nord.	



Measuring / object data

Measurement no.:	6	Speed	: 2500 rpm	Diameter:	
ID number	:	Needle state:	---	Level	:
Drilling depth	: 40.14 cm	Tilt	---	Direction	:
Date	: 21.05.2023	Offset	: 48 / 283	Species	:
Time	: 19:18:13	Avg. curve	: on / off	Location	:
Feed	: 50 cm/min			Name	:



Assessment

From	0.00 cm to	1.50 cm	: Corteccia
From	1.50 cm to	19.70 cm	: Legno integro
From	19.70 cm to	20.30 cm	: Destruizione
From	20.30 cm to	25.00 cm	: Legno integro
From	25.00 cm to	26.00 cm	: Destruizione
From	26.00 cm to	28.70 cm	: Legno integro

Comment

From 26.70 cm to 28.40 cm : Destruizione
From 29.40 cm to 40.00 cm : Legno integro
Analisi effettuata a sud

Scheda V.T.A. - Valutazione di stabilità albero					
Rilevatore:	Andrea Pelleriti		Data analisi:	21/giu/2023	

Dati dell'albero					
Specie:	Pinus nigra		N.° albero:	M 05	
Città:	Rivoli (TO)		Posizione:	gruppo	Condizione vegetativa generale: discreta
			Altezza (m):	18	
			Ø fusto (cm):	65	
Località:	Villa Melano		Ø chioma (m):	9	Sito di crescita: giardino
			H. inser. chioma (m):	9	Bersaglio: giardino
					Uso: frequente

Analisi visiva					
Intensità del difetto:	1 lieve	2 moderato	3 accentuato	4 grave	
Difetti colletto:	Intensità	Difetti fusto:		Intensità	
Colletto interrato	2	Presenza di infestanti		1	
		Fusto inclinato		1	
Difetti castello:	Intensità	Difetti chioma:		Intensità	
Branche codominanti con corteccia inclusa	2	Branche secche		2	

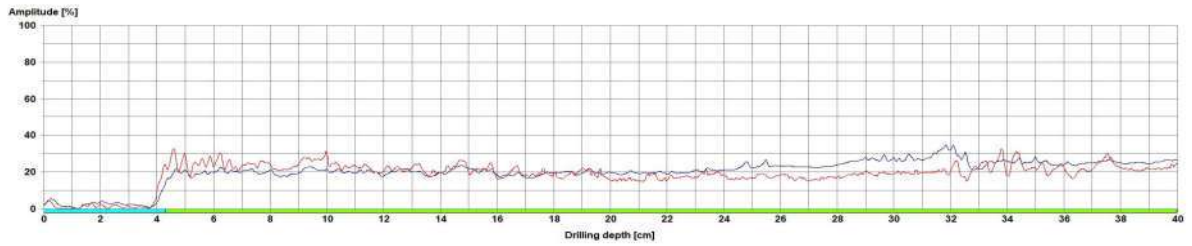
Analisi strumentale					
Analisi	N.° file	Angolo [°]	Punto applicaz.	h da terra [cm]	Ø [cm]
R1	7	210°	colletto - radici	0	60
R2	8	80°	colletto - radici	0	60

Giudizio conclusivo	
Classe di propensione al cedimento:	C
Ricontrollo entro:	12 mesi
Rapporto di snellezza:	28
Note	
Anastomosi sul fusto.	
Prescrizioni	
Leggera potatura di rimonda del secco. Effettuare scollettamento del colletto manualmente senza danneggiare nessuna parte dell'albero. Eliminare le piante infestanti. Eliminare la branca secca a nord-est.	



Measuring / object data

Measurement no.:	7	Speed	: 2500 rpm	Diameter:	
ID number	:	Needle state:	---	Level	:
Drilling depth	:	Tilt	:	Direction:	:
Date	:	Offset	: 43 / 282	Species	:
Time	:	Avg. curve	: off / off	Location	:
Feed	:			Name	:



Assessment

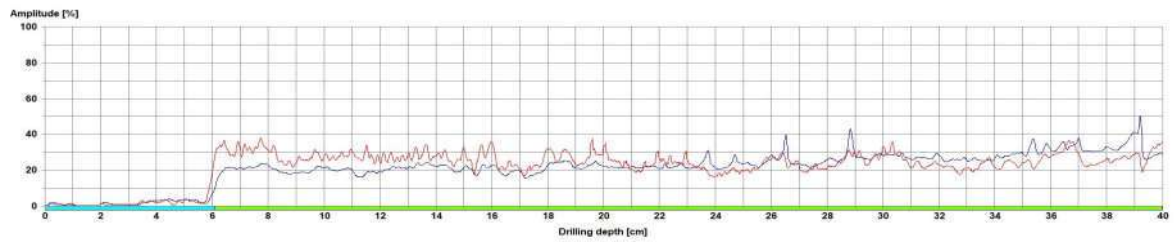
From 0.00 cm to 4.30 cm : Corteccia
From 4.30 cm to 40.00 cm : Legno integro

Comment

Analisi effettuata a sud-ovest.

Measuring / object data

Measurement no.:	8	Speed	: 2500 rpm	Diameter:	
ID number	:	Needle state:	---	Level	:
Drilling depth	:	Tilt	:	Direction:	:
Date	:	Offset	: 40 / 268	Species	:
Time	:	Avg. curve	: off / off	Location	:
Feed	:			Name	:



Assessment

From 0.00 cm to 6.10 cm : Corteccia
From 6.10 cm to 40.00 cm : Legno integro

Comment

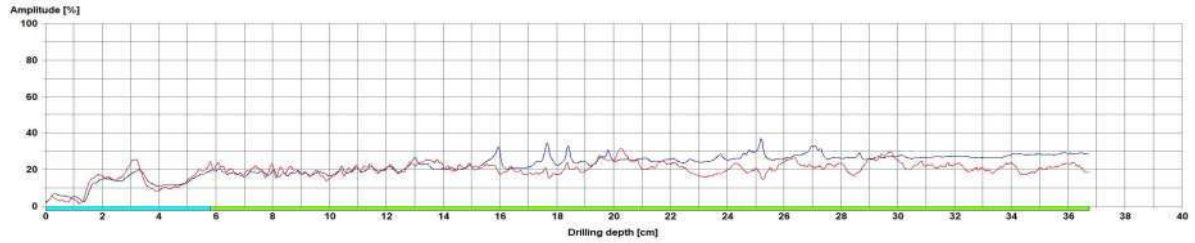
Analisi effettuata ad est.

Scheda V.T.A. - Valutazione di stabilità albero					
Rilevatore:	Andrea Pelleriti		Data analisi:	21/giu/2023	
Dati dell'albero					
Specie:	Pinus nigra		N.° albero:	M 06	
Città:	Rivoli (TO)		Posizione:	gruppo	Condizione vegetativa generale:
			Altezza (m):	16	discreta
			Ø fusto (cm):	38	Sito di crescita:
Località:			Ø chioma (m):	6	Bersaglio:
	Villa Melano	H. inser. chioma (m):	13	Uso:	frequente
Analisi visiva					
Intensità del difetto:	1 lieve	2 moderato	3 accentuato	4 grave	
Difetti colletto:	Intensità	Difetti fusto:		Intensità	
Colletto interrato	3				
Difetti castello:	Intensità	Difetti chioma:		Intensità	
		Chioma spiombata fuori asse		2	
		Chioma raggruppata in alto		2	
Analisi strumentale					
Analisi	N.° file	Angolo [°]	Punto applicaz.	h da terra [cm]	Ø [cm]
R1	10	190°	colletto - radici	0	38
R2	11	70°	colletto - radici	0	38
Giudizio conclusivo					
Classe di propensione al cedimento:			C		
Ricontrollo entro:			12 mesi		
Rapporto di snellezza:			42		
Note					
Prescrizioni					
Effettuare scollettamento del colletto manualmente senza danneggiare nessuna parte dell'albero. Rimuovere cavo sul fusto.					



Measuring / object data

Measurement no.:	10	Speed	: 2500 rpm	Diameter:	
ID number	:	Needle state:	--	Level	:
Drilling depth	:	Tilt	--	Direction:	
Date	:	Offset	: 48 / 274	Species	:
Time	:	Avg. curve	: off / off	Location	:
Feed	:			Name	:



Assessment

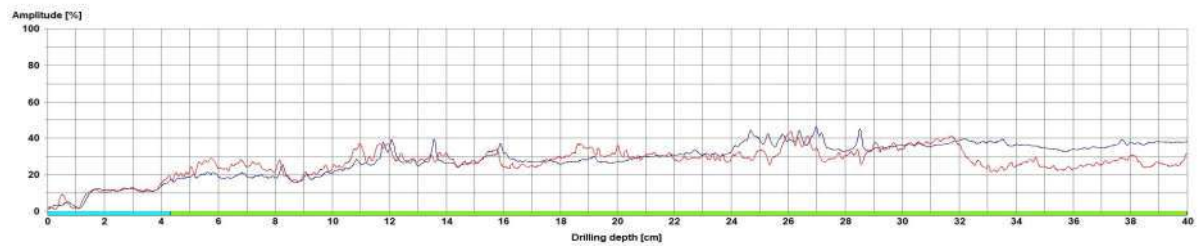
From	0.00 cm to	5.80 cm	: Corteccia
From	5.80 cm to	36.73 cm	: Legno integro

Comment

Analisi effettuata a sud.

Measuring / object data

Measurement no.:	11	Speed	: 2500 rpm	Diameter:	
ID number	:	Needle state:	--	Level	:
Drilling depth	:	Tilt	--	Direction:	
Date	:	Offset	: 48 / 273	Species	:
Time	:	Avg. curve	: off / off	Location	:
Feed	:			Name	:



Assessment

From	0.00 cm to	4.30 cm	: Corteccia
From	4.30 cm to	40.00 cm	: Legno integro

Comment

Analisi effettuata ad est.

Scheda V.T.A. - Valutazione di stabilità albero

Rilevatore:	Andrea Pelleriti	Data analisi:	21/giu/2023
-------------	------------------	---------------	-------------

Dati dell'albero

Specie:	<i>Pinus nigra</i>	N.° albero:	M 07
Città:	Posizione:	Condizione	discreta
Rivoli (TO)	gruppo	vegetativa generale:	
	Altezza (m):		
	Ø fusto (cm):	Sito di crescita:	giardino
Località:	Ø chioma (m):	Bersaglio:	giardino-manufatti
Villa Melano	H. inser. chioma (m):	Uso:	frequente

Analisi visiva

Intensità del difetto:	1 lieve	2 moderato	3 accentuato	4 grave
Difetti colletto:	Intensità	Difetti fusto:		Intensità
Colletto interrato	2	Sciabolatura del fusto		1
		Fusto inclinato		1
		Essudati sul fusto		2
Difetti castello:	Intensità	Difetti chioma:		Intensità

Analisi strumentale

Analisi	N.° file	Angolo [°]	Punto applicaz.	h da terra [cm]	Ø [cm]
R1	12	20°	colletto - radici	0	60
R2	13	160°	colletto - radici	0	60

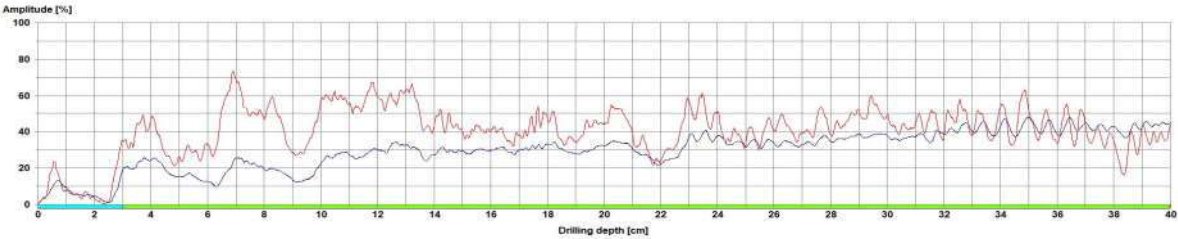
Giudizio conclusivo

Classe di propensione al cedimento:	C
Ricontrollo entro:	12 mesi
Rapporto di snellezza:	27
Note	
Presenza di essudati sul fusto a circa 10 m d'altezza.	
Presenza di pseudocontrafforti.	
Prescrizioni	
Effettuare scollettamento del colletto manualmente senza danneggiare nessuna parte dell'albero.	



Measuring / object data

Measurement no.:	12	Speed	: 2500 rpm	Diameter:	
ID number	:	Needle state:	---	Level	:
Drilling depth	: 40.14 cm	Tilt	:	Direction:	
Date	: 21.06.2023	Offset	: 47 / 282	Species	:
Time	: 11:00:24	Avg. curve	: on / off	Location:	
Feed	: 75 cm/min			Name	:



Assessment

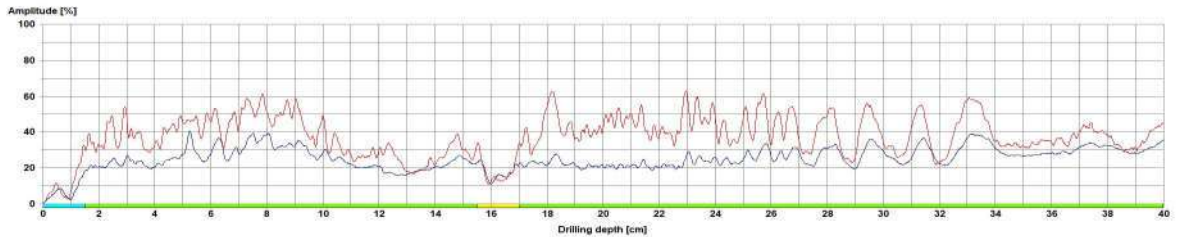
From 0.00 cm to	3.00 cm	: Corteccia
From 3.00 cm to	40.00 cm	: Legno integro

Comment

Analisi effettuata a nord

Measuring / object data

Measurement no.:	13	Speed	: 2500 rpm	Diameter:	
ID number	:	Needle state:	---	Level	:
Drilling depth	: 40.14 cm	Tilt	:	Direction:	
Date	: 21.06.2023	Offset	: 48 / 258	Species	:
Time	: 11:07:41	Avg. curve	: on / off	Location:	
Feed	: 75 cm/min			Name	:



Assessment

From 0.00 cm to	1.50 cm	: Corteccia
From 1.50 cm to	15.50 cm	: Legno integro
From 15.50 cm to	17.00 cm	: Destrutturazione
From 17.00 cm to	40.00 cm	: Legno integro

Comment

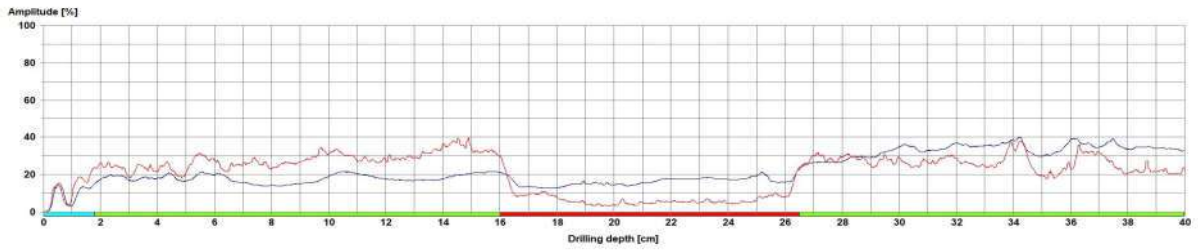
Analisi effettuata a sud

Scheda V.T.A. - Valutazione di stabilità albero					
Rilevatore:	Andrea Pelleriti		Data analisi:	21/giu/2023	
Dati dell'albero					
Specie:	<i>Aesculus hippocastanum</i>		N.° albero:	M 08	
Città:	Rivoli (TO)		Posizione:	gruppo	Condizione vegetativa generale:
			Altezza (m):	13	discreta
			Ø fusto (cm):	50	Sito di crescita:
Località:			Ø chioma (m):	8	Bersaglio:
	Villa Melano		H. inser. chioma (m):	2	Uso:
					frequente
Analisi visiva					
Intensità del difetto:	1 lieve	2 moderato	3 accentuato	4 grave	
Difetti colletto:	Intensità	Difetti fusto:			Intensità
Presenza di infestanti	3	Presenza di infestanti			3
Contrafforte lesionato	3				
Difetti castello:	Intensità	Difetti chioma:			Intensità
		Seccume diffuso sulla chioma			2
		Capitozzature sulla chioma			2
Analisi strumentale					
Analisi	N.° file	Angolo [°]	Punto applicaz.	h da terra [cm]	Ø [cm]
R1	14	150°	colletto - radici	15	70
R2	15	360°	colletto - radici	0	65
R3	16	270°	colletto - radici	0	70
Giudizio conclusivo					
Classe di propensione al cedimento:			C		
Ricontrollo entro:			12 mesi		
Rapporto di snellezza:			26		
Note					
Contrafforte est lesionato.					
Prescrizioni					
Potatura di riduzione in altezza della chioma mediante tagli di ritorno.					
Eliminare le piante infestanti.					



Measuring / object data

Measurement no.:	14	Speed	: 2500 rpm	Diameter:	
ID number	:	Needle state:	---	Level	:
Drilling depth	: 40.14 cm	Tilt	---	Direction:	
Date	: 21.06.2023	Offset	: 57 / 260	Species	:
Time	: 11:12:57	Avg. curve	: off / off	Location:	
Feed	: 75 cm/min			Name	:



Assessment

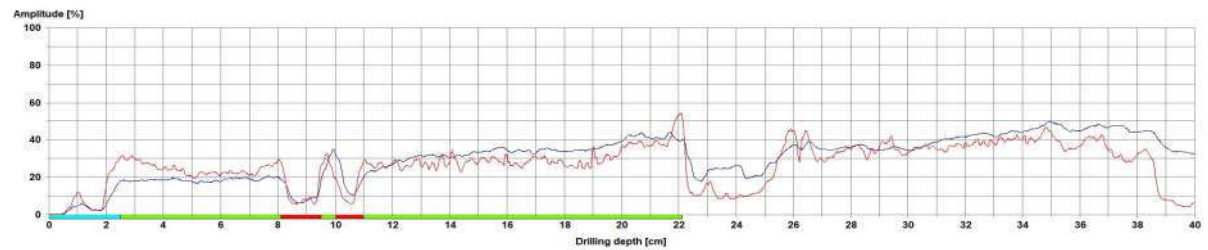
From	0.00 cm to	1.80 cm	: Corteccia
From	1.80 cm to	16.00 cm	: Legno integro
From	16.00 cm to	26.50 cm	: Carne-cavità
From	26.50 cm to	40.00 cm	: Legno integro

Comment

Analisi effettuata a sud-est.

Measuring / object data

Measurement no.:	15	Speed	: 2500 rpm	Diameter:	
ID number	:	Needle state:	---	Level	:
Drilling depth	: 40.14 cm	Tilt	---	Direction:	
Date	: 21.06.2023	Offset	: 50 / 264	Species	:
Time	: 11:14:10	Avg. curve	: off / off	Location:	
Feed	: 75 cm/min			Name	:



Assessment

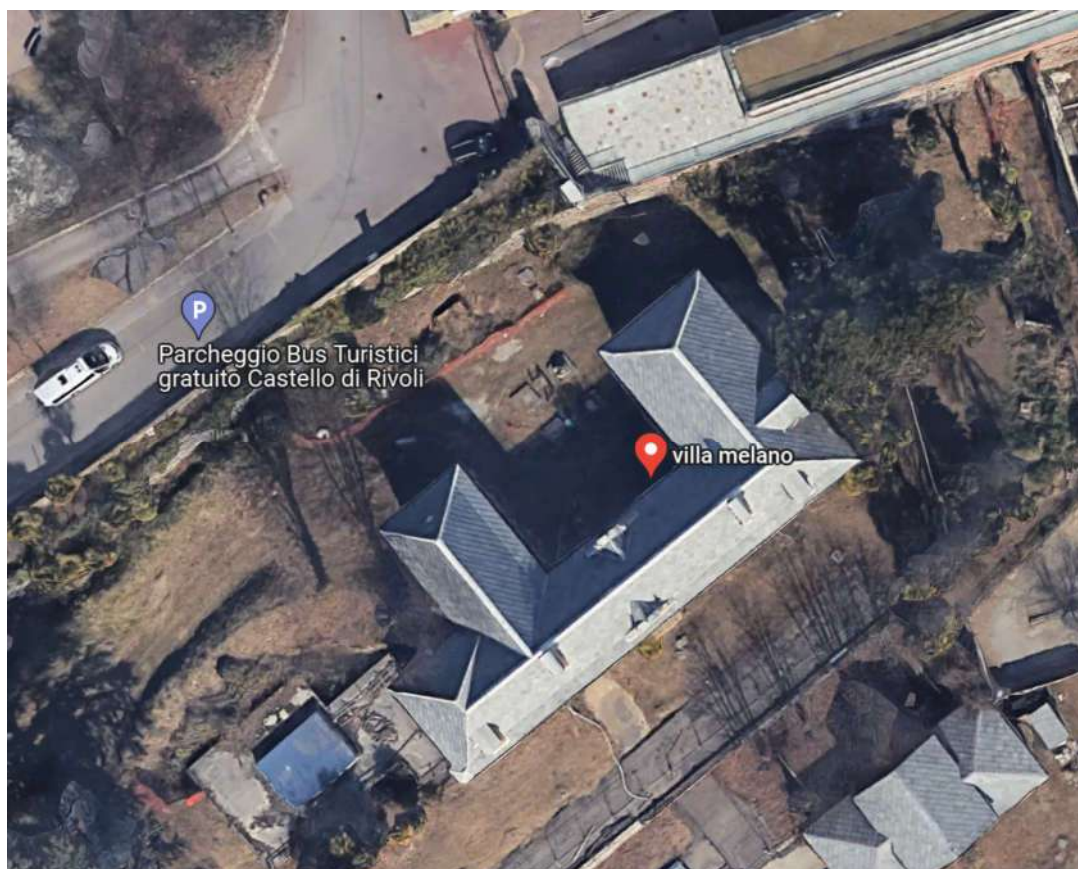
From	0.00 cm to	2.50 cm	: Corteccia
From	2.50 cm to	8.10 cm	: Legno integro
From	8.10 cm to	9.50 cm	: Carne-cavità
From	9.50 cm to	10.00 cm	: Legno integro
From	10.00 cm to	11.00 cm	: Carne-cavità
From	11.00 cm to	22.10 cm	: Legno integro

Comment

From 22.10 cm to 25.70 cm : Carne-cavità
From 25.70 cm to 38.50 cm : Legno integro
From 38.50 cm to 40.00 cm : Carne-cavità
Analisi effettuata a nord.

Comune di Rivoli

Villa Melano



RELAZIONE TECNICA

INSTALLAZIONE CAVO DINAMICO PER ANCORAGGIO BRANCHE

Andrea Pelleriti

Dottore Agronomo e dottore in Architettura del Paesaggio
Tel. 349 3942799 ap.andreapelleriti@gmail.com



Andrea Pelleriti

Pianezza, 22 giugno 2023

Sommario

1. Premessa.....	3
2. Inquadramento dell' esemplare arboreo oggetto d'intervento	4
3. Intervento di consolidamento	6

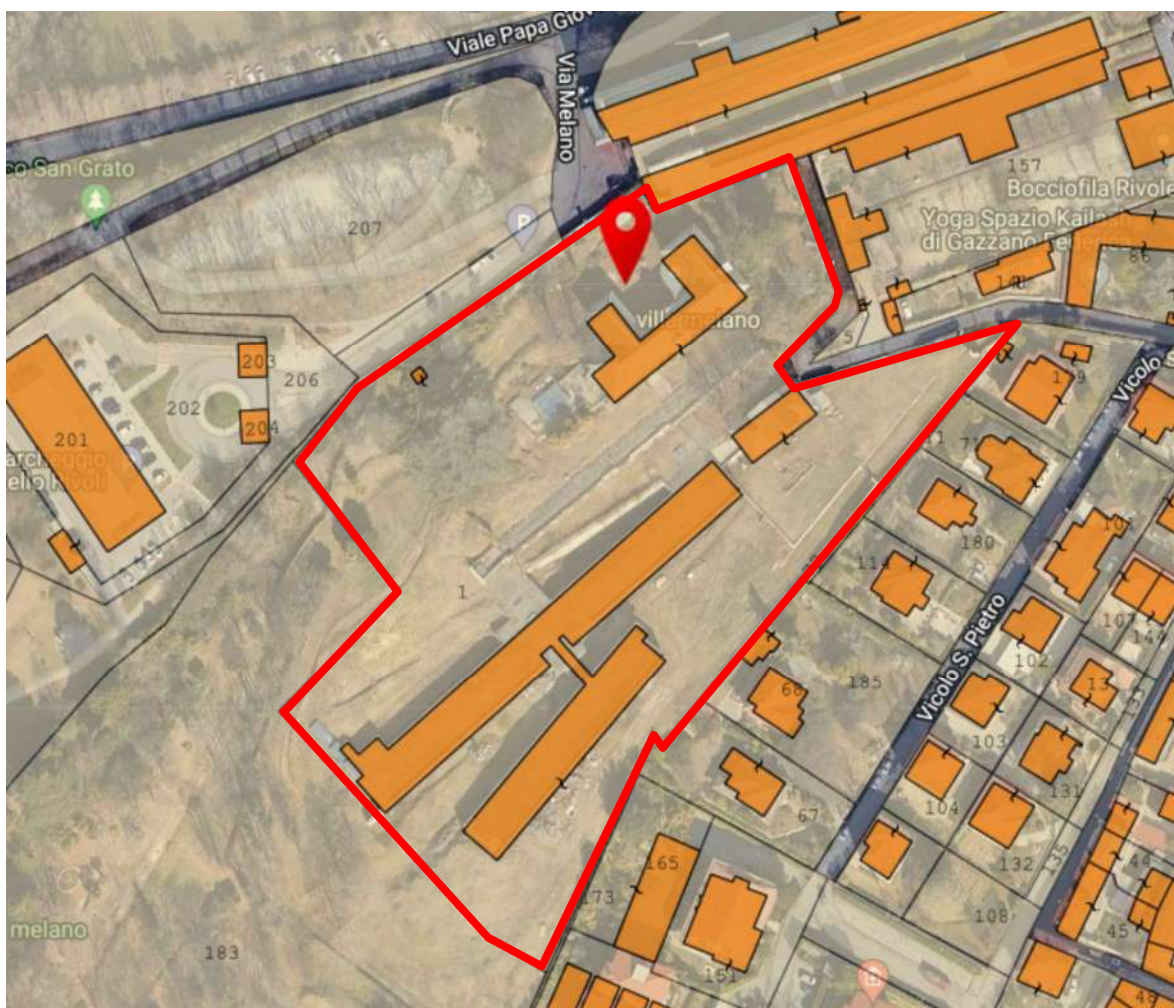
1. Premessa

In esecuzione dell'incarico ricevuto, il sottoscritto Dott. Andrea Pelleriti, Agronomo e dott. in Architettura del Paesaggio libero professionista iscritto all'Albo dei Dottori Agronomi e Dottori Forestali della Provincia di Torino al n° 951 ha effettuato le opportune indagini per reperire gli elementi occorrenti alla stesura della presente “*Relazione tecnica inerente l’Inserimento di un cavo dinamico sulle branche di un esemplare arboreo insistente nelle immediate vicinanze della Villa Melano sita nel comune di Rivoli (TO)*”.

2. Inquadramento dell' esemplare arboreo oggetto d'intervento

L'albero oggetto di consolidamento si trova sul territorio del Comune di Rivoli (TO), nello specifico ricade sul Foglio 36 Particella catastale 1.

Di seguito l'estratto planimetrico con individuazione della particella catastale su cui radica la pianta arborea oggetto d'intervento.



1. Estratto catastale con evidenziata in rosso l'area in cui radica l'esemplare in questione.



2. Estratto di mappa fornita in cui sono evidenziata in rosso il *Taxus baccata*, individuato con il n. M 04, per cui si prescrive il consolidamento delle branche.

3. Intervento di consolidamento

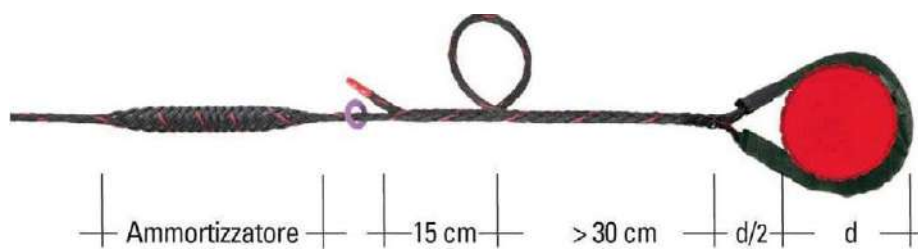
L'intervento di consolidamento è reso necessario dalla presenza di una branca a nord eccessivamente protesa. In previsione di possibili scosciature si prescrive l'inserimento del cavo dinamico in modo da assicurare quest'ultima alla branca principale.

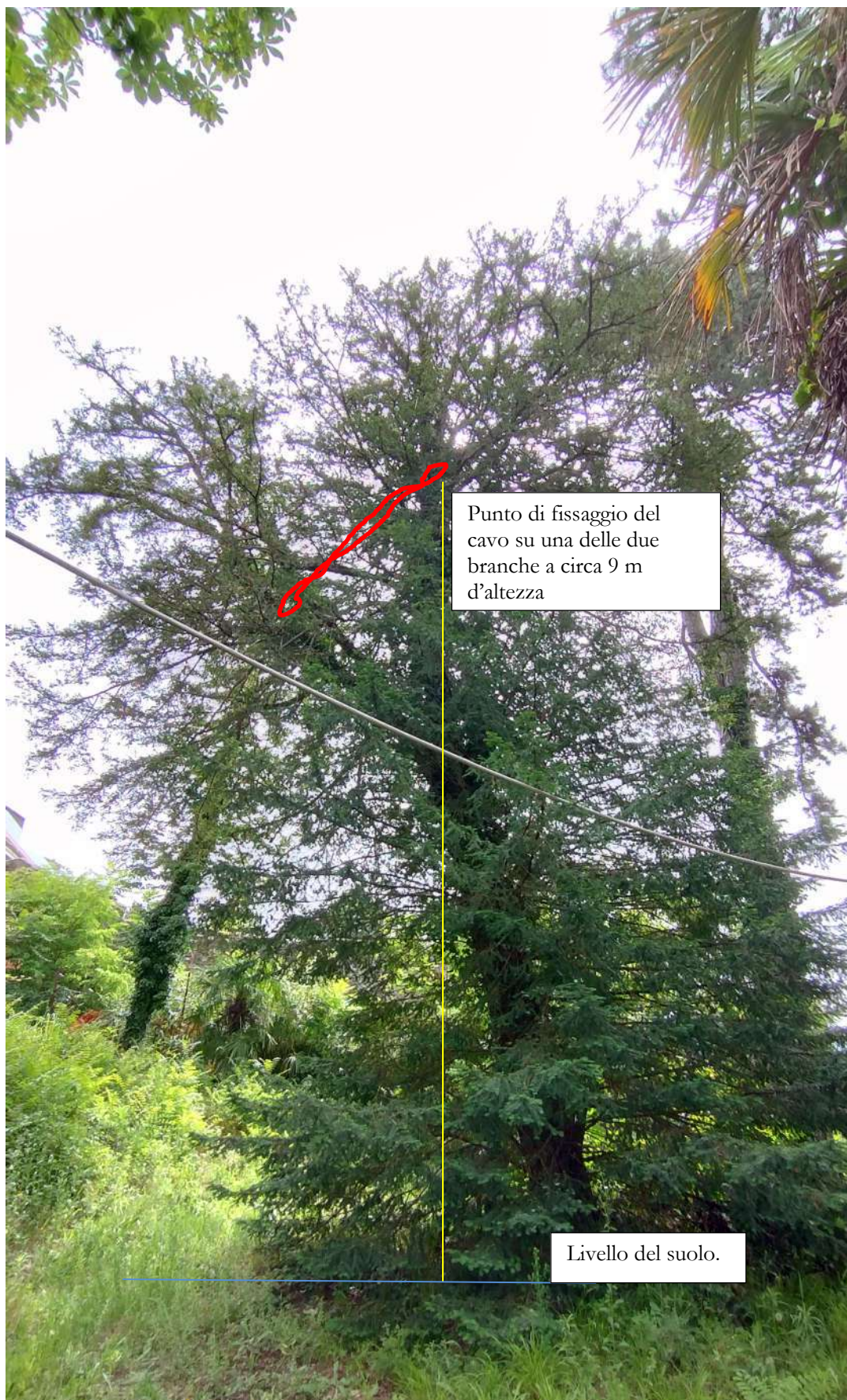
Tipo di intervento	Consolidamento dinamico di due branche tra di loro
Posizione	A circa 9 m d'altezza
Materiale	PA
Diametro fune	-
Distanza da consolidare (D)	$\pm 1.5 - 2$ m
Lunghezza fune necessaria	Cobra® = max 4,5 metri (D+2,5 m)
Resistenza minima alla rottura	2 t
Elasticità	17 – 20 %



Esempio di consolidamento diretto.

(Fonte: “Technical Standards in Treework –TeST”, August 2022 (1st edition))



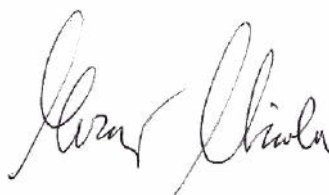


ALLEGATO II

Studio chimico-fisico su campioni provenienti da Villa Melano a Rivoli (TO)

RELAZIONE ANALITICA

Torino, luglio 2023



Dr. PhD. Marco NICOLA

INTRODUZIONE	4
Microprelievi (Villa antica):	5
Posizione dei punti di prelievo (Villa antica):	5
Microprelievi (Citroniera):	6
Posizione dei punti di prelievo (Citroniera):	6
Microprelievi (Palazzina Svizzera):	7
Posizione dei punti di prelievo (Palazzina Svizzera):	7
Campione VMA1	14
Campione VMA1b	15
VMA1B: Indagine Spettroscopica FT-IR	16
VMA1B: Cromatografia Ionica	17
Campione VMA2	18
Campione VMA3	19
Campione VMA4	20
Campione VMA5	21
Campione VMA6	22
VMA6: Indagine Spettroscopica FT-IR	23
VMA6: Cromatografia Ionica	24
Campione VMA7	25
Campione VMA8	26
Campione VMA9	27
Campione VMA10	28
VMA10: Indagine Spettroscopica FT-IR	29
VMA10: Cromatografia Ionica	30
Campione VMA11	31
VMA11: Descrizione microstratigrafica	32
VMA11: Analisi SEM-EDS	34
Campione VMA12G	40
Campione VMA12N	41
Campione VMA12B	42
Campione VMA12R	43
Campione VMA13	44
Campione VMA14	45
VMA14: Indagine Spettroscopica FT-IR	46
VMA14: Cromatografia Ionica	47
Campione VMC15	48
Campione VMC16	49
VMC16: Indagine Spettroscopica FT-IR	50
VMC16: Cromatografia Ionica	51
Campione VMC17	52
VMC17: Indagine Spettroscopica FT-IR	53
VMC17: Cromatografia Ionica	54
Campione VMS18a	55
Campione VMS18b	56
Campione VMS19	57
Campione VMS20	58
Campione VMS21	59
VMS21: Indagine Spettroscopica FT-IR	60
VMS21: Cromatografia Ionica	61



Indagini diagnostiche, Analisi di laboratorio,
Consulenza scientifica

ADAMANTIO srl
già Spin-off Accademico dell'Università di Torino
Sede legale c/o Incubatore d'Impresa dell'Università di Torino Via Quarello, 15/A - 10135 Torino
sede operativa: Via Napione 29 A - 10124 Torino
tel +39 011 69.85.527 Cell +39 339 18.94.304
C.C.I.A.A. Torino n. 1022233 C.F. e P.IVA 09074280018 Capitale sociale 10.000 € i.v.

Campione VMS22a	62
VMS22a: Indagine Spettroscopica FT-IR.....	63
VMS22a: Cromatografia Ionica.....	64
Campione VMS22b	65
VMS22b: Indagine Spettroscopica FT-IR	66
VMS22b: Cromatografia Ionica.....	67
Campione VMS22c	68
VMS22c: Indagine Spettroscopica FT-IR.....	69
VMS22c: Cromatografia Ionica.....	70
Strumentazione impiegata	71
Bibliografia	72

INTRODUZIONE

Il presente studio chimico-fisico condotto su campioni provenienti da Villa Melano a Rivoli (TO) è stato eseguito su incarico di Nicola Restauri srl. I campionamenti sono stati condotti in data 14/06/2023.

I campioni sono stati sottoposti alle seguenti analisi:

- indagine microstratigrafica^a: dopo essere stati inglobati in opportuna resina ed essere stati levigati perpendicolarmente agli strati, i campioni sono stati osservati in luce riflessa visibile e successivamente ne è stata registrata la fluorescenza UV.
- immagini al microscopio elettronico a scansione con modalità a pressione variabile (XVP-SEM)^b che permette di operare direttamente sul campione evitando ulteriori manipolazioni e ricoprimenti. Le indagini al SEM sono state abbinate alle analisi con microsonda (XVP-SEM/EDS) per rilevare la composizione elementare dei materiali e dei pigmenti usati.
- studio in sezione sottile petrografica^c secondo UNI EN 11176:2006 (mediante osservazione in luce riflessa e in luce trasmessa polarizzata sia con polarizzatore sia con nicols incrociati).
- indagini spettroscopiche infrarosse a trasformata di Fourier (FT-IR)^d per ottenere informazioni sui composti di natura organica e inorganica.
- analisi quantitativa dei sali solubili mediante Cromatografia ionica^e per il dosaggio di solfati, nitrati e cloruri sulla base della norma UNI EN 16455:2014.

I risultati delle analisi sono presentati in sintesi e discussi nel capitolo “Risultati” qui a seguire. Informazioni più dettagliate sono disponibili nei paragrafi dedicati ai singoli microcampioni.

^a Per le indagini microstratigrafiche è stato utilizzato un Microscopio ottico Olympus BX-41, con sistema illuminante a fibre ottiche Optika Microscopes, lampada UV Olympus U-RFL-T, filter cube Olympus U-MWU (330-385 nm)

^b Le analisi sono state condotte con un XVP-SEM ZEISS EVO 50 operante con filamento in esaboruro di lantanio (LaB6) lavorando a pressione variabile.

^c Per le indagini petrografiche è stato utilizzato un Microscopio ottico Olympus BX-41, con sistema illuminante a fibre ottiche Optika Microscopes, lampada UV Olympus U-RFL-T, filter cube Olympus U-MWU (330-385 nm).

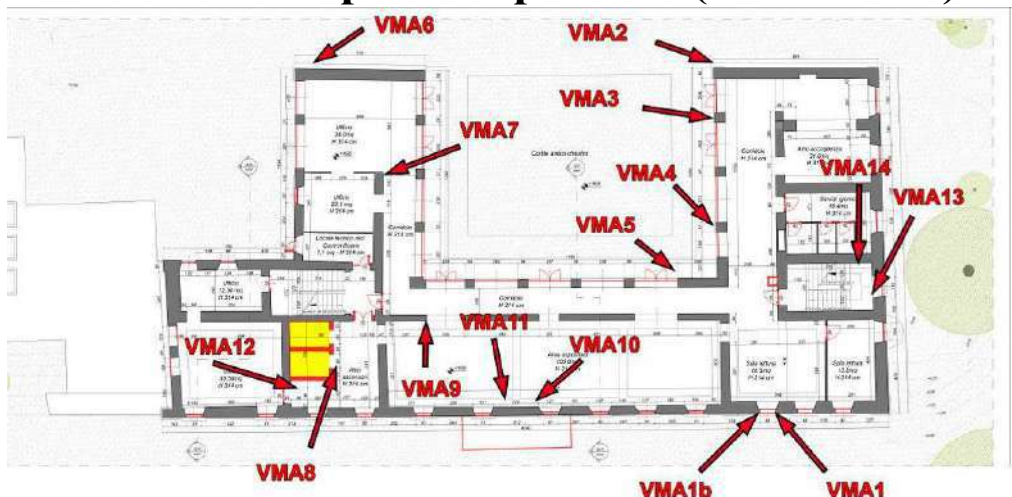
^d Lo spettrofotometro FT-IR utilizzato è un AGILENT Cary 630 FT-IR, fornito di accessorio per riflettanza totale attenuata (ATR).

^e cromatografo ionico Dionex DX 120 dotato di cella conduttimetrica DS4.

Microprelievi (Villa antica):

Punto	Zona	Settore	Descrizione	SS	SL + UV SEM-EDS	CI FT-IR
VMA1	Villa antica	Prospetto sud	Cornice finestra probabilmente antica	×		
VMA1b	Villa antica	Prospetto sud	Cornice finestra probabilmente antica, esfoliazione sali			×
VMA2	Villa antica	Prospetto sud	Bugnato laterale angolo (applicazione cemento, probabilmente antico)	×		
VMA3	Villa antica	Prospetto sud	Bugnato originale	×		
VMA4	Villa antica	Prospetto sud	Rasatura su bugnato, probabilmente entrambi moderni	×		
VMA5	Villa antica	Prospetto sud	Intervento intermedio su parete. Presente anche malta originale	×		
VMA6	Villa antica	Prospetto sud	Parete con vuoti			×
VMA7	Villa antica	Loggiato	Configurazione muratura originale	×		
VMA8	Villa antica	Interno stanza mosaico laterale	Pavimento coccio pesto mosaico terrazzato veneziano	×		
VMA9	Villa antica	Interno stanza mosaico principale	Sguincio porta originale con finitura	×		
VMA10	Villa antica	Interno stanza mosaico principale	Parete interna originale, cfr con VMA7	×		×
VMA11	Villa antica	Interno stanza mosaico principale	Finitura dipinta rossa		×	
VMA12G	Villa antica	Interno stanza mosaico laterale	Tessera mosaico giallo (G) Misure: 1.1 x 1 cm (profondità tra 1 e 2 cm)	×		
VMA12N	Villa antica	Interno stanza mosaico laterale	Tessera mosaico nero (N) Misure: 2.4 x 1.8 (profondità tra 1 e 2 cm)	×		
VMA12B	Villa antica	Interno stanza mosaico laterale	Tessera mosaico bianco (B) Misure: 2.2 x 1.2 (profondità tra 1 e 2 cm)	×		
VMA12R	Villa antica	Interno stanza mosaico laterale	Tessera mosaico rosso (R) Misure: 1.9 x 1,7 (profondità tra 1 e 2 cm)	×		
VMA13	Villa antica	Scala interna	Malta finitura antica, da comparare con loggiato	×		
VMA14	Villa antica	Scala interna	Mattone polvere			×
			Totale campioni	16	1	4

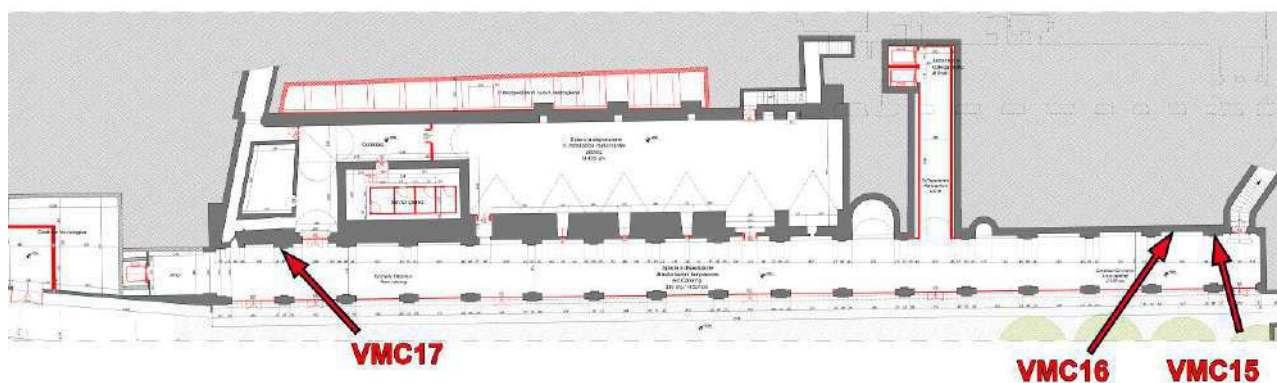
Posizione dei punti di prelievo (Villa antica):



Microprelievi (Citroniera):

Punto	Zona	Descrizione	SS	CI FT-IR
VMC15	Citroniera	Parasta moderna probabilmente cemento	×	
VMC16	Citroniera	Muro che sfoglia	×	×
VMC17	Citroniera	Sali su parete		×
		Totale campioni	2	2

Posizione dei punti di prelievo (Citroniera):



Microprelievi (Palazzina Svizzera):

Punto	Zona	Settore	Descrizione	SS	CI FT-IR
VMS18a	Palazzina Svizzera	Parete esterna su citroniera	Parete esterna malta profonda con disegno inciso	×	
VMS18b	Palazzina Svizzera	Parete esterna su citroniera	Parete esterna malta superficiale con disegno inciso	×	
VMS19	Palazzina Svizzera	Parete esterna su citroniera	Parete esterna malta superficiale con disegno inciso, simile 18 ma finitura forse successiva	×	
VMS20	Palazzina Svizzera	Parete esterna lato entrata	Malta cornice laterale originale	×	
VMS21	Palazzina Svizzera	Parete esterna lato entrata	Mattone in polvere		×
VMS22a	Palazzina Svizzera	Parete laterale	Profonda originale	×	×
VMS22b	Palazzina Svizzera	Parete laterale	Intermedia originale	×	×
VMS22c	Palazzina Svizzera	Parete laterale	Superficiale originale. Consolidante?	×	×
			Totale campioni	7	4

Posizione dei punti di prelievo (Palazzina Svizzera):



RISULTATI

Sezioni sottili

Nella tabella sottostante vengono identificati i leganti costituenti le malte analizzate secondo la seguente legenda:

Legenda: CC = cemento, CA = calce aerea, CI = Calce idraulica

Punto	Zona	Settore	Descrizione	CC	CA	CI
VMA1	Villa antica	Prospetto sud	Cornice finestra probabilmente antica		×	
VMA2	Villa antica	Prospetto nord	Bugnato laterale angolo (applicazione cemento, probabilmente antico)	×		
VMA3	Villa antica	Prospetto nord parete est	Bugnato originale	×		
VMA4	Villa antica	Prospetto nord parete est	Rasatura su bugnato, probabilmente entrambi moderni	×		×
VMA5	Villa antica	Prospetto nord	Intervento intermedio su parete. Presente anche malta originale	×	×	
VMA7	Villa antica	Loggiato parete ovest	Configurazione muratura originale			×
VMA8	Villa antica	Interno stanza mosaico laterale	Pavimento coccio pesto mosaico terrazzato veneziano		×	
VMA9	Villa antica	Interno stanza mosaico principale	Sguincio porta originale con finitura			×
VMA10	Villa antica	Interno stanza mosaico principale	Parete interna originale, cfr con VMA7			×
VMA12G	Villa antica	Interno stanza mosaico laterale	Tessera mosaico giallo (G)		Calcare con fossili	
VMA12N	Villa antica	Interno stanza mosaico laterale	Tessera mosaico nero (N)		Marmo	
VMA12B	Villa antica	Interno stanza mosaico laterale	Tessera mosaico bianco (B)		Marmo	
VMA12R	Villa antica	Interno stanza mosaico laterale	Tessera mosaico rosso (R)		Calcare con fossili	
VMA13	Villa antica	Scala interna	Malta finitura antica, da comparare con loggiato		×	

Note:

VMA3 – Ugual a VMA2

VMA4 – Rasatura a marmorino con calce idraulica, bugnato cemento simile a VMA3 e VMA2

VMA5 – Profonda calce aerea (strato sottile), superficiale cemento

VMA8 – E' presente coccio pesto

VMA10 – Ci sono analogie con VMA7

VMA12R – Potrebbe essere un rosso Veronese

Punto	Zona	Descrizione	CC	CA	CI
VMC15	Citroniera	Parasta moderna probabilmente cemento	×		
VMC16	Citroniera	Muro che sfoggia	×		

Note:

VMC16 – Porosità bollosa molto abbondante (motivo? Scarsa miscelazione?)

Punto	Zona	Settore	Descrizione	CC	CA	CI
VMS18a	Palazzina Svizzera	Parete esterna su citroniera	Parete esterna malta profonda con disegno inciso			×
VMS18b	Palazzina Svizzera	Parete esterna su citroniera	Parete esterna malta superficiale con disegno inciso		×	
VMS19	Palazzina Svizzera	Parete esterna su citroniera	Parete esterna malta superficiale con disegno inciso, simile 18 ma finitura forse successiva		×	
VMS20	Palazzina Svizzera	Parete esterna lato entrata	Malta cornice laterale originale	×		
VMS22a	Palazzina Svizzera	Parete laterale	Profonda originale			×
VMS22b	Palazzina Svizzera	Parete laterale	Intermedia originale			×
VMS22c	Palazzina Svizzera	Parete laterale	Superficiale originale. Consolidante?			×

Note:

VMS22a – Ha un buco

Cromatografie ioniche

Campione	Descrizione	Valore (% in massa)			
		Cloruri	Nitrati	Solfati	Contaminazione*
VMA1b	Cornice finestra probabilmente antica, esfoliazione sali	1,09	2,57	4,74	Gravemente contaminato
VMA6	Parete con vuoti	0,12	0,03	0,16	Poco contaminato
VMA10	Parete interna originale	0,63	0,19	1,02	Molto contaminato
VMA14	Mattone polvere	0,36	0,50	0,27	Mediamente contaminato
VMC16	Muro che sfoglia	0,40	0,24	23,40	Gravemente contaminato
VMC17	Sali su parete	0,04	<0,01	11,70	Gravemente contaminato
VMS21	Mattone in polvere	0,71	1,76	<0,01	Molto contaminato
VMS22a	Profonda originale	0,02	0,06	1,18	Mediamente contaminato
VMS22b	Intermedia originale	0,01	0,07	0,96	Mediamente contaminato
VMS22c	Superficiale originale	0,02	0,05	3,55	Gravemente contaminato

* cfr. paragrafo seguente.

Le analisi di cromatografia ionica effettuate sui diversi campioni confermano una concentrazione di sali generalmente elevata soprattutto per quanto riguarda solfati e nitrati oltre ad una minore presenza di cloruri.

Più nello specifico sono presenti alte concentrazioni di solfati sulla parete della citroniera e su alcune pareti esterne della Villa antica (VMA1b) e della Palazzina Svizzera (VMS22c) e nitrati nei mattoni (VMA14 e VMS21)

Le soglie di contenuto percentuale di sali solubili da ritenersi “pericolose” o “dannose” quando presenti nei materiali murari, sono generalmente basate sul *grado di contaminazione percentuale totale in peso* della malta. Si può considerare la contaminazione di un materiale in base alla percentuale di sali totali in peso.

Non esistono ancora in Italia (sono in elaborazione al Ministero dei Beni Culturali) norme che stabiliscono soglie di contenuto percentuale di sali solubili da ritenersi “pericolose” o “dannose” quando presenti nei materiali murari; verrà pertanto adottata la seguente classificazione basata sul *grado di contaminazione percentuale totale in peso* del muro da come risultante dalle analisi dei campioni. (Tabella WTA modificata).

Stato	Percentuale di sali totali in peso	Rischio
Pulito	meno dello 0,20%	<i>nessun danno</i>
Poco contaminato	da 0,30% a 0,50%.	<i>pochi danni</i>
Mediamente contaminato	da 0,60% a 1,50%	<i>umidità e danni visibili</i>
Molto contaminato	1,60% a 3,00%	<i>molta umidità e molti danni</i>
Gravemente contaminato	oltre il 3,00% (a Venezia e in molte stalle anche 8-18-35%)	<i>molta umidità e danni molto gravi</i>

Per “sali totali” si intende la somma delle seguenti sette specie ioniche: cloruri, solfati, nitrati e sodio, potassio, magnesio, calcio determinate secondo la Norma UNI EN 16455:2014 "Conservazione dei beni culturali - Dissoluzione e determinazione di sali solubili nelle pietre naturali e relativi materiali in uso e provenienti dal patrimonio culturale" mediante cromatografia ionica. Il WTA (*Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege*), un'autorità tedesca riconosciuta nella conservazione dei beni monumentali e del risanamento edilizio, opera in parallelo alla normativa ufficiale DIN ed emana direttive che sono state spesso adottate come punto di riferimento per i prodotti di risanamento prima di essere recepite in norme DIN ufficiali^f. Qui di seguito viene riportata la tabella redatta dal WTA che considera gli anioni tipicamente associati al degrado da sali nelle malte:

Rischio	Percentuale in peso di sali nella muratura			Azione di riduzione dei sali
	Solfati	Cloruri	Nitrati	
Basso	< 0,8	< 0,3	< 0,12	solo in casi eccezionali
Medio	0,8 – 1,6	0,3 – 0,8	0,12 – 0,5	necessarie ulteriori analisi per determinare i sali complessivi, cioè anche i cationi metallici - Azione da valutare caso per caso
Alto	più di 1,6	più di 0,8	più di 0,5	necessarie ulteriori analisi per determinare i sali complessivi, cioè anche i cationi metallici. - Azione necessaria.

Tabella WTA *Scheda Mauerwerkdiagnostik Merkblatt 4-5-99/D*

Il contenuto percentuale medio totale di anioni rilevato nei campioni studiati si attesta su un valore di cloruri di circa 0,34% in massa, solfati di circa il 4,7% e di nitrati di circa 0,55%, riconducibile pertanto ad un livello di contaminazione molto alto, soprattutto da solfati e nitrati.

FT-IR

Gli assorbimenti FT-IR confermano la presenza di sali soprattutto come solfati di calcio (VMA1b), solfati di magnesio a diverse forme di idratazione (VMC17) e nitrati nei mattoni (VMA14 e VMS21).

Non si rileva invece la presenza di composti organici compatibili con materiali sintetici di restauro o consolidamento tuttavia i segnali dei silicati non escludono l'uso di consolidanti a base di silicio come ad esempio il silicato di etile.

^f Pinto Guerra E., *Risanamento di murature umide e degradate* (2008) Ed. D Flaccovio

Sezione lucida e SEM

La stratigrafia effettuata sul campione VMA11 (Villa antica - Interno stanza mosaico principale – Parete con finitura dipinta rossa) mostra sotto lo strato pittorico rosso a base di ocre superficiale, molteplici finiture di colore bianco (5 o 6) e una più profonda relativamente spessa di colore giallo chiaro, anch'essa a base di ocre (vedi foto a seguire) sotto la quale sono ancora presenti circa 2 rasature bianche prima dell'intonaco più grezzo. Le analisi SEM sugli strati bianchi mostrano un legante a base di probabili carbonati ricchi in magnesio oltre che calcio. Si evidenziano anche picchi riconducibili all'elemento cloro che confermano i cloruri evidenziati in diversi punti con la cromatografia ionica.



Misura tessere

La misura delle tessere prelevate per lo studio in sezioni sottile (VMA12 r, g, n e b) presentano le seguenti misure in cm:

Tessera rossa: L1.9 x A1,6 x P1,2

Tessera gialla: L0.9 x A1 x P0,5

Tessera nera: L2,3 x A1.6 x P1,2

Tessera bianca: L2 x A1,3 x P0,8



Perché il dato sia statisticamente rilevante si dovrebbero prendere in considerazione un numero molto maggiore di tessere anche in considerazione della loro elevata irregolarità geometrica.

Campione VMA1

Descrizione: Villa antica, Prospetto sud, Cornice finestra probabilmente antica



Foto 1: Zona da cui è stato prelevato il campione.

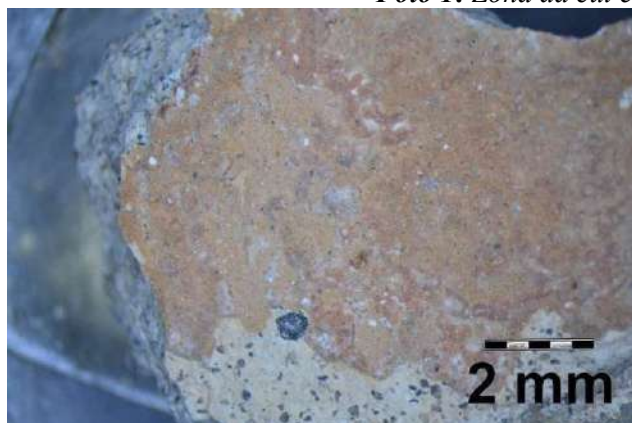


Foto 2: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.



Foto 3: immagine allo stereomicroscopio del campione - Retro

Campione VMA1b

Descrizione:

Villa antica, Prospetto sud, Cornice finestra probabilmente antica, esfoliazione sali



Foto 4: Zona da cui è stato prelevato il campione.

VMA1B: Indagine Spettroscopica FT-IR

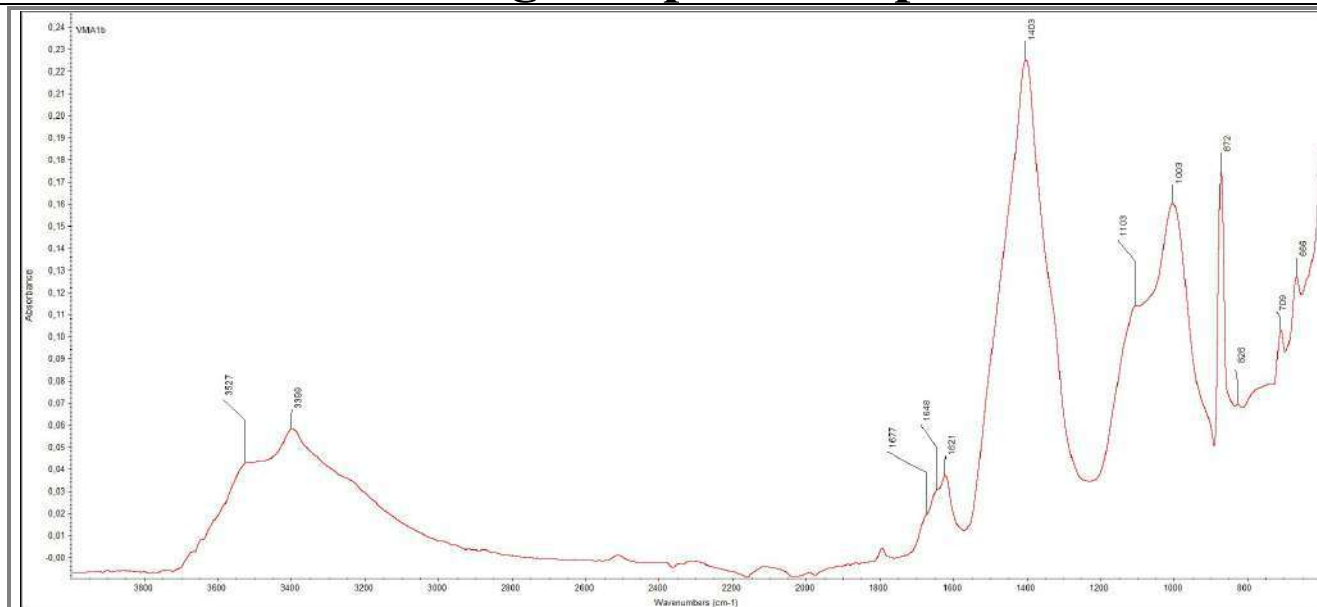


Figura 1

Gli assorbimenti registrati, indicati a seguire con l'unità di misura di cm^{-1} , sono principalmente riconducibili a gesso (3527, 3399, 1677, 1621, 1103, 666), carbonato di calcio (1403, 872, 709), silicati (1003, 826), possibili tracce di acqua (1648)

VMA1B: Cromatografia Ionica

Descrizione prova e metodo analitico: Analisi quantitativa dei sali solubili mediante
Cromatografia ionica, secondo UNI EN 16455:2014.
Strumentazione utilizzata: cromatografo ionico Dionex DX 120 con rilevatore
conducimetrico

RISULTATI ANALITICI

Parametro	Unità di Misura	Valore	Metodo di prova
Solfati	% in massa	4,74	UNI EN 16455:2014
Cloruri	% in massa	1,09	UNI EN 16455:2014
Nitrati	% in massa	2,57	UNI EN 16455:2014

Campione VMA2

Descrizione:

Villa antica, Prospetto sud, Bugnato laterale angolo (applicazione cemento, probabilmente antico)



Foto 5: Zona da cui è stato prelevato il campione.



Foto 6: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.

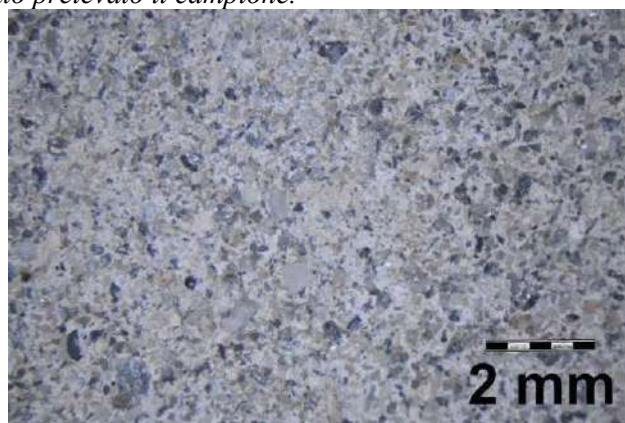


Foto 7: immagine allo stereomicroscopio del campione - Retro

Campione VMA3

Descrizione:

Villa antica, Prospetto sud, Bugnato originale
VMA



Foto 8: Zona da cui è stato prelevato il campione.

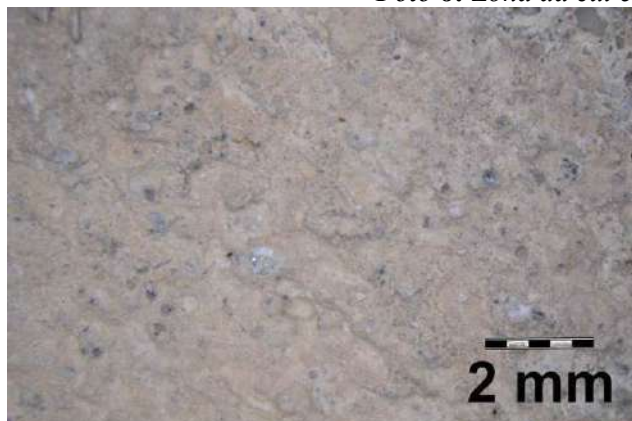


Foto 9: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.

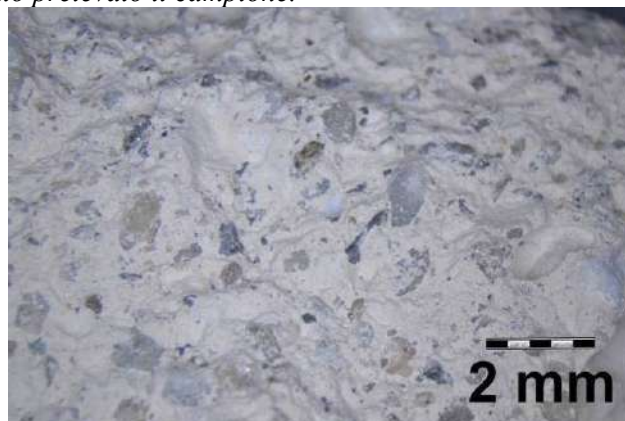


Foto 10: immagine allo stereomicroscopio del campione - Retro

Campione VMA4

Descrizione:

Villa antica, Prospetto sud, Rasatura su bugnato, probabilmente entrambi moderni



Foto 11: Zona da cui è stato prelevato il campione.

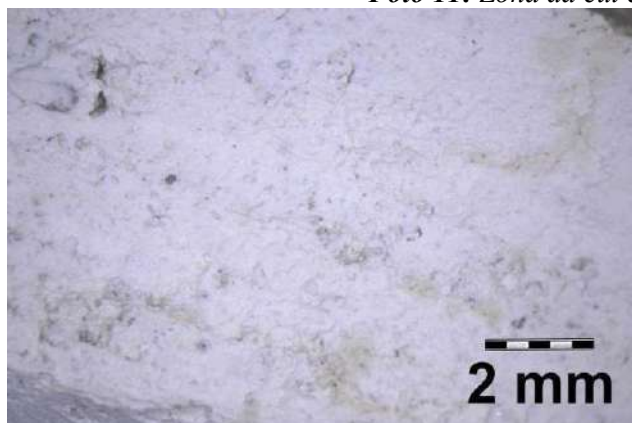


Foto 12: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.



Foto 13: immagine allo stereomicroscopio del campione - Retro

Campione VMA5

Descrizione:

Villa antica, Prospetto sud, Intervento intermedio su parete. Presente anche malta originale

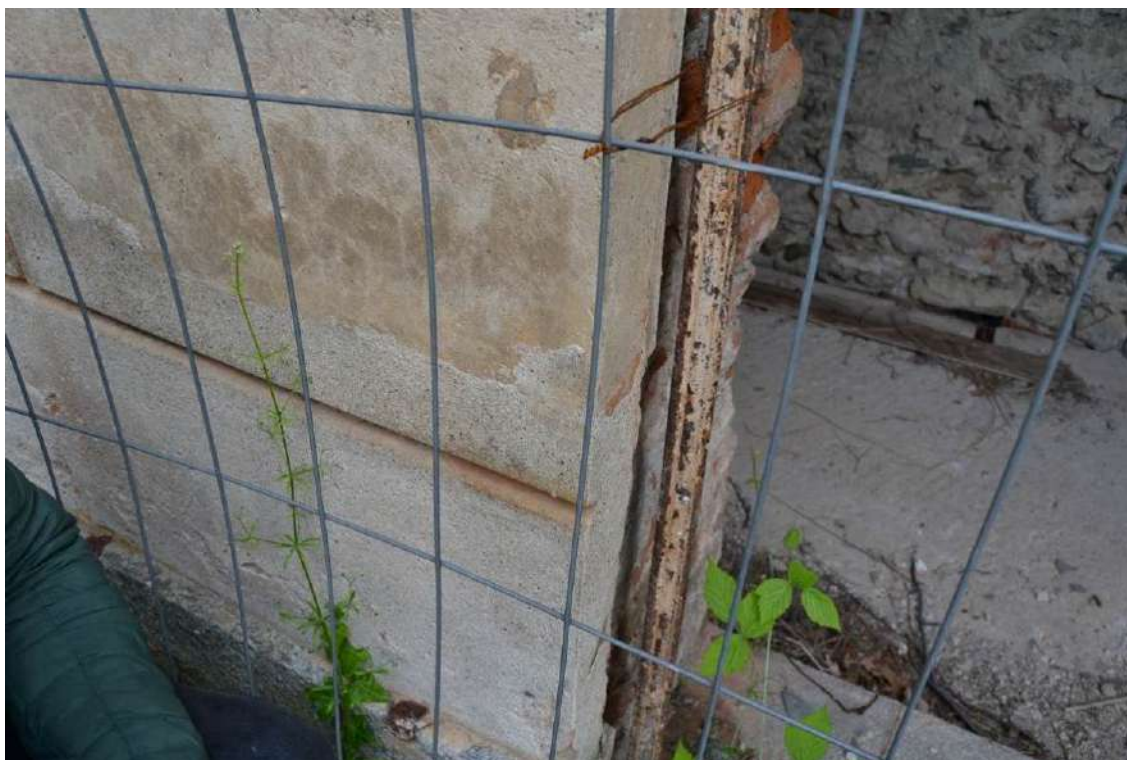


Foto 14: Zona da cui è stato prelevato il campione.

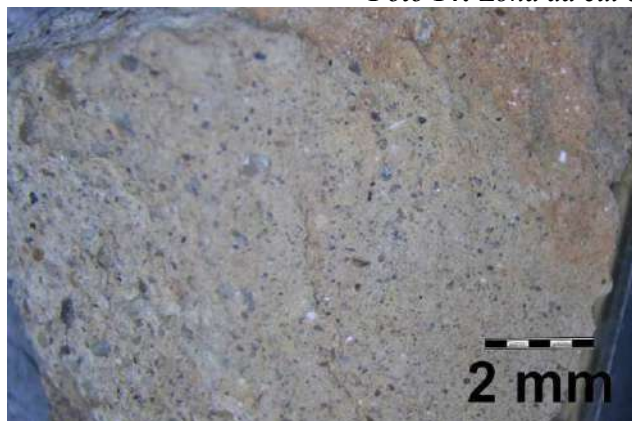


Foto 15: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.

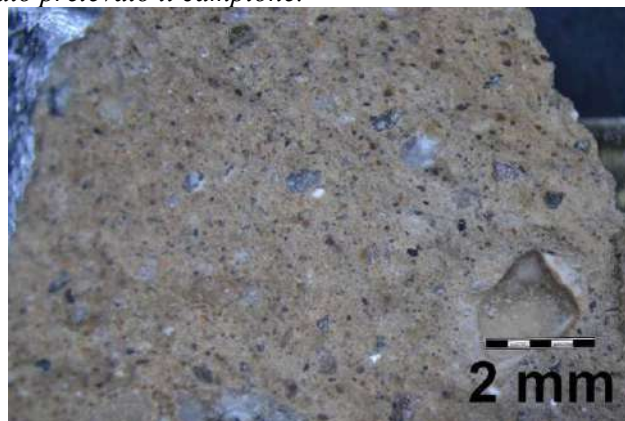


Foto 16: immagine allo stereomicroscopio del campione - Retro

Campione VMA6

Descrizione: Villa antica, Prospetto sud, Parete con vuoti



Foto 17: Zona da cui è stato prelevato il campione.

VMA6: Indagine Spettroscopica FT-IR

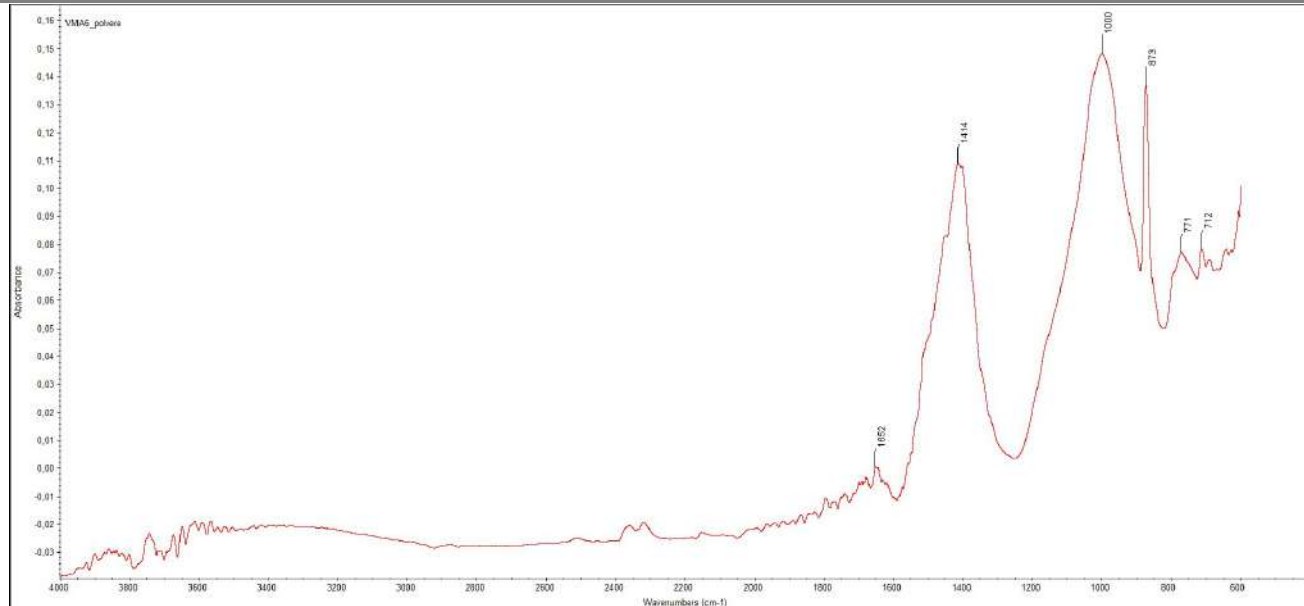


Figura 2

Gli assorbimenti registrati, indicati a seguire con l'unità di misura di cm^{-1} , sono principalmente riconducibili a carbonato di calcio (1414, 873, 712), silicati (1000, 771)

VMA6: Cromatografia Ionica

Descrizione prova e metodo analitico: Analisi quantitativa dei sali solubili mediante
Cromatografia ionica, secondo UNI EN 16455:2014.
Strumentazione utilizzata: cromatografo ionico Dionex DX 120 con rilevatore
conducimetrico

RISULTATI ANALITICI

Parametro	Unità di Misura	Valore	Metodo di prova
Solfati	% in massa	0,16	UNI EN 16455:2014
Cloruri	% in massa	0,12	UNI EN 16455:2014
Nitrati	% in massa	0,03	UNI EN 16455:2014

Campione VMA7

Descrizione: Villa antica, Loggiato, Configurazione muratura originale



Foto 18: Zona da cui è stato prelevato il campione.



Foto 19: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.



Foto 20: immagine allo stereomicroscopio del campione – Retro

Campione VMA8

Descrizione:

Villa antica, Interno stanza mosaico laterale, Pavimento coccio pesto mosaico
terrazzato veneziano



Foto 21: Zona da cui è stato prelevato il campione.



Foto 22: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.



Foto 23: immagine allo stereomicroscopio del campione – Retro

Campione VMA9

Descrizione:

Villa antica, Interno stanza mosaico principale, Sguincio porta originale con finitura



Foto 24: Zona da cui è stato prelevato il campione.



Foto 25: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.

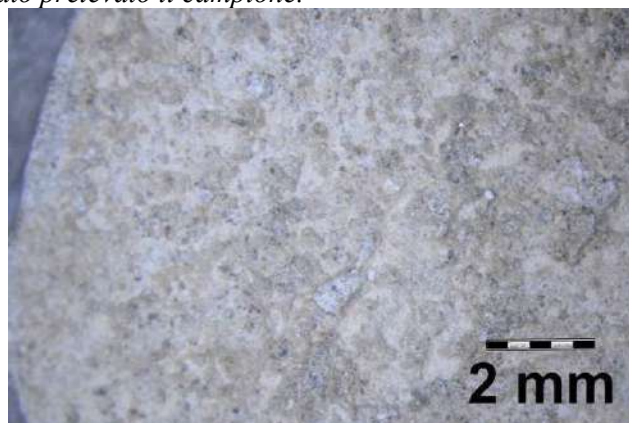


Foto 26: immagine allo stereomicroscopio del campione - Retro

Campione VMA10

Descrizione:

Villa antica, Interno stanza mosaico principale, Parete interna originale, cfr con VMA7

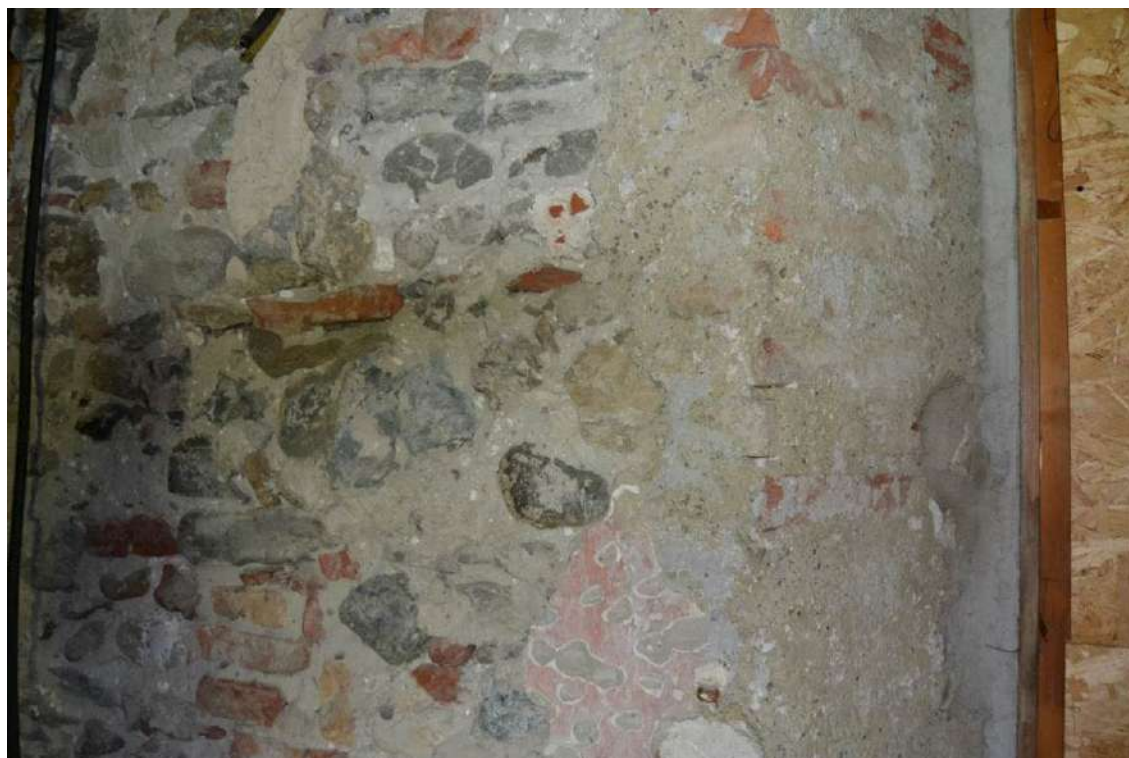


Foto 27: Zona da cui è stato prelevato il campione.



Foto 28: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.



Foto 29: immagine allo stereomicroscopio del campione - Retro

VMA10: Indagine Spettroscopica FT-IR

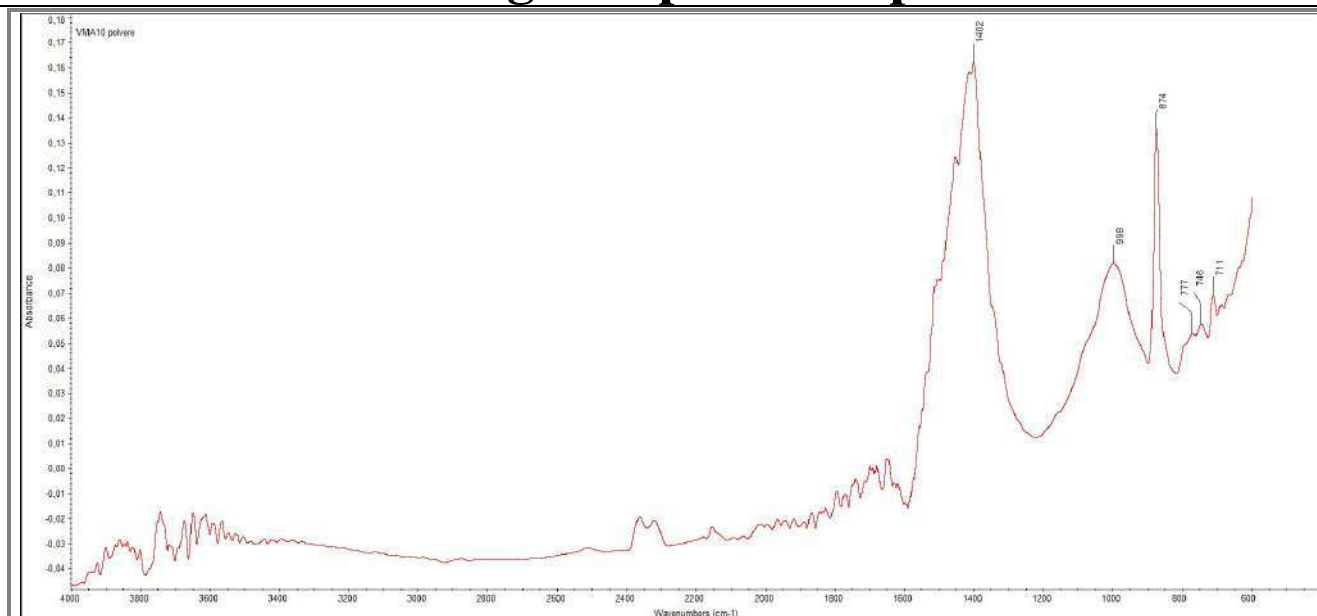


Figura 3

Gli assorbimenti registrati, indicati a seguire con l'unità di misura di cm^{-1} , sono principalmente riconducibili a carbonato di calcio (1402, 874, 711), silicati (998, 777, 746)

VMA10: Cromatografia Ionica

Descrizione prova e metodo analitico: Analisi quantitativa dei sali solubili mediante Cromatografia ionica, secondo UNI EN 16455:2014.

Strumentazione utilizzata: cromatografo ionico Dionex DX 120 con rilevatore conducimetrico

RISULTATI ANALITICI

Parametro	Unità di Misura	Valore	Metodo di prova
Solfati	% in massa	1,02	UNI EN 16455:2014
Cloruri	% in massa	0,63	UNI EN 16455:2014
Nitrati	% in massa	0,19	UNI EN 16455:2014

Campione VMA11

Descrizione: Villa antica, Interno stanza mosaico principale, Finitura dipinta rossa



Foto 30: Zona da cui è stato prelevato il campione.

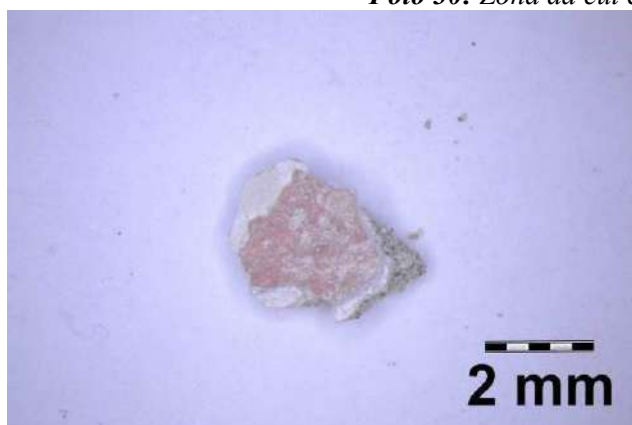


Foto 31: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.



Foto 32: immagine allo stereomicroscopio del campione - Retro

VMA11: Descrizione microstratigrafica

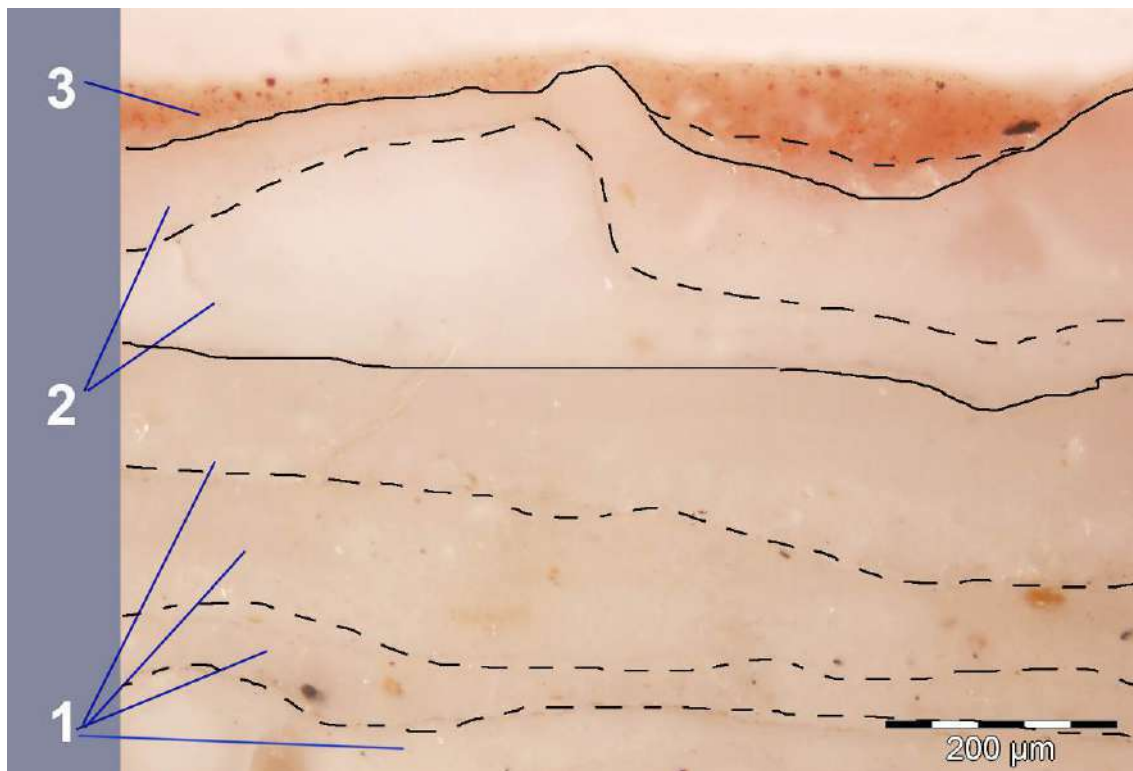


Foto 33: Sezione lucida trasversale osservata in luce riflessa; gli strati individuati sono messi in evidenza e vengono descritti nella tabella che segue.

Strato 1		
Funzione	Colore	Composizione desunta
Preparatoria		
Dimensioni dello strato		Granuli
Spessore strato: oltre μm Andamento: abbastanza regolare		Dimensione dei granuli: da pochi μm a circa Colore: Distribuzione: omogenea
Strato 2		
Funzione	Colore	Composizione desunta
Dimensioni dello strato		Granuli
Spessore strato: μm Andamento: abbastanza regolare		Dimensione dei granuli: da pochi μm a circa Colore: Distribuzione: omogenea
Note:		
Strato 3		
Funzione	Colore	Composizione desunta
Dimensioni dello strato		Granuli
Spessore strato: μm Andamento: abbastanza regolare		Dimensione dei granuli: da pochi μm a circa Colore: Distribuzione: omogenea

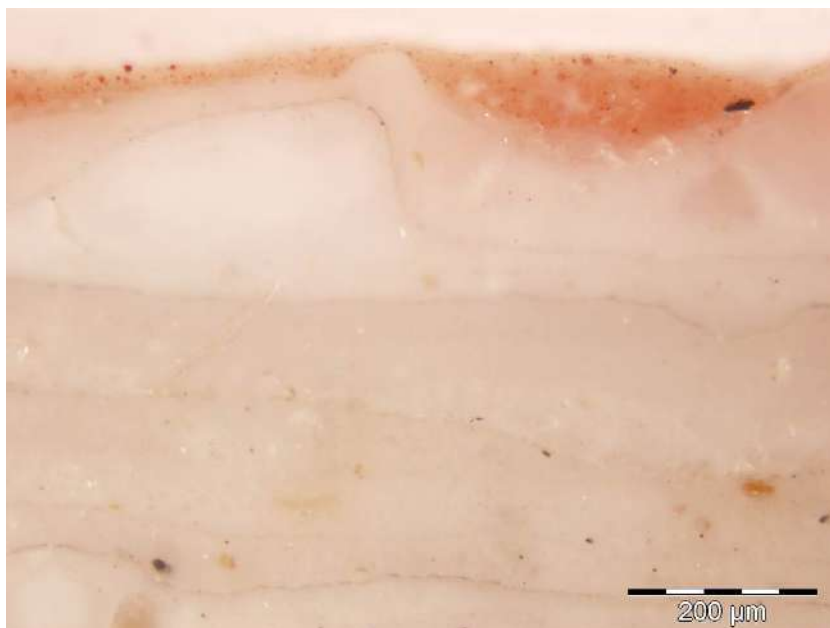


Foto 34

*Sezione lucida trasversale.
Gli strati individuati sono
evidenziati nella foto
precedente.*

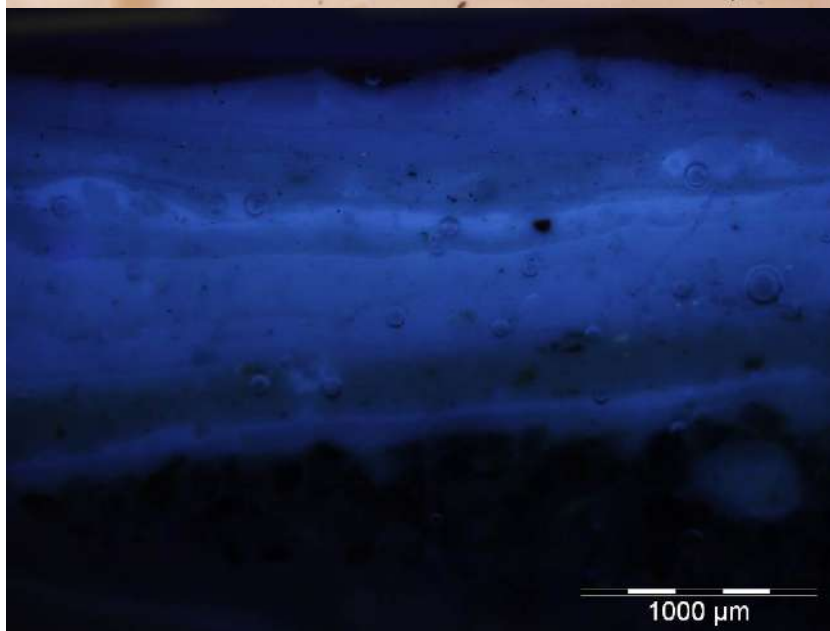


Foto 35

*Fluorescenza UV della
sezione lucida trasversale.*

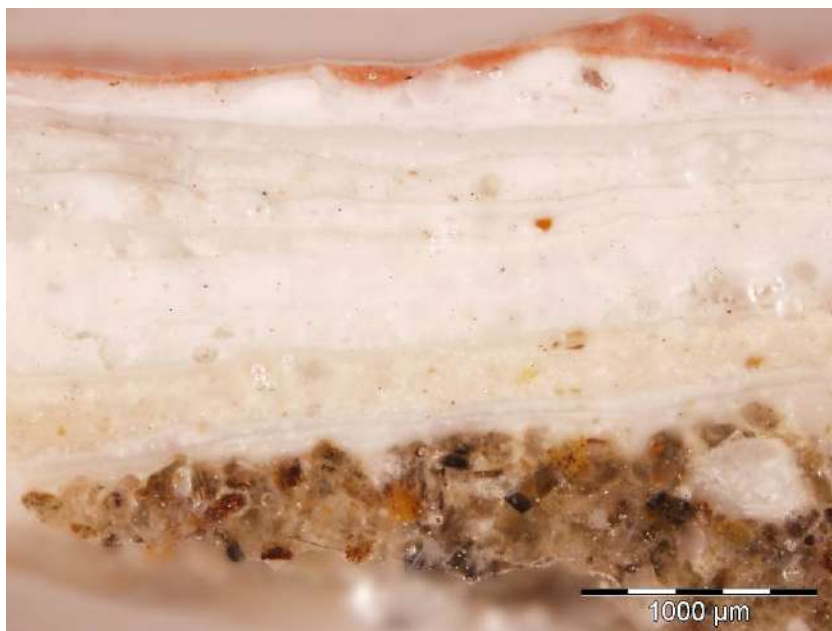


Foto 36

Sezione lucida trasversale osservata in luce riflessa. L'ingrandimento inferiore rispetto alle foto precedenti permette di visualizzare un'immagine generale del campione inglobato.

VMA11: Analisi SEM-EDS

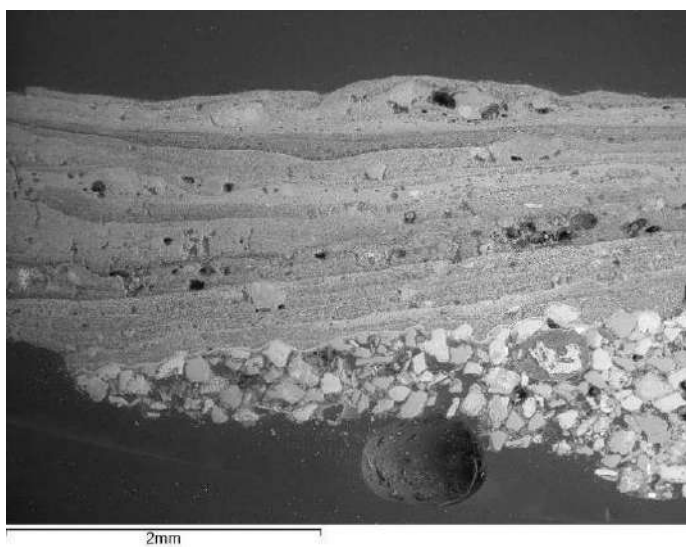


Foto 37: Microfotografia della sezione lucida ottenuta al microscopio elettronico a scansione con elettroni retrodiffusi. Le zone chiare corrispondono a quelle con elementi a maggiore numero atomico.

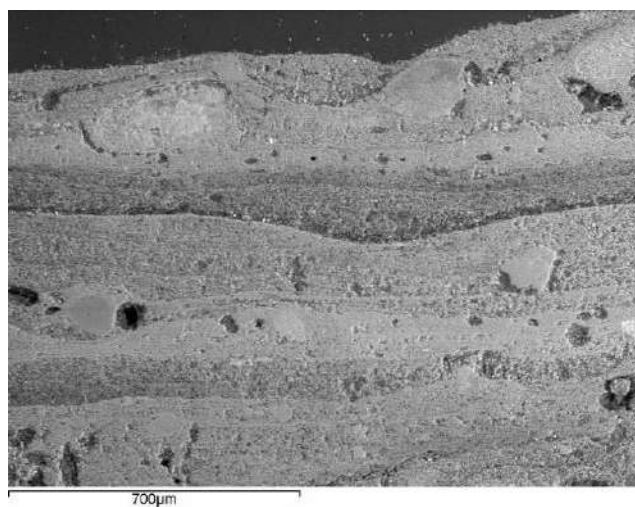


Foto 38: Microfotografia della sezione lucida ottenuta al microscopio elettronico a scansione con elettroni retrodiffusi. Le zone chiare corrispondono a quelle con elementi a maggiore numero atomico.

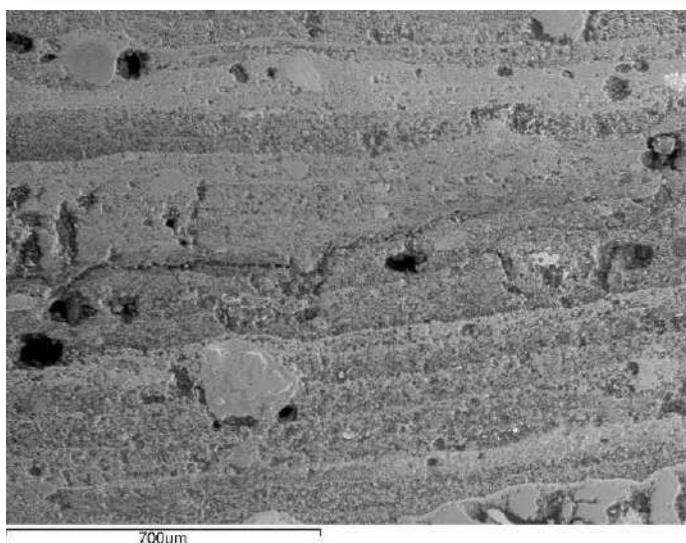


Foto 39: Microfotografia della sezione lucida ottenuta al microscopio elettronico a scansione con elettroni retrodiffusi. Le zone chiare corrispondono a quelle con elementi a maggiore numero atomico.

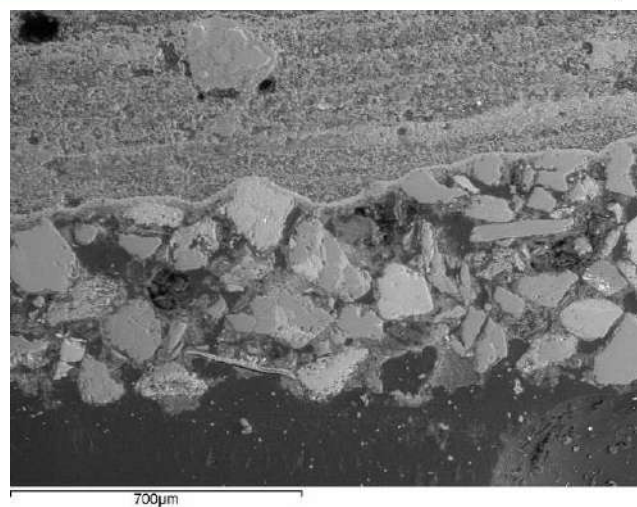


Foto 40: Microfotografia della sezione lucida ottenuta al microscopio elettronico a scansione con elettroni retrodiffusi. Le zone chiare corrispondono a quelle con elementi a maggiore numero atomico.



Foto 41:
Microfotografia della sezione lucida ottenuta al microscopio elettronico a scansione con elettroni retrodiffusi.
Nelle immagini le zone chiare corrispondono a quelle con elementi a maggiore numero atomico.

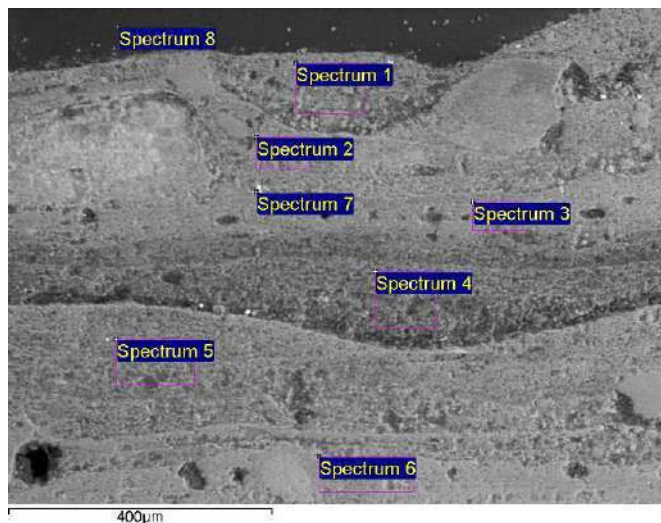
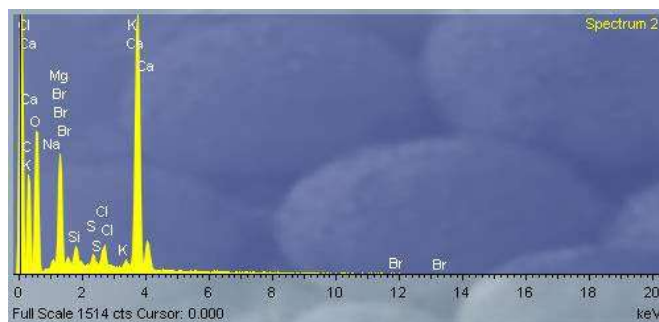
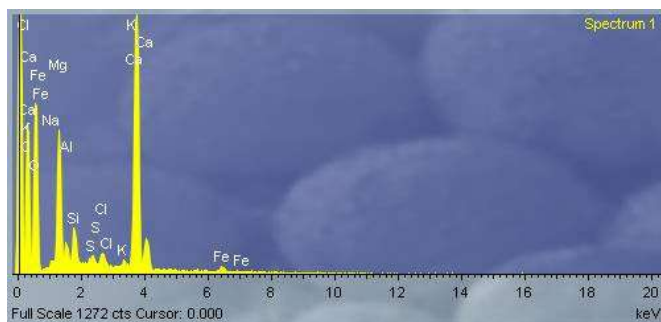


Foto 42:
I puntatori e le aree indicano i punti di indagine con microsonda EDS.
Gli spettri relativi sono riportati di seguito.



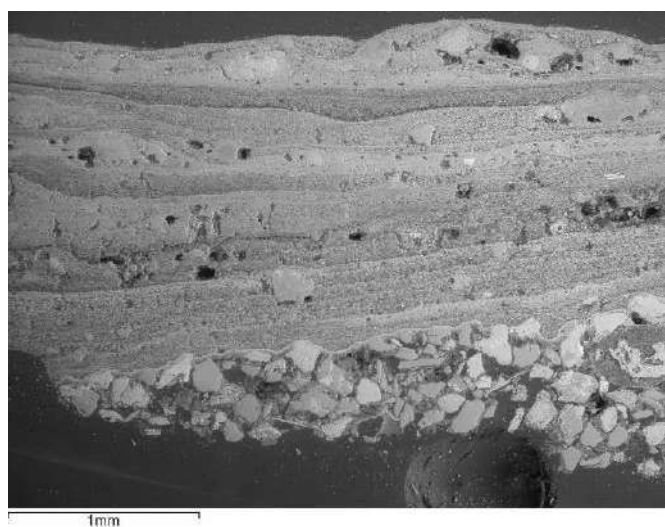
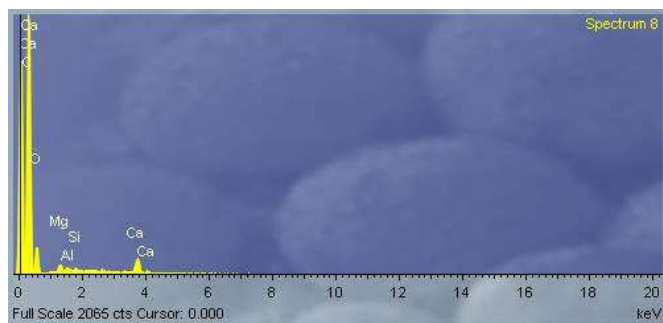
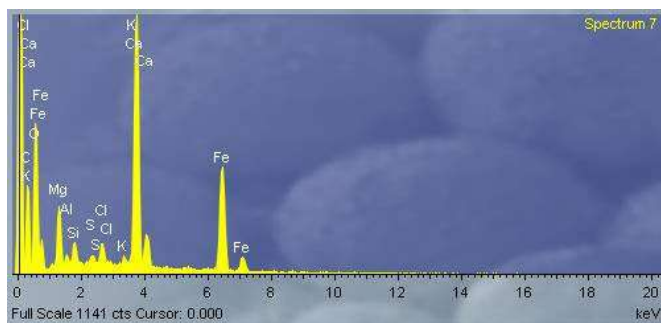
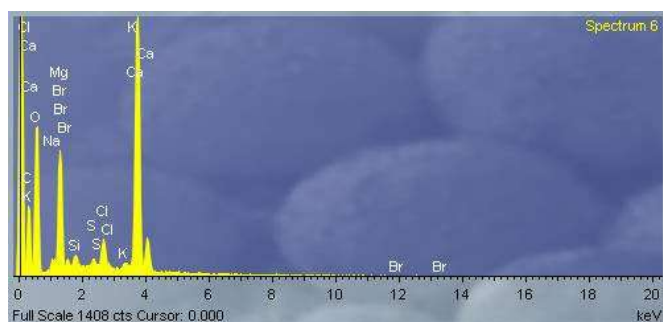
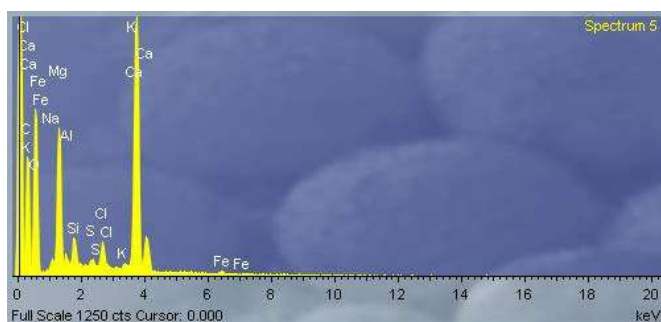
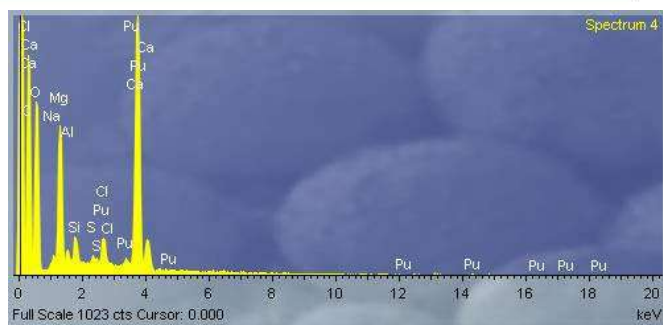
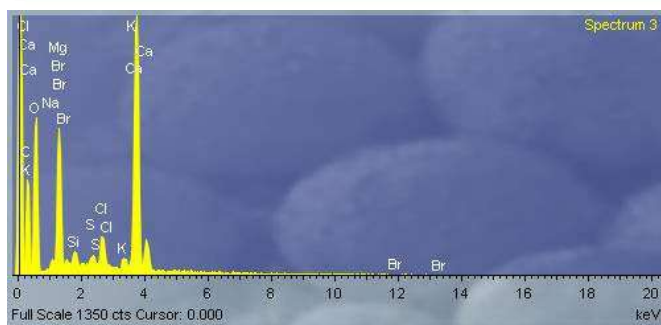


Foto 43:

Microfotografia della sezione lucida ottenuta al microscopio elettronico a scansione con elettroni retrodiffusi.

Nelle immagini le zone chiare corrispondono a quelle con elementi a maggiore numero atomico.

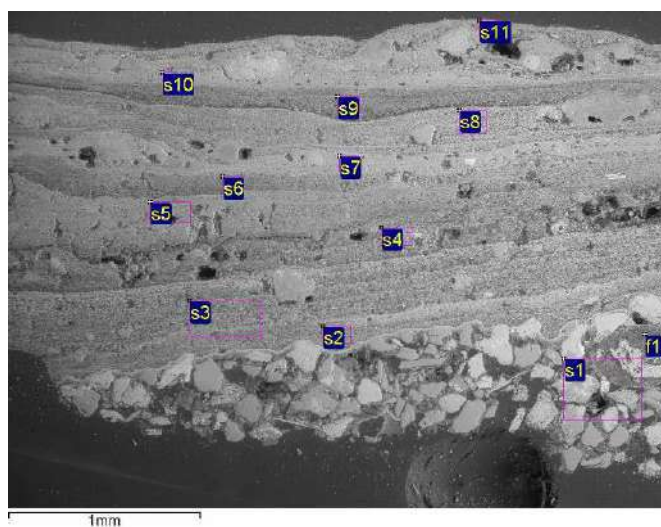
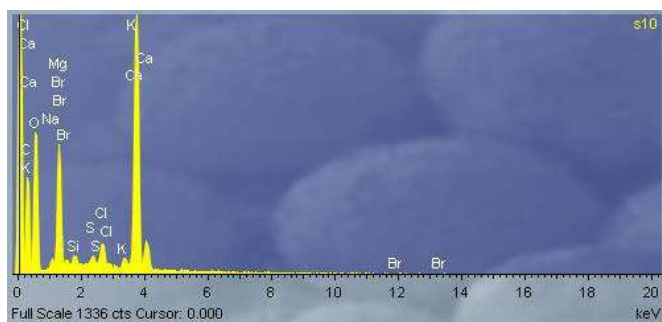
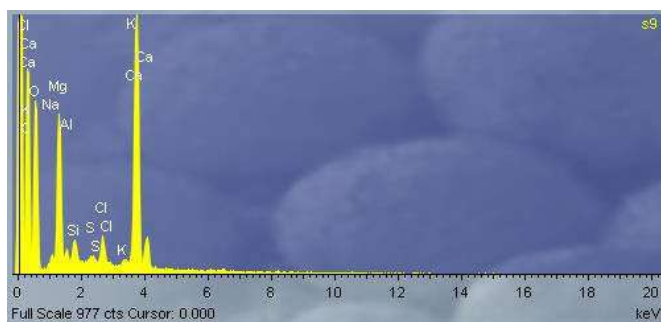
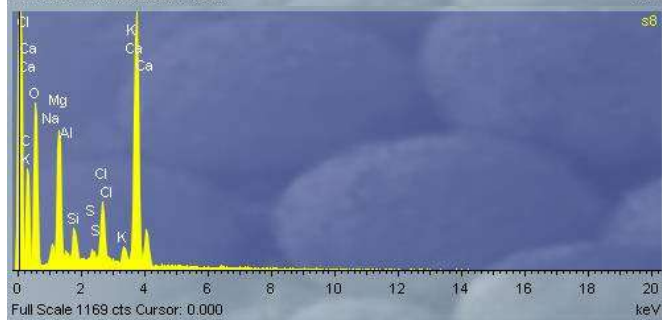
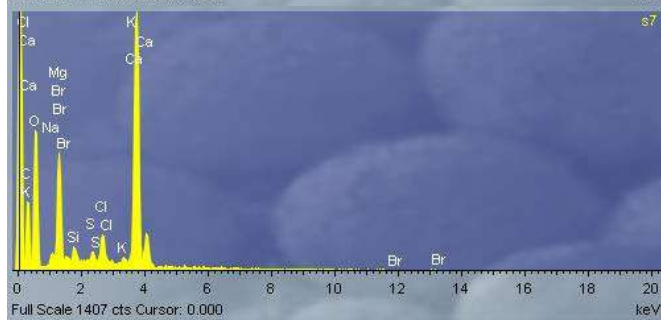
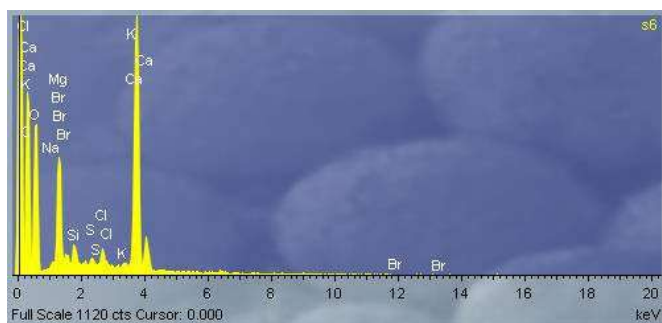
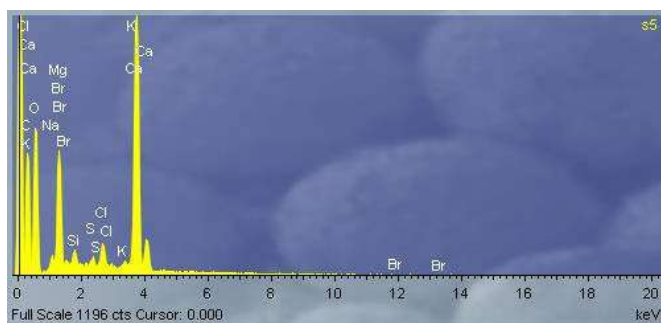
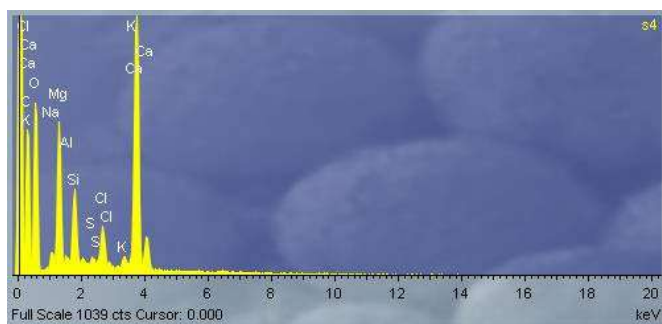
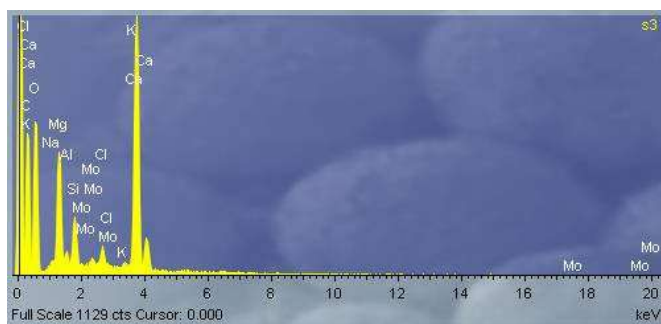
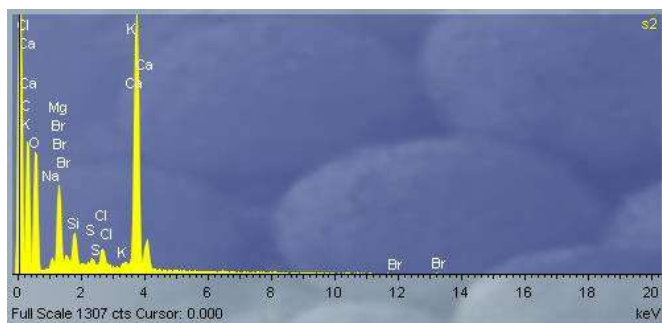
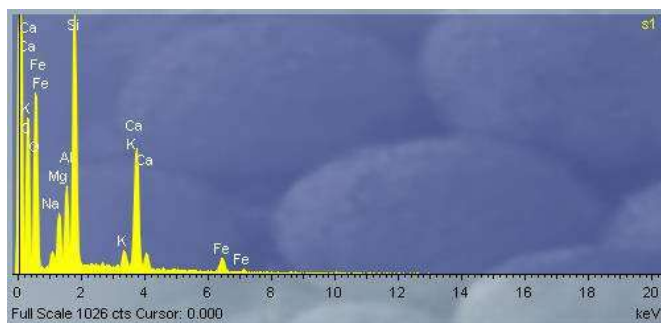


Foto 44:

I puntatori e le aree indicano i punti di indagine con microsonda EDS.

Gli spettri relativi sono riportati di seguito.



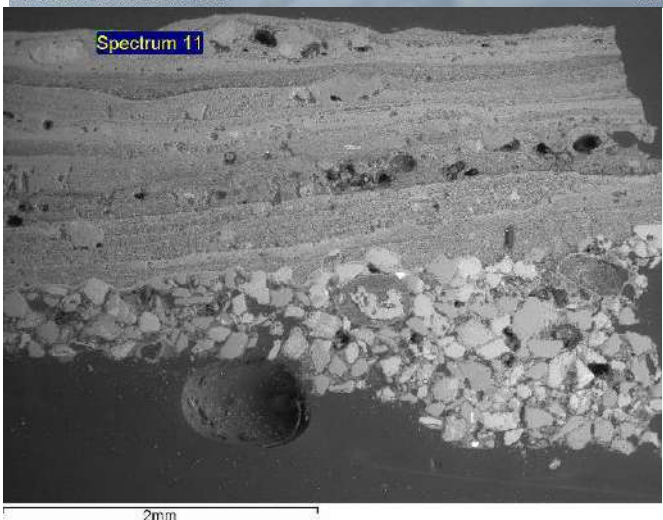
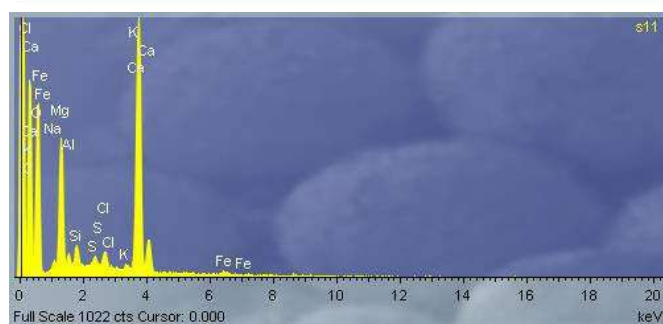


Foto 45:

Microfotografia della sezione lucida ottenuta al microscopio elettronico a scansione con elettroni retrodiffusi.

Nelle immagini le zone chiare corrispondono a quelle con elementi a maggiore numero atomico.

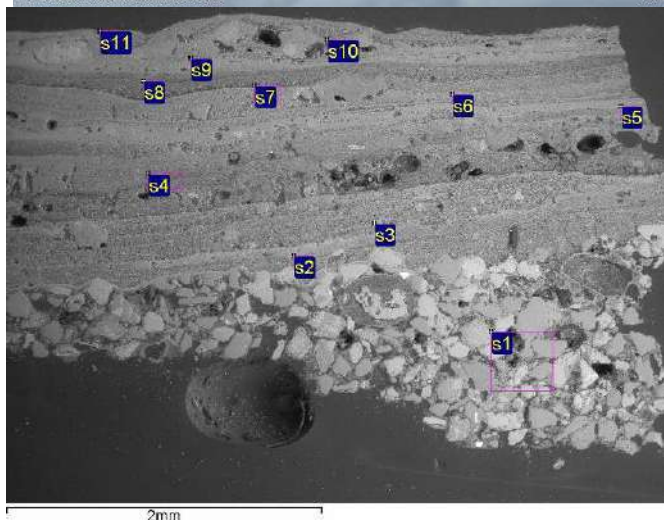
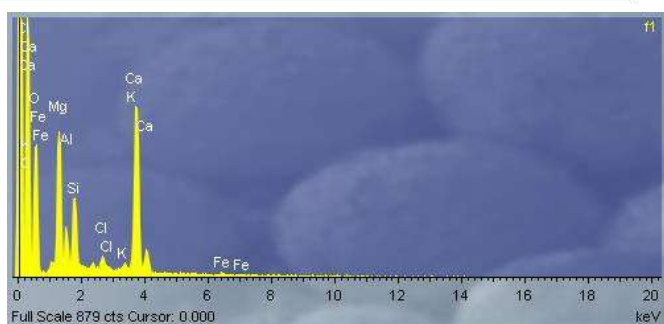
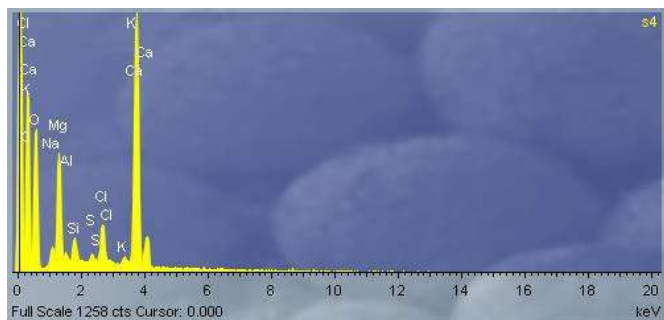
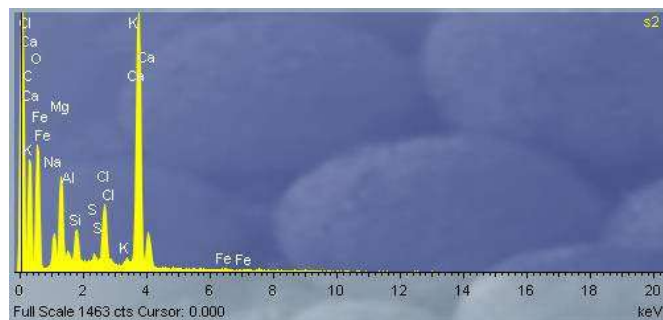
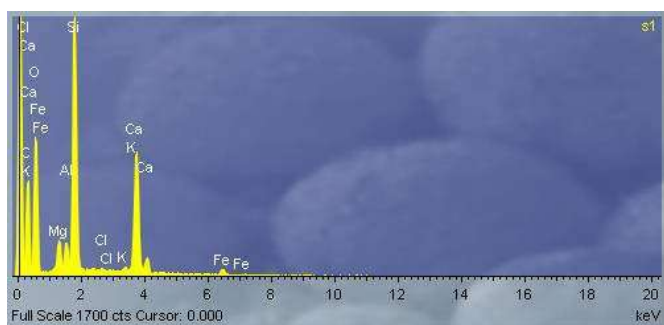
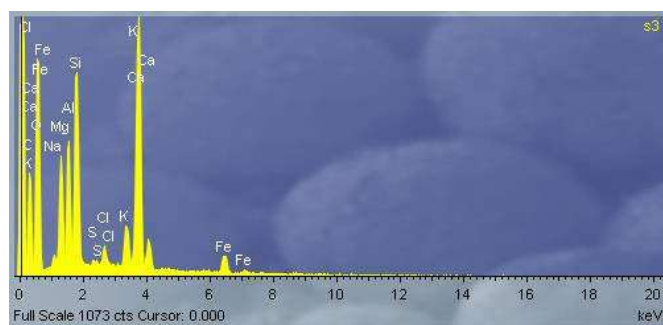
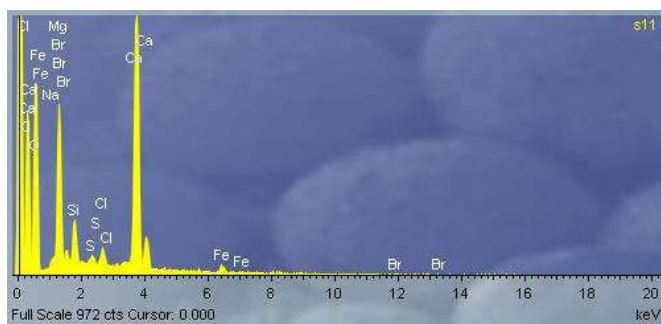
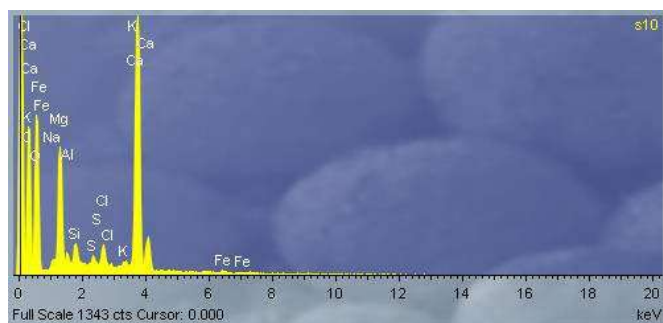
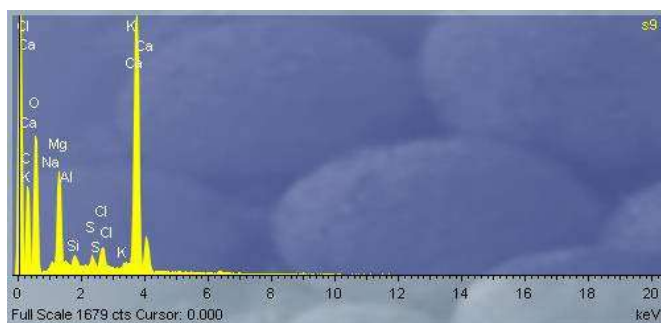
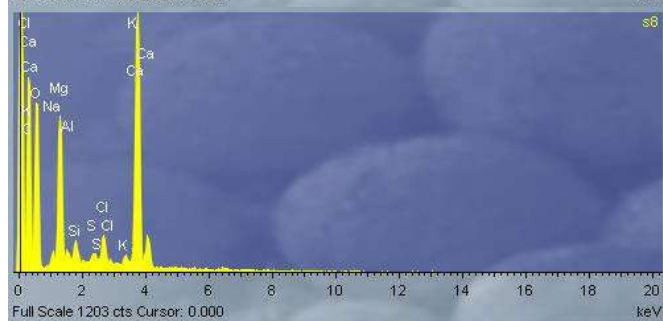
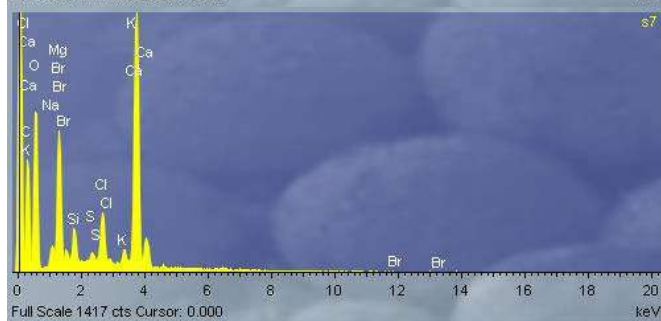
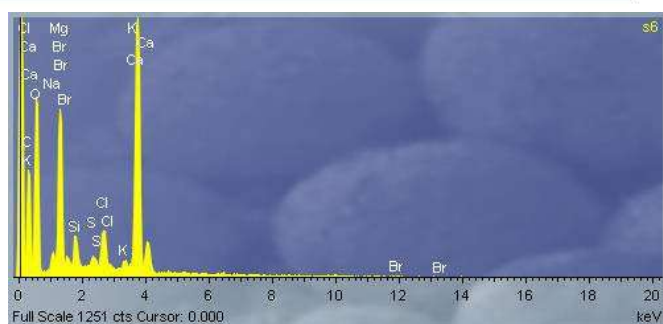
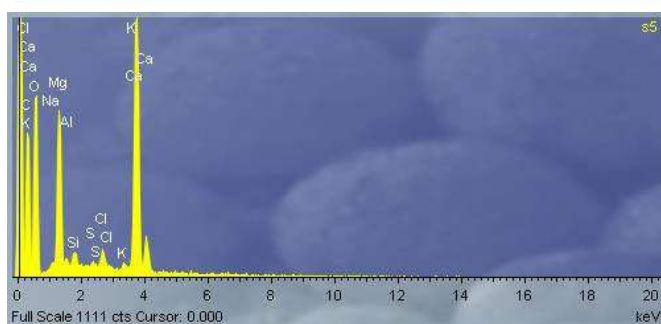


Foto 46:

I puntatori e le aree indicano i punti di indagine con microsonda EDS.

Gli spettri relativi sono riportati di seguito.





Campione VMA12G

Descrizione: Villa antica, Interno stanza mosaico laterale, Tessera mosaico giallo (G)



Foto 47: Zona da cui è stato prelevato il campione.



Foto 48: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.



Foto 49: immagine allo stereomicroscopio del campione - Retro

Campione VMA12N

Descrizione: Villa antica, Interno stanza mosaico laterale, Tessera mosaico nero (N)



Foto 50: Zona da cui è stato prelevato il campione.



Foto 51: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.



Foto 52: immagine allo stereomicroscopio del campione – Retro

Campione VMA12B

Descrizione: Villa antica, Interno stanza mosaico laterale, Tessera mosaico bianco (B)



Foto 53: Zona da cui è stato prelevato il campione.



Foto 54: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.



Foto 55: immagine allo stereomicroscopio del campione - Retro

Campione VMA12R

Descrizione: Villa antica, Interno stanza mosaico laterale, Tessera mosaico rosso (R)



Foto 56: Zona da cui è stato prelevato il campione.



Foto 57: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.



Foto 58: immagine allo stereomicroscopio del campione - Retro

Campione VMA13

Descrizione: Villa antica, Scala interna, Malta finitura antica, da comparare con loggiato



Foto 59: Zona da cui è stato prelevato il campione.

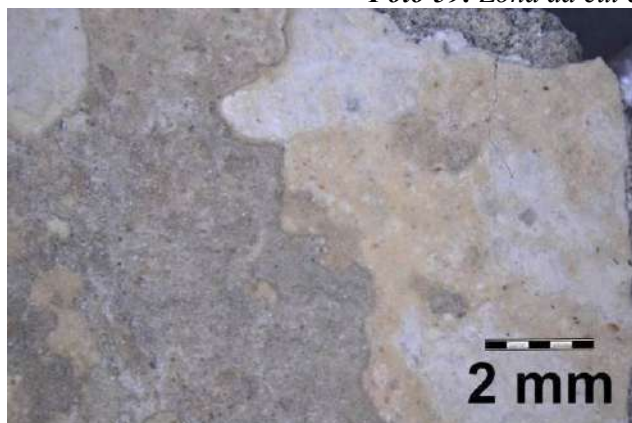


Foto 60: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.

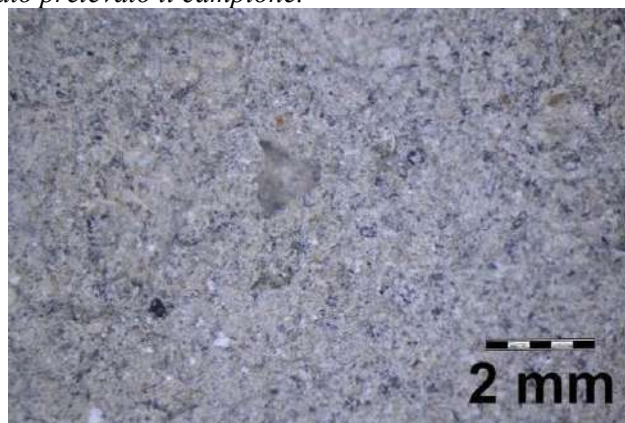


Foto 61: immagine allo stereomicroscopio del campione – Retro

Campione VMA14

Descrizione: Villa antica, Scala interna, Mattone polvere



Foto 62: Zona da cui è stato prelevato il campione.

VMA14: Indagine Spettroscopica FT-IR

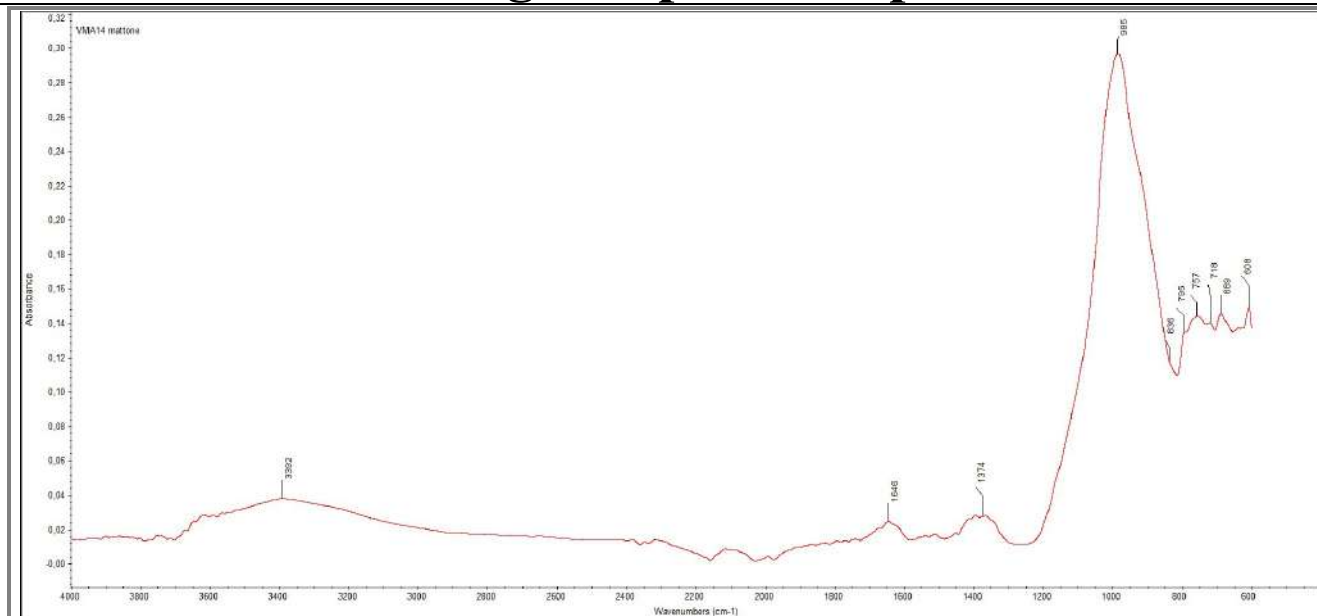


Figura 4

Gli assorbimenti registrati, indicati a seguire con l'unità di misura di cm^{-1} , sono principalmente riconducibili a argilla (985, 795, 757, 718, 689), tracce di nitrato di potassio (1374, 836, 608) e acqua (3392, 1646)

VMA14: Cromatografia Ionica

Descrizione prova e metodo analitico: Analisi quantitativa dei sali solubili mediante
Cromatografia ionica, secondo UNI EN 16455:2014.
Strumentazione utilizzata: cromatografo ionico Dionex DX 120 con rilevatore
conducimetrico

RISULTATI ANALITICI

Parametro	Unità di Misura	Valore	Metodo di prova
Solfati	% in massa	0,27	UNI EN 16455:2014
Cloruri	% in massa	0,36	UNI EN 16455:2014
Nitrati	% in massa	0,50	UNI EN 16455:2014

Campione VMC15

Descrizione: Citroniera, Parasta moderna probabilmente cemento



Foto 63: Zona da cui è stato prelevato il campione.

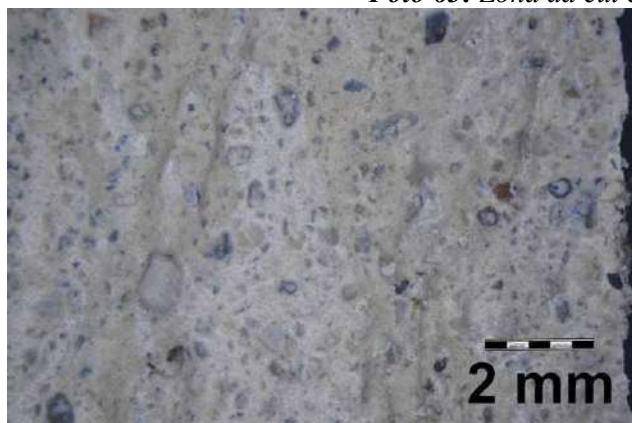


Foto 64: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.

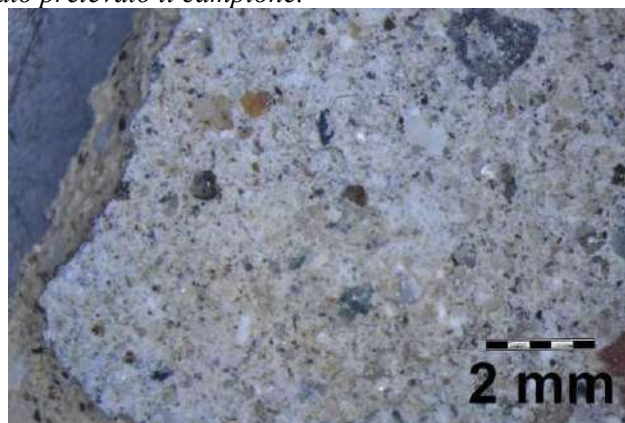


Foto 65: immagine allo stereomicroscopio del campione - Retro

Campione VMC16

Descrizione: Citroniera, Muro che sfoglia



Foto 66: Zona da cui è stato prelevato il campione.

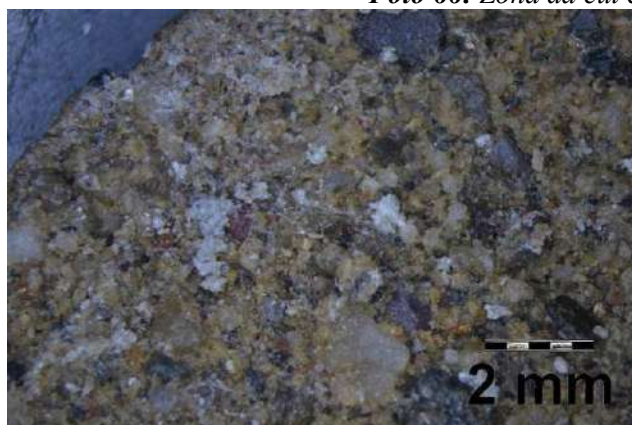


Foto 67: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.

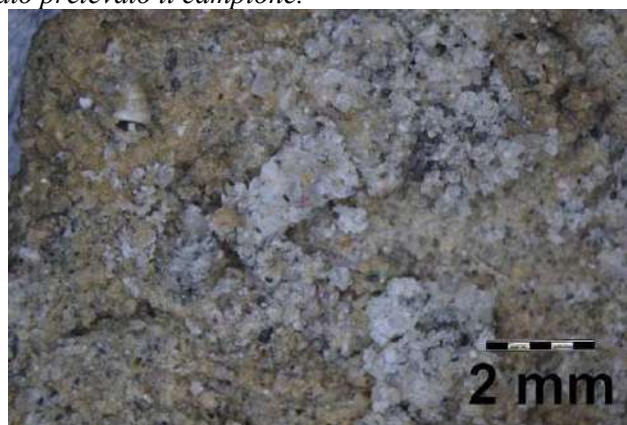


Foto 68: immagine allo stereomicroscopio del campione – Retro

VMC16: Indagine Spettroscopica FT-IR

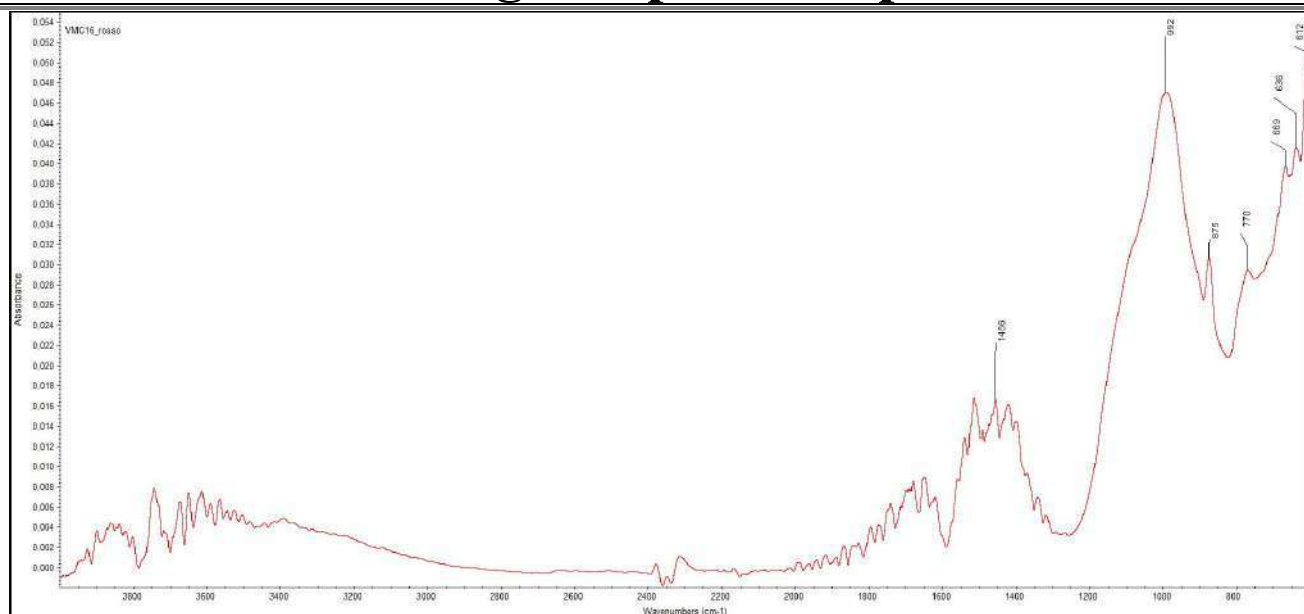


Figura 5

Gli assorbimenti registrati, indicati a seguire con l'unità di misura di cm^{-1} , sono principalmente riconducibili a silicati (992, 770, 669, 612), tracce di carbonato di calcio (1456, 875)

VMC16: Cromatografia Ionica

Descrizione prova e metodo analitico: Analisi quantitativa dei sali solubili mediante Cromatografia ionica, secondo UNI EN 16455:2014.
Strumentazione utilizzata: cromatografo ionico Dionex DX 120 con rilevatore conducimentrico

RISULTATI ANALITICI

Parametro	Unità di Misura	Valore	Metodo di prova
Solfati	% in massa	23,40	UNI EN 16455:2014
Cloruri	% in massa	0,40	UNI EN 16455:2014
Nitrati	% in massa	0,24	UNI EN 16455:2014

Campione VMC17

Descrizione: Citroniera, Sali su parete



Foto 69: Zona da cui è stato prelevato il campione.

VMC17: Indagine Spettroscopica FT-IR

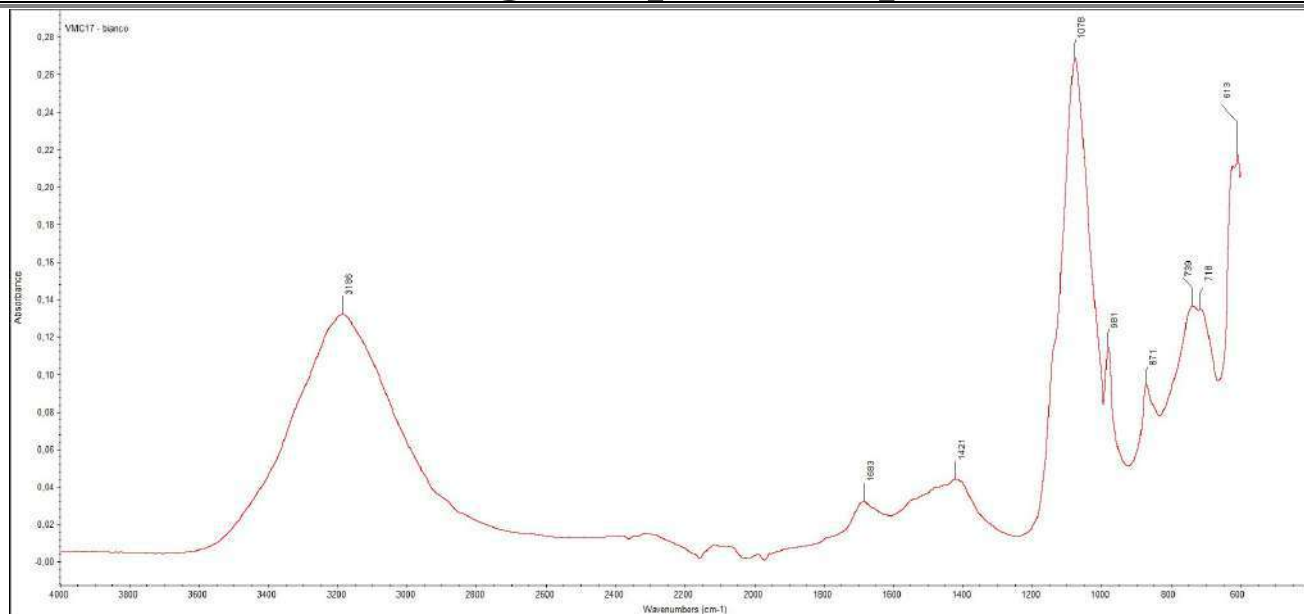


Figura 6

Gli assorbimenti registrati, indicati a seguire con l'unità di misura di cm^{-1} , sono principalmente riconducibili a solfati di magnesio (3186, 1683, 1078, 961, 613), tracce di carbonati (1421, 871)

VMC17: Cromatografia Ionica

Descrizione prova e metodo analitico: Analisi quantitativa dei sali solubili mediante
Cromatografia ionica, secondo UNI EN 16455:2014.
Strumentazione utilizzata: cromatografo ionico Dionex DX 120 con rilevatore
conducimetrico

RISULTATI ANALITICI

Parametro	Unità di Misura	Valore	Metodo di prova
Solfati	% in massa	11,70	UNI EN 16455:2014
Cloruri	% in massa	0,04	UNI EN 16455:2014
Nitrati	% in massa	<0,01	UNI EN 16455:2014

Campione VMS18a

Descrizione:

Palazzina Svizzera, Parete esterna su citroniera, Parete esterna malta profonda con disegno inciso



Foto 70: Zona da cui è stato prelevato il campione.



Foto 71: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.

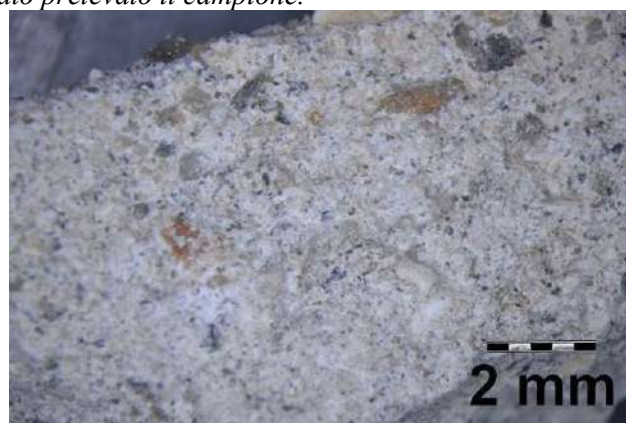


Foto 72: immagine allo stereomicroscopio del campione – Retro

Campione VMS18b

Descrizione:

Palazzina Svizzera, Parete esterna su citroniera, Parete esterna malta
superficiale con disegno inciso



Foto 73: Zona da cui è stato prelevato il campione.

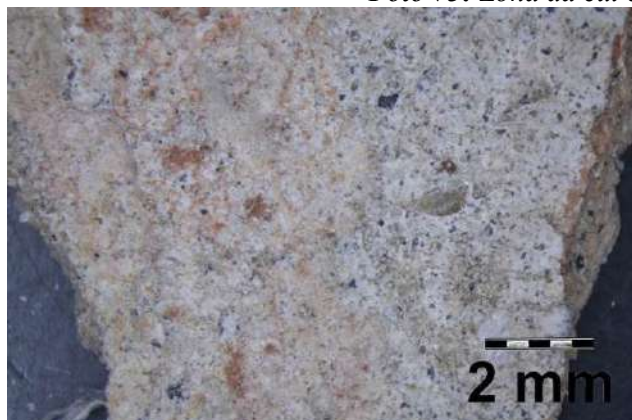


Foto 74: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.

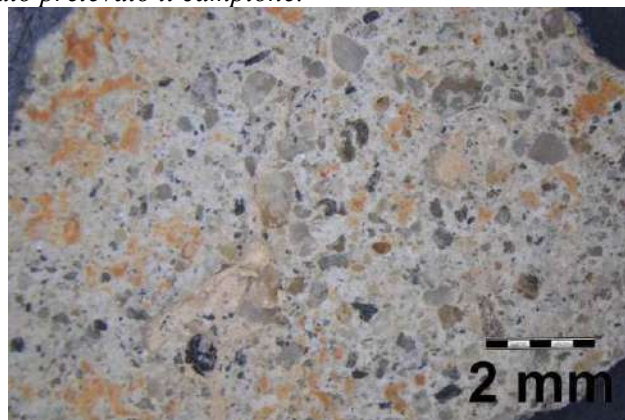


Foto 75: immagine allo stereomicroscopio del campione - Retro

Campione VMS19

Descrizione:

Palazzina Svizzera Parete esterna su citroniera, Parete esterna malta
superficiale con disegno inciso



Foto 76: Zona da cui è stato prelevato il campione.

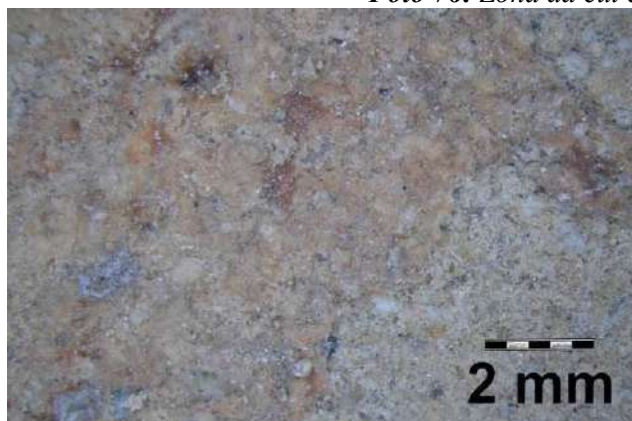


Foto 77: immagine allo stereomicroscopio del
campione - Fronte.

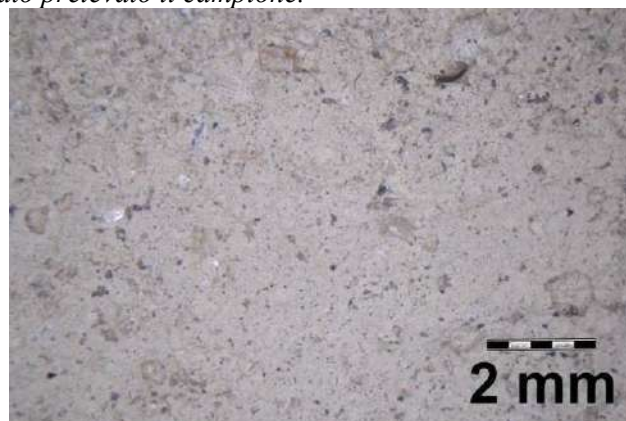


Foto 78: immagine allo stereomicroscopio del
campione – Retro

Campione VMS20

Descrizione: Palazzina Svizzera Parete esterna lato entrata, Malta cornice laterale originale



Foto 79: Zona da cui è stato prelevato il campione.

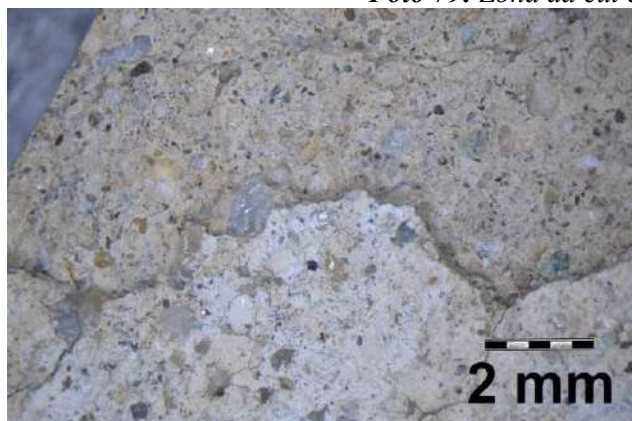


Foto 80: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.

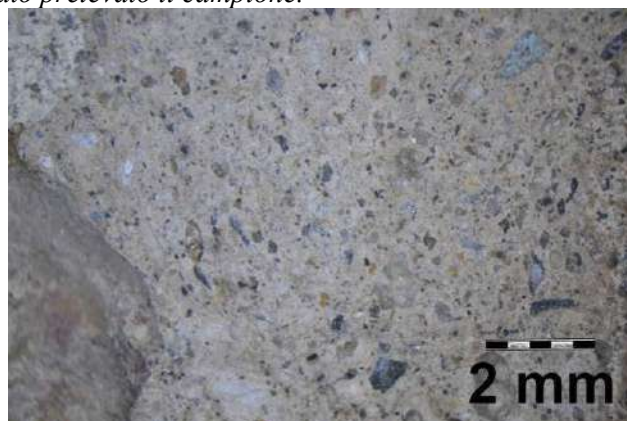


Foto 81: immagine allo stereomicroscopio del campione - Retro

Campione VMS21

Descrizione: Palazzina Svizzera, Parete esterna lato entrata, mattone in polvere



Foto 82: Zona da cui è stato prelevato il campione.

VMS21: Indagine Spettroscopica FT-IR

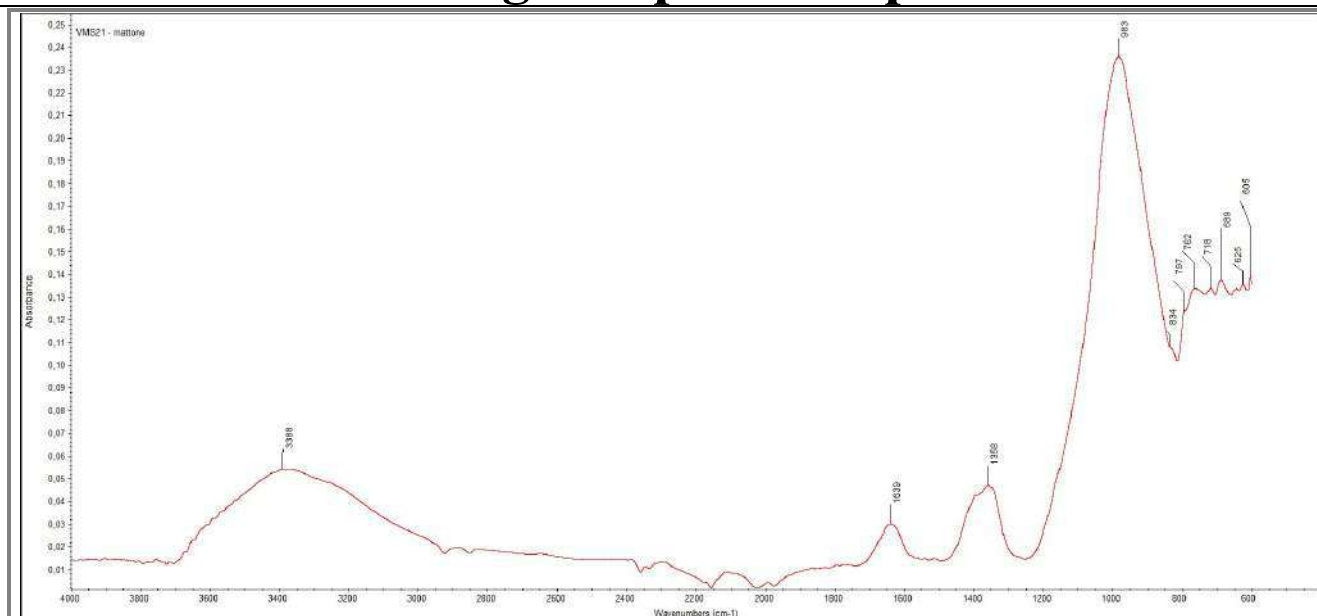


Figura 7

Gli assorbimenti registrati, indicati a seguire con l'unità di misura di cm^{-1} , sono principalmente riconducibili a argilla (983, 797, 762, 718, 689), tracce di nitrato di potassio (1358, 834, 605) e acqua (3388, 1639)

VMS21: Cromatografia Ionica

Descrizione prova e metodo analitico: Analisi quantitativa dei sali solubili mediante
Cromatografia ionica, secondo UNI EN 16455:2014.
Strumentazione utilizzata: cromatografo ionico Dionex DX 120 con rilevatore
conducimetrico

RISULTATI ANALITICI

Parametro	Unità di Misura	Valore	Metodo di prova
Solfati	% in massa	<0,01	UNI EN 16455:2014
Cloruri	% in massa	0,71	UNI EN 16455:2014
Nitrati	% in massa	1,76	UNI EN 16455:2014

Campione VMS22a

Descrizione: Palazzina Svizzera, Parete laterale, profonda originale



Foto 83: Zona da cui è stato prelevato il campione.

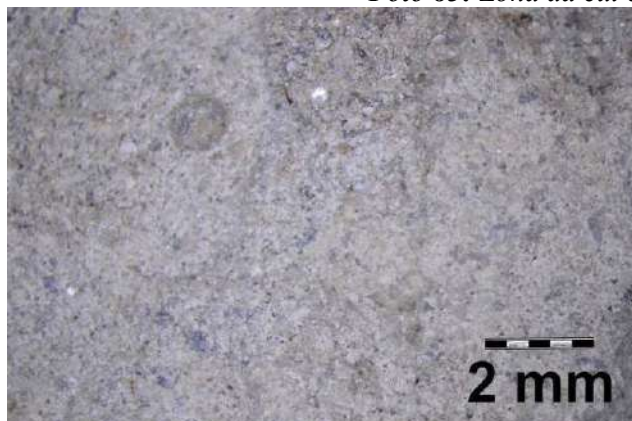


Foto 84: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.

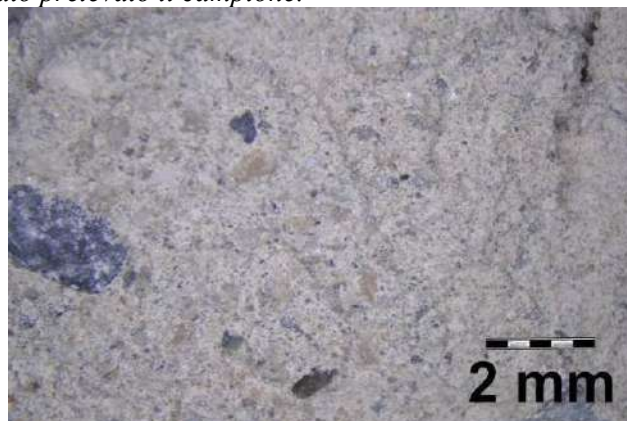


Foto 85: immagine allo stereomicroscopio del campione – Retro

VMS22a: Indagine Spettroscopica FT-IR

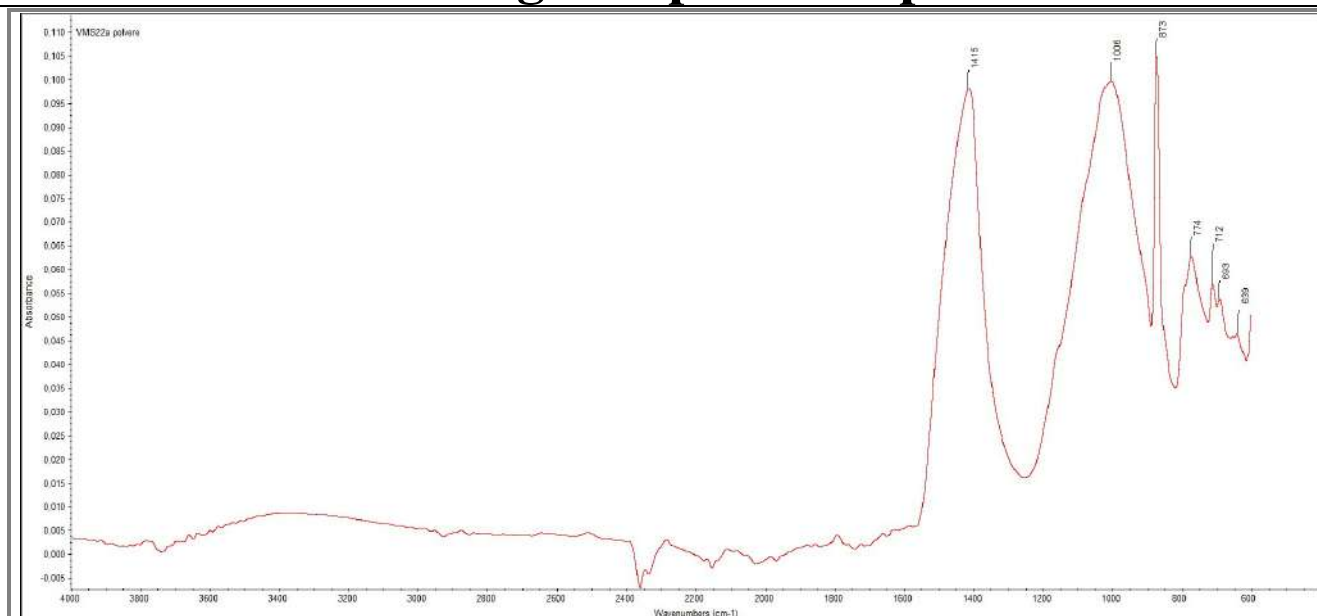


Figura 8

Gli assorbimenti registrati, indicati a seguire con l'unità di misura di cm^{-1} , sono principalmente riconducibili a carbonato di calcio (1415, 873, 712), silicati (1006, 774, 693, 639)

VMS22a: Cromatografia Ionica

Descrizione prova e metodo analitico: Analisi quantitativa dei sali solubili mediante
Cromatografia ionica, secondo UNI EN 16455:2014.
Strumentazione utilizzata: cromatografo ionico Dionex DX 120 con rilevatore
conducimetrico

RISULTATI ANALITICI

Parametro	Unità di Misura	Valore	Metodo di prova
Solfati	% in massa	1,18	UNI EN 16455:2014
Cloruri	% in massa	0,02	UNI EN 16455:2014
Nitrati	% in massa	0,06	UNI EN 16455:2014

Campione VMS22b

Descrizione: Palazzina Svizzera, Parete laterale, Intermedia originale



Foto 86: Zona da cui è stato prelevato il campione.

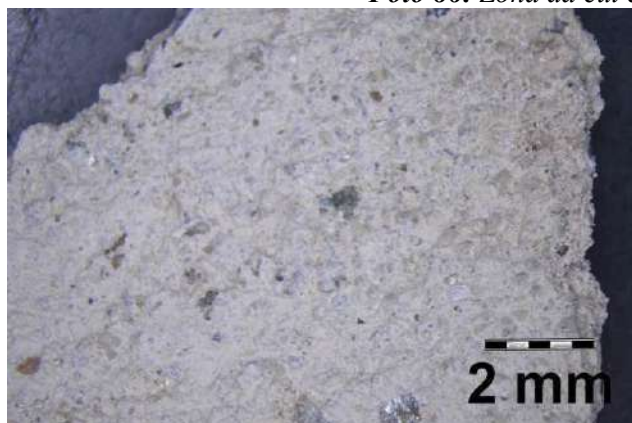


Foto 87: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.

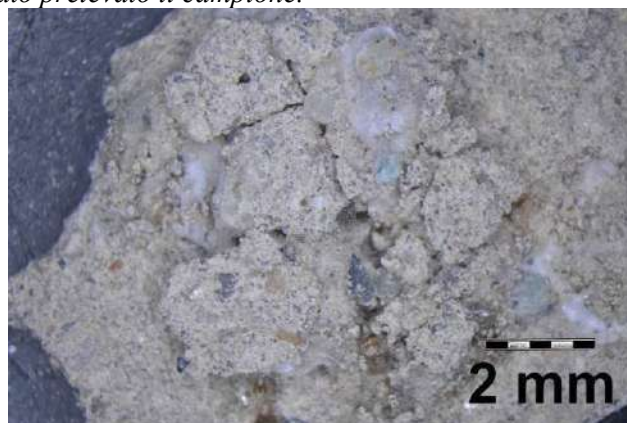


Foto 88: immagine allo stereomicroscopio del campione – Retro

VMS22b: Indagine Spettroscopica FT-IR

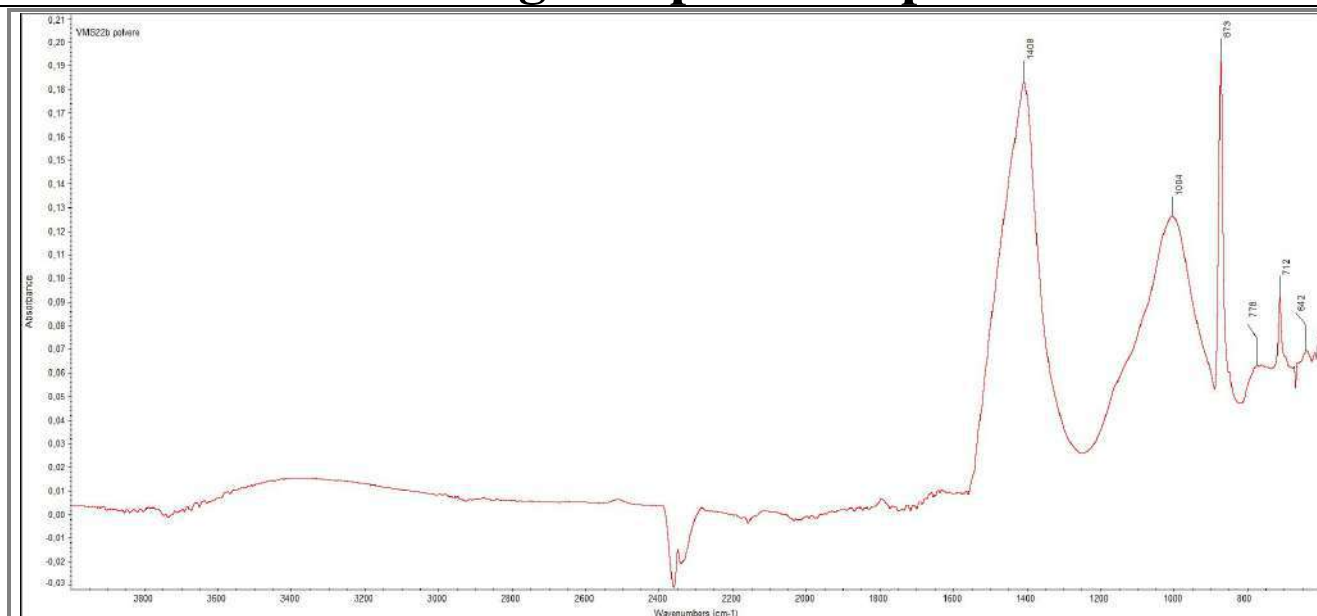


Figura 9

Gli assorbimenti registrati, indicati a seguire con l'unità di misura di cm^{-1} , sono principalmente riconducibili a carbonato di calcio (1408, 873, 712), silicati (1004, 778, 642)

VMS22b: Cromatografia Ionica

Descrizione prova e metodo analitico: Analisi quantitativa dei sali solubili mediante
Cromatografia ionica, secondo UNI EN 16455:2014.
Strumentazione utilizzata: cromatografo ionico Dionex DX 120 con rilevatore
conducimetrico

RISULTATI ANALITICI

Parametro	Unità di Misura	Valore	Metodo di prova
Solfati	% in massa	0,96	UNI EN 16455:2014
Cloruri	% in massa	0,01	UNI EN 16455:2014
Nitrati	% in massa	0,07	UNI EN 16455:2014

Campione VMS22c

Descrizione: Palazzina Svizzera, Parete laterale, Superficiale originale



Foto 89: Zona da cui è stato prelevato il campione.

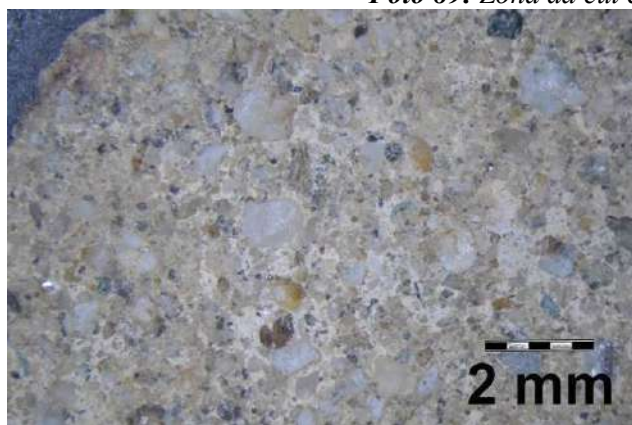


Foto 90: immagine allo stereomicroscopio del campione - Fronte.



Foto 91: immagine allo stereomicroscopio del campione – Retro

VMS22c: Indagine Spettroscopica FT-IR

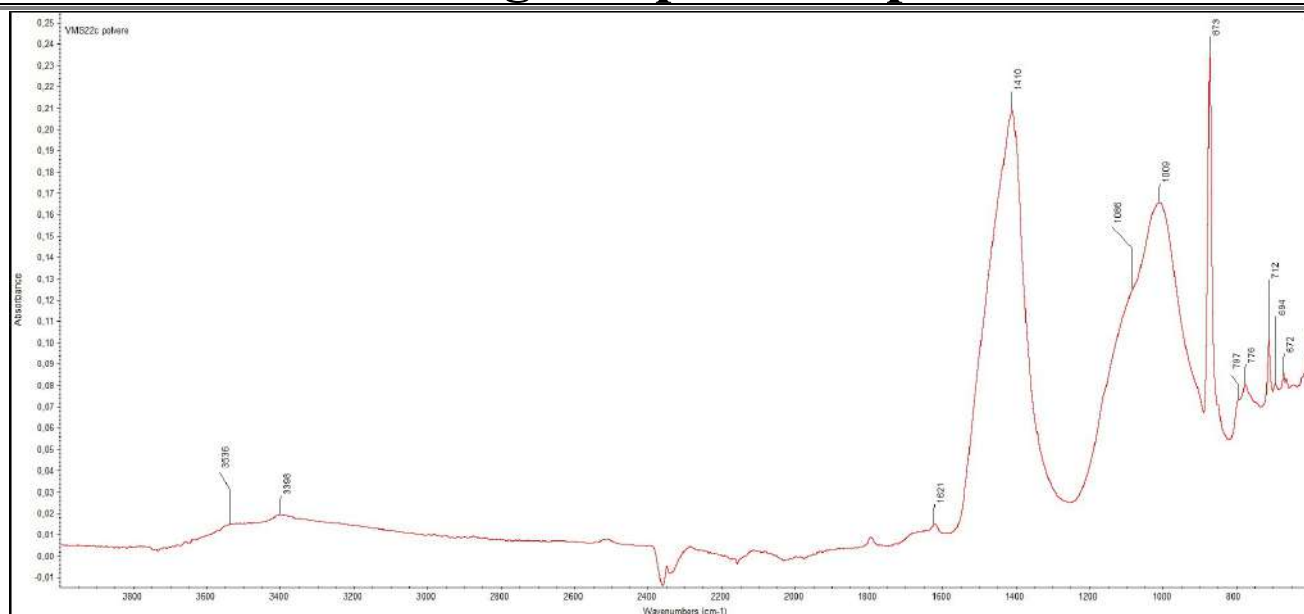


Figura 10

Gli assorbimenti registrati, indicati a seguire con l'unità di misura di cm^{-1} , sono principalmente riconducibili a carbonato di calcio (1410, 873, 712), silicati (1009, 797, 776, 694), tracce di gesso (3536, 3398, 1621, 1086, 672)

VMS22c: Cromatografia Ionica

Descrizione prova e metodo analitico: Analisi quantitativa dei sali solubili mediante
Cromatografia ionica, secondo UNI EN 16455:2014.
Strumentazione utilizzata: cromatografo ionico Dionex DX 120 con rilevatore
conducimetrico

RISULTATI ANALITICI

Parametro	Unità di Misura	Valore	Metodo di prova
Solfati	% in massa	3,55	UNI EN 16455:2014
Cloruri	% in massa	0,02	UNI EN 16455:2014
Nitrati	% in massa	0,05	UNI EN 16455:2014

Strumentazione impiegata

Analisi microstratigrafica mediante sezione lucida

L'analisi della sezione lucida trasversale (anche nota come cross section) è una tecnica che permette la visualizzazione della successione dei singoli strati stesi dall'artista.

Il microprelievo viene inglobato in una resina poliestere e in seguito levigato e lucidato a specchio (lappatura) perpendicolarmente al piano della stesura pittorica.

In questo modo si ottiene un campione adatto per l'osservazione mediante microscopia ottica dei singoli strati che permette una loro caratterizzazione visiva. Successivamente, sulla medesima sezione, si può procedere alla caratterizzazione chimica mediante altre tecniche analitiche (SEM-EDS, μ -FT-IR, etc.).

Analisi microscopica mediante sezione sottile in luce polarizzata trasmessa

Lo scopo dell'analisi microscopica su sezione sottile è la caratterizzazione mineralogico – petrografica del materiale lapideo sia esso naturale (classificazione delle rocce) o artificiale (identificare i componenti di un aggregato in una malta e determinare il rapporto inerte/legante, riconoscere fasi mineralogiche caratteristiche nelle ceramiche, effettuare indagini su intonaci, stucchi...), tale tecnica, largamente utilizzata nel campo della petrografia e della mineralogia, permette inoltre di effettuare determinazioni a carattere morfologico e tessiturale.

Il campione (sezione sottile) viene assottigliato mediante abrasione con appositi utensili fino ad ottenere uno spessore standard pari a circa 30 μ m e quindi osservabile con un microscopio ottico a luce polarizzata trasmessa.

L'analisi microscopica viene corredata da documentazione fotografica che illustra gli aspetti più significativi del campione analizzato.

Microscopia Elettronica a Scansione (SEM) abbinata alla Microsonda Elettronica (EDS)

Il principio che sta alla base del SEM è molto simile a quello della microscopia ottica, ma in questo caso al posto di usare un raggio di luce si usa un sottile fascio di elettroni. A differenza della luce, gli elettroni si possono focalizzare in uno spazio molto più limitato permettendo così l'osservazione ad ingrandimenti significativamente superiori rispetto alla microscopia ottica. Per esempio un microscopio ottico moderno può arrivare fino a circa 1000 ingrandimenti e questo permette di risolvere oggetti separati da 0.2 mm, mentre il SEM, ha un potere risolutivo di 3.5 nm ed un ingrandimento massimo di 300000x. La combinazione di alti ingrandimenti, gran risoluzione, larga profondità di campo, facilità nella preparazione dei campioni, possibilità di lavorare a bassi valori di vuoto in combinazione con una grande camera per l'alloggiamento di più campioni simultaneamente, rende il SEM uno degli strumenti più largamente impiegati in molti campi della ricerca. L'interfacciamento con le microanalisi ai raggi X a dispersione di energia offre la possibilità di ottenere in tempo reale la composizione quali/quantitativa degli elementi contenuti nell'area del campione che si sta osservando, in qualsiasi modalità operativa. Essendo in grado di ottenere le immagini della superficie campione e contemporaneamente conoscere la composizione elementare in ogni suo punto, è possibile, nel caso dell'applicazione ad una sezione lucida, caratterizzare dal punto di vista chimico i diversi strati della stessa. Inoltre, usando il rivelatore di elettroni retrodiffusi è possibile acquisire delle immagini che rispecchiano il peso relativo degli atomi che si trovano sulla superficie della porzione esaminata.

Spettrofotometria Infrarossa in Trasformata di Fourier (FT-IR)

La spettrofotometria infrarossa (IR) è una tecnica di analisi spettroscopica che permette l'analisi dei gruppi funzionali che caratterizzano composti organici e inorganici. Si basa sul principio dell'assorbimento della radiazione elettromagnetica da parte della materia in esame che produce una serie di bande di assorbimento, il cosiddetto "spettro" IR. Un'attenta lettura di queste bande fornisce una precisa indicazione sulla natura dei gruppi funzionali che caratterizzano i singoli materiali, che vengono così caratterizzati. L'evoluzione della strumentazione all'inizio degli anni '80, ha reso disponibile la spettrofotometria IR in trasformata di Fourier (FTIR), che rende più facile la raccolta degli spettri contribuendo così alla diffusione di questa efficace tecnica di analisi. Sebbene le risposte fornite siano in generale di tipo qualitativo o, al massimo, semi-quantitativo, la tecnica è di indubbia utilità: a costi relativamente bassi, rispetto ad altre metodologie, abbina comunque precisione, versatilità, velocità di esecuzione, accuratezza e riproducibilità. Questa tecnica oggi

trova frequente utilizzo nel campo delle indagini applicate ai beni culturali, dove fornisce informazioni preliminari sulla composizione del campione e, spesso, una risposta diagnostica conclusiva. Inoltre la tecnica di Attenuated Total Reflectance (ATR) permette di analizzare campioni solidi di dimensioni ridotte ottenendo spettri di ottima qualità.

Cromatografia ionica (IC)

La cromatografia ionica è utilizzata specificamente per la separazione e identificazione di sostanze ioniche o ionizzabili, sebbene la maggior parte delle tecniche cromatografiche sia rivolta alla determinazione di sostanze organiche neutre. Questa tecnica è basata su equilibri di scambio che si realizzano tra ioni presenti in soluzione e ioni fissati su un supporto solido.

Nella cromatografia ionica la fase stazionaria è un solido contenente gruppi ionizzati (come per esempio -SO₃⁻, -NH₃⁺) con i rispettivi controioni, mentre la fase mobile è una soluzione contenente ioni in grado di competere con gli ioni presenti nel campione per i siti carichi della fase stazionaria. Mentre l'interazione tra soluti e fase stazionaria è basata sull'attrazione coulombiana tra cariche di segno opposto, la separazione è garantita dalla competizione tra soluti e fase mobile.

Attraverso la scelta opportuna del sistema fase mobile - fase stazionaria è possibile separare sostanze ioniche o ionizzabili, sia inorganiche che organiche.

Le applicazioni della IC nel campo dei Beni Culturali sono legate alla determinazione di sostanze ioniche e quindi l'area di maggior utilizzo della tecnica è quella della conservazione. Quasi sempre, infatti, i prodotti di degradazione che si formano sulle superfici dei materiali sono composti di natura salina e quindi dal comportamento ionico. Si tratta di solfati, cloruri, nitrati, ossalati, ecc. la cui identificazione ed eventuale quantificazione è importante per decidere il miglior intervento restaurativo da compiere.

Bibliografia

AA. VV., *La Fabbrica dei Colori* (1995) Bagatto Libri, Roma

AA. VV., *Scientific Examination of Art – Modern Techniques in conservation and analysis* (2003) National Academy of Sciences, The National Academies Press, Washington, D.C.

Coppola L., Buoso A., *Il Restauro Dell'architettura Moderna In Cemento Armato* (2015) Hoepli

Eastaugh N., Walsh V., Chaplin T., Siddall R., *The Pigment Compendium A Dictionary of Historical Pigments* (2004) Elsevier Butterworth-Heinemann Oxford

Glinsman, Barbour, *Science and Art Converge at the National Gallery of Art* (1997) JOM, 49 (1)

Gracia I. A., *Applicazioni della spettrofotometria IR allo studio dei beni culturali* (2001) Il Prato, Padova

Nicola G.L., (ed.) *De Gypso et Coloribus* (2002) CELID, Torino

Pecchioni E.; Fratini F.; Cantisani E., *Atlante delle malte antiche in sezione sottile al microscopio ottico* (2014) Nardini, Firenze

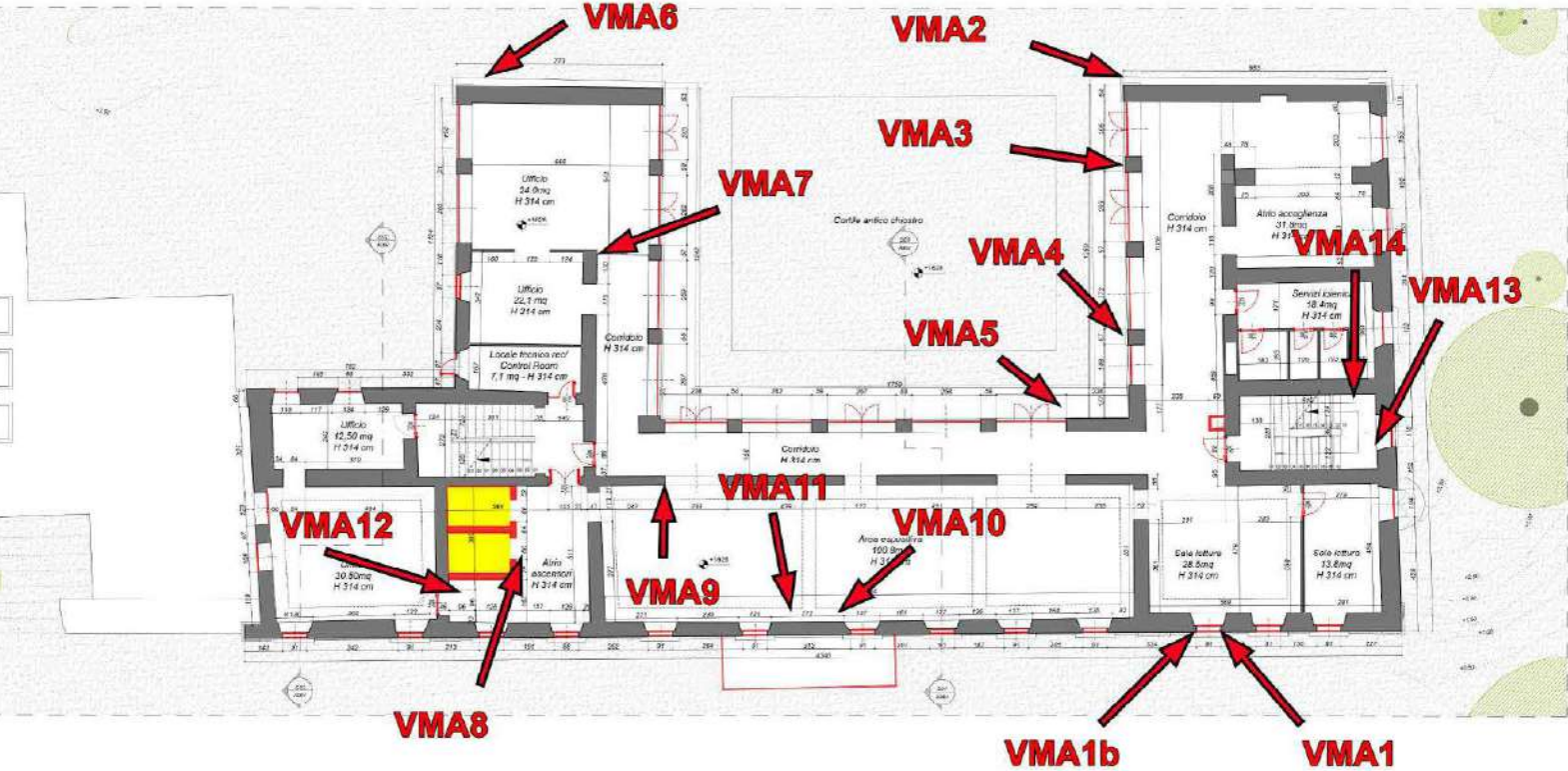
Pinto Guerra E., *Risanamento di murature umide e degradate* (2008) Ed. D Flaccovio

Thomas J. S. Learner, *Analysis of Modern Paints* (2004) The Getty Publications, Los Angeles

Winkler, E. M., *Stone in Architecture - Properties and durability* (1997) Springer, Berlin

PIANO DELLE INDAGINI - SCALA 1:100

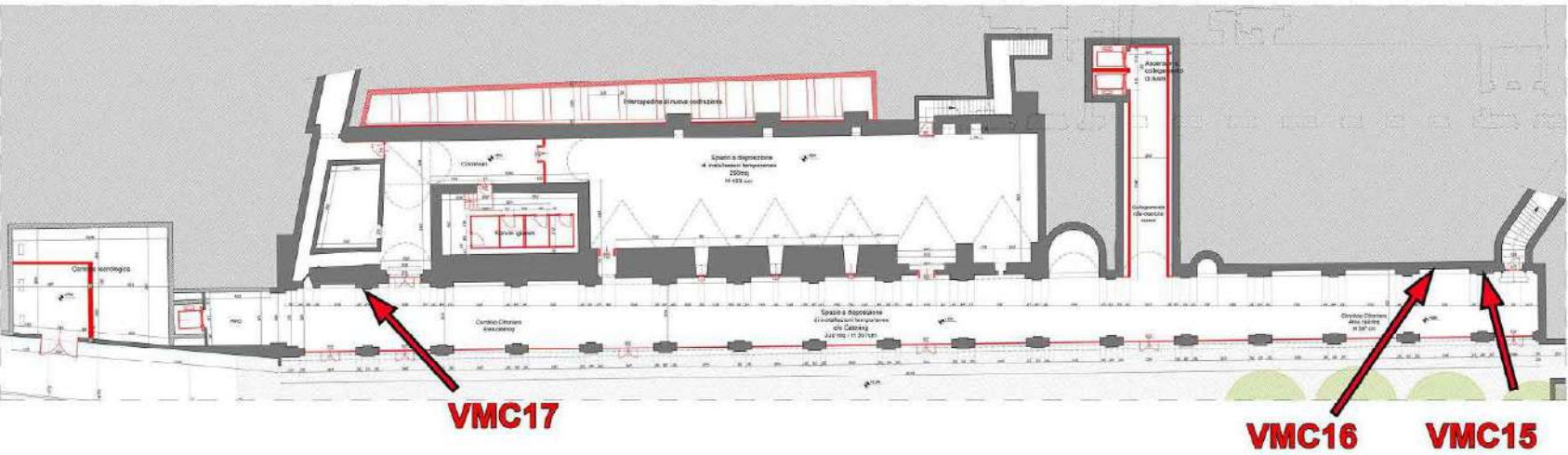
VILLA ANTICA - PIANO TERRA



Microprelievi (Villa antica):

Punto	Zona	Settore	Descrizione	SS	SL + UV SEM-EDS	CI	FT-IR
VMA1	Villa antica	Prospetto sud	Comice finestra probabilmente antica	×			
VMA1b	Villa antica	Prospetto sud	Comice finestra probabilmente antica, esfoliazione sali			×	×
VMA2	Villa antica	Prospetto nord	Bugnato laterale angolo (applicazione cemento, probabilmente antico)	×			
VMA3	Villa antica	Prospetto nord parete est	Bugnato originale	×			
VMA4	Villa antica	Prospetto nord parete est	Rasatura su bugnato, probabilmente entrambi moderni	×	×		
VMA5	Villa antica	Prospetto nord	Intervento intermedio su parete. Presente anche malta originale	×	×		
VMA6	Villa antica	Prospetto nord	Parete con vuoti			×	×
VMA7	Villa antica	Loggiato parete ovest	Configurazione muratura originale	×			
VMA8	Villa antica	Interno stanza mosaico laterale	Pavimento coccio pesto mosaico terrazzato veneziano	×			
VMA9	Villa antica	Interno stanza mosaico principale	Sguincio porta originale con finitura	×			
VMA10	Villa antica	Interno stanza mosaico principale	Parete interna originale, cfr con VMA7	×		×	×
VMA11	Villa antica	Interno stanza mosaico principale	Finitura dipinta rossa		×		
VMA12G	Villa antica	Interno stanza mosaico laterale	Tessera mosaico giallo (G)	×			
VMA12N	Villa antica	Interno stanza mosaico laterale	Tessera mosaico nero (N)	×			
VMA12B	Villa antica	Interno stanza mosaico laterale	Tessera mosaico bianco (B)	×			
VMA12R	Villa antica	Interno stanza mosaico laterale	Tessera mosaico rosso (R)	×			
VMA13	Villa antica	Scala interna	Malta finitura antica, da comparare con loggiato	×			
VMA14	Villa antica	Scala interna	Mattone polvere			×	×
Totale campioni				16	1	4	4

VILLA ANTICA - PIANO SEMINTERRATO -2



Microprelievi (Citroniera):

Punto	Zona	Descrizione	SS	CI	FT-IR
VMC15	Citroniera	Parasta moderna probabilmente cemento	×		
VMC16	Citroniera	Muro che sfoglia	×	×	×
VMC17	Citroniera	Sali su parete		×	×
Totale campioni			2	2	2

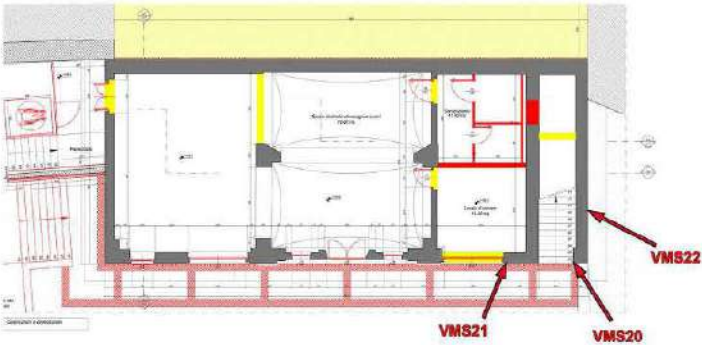
Microprelievi (Casa svizzera):

Punto	Zona	Settore	Descrizione	SS	CI	FT-IR
VMS18a	Casa svizzera	Parete esterna su citroniera	Parete esterna malta profonda con disegno inciso	×		
VMS18b	Casa svizzera	Parete esterna su citroniera	Parete esterna malta superficiale con disegno inciso	×		
VMS19	Casa svizzera	Parete esterna su citroniera	Parete esterna malta superficiale con disegno inciso, simile 18 ma finitura forse successiva	×		
VMS20	Casa svizzera	Parete esterna lato entrata	Malta cornice laterale originale	×		
VMS21	Casa svizzera	Parete esterna lato entrata	Mattone in polvere		×	×
VMS22a	Casa svizzera	Parete laterale	Profonda originale	×	×	×
VMS22b	Casa svizzera	Parete laterale	Intermedia originale	×	×	×
VMS22c	Casa svizzera	Parete laterale	Superficiale originale. Consolidante?	×	×	×
Totale campioni				7	4	4

PALAZZINA SVIZZERA - PIANO PRIMO



PALAZZINA SVIZZERA - PIANO TERRA



ALLEGATO IIIa



4 EMME Service S.p.A.

Prove in Sito - Laboratorio Prove Materiali

Sede legale: Via L. Zuegg, 20 - 39100 Bolzano - ITALY

Tel. 0471/543111 - Fax 543110

4emme@legalmail.it

www.4emme.it

Sistema Qualità ISO 9001:2008 certificato RINA nr. 6441/01/S

INDAGINI E PROVE SPERIMENTALI SU STRUTTURE

“VILLA MELANO”

VIA MELANO s.n.c. – RIVOLI (TO)

PROVE n° 10067/TO ÷ 10070/TO

dal 30 agosto al 4 settembre 2023

Committente: **EDITEL S.p.A.**

Progettisti: **MCM Ingegneria S.r.l.**

Relatore: **geom. Diego Doto**



Vista dell'edificio principale (Villa Antica)

RIF.: TO-153-23

Torino, 22 settembre 2023

C.F./P.I. IT 01288130212 Cap. Soc. 500.000,00 Euro R.E.A. – BZ 111601 BNL IT97 H 01005 11600 000000021486

Bolzano	0471-543111	Firenze	055-461000	Padova	049-8020707	Torino	011-7706023	Laboratori Autorizzati
Bologna	051-6346808	Genova	010-586195	Palermo	091-6703629	Treviso	0438-990200	Bolzano 0471-543111
Cagliari	070-490732	Milano	02-40092545	Piacenza	0523-755849	Verona	045-8004278	Milano 02-40092545
Como	031-305253	Modena	059-395414	Roma	06-71546992			

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. UBICAZIONE DELLE PROVE.....	3
3. PROVE PENETROMETRICHE SU MALTE - PROVA N° 10067/TO	6
4. INDAGINI ENDOSCOPICHE – PROVA N° 10068/TO	14
5. PROVE CON MARTINETTI PIATTI SU MURATURA - PROVA N° 10069/TO	20
6. ANALISI PETROGRAFICHE SU MALTE - PROVA N° 10070/TO	41

ALLEGATO

- rapporto di prova n° 3922 del Laboratorio Prove Materiali di Bolzano

1. PREMESSA

La Società **4 EMME Service S.p.A.**, specializzata nell'esecuzione di prove sperimentali su strutture in sito, è stata incaricata dalla società **EDITEL S.p.A.** con sede in **Via Campodello n° 1 a Nucetto (CN)** di eseguire delle indagini e prove sperimentali in sito sulle strutture in muratura presso il complesso di Villa Melano (Villino Svizzero e Villa Antica) sita in Via Melano a Rivoli (TO).

La scelta degli elementi strutturali da sottoporre ad indagine, le modalità di prova ed i punti di misura sono stati preventivamente concordati con l'arch. Paolo Giorda e l'ing. Alessandro Pisano dello studio MCM Ingegneria S.r.l. di Torino.

Le prove sono state eseguite nei giorni compresi tra il 30 agosto e 4 settembre 2023 dal geom. Diego Doto e dal geom. Sebastiano Greco della **4 EMME Service S.p.A.**.

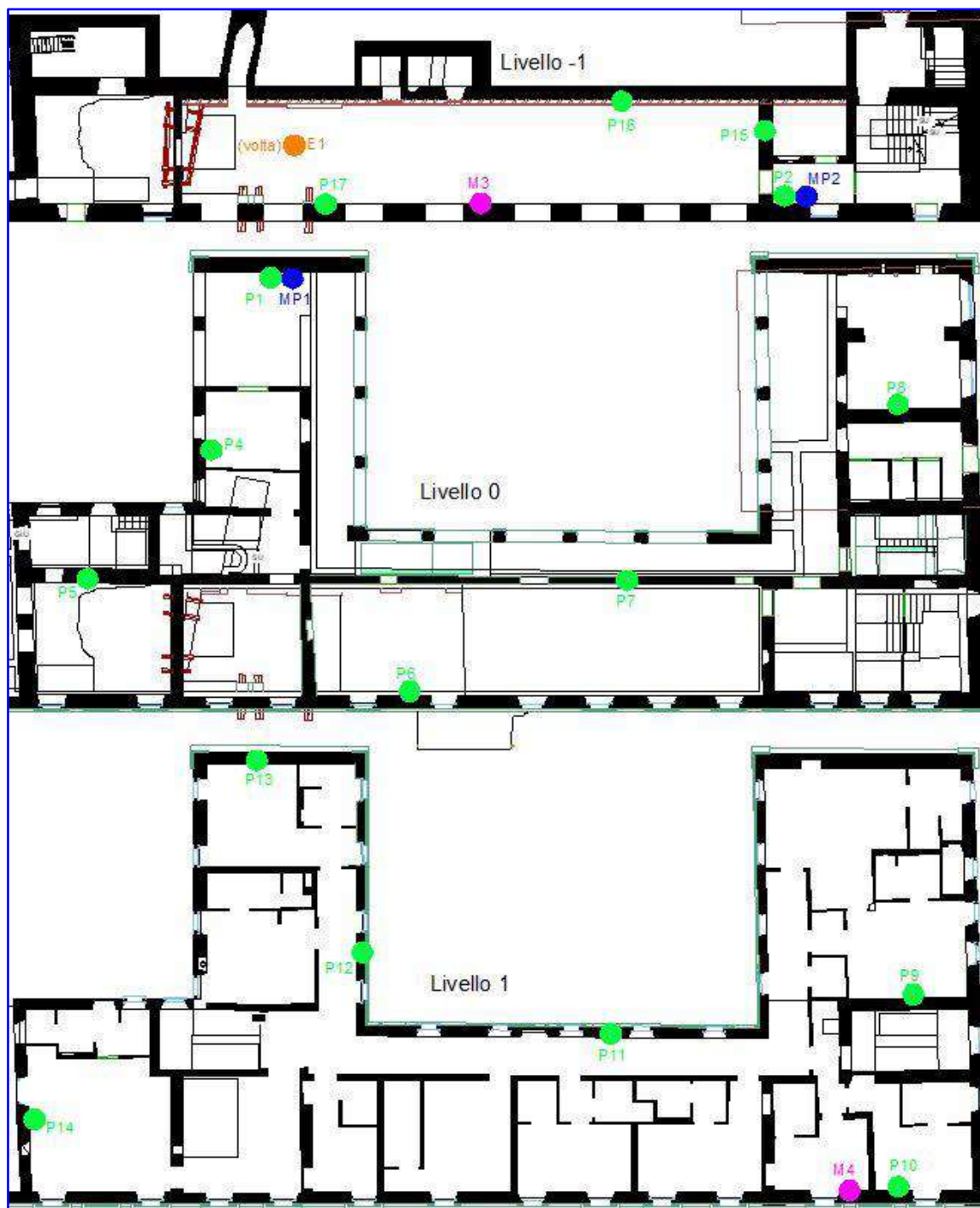


Vista del fabbricato denominato "Villino Svizzero"

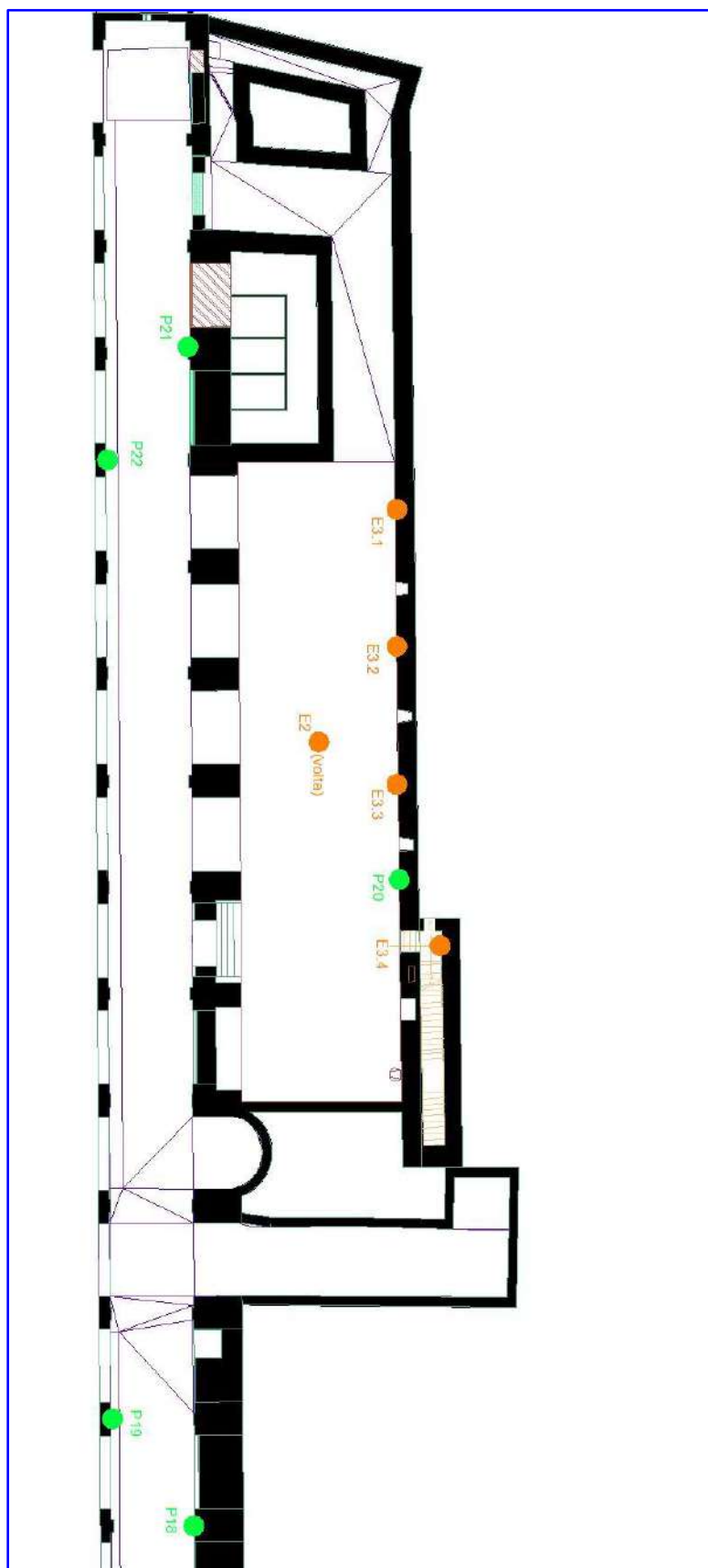
2. UBICAZIONE DELLE PROVE

Di seguito si riportano i disegni con l'ubicazione delle prove eseguite.

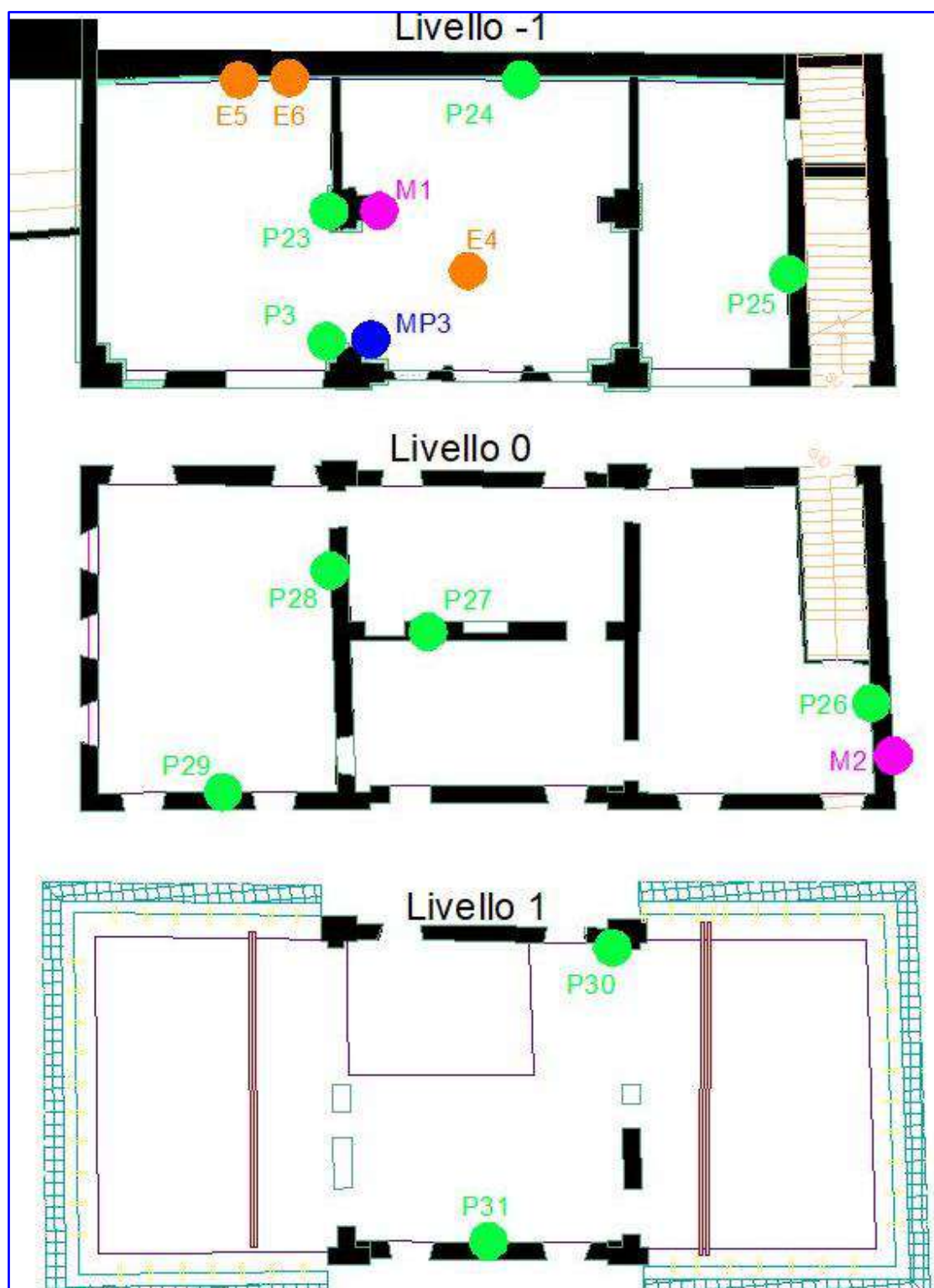
NOTA BENE: nei disegni allegati l'ubicazione delle indagini sugli elementi strutturali verticali (muri) è riportata nella planimetria del piano a cui sono state effettivamente eseguite; le indagini sugli elementi strutturali orizzontali, sono riportate sulle planimetrie come proiezioni a soffitto.



Disegno n° 1 – Planimetrie del fabbricato Villa Antica



Disegno n° 2 – Planimetria del fabbricato Citroniera



Disegno n° 3 – Planimetrie del fabbricato Villino Svizzero

LEGENDA

- P:** prova penetrometrica sulla malta delle murature
- E:** indagine endoscopica
- M:** prelievo campione di malta per analisi petrografica
- MP:** prova con martinetti piatti sulla muratura

3. PROVE PENETROMETRICHE SU MALTE - PROVA N° 10067/TO

3.1. Metodologia di indagine

Per l'esecuzione delle prove è stato utilizzato un penetrometro per malta modello RSM15 matricola n° 15G00Z1L.

Lo scopo della prova è di valutare l'omogeneità delle varie zone indagate e stimare la resistenza a compressione della malta.

Il sistema prevede di far penetrare, in un corso di malta, una punta di acciaio d'acciaio, diametro $\varnothing$ 4 mm e lunghezza 78 mm, tramite un'apposita massa battente, allo scopo di rilevare la resistenza alla penetrazione. La resistenza alla penetrazione è correlata, attraverso una curva sperimentale, alla resistenza a compressione.



Indagine penetrometrica



Misurazione con micrometro

Individuata una *sezione* di misura si procede ad operare in 3 distinti *punti* con una distanza tra loro generalmente non superiore a 10 cm. Per ogni punto d'indagine si eseguono 10 battute, una successiva all'altra nello stesso punto. Si procede quindi a misurare la profondità di infissione dell'ago attraverso uno specifico micrometro. Tale valore permette di ottenere una stima della resistenza a compressione attraverso una specifica curva di correlazione sperimentale.

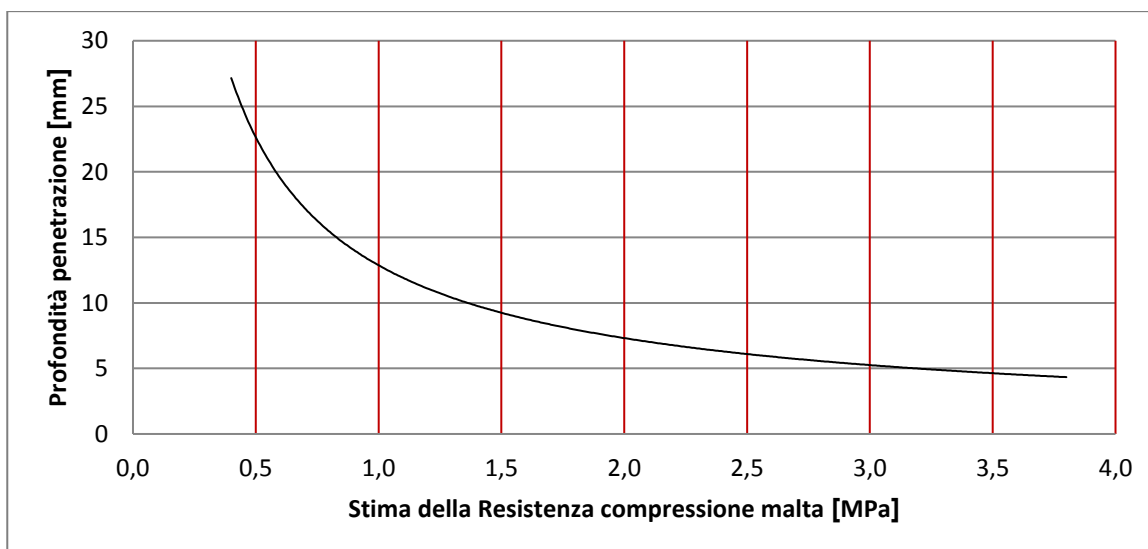


Grafico di correlazione per la stima della resistenza delle malte

3.2. Rapporto dei risultati

Sono state indagate delle zone di vari elementi murari del fabbricato in oggetto. Vengono di seguito allegate le tabelle riepilogative dei risultati ottenuti. La posizione delle prove è riportata sui disegni al paragrafo 2.

L'abbreviazione "Sup." sta a significare che la prova è stata eseguita sulla superficie del corso di malta.

In corrispondenza delle prove P1, P2 e P3 sono state successivamente eseguite tre prove con martinetto piatto doppio i cui risultati sono riportati al paragrafo 5.

VILLA ANTICA

n°	Tipo di misura	Penetrazione [mm]			Resistenza [MPa]			Resistenza media stimata [Mpa]
		punto 1	punto 2	punto 3	punto 1	punto 2	punto 3	
P1	Sup.	27	29	28	0,4	0,4	0,4	0,4
P2	Sup.	31	30	32	0,3	0,4	0,3	0,3
P4	Sup.	15	15	17	0,8	0,8	0,7	0,8
P5	Sup.	30	32	34	0,4	0,3	0,3	0,3
P6	Sup.	24	22	21	0,5	0,5	0,5	0,5
P7	Sup.	16	16	18	0,8	0,8	0,7	0,7
P8	Sup.	20	22	24	0,6	0,5	0,5	0,5
P9	Sup.	21	19	21	0,5	0,6	0,5	0,6
P10	Sup.	36	34	36	0,3	0,3	0,3	0,3
P11	Sup.	15	17	18	0,8	0,7	0,7	0,7
P12	Sup.	17	15	15	0,7	0,8	0,8	0,8
P13	Sup.	38	39	36	0,3	0,3	0,3	0,3
P14	Sup.	17	18	15	0,7	0,7	0,8	0,7
P15	Sup.	14	16	10	0,9	0,8	1,4	1,0
P16	Sup.	35	38	37	0,3	0,3	0,3	0,3
P17	Sup.	16	18	19	0,8	0,7	0,6	0,7

CITRONIERA

n°	Tipo di misura	Penetrazione [mm]			Resistenza [MPa]			Resistenza media stimata [Mpa]
		punto 1	punto 2	punto 3	punto 1	punto 2	punto 3	
P18	Sup.	5	7	4	3,2	2,1	4,2	3,2
P19	Sup.	8	7	5	1,8	2,1	3,2	2,4
P20	Sup.	8	10	6	1,8	1,4	2,5	1,9
P21	Sup.	6	6	5	2,5	2,5	3,2	2,8
P22	Sup.	4	7	5	4,2	2,1	3,2	3,2

VILLINO SVIZZERO

n°	Tipo di misura	Penetrazione [mm]			Resistenza [MPa]			Resistenza media stimata [Mpa]
		punto 1	punto 2	punto 3	punto 1	punto 2	punto 3	
P3	Sup.	10	10	7	1,4	1,4	2,1	1,6
P23	Sup.	11	9	8	1,2	1,6	1,8	1,5
P24	Sup.	22	18	24	0,5	0,7	0,5	0,5
P25	Sup.	19	21	16	0,6	0,5	0,8	0,6
P26	Sup.	15	14	11	0,8	0,9	1,2	1,0
P27	Sup.	15	17	20	0,8	0,7	0,6	0,7
P28	Sup.	18	18	16	0,7	0,7	0,8	0,7
P29	Sup.	21	19	22	0,5	0,6	0,5	1,0
P30	Sup.	17	15	19	0,7	0,8	0,6	0,7
P31	Sup.	19	21	16	0,6	0,5	0,8	0,6

Vengono di seguito riportate le fotografie delle prove effettuate.



La prova P1



La prova P2



La prova P3



La prova P4



La prova P5



La prova P6



La prova P7



La prova P8



La prova P9



La prova P10



La prova P11



La prova P12



La prova P13



La prova P14



La prova P15



La prova P16



La prova P17



La prova P18



La prova P19



La prova P20



La prova P21



La prova P22



La prova P23



La prova P24



La prova P25



La prova P26



La prova P27



La prova P28



La prova P29



La prova P30



La prova P31

4. INDAGINI ENDOSCOPICHE – PROVA N° 10068/TO

4.1. Descrizione della strumentazione

Le indagini endoscopiche sono state eseguite mediante un endoscopio costituito da un'unità di base EXTECH HDV600 a cui era collegata una sonda dotata di testa mobile a 320°, di lunghezza 200 cm e di diametro 6 mm; essa viene telecomandata tramite un'unità di controllo cablata HDV-TX2 ed è dotata di illuminazione a led e consente la trasmissione delle immagini mediante fibre ottiche.

L'immagine viene visualizzata sul monitor a colori con definizione di 640 x 480 pixel e può essere registrata o fotografata.



L'endoscopio EXTECH HDV600

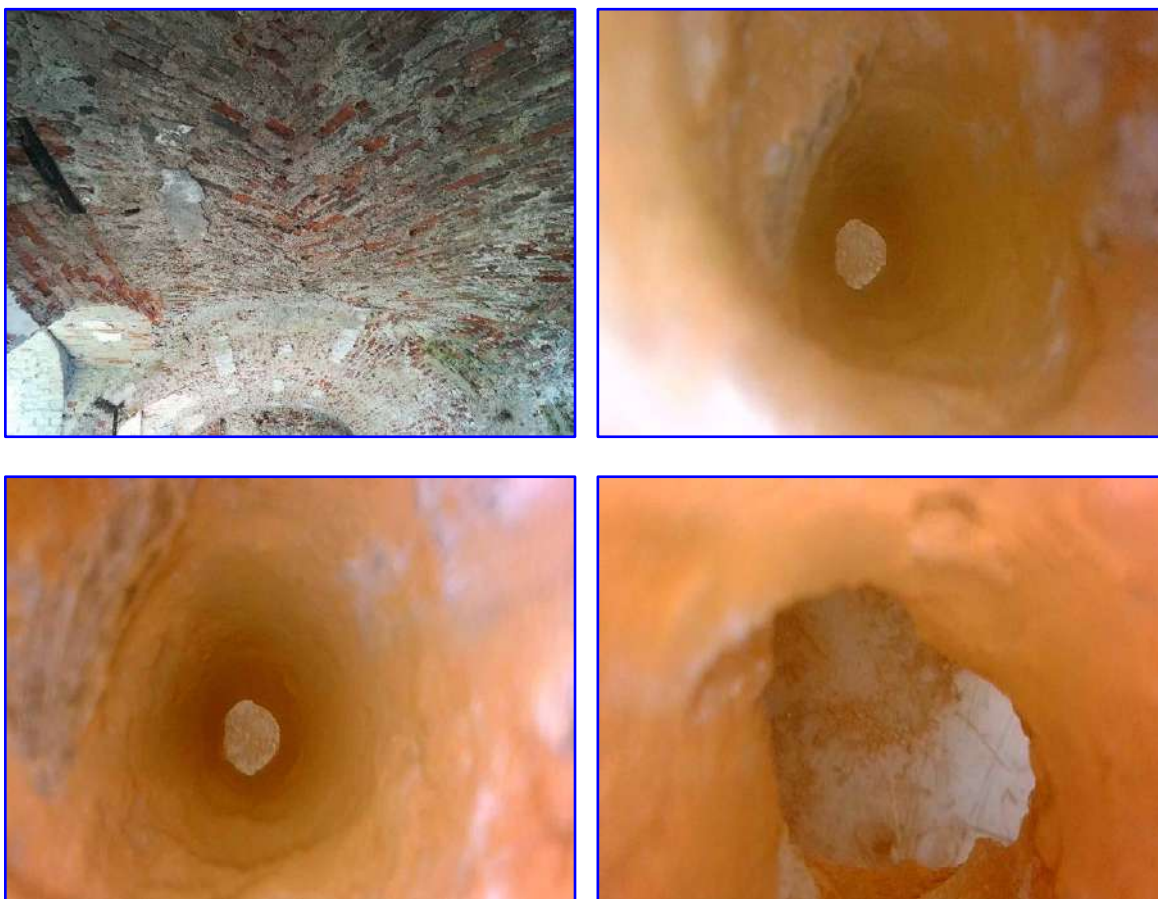
4.2. Rapporto dei risultati

La posizione delle prove è riportata sui disegni al paragrafo 2.

ENDOSCOPIA E1

Posizione: fabbricato Villa Antica, centro volta copertura livello -1

Stratigrafia a partire dall'estradosso: 2 cm sottofondo, 12 cm mattone pieno.



L'indagine endoscopica E1

ENDOSCOPIA E2

Posizione: fabbricato Citroniera, centro volta

Stratigrafia a partire dall'estradosso: 60 cm circa terra di riporto, 25 cm mattone pieno.



L'indagine endoscopica E2

ENDOSCOPIA E3

Posizione: fabbricato Citroniera, parete laterale interno fabbricato

Profondità foro: E3.1 – E3.2 – E3.3: 100 cm circa - E3.4: 60 cm circa
all'interno di fori praticati con carotatrice già presenti nel muro

Stratigrafia: muratura mista in pietra e mattoni con inerti parzialmente sciolti



Posizione dei punti di indagine



Endoscopio E3.1



Endoscopio E3.2



Endoscopio E3.3



Endoscopio E3.4

ENDOSCOPIA E4

Posizione: fabbricato Villino Svizzero, centro volta copertura livello -1

Stratigrafia a partire dall'estradosso: 6 cm circa sottofondo, 8 cm circa caldana, 12 cm mattone pieno.



L'indagine endoscopica E4

ENDOSCOPIA E5

Posizione: fabbricato Villino Svizzero, parete a quota 90 cm

Profondità foro: 60 cm circa

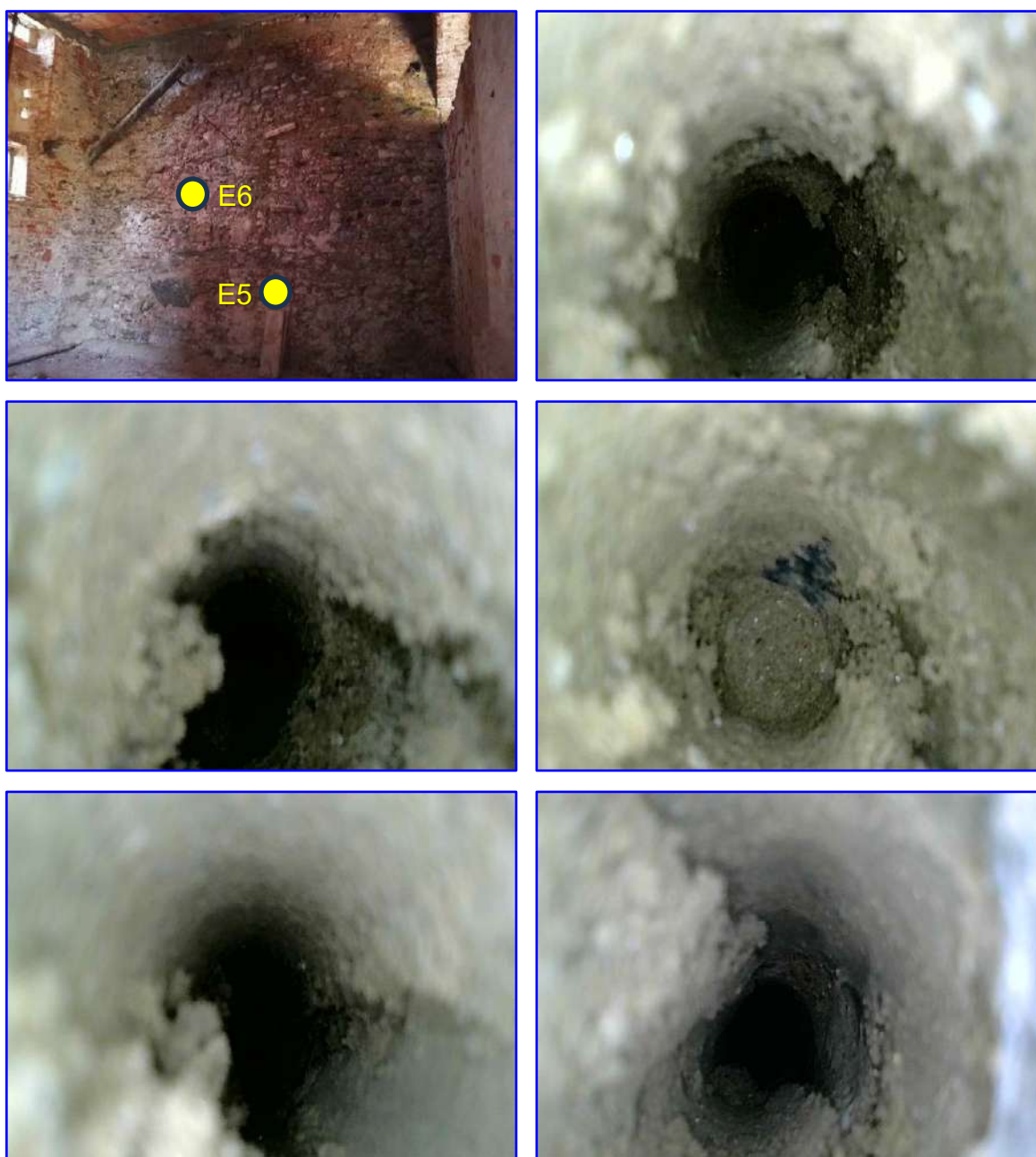
Stratigrafia: muratura in pietra con inerti parzialmente sciolti

ENDOSCOPIA E6

Posizione: fabbricato Villino Svizzero, parete a quota 250 cm

Profondità foro: 60 cm circa

Stratigrafia: muratura in pietra con inerti parzialmente sciolti



Le indagini endoscopiche E5 e E6

5. PROVE CON MARTINETTI PIATTI SU MURATURA - PROVA N° 10069/TO

5.1. Metodologia d'indagine

Rilievo dello stato tensionale (prova con martinetto piatto singolo)

Lo stato tensionale della muratura in esame viene alterato mediante un taglio piano normale alla superficie della parete muraria.

Le tensioni, che tendono a richiudere il taglio, sono bilanciate da uno speciale martinetto inserito nell'incisione. Il taglio comporta il rilascio delle tensioni che si manifestano con la tendenza a richiudere i lembi del taglio.

La pressione applicata al martinetto piatto introdotto nell'incisione, che riporterà alle condizioni di deformazione antecedenti al taglio, si assume come prossima, sostanzialmente, alla tensione in sito.

Valutazione della resistenza alla compressione (prova con martinetto piatto doppio)

Una volta rilevato il carico di esercizio della muratura si può proseguire installando un secondo martinetto parallelo al primo.

La prova è condotta ad incrementi di carico costanti mentre i sensori differenziali, opportunamente installati rilevano in tempo reale l'andamento della prova.

5.2. Descrizione della strumentazione

Martinetti piatti

I martinetti piatti utilizzati sono celle di carico d'acciaio speciale di forma semicircolare, azionati idraulicamente ed aventi le seguenti caratteristiche:

- superficie: 778,56 cm²
- spessore: 3 mm
- diametro semicircolo: 350 mm
- profondità: 260 mm
- press. max esercizio: 50 bar



Mediante il coefficiente "Km" fornito dal costruttore si determina la riduzione della sezione di spinta del martinetto, tenuto conto dell'influenza della maggiore rigidità del bordo e dello stato di affaticamento e deformazione dello strumento.

Pompa oleodinamica

Il martinetto piatto è azionato idraulicamente da un'apposita pompa a mano che permette di gestire con particolare cura gli incrementi di carico oltre a mantenere costante la pressione.

Manometro di precisione

Per la rilevazione delle pressioni esercitate è stato utilizzato un manometro digitale AEP DMC 0÷700 Bar matricola n. 121426, installato sulla pompa oleodinamica a monte del martinetto.



La calibrazione del manometro è documentata col rapporto di taratura n° 2115/23 del 15/02/2023.

Troncatrice idraulica

Il taglio di inserimento del martinetto è effettuato da una troncatrice idraulica manuale con lama anulare diamantata. Il taglio che ne deriva, grazie alla particolare caratteristica della sega che utilizza una trasmissione eccentrica, oltre a disturbare in maniera molto ridotta la struttura non modificandone le caratteristiche meccaniche, è netto e di dimensioni quasi uguali a quelle del martinetto.



Collaudatore GS04

Le rilevazioni delle deformazioni sono state eseguite con l'attrezzatura denominata "Collaudatore GS04" costituita da:

- unità computerizzata di registrazione delle deformazioni *GS04 matricola n. 040*;
- trasduttori di spostamento LVDT *Schaevitz serie E200*;
- personal computer con software di elaborazione *4 EMME Service S.p.A.*



Sensori differenziali

Le deformazioni della muratura sono state effettuate mediante sensori differenziali installati su mini fessuometri, fissati solidalmente alla muratura in esame mediante tasselli. I sensori impiegati hanno una precisione dello 0,4 % ed escursione massima di $\pm 1,5$ mm.

I sensori impiegati hanno le seguenti caratteristiche:

- sensibilità 0,001 mm;
- ripetibilità 98,5%;
- linearità 99,4%;

La calibrazione dei sensori è documentata col rapporto di taratura n. 2106/23 del 15/02/2023.



Tutti gli strumenti sono stati tarati dal Laboratorio Tarature della *4 EMME Service S.p.A.* utilizzando dei sensori campione come previsto dalla procedura 7.6 del Manuale di Qualità.

5.3. Formule principali

Tensione di esercizio della muratura (prova con martinetto piatto singolo)

La tensione di esercizio della muratura è calcolata mediante la seguente formula:

$$\sigma_e = p_o * K_m * A_m / A_t$$

dove:

σ_e = tensione di esercizio della muratura;

p_o = pressione di ripristino delle condizioni di deformazione;

K_m = coefficiente di taratura del martinetto;

A_m = area del martinetto;

A_t = area della superficie del taglio.

Ad ogni incremento di pressione corrisponde un decremento del valore massimo di deformazione registrato dai sensori al completamento del taglio.

La pressione che riporta a “zero” lo spostamento dei sensori identifica il valore “ p_o ” della formula.

Tensione di rottura della muratura (prova con martinetto piatto doppio)

Le tensioni di rottura della muratura sono state calcolate secondo la seguente formula:

$$\sigma_r = p * \Sigma(K_m * A_m / A_t) / 2$$

dove:

σ_r = tensione di rottura;

p = pressione di collasso;

ΣK_m = K_m martinetto superiore + K_m martinetto inferiore;

A_m = area del martinetto;

ΣA_t = sommatoria delle aree di taglio.

Una volta ripristinata la tensione di esercizio della muratura in esame, si incrementa il carico prodotto dai martinetti rilevando la tensione di rottura del complesso murario.

Lo stato di rottura del muro è rilevato dal grafico delle deformazioni oltre che dal riscontro visivo dello stato fessurativo indotto dalla prova.

5.4. Prova MP1 – Livello 0 Villa Antica

5.4.1. Descrizione della prova

Scopo della prova era determinare il carico d'esercizio ed il carico di rottura della muratura al livello 0 del fabbricato (prova con martinetto piatto doppio) nella zona indicata con la sigla MP1 nel disegno n° 1 riportato al paragrafo 2.



La porzione di muratura provata con il martinetto piatto doppio

La porzione di muratura oggetto della prova era costituita da mattoni pieni con giunti di malta regolari.

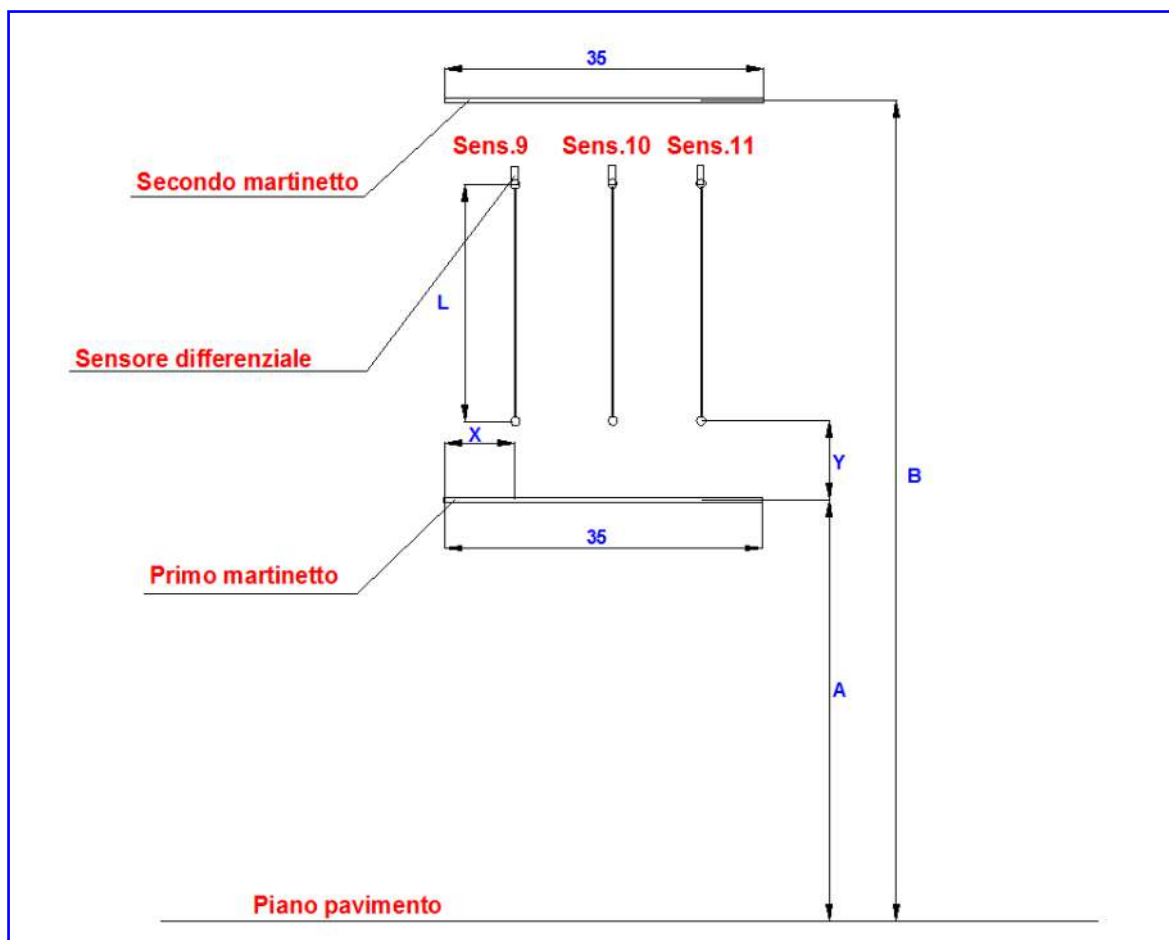
5.4.2. Rapporto dei risultati

Data:	30 agosto 2023
Tipologia prova:	martinetto piatto doppio
Martinetti piatti tipo:	semicircolare
Disposizione martinetti:	orizzontali
Area lorda martinetti:	778,56 cm ²
Area effettiva martinetti:	715,87 cm ²
Quota A da p.p. martinetto inferiore:	62 cm
Quota B da p.p. martinetto superiore:	111 cm
Coefficiente martinetti:	0,83

Disposizione dei sensori differenziali

Sensore	X [mm]	Y [mm]	L [mm]
Sens. 9	69	132	203
Sens. 10	181	132	205
Sens. 11	278	131	208

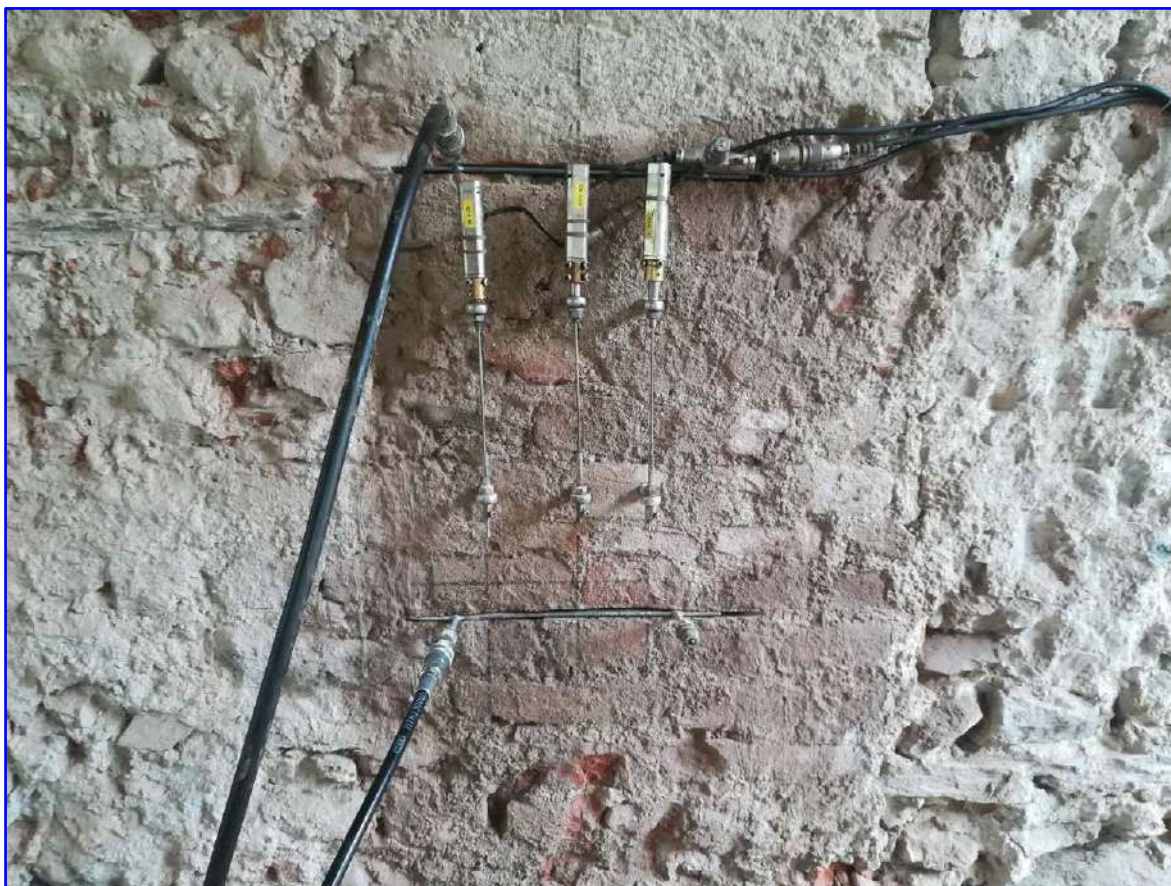
NOTA BENE: il sistema di riferimento ha origine dallo spigolo sinistro del martinetto piatto inferiore, con asse X orizzontale ed asse Y verticale; la lunghezza L rappresenta la distanza fra i punti di fissaggio dello strumento ed è quindi la sua base di misura.



Schema con la disposizione dei sensori e dei martinetti piatti

Nella prima tabella allegata sono riportati tutti i dati rilevati in sito e successivamente elaborati per determinare la tensione di esercizio (vedere anche grafico allegato); nella seconda tabella i dati per determinare la tensione di rottura (vedere anche grafico allegato) ed il modulo elastico della muratura.

Il modulo elastico secante è stato calcolato tre volte su due cicli di carico e scarico diversi per verificare la ripetibilità del risultato.



La seconda fase della prova: martinetto piatto doppio

RAPPORTO DEI RISULTATI
MARTINETTO PIATTO DOPPIO - MP1
DEL 30/08/2023 RIVOLI - VILLA MELANO - VILLA ANTICA

TENSIONE

			Sens. 9 vert. sx L=203 mm	Sens. 10 vert. centro L=205 mm	Sens. 11 vert. dx L=208 mm
	bar	MPa	mm	mm	mm
1° ciclo	0	0,00	0,000	0,000	0,000
	0	0,00	0,009	0,008	0,003
	1	0,07	0,008	0,007	0,002
	2	0,13	0,007	0,006	0,002
	3	0,20	0,005	0,005	0,002
	4	0,27	0,003	0,004	0,002
	5	0,33	0,001	0,002	0,002
2° ciclo	6	0,40	-0,001	0,001	0,002
	7	0,47	-0,002	0,000	0,002
	0	0,00	0,011	0,007	0,002
	1	0,07	0,011	0,007	0,002
	2	0,13	0,009	0,005	0,002
	3	0,20	0,007	0,004	0,002
	4	0,27	0,006	0,003	0,002
	5	0,33	0,004	0,002	0,001
	6	0,40	0,002	0,000	0,001
	7	0,47	0,000	-0,001	0,001
	0	0,00	0,008	0,007	0,002

Sens. 9 vert. sx	Sens. 10 vert. centro	Sens. 11 vert. dx
epsilon* 10 ⁻⁵		
0,0	0,0	0,0
4,4	3,9	1,4
3,9	3,4	1,0
3,4	2,9	1,0
2,5	2,4	1,0
1,5	2,0	1,0
0,5	1,0	1,0
-0,5	0,5	1,0
-1,0	0,0	1,0
5,4	3,4	1,0
5,4	3,4	1,0
4,4	2,4	1,0
3,4	2,0	1,0
3,0	1,5	1,0
2,0	1,0	0,5
1,0	0,0	0,5
0,0	-0,5	0,5
3,9	3,4	1,0

NOTA segno - compressione; segno + trazione

TENSIONE DI ESERCIZIO DELLA MURATURA

$$\sigma_e = p_o \times K_m \times A_m / A_t = 0,47 \text{ Mpa}$$

dove: $p_o = 7 \text{ bar}$
 $K_m = 0,83$
 $A_m = 715,87 \text{ cm}^2$
 $A_t = 890,00 \text{ cm}^2$

MP1 DEL 30/08/2023

ROTTURA

			Sens. 9 vert. sx L=203 mm	Sens. 10 vert. centro L=205 mm	Sens. 11 vert. dx L=208 mm
	bar	Mpa	mm	mm	mm
1° ciclo	0	0,00	0,000	0,000	0,000
	2	0,13	-0,012	-0,025	-0,022
	4	0,27	-0,024	-0,051	-0,031
	6	0,40	-0,035	-0,077	-0,043
	8	0,53	-0,045	-0,108	-0,057
	10	0,67	-0,054	-0,131	-0,068
	12	0,80	-0,066	-0,159	-0,078
	14	0,93	-0,077	-0,185	-0,089
2° ciclo	16	1,07	-0,096	-0,237	-0,105
	0	0,00	0,001	-0,001	-0,001
	2	0,13	-0,003	-0,018	-0,003
	4	0,27	-0,019	-0,039	-0,012
	6	0,40	-0,029	-0,067	-0,018
	8	0,53	-0,037	-0,098	-0,026
	10	0,67	-0,052	-0,128	-0,034
	12	0,80	-0,064	-0,153	-0,043
	14	0,93	-0,078	-0,179	-0,054
	16	1,07	-0,096	-0,227	-0,072
	18	1,20	-0,109	-0,279	-0,098
	20	1,34	-0,127	-0,341	-0,131
	22	1,47	-0,157	-0,428	-0,164
	24	1,60	-0,192	-0,523	-0,204
	26	1,74	-0,298	-0,652	-0,263
	0	0,00	-0,174	-0,491	-0,209

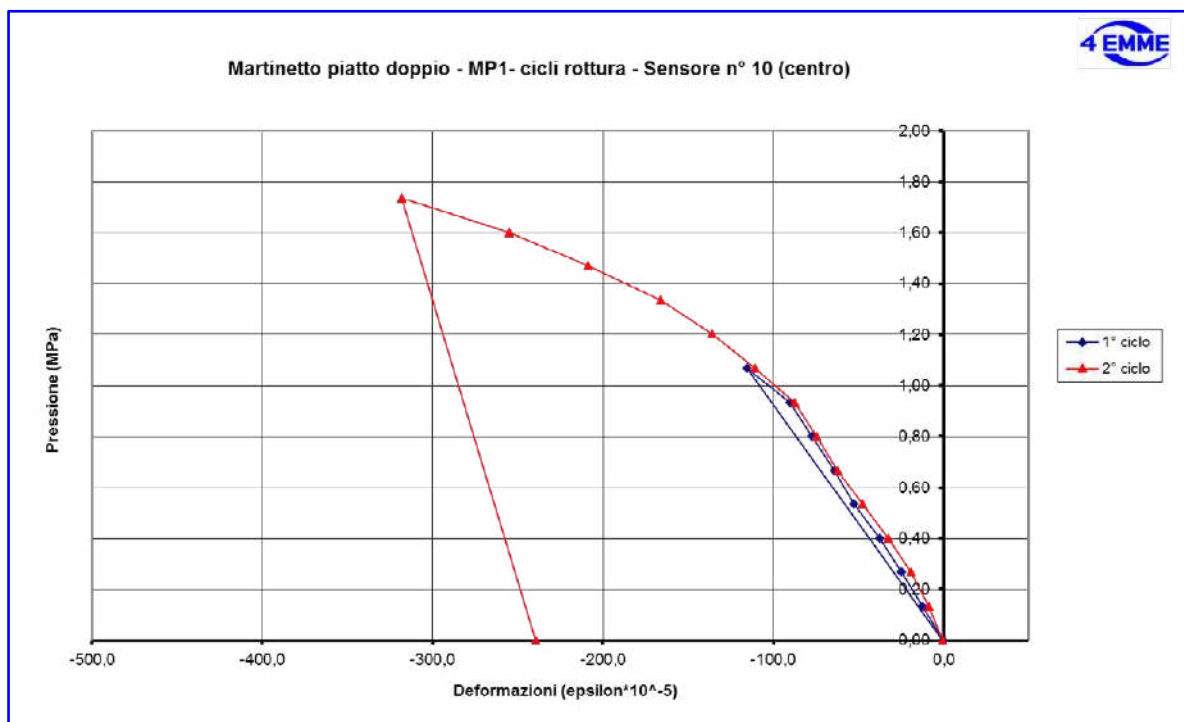
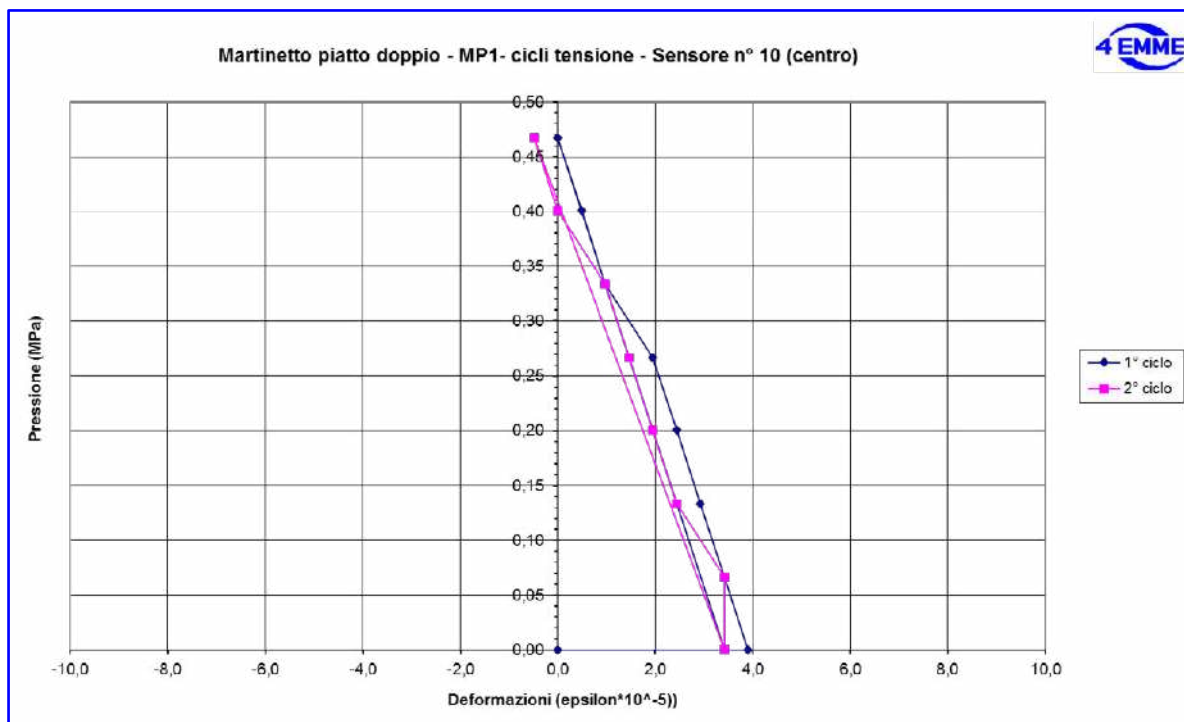
Sens. 9 vert. sx	Sens. 10 vert. centro	Sens. 11 vert. dx
epsilon* 10^-5		
0,0	0,0	0,0
-5,9	-12,2	-10,6
-11,8	-24,9	-14,9
-17,2	-37,6	-20,7
-22,2	-52,7	-27,4
-26,6	-63,9	-32,7
-32,5	-77,6	-37,5
-37,9	-90,2	-42,8
-47,3	-115,6	-50,5
0,5	-0,5	-0,5
-1,5	-8,8	-1,4
-9,4	-19,0	-5,8
-14,3	-32,7	-8,7
-18,2	-47,8	-12,5
-25,6	-62,4	-16,3
-31,5	-74,6	-20,7
-38,4	-87,3	-26,0
-47,3	-110,7	-34,6
-53,7	-136,1	-47,1
-62,6	-166,3	-63,0
-77,3	-208,8	-78,8
-94,6	-255,1	-98,1
-146,8	-318,0	-126,4
-85,7	-239,5	-100,5

TENSIONE DI ROTTURA DELLA MURATURA

$$\sigma_r = p \times \Sigma K_m \times A_m / \Sigma A_t = 1,74 \text{ Mpa}$$

dove: p = 26,0 bar
 ΣK_m = 1,66
 A_m = 715,87 cm²
 ΣA_t = 1780,00 cm²

CALCOLO MODULO ELASTICO su Sens. 10				
1° ciclo	E sec	(0,13 - 0,80 Mpa) =	1.021	Mpa
2° ciclo	E sec	(0,13 - 0,80 Mpa) =	1.014	Mpa
2° ciclo	E sec	(0,13 - 1,07 Mpa) =	917	Mpa



5.5. Prova MP2 – Livello -1 Villa Antica

5.5.1. Descrizione della prova

Scopo della prova era determinare il carico d'esercizio ed il carico di rottura della muratura al livello -1 del fabbricato (prova con martinetto piatto doppio) nella zona indicata con la sigla MP2 nel disegno n° 1 riportato al paragrafo 2.



La porzione di muratura provata con il martinetto piatto doppio

La porzione di muratura oggetto della prova era costituita da mattoni pieni e pietre con giunti di malta irregolari.

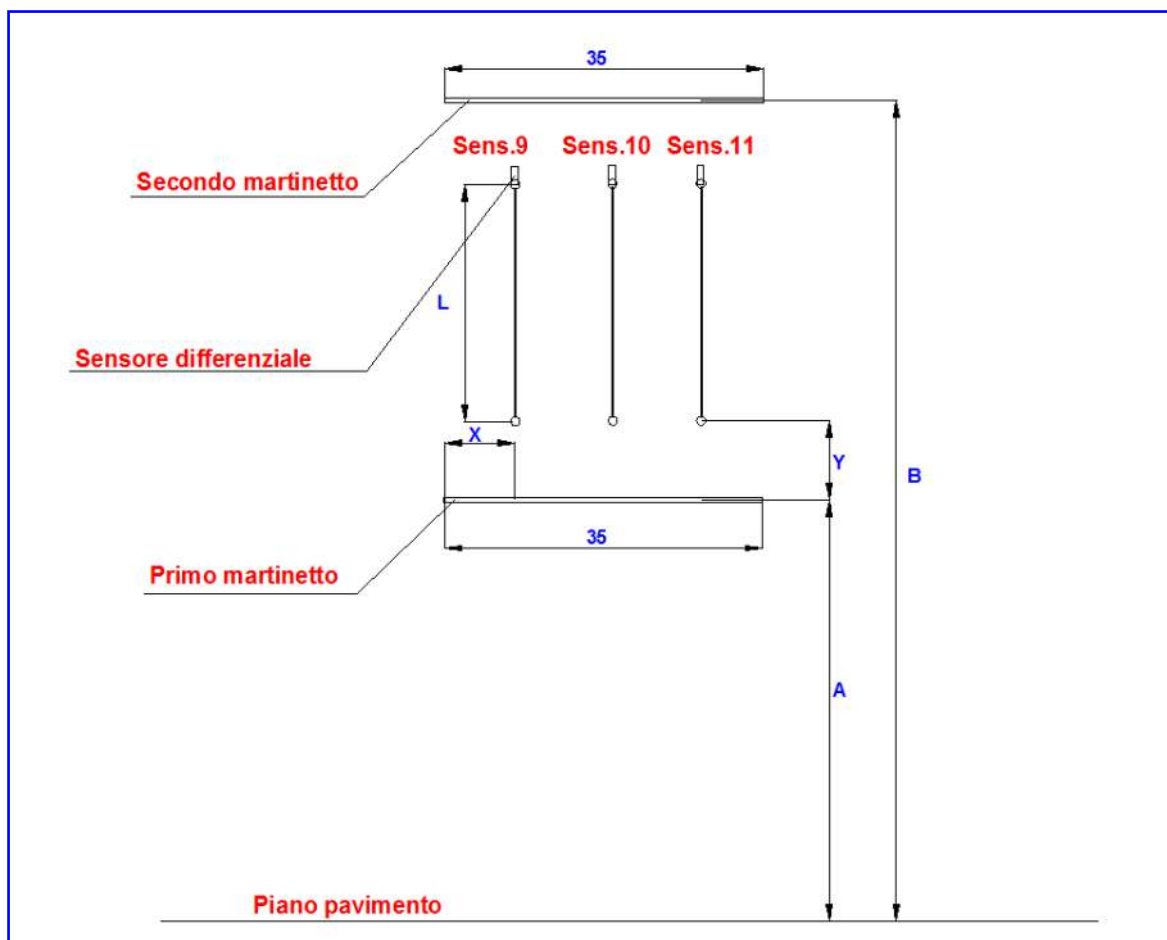
5.5.2. Rapporto dei risultati

Data:	31 agosto 2023
Tipologia prova:	martinetto piatto doppio
Martinetti piatti tipo:	semicircolare
Disposizione martinetti:	orizzontali
Area lorda martinetti:	778,56 cm ²
Area effettiva martinetti:	715,87 cm ²
Quota A da p.p. martinetto inferiore:	56 cm
Quota B da p.p. martinetto superiore:	104 cm
Coefficiente martinetti:	0,83

Disposizione dei sensori differenziali

Sensore	X [mm]	Y [mm]	L [mm]
Sens. 9	76	134	197
Sens. 10	179	134	199
Sens. 11	277	135	201

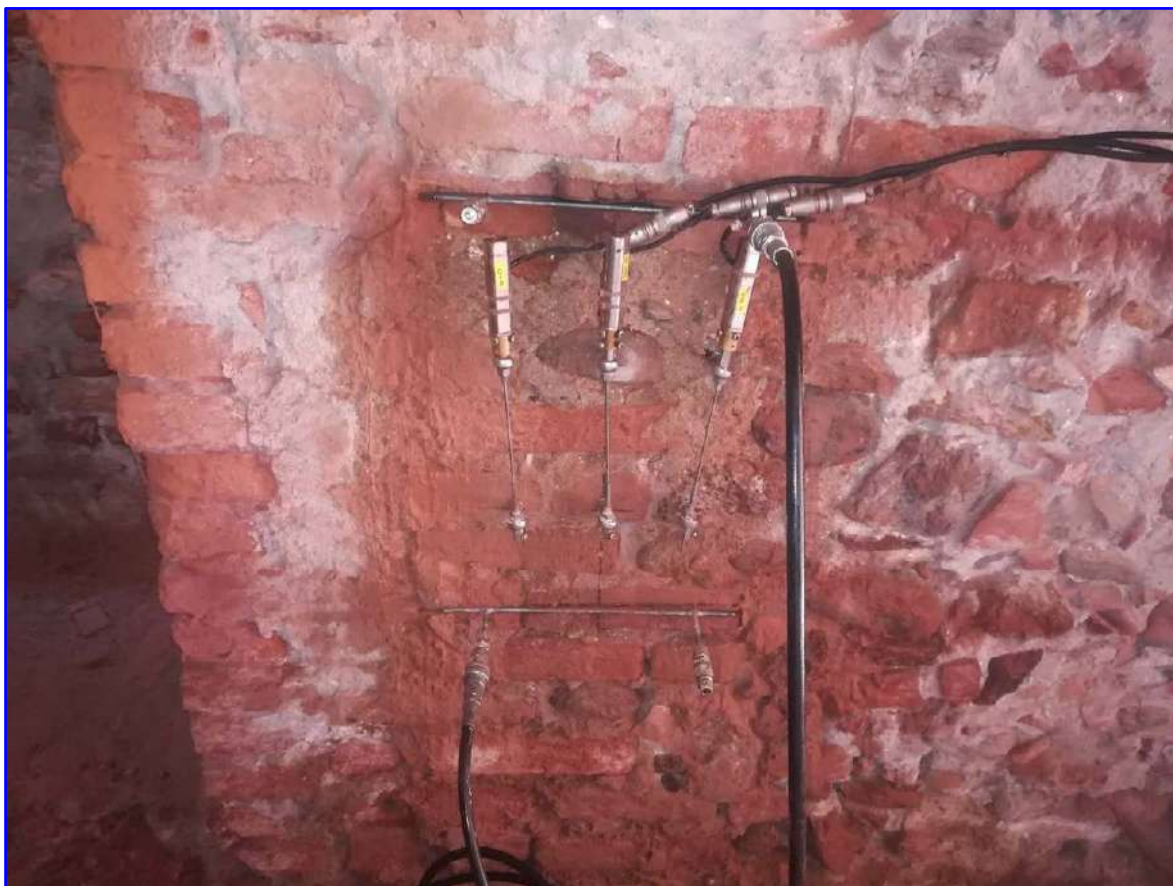
NOTA BENE: il sistema di riferimento ha origine dallo spigolo sinistro del martinetto piatto inferiore, con asse X orizzontale ed asse Y verticale; la lunghezza L rappresenta la distanza fra i punti di fissaggio dello strumento ed è quindi la sua base di misura.



Schema con la disposizione dei sensori e dei martinetti piatti

Nella prima tabella allegata sono riportati tutti i dati rilevati in sito e successivamente elaborati per determinare la tensione di esercizio (vedere anche grafico allegato); nella seconda tabella i dati per determinare la tensione di rottura (vedere anche grafico allegato) ed il modulo elastico della muratura.

Il modulo elastico secante è stato calcolato tre volte su due cicli di carico e scarico diversi per verificare la ripetibilità del risultato.



La seconda fase della prova: martinetto piatto doppio

RAPPORTO DEI RISULTATI
MARTINETTO PIATTO DOPPIO - MP2
DEL 31/08/2023 RIVOLI - VILLA MELANO - VILLA ANTICA

TENSIONE

		Sens. 9 vert. sx L=197 mm	Sens. 10 vert. centro L=199 mm	Sens. 11 vert. dx L=201 mm
	bar	MPa	mm	mm
1° ciclo	0	0,00	0,000	0,000
	0	0,00	0,032	0,064
	1	0,07	0,032	0,060
	2	0,13	0,031	0,054
	3	0,20	0,026	0,048
	4	0,27	0,022	0,042
	5	0,33	0,018	0,036
	6	0,40	0,012	0,029
	7	0,47	0,009	0,023
	8	0,53	0,007	0,016
	9	0,60	0,004	0,011
2° ciclo	10	0,67	0,001	0,005
	11	0,73	-0,002	-0,002
	0	0,00	0,031	0,063
	1	0,07	0,032	0,061
	2	0,13	0,031	0,053
	3	0,20	0,027	0,049
	4	0,27	0,023	0,043
	5	0,33	0,019	0,038
	6	0,40	0,013	0,030
	7	0,47	0,010	0,024
	8	0,53	0,008	0,018
	9	0,60	0,003	0,013
	10	0,67	-0,001	0,007
	11	0,73	-0,005	-0,001
	0	0,00	0,031	0,063

Sens. 9 vert. sx	Sens. 10 vert. centro	Sens. 11 vert. dx
epsilon* 10 ⁻⁵		
0,0	0,0	0,0
16,2	32,2	17,9
16,2	30,2	17,9
15,7	27,1	16,9
13,2	24,1	14,4
11,2	21,1	11,9
9,1	18,1	10,0
6,1	14,6	8,0
4,6	11,6	6,0
3,6	8,0	4,0
2,0	5,5	3,0
0,5	2,5	1,0
-1,0	-1,0	-1,0
15,7	31,7	17,9
16,2	30,7	17,9
15,7	26,6	17,4
13,7	24,6	14,4
11,7	21,6	12,4
9,6	19,1	10,4
6,6	15,1	9,0
5,1	12,1	7,0
4,1	9,0	5,0
1,5	6,5	3,0
-0,5	3,5	1,5
-2,5	-0,5	-1,5
15,7	31,7	17,4

NOTA segno - compressione; segno + trazione

TENSIONE DI ESERCIZIO DELLA MURATURA

$$\sigma_e = p_o \times K_m \times A_m / A_t = 0,73 \text{ Mpa}$$

dove: $p_o = 11 \text{ bar}$
 $K_m = 0,83$
 $A_m = 715,87 \text{ cm}^2$
 $A_t = 890,00 \text{ cm}^2$

MP2 DEL 31/08/2023

ROTTURA

		Sens. 9 vert. sx L=197 mm	Sens. 10 vert. centro L=199 mm	Sens. 11 vert. dx L=201 mm
	bar	Mpa	mm	mm
1° ciclo	0	0,00	0,000	0,000
	2	0,13	-0,010	-0,005
	4	0,27	-0,022	-0,016
	6	0,40	-0,038	-0,023
	8	0,53	-0,047	-0,031
	10	0,67	-0,056	-0,039
	12	0,80	-0,069	-0,047
	14	0,93	-0,082	-0,059
2° ciclo	16	1,07	-0,105	-0,072
	0	0,00	0,001	-0,001
	2	0,13	0,002	-0,004
	4	0,27	-0,018	-0,019
	6	0,40	-0,027	-0,026
	8	0,53	-0,038	-0,034
	10	0,67	-0,049	-0,045
	12	0,80	-0,061	-0,062
	14	0,93	-0,074	-0,074
	16	1,07	-0,092	-0,089
	18	1,20	-0,114	-0,108
	20	1,34	-0,147	-0,139
	22	1,47	-0,192	-0,193
	24	1,60	-0,286	-0,508
	0	0,00	-0,174	-0,391
				-0,109

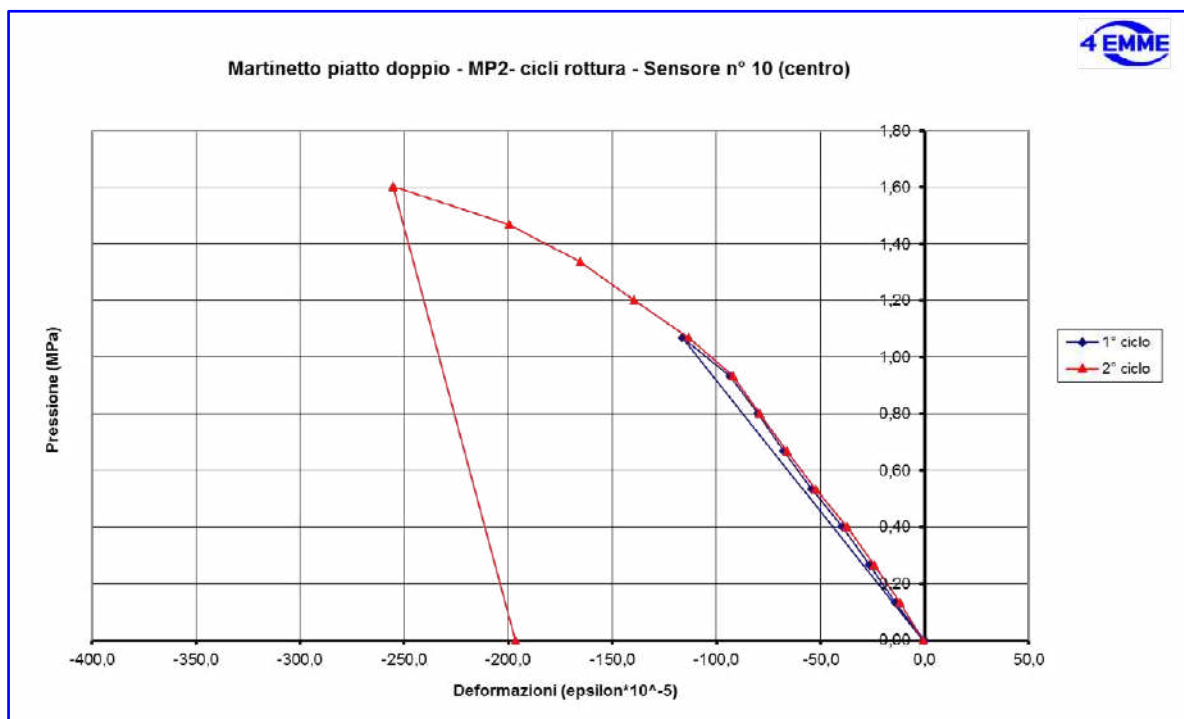
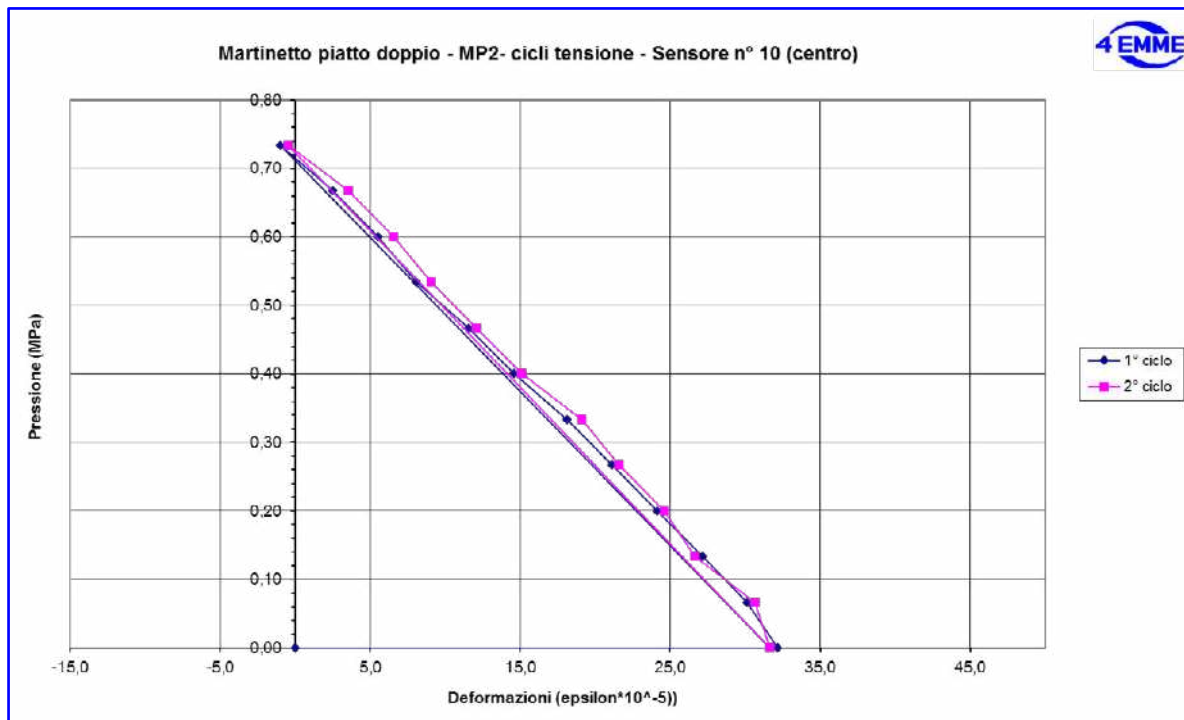
Sens. 9 vert. sx	Sens. 10 vert. centro	Sens. 11 vert. dx
epsilon* 10^-5		
0,0	0,0	0,0
-5,1	-14,1	-2,5
-11,2	-26,6	-8,0
-19,3	-39,7	-11,4
-23,9	-54,3	-15,4
-28,4	-67,8	-19,4
-35,0	-79,9	-23,4
-41,6	-93,5	-29,4
-53,3	-116,6	-35,8
0,5	-0,5	-0,5
1,0	-12,1	-4,5
-9,1	-24,1	-9,5
-13,7	-37,2	-12,9
-19,3	-52,3	-16,9
-24,9	-66,3	-22,4
-31,0	-79,4	-30,8
-37,6	-92,0	-36,8
-46,7	-113,6	-44,3
-57,9	-139,7	-53,7
-74,6	-165,3	-69,2
-97,5	-199,5	-96,0
-145,2	-255,3	-147,3
-88,3	-196,5	-54,2

TENSIONE DI ROTTURA DELLA MURATURA

$$\sigma_r = p \times \Sigma K_m \times A_m / \Sigma A_t = 1,60 \text{ Mpa}$$

dove: p = 24,0 bar
 $\Sigma K_m = 1,66$
 $A_m = 715,87 \text{ cm}^2$
 $\Sigma A_t = 1780,00 \text{ cm}^2$

CALCOLO MODULO ELASTICO su Sens. 10				
1° ciclo	E sec	(0,13 - 0,80 Mpa) =	1.014	Mpa
2° ciclo	E sec	(0,13 - 0,80 Mpa) =	991	Mpa
2° ciclo	E sec	(0,13 - 1,07 Mpa) =	921	Mpa



5.6. Prova MP3 – Livello -1 Villino Svizzero

5.6.1. Descrizione della prova

Scopo della prova era determinare il carico d'esercizio ed il carico di rottura della muratura al livello -1 del fabbricato (prova con martinetto piatto doppio) nella zona indicata con la sigla MP3 nel disegno n° 3 riportato al paragrafo 2.



La porzione di muratura provata con il martinetto piatto doppio

La porzione di muratura oggetto della prova era costituita da mattoni pieni con giunti di malta regolari.

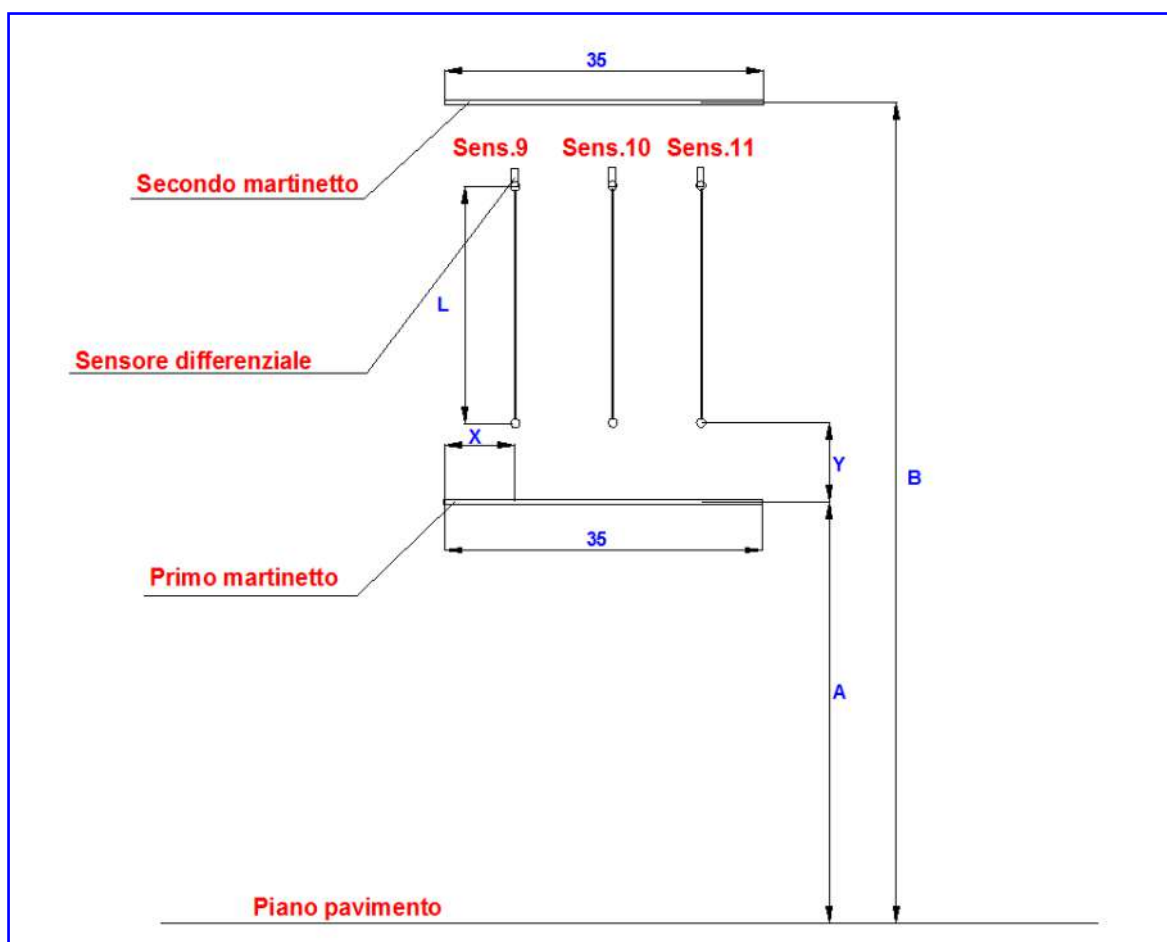
5.6.2. Rapporto dei risultati

Data:	4 settembre 2023
Tipologia prova:	martinetto piatto doppio
Martinetti piatti tipo:	semicircolare
Disposizione martinetti:	orizzontali
Area lorda martinetti:	778,56 cm ²
Area effettiva martinetti:	715,87 cm ²
Quota A da p.p. martinetto inferiore:	130 cm
Quota B da p.p. martinetto superiore:	181 cm
Coefficiente martinetti:	0,83

Disposizione dei sensori differenziali

Sensore	X [mm]	Y [mm]	L [mm]
Sens. 9	60	135	202
Sens. 10	171	136	209
Sens. 11	269	134	207

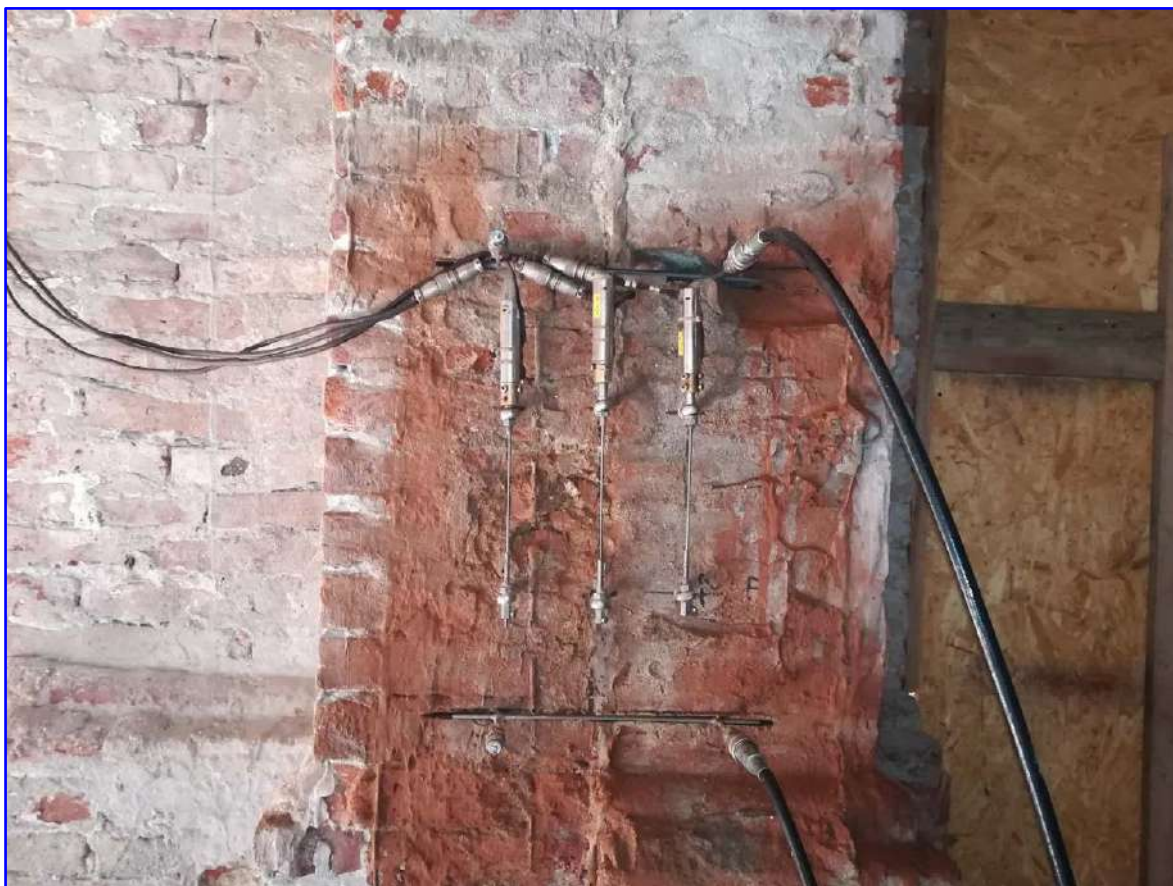
NOTA BENE: il sistema di riferimento ha origine dallo spigolo sinistro del martinetto piatto inferiore, con asse X orizzontale ed asse Y verticale; la lunghezza L rappresenta la distanza fra i punti di fissaggio dello strumento ed è quindi la sua base di misura.



Schema con la disposizione dei sensori e dei martinetti piatti

Nella prima tabella allegata sono riportati tutti i dati rilevati in sito e successivamente elaborati per determinare la tensione di esercizio (vedere anche grafico allegato); nella seconda tabella i dati per determinare la tensione di rottura (vedere anche grafico allegato) ed il modulo elastico della muratura.

Il modulo elastico secante è stato calcolato tre volte su due cicli di carico e scarico diversi per verificare la ripetibilità del risultato.



La seconda fase della prova: martinetto piatto doppio

RAPPORTO DEI RISULTATI

MARTINETTO PIATTO DOPPIO - MP3

DEL 04/09/2023 RIVOLI VILLA MELANO - VILLINO SVIZZERO

TENSIONE

		Sens. 9 vert. sx L=202 mm	Sens. 10 vert. centro L=209 mm	Sens. 11 vert. dx L=207 mm
	bar	MPa	mm	mm
1° ciclo	0	0,00	0,000	0,000
	0	0,00	0,021	0,038
	1	0,07	0,019	0,036
	2	0,13	0,018	0,032
	3	0,20	0,016	0,026
	4	0,27	0,014	0,021
	5	0,33	0,011	0,018
	6	0,40	0,009	0,015
	7	0,47	0,006	0,012
	8	0,53	0,004	0,009
	9	0,60	0,002	0,007
	10	0,67	0,000	0,005
2° ciclo	11	0,73	-0,001	0,003
	12	0,80	-0,004	0,000
	0	0,00	0,021	0,039
	1	0,07	0,020	0,036
	2	0,13	0,019	0,033
	3	0,20	0,016	0,027
	4	0,27	0,015	0,023
	5	0,33	0,012	0,018
	6	0,40	0,009	0,015
	7	0,47	0,007	0,013
	8	0,53	0,005	0,010
	9	0,60	0,003	0,006
	10	0,67	0,001	0,003
	11	0,73	-0,001	0,001
	12	0,80	-0,003	-0,001
	0	0,00	0,020	0,041

Sens. 9 vert. sx	Sens. 10 vert. centro	Sens. 11 vert. dx
epsilon* 10^-5		
0,0	0,0	0,0
10,4	18,2	14,5
9,4	17,2	14,5
8,9	15,3	14,5
7,9	12,4	12,1
6,9	10,0	10,1
5,4	8,6	7,7
4,5	7,2	6,3
3,0	5,7	4,8
2,0	4,3	3,9
1,0	3,3	2,4
0,0	2,4	1,4
-0,5	1,4	0,5
-2,0	0,0	-1,0
10,4	18,7	14,5
9,9	17,2	13,5
9,4	15,8	13,5
7,9	12,9	12,6
7,4	11,0	10,6
5,9	8,6	8,2
4,5	7,2	6,8
3,5	6,2	5,3
2,5	4,8	4,3
1,5	2,9	2,9
0,5	1,4	1,9
-0,5	0,5	1,0
-1,5	-0,5	0,0
9,9	19,6	14,0

NOTA segno - compressione; segno + trazione

TENSIONE DI ESERCIZIO DELLA MURATURA

$$\sigma_e = p_o \times K_m \times A_m / A_t = 0,80 \text{ Mpa}$$

dove: $p_o = 12 \text{ bar}$
 $K_m = 0,83$
 $A_m = 715,87 \text{ cm}^2$
 $A_t = 890,00 \text{ cm}^2$

MP3 DEL 04/09/2023

ROTTURA

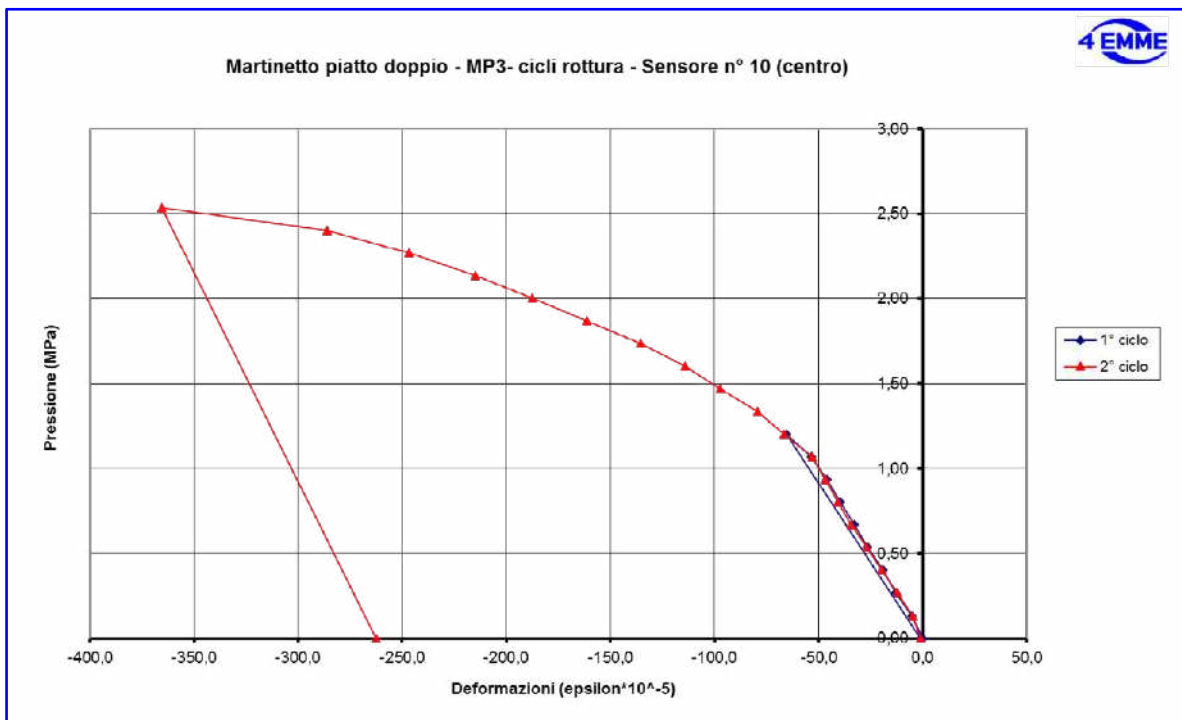
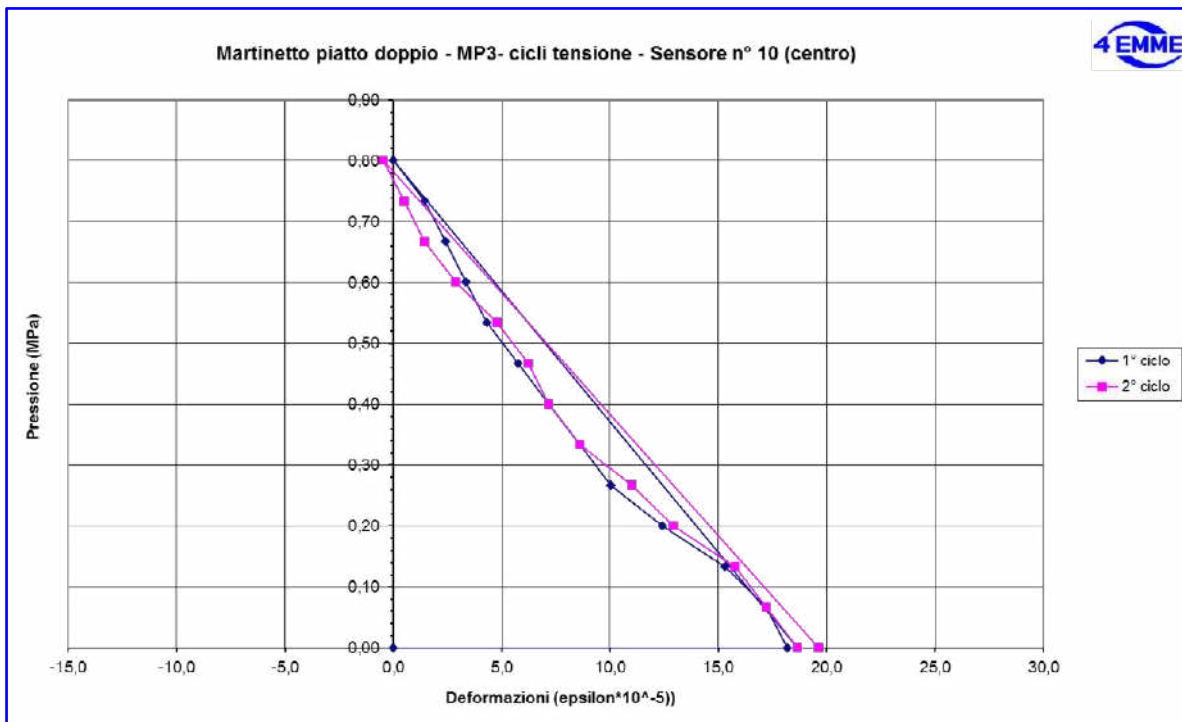
	bar	Mpa	Sens. 9 vert. sx L=202 mm	Sens. 10 vert. centro L=209 mm	Sens. 11 vert. dx L=207 mm	Sens. 9 vert. sx	Sens. 10 vert. centro	Sens. 11 vert. dx
			mm	mm	mm	epsilon* 10 ⁻⁵		
1° ciclo	0	0,00	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0
	2	0,13	-0,001	-0,011	-0,009	-0,5	-5,3	-4,3
	4	0,27	-0,007	-0,027	-0,021	-3,5	-12,9	-10,1
	6	0,40	-0,016	-0,040	-0,036	-7,9	-19,1	-17,4
	8	0,53	-0,024	-0,055	-0,054	-11,9	-26,3	-26,1
	10	0,67	-0,033	-0,069	-0,069	-16,3	-33,0	-33,3
	12	0,80	-0,042	-0,083	-0,084	-20,8	-39,7	-40,6
	14	0,93	-0,050	-0,096	-0,103	-24,8	-45,9	-49,8
	16	1,07	-0,056	-0,112	-0,127	-27,7	-53,6	-61,4
	18	1,20	-0,069	-0,137	-0,158	-34,2	-65,6	-76,3
2° ciclo	0	0,00	-0,001	-0,002	-0,002	-0,5	-1,0	-1,0
	2	0,13	-0,003	-0,010	-0,010	-1,5	-4,8	-4,8
	4	0,27	-0,007	-0,026	-0,028	-3,5	-12,4	-13,5
	6	0,40	-0,012	-0,041	-0,044	-5,9	-19,6	-21,3
	8	0,53	-0,020	-0,056	-0,063	-9,9	-26,8	-30,4
	10	0,67	-0,026	-0,072	-0,079	-12,9	-34,4	-38,2
	12	0,80	-0,050	-0,085	-0,103	-24,8	-40,7	-49,8
	14	0,93	-0,044	-0,098	-0,127	-21,8	-46,9	-61,4
	16	1,07	-0,052	-0,111	-0,144	-25,7	-53,1	-69,6
	18	1,20	-0,065	-0,139	-0,162	-32,2	-66,5	-78,3
	20	1,34	-0,079	-0,166	-0,183	-39,1	-79,4	-88,4
	22	1,47	-0,093	-0,203	-0,219	-46,0	-97,1	-105,8
	24	1,60	-0,102	-0,239	-0,258	-50,5	-114,4	-124,6
	26	1,74	-0,116	-0,283	-0,291	-57,4	-135,4	-140,6
	28	1,87	-0,132	-0,337	-0,348	-65,3	-161,2	-168,1
	30	2,00	-0,152	-0,392	-0,409	-75,2	-187,6	-197,6
	32	2,14	-0,179	-0,449	-0,468	-88,6	-214,8	-226,1
	34	2,27	-0,214	-0,516	-0,582	-105,9	-246,9	-281,2
	36	2,40	-0,257	-0,598	-0,698	-127,2	-286,1	-337,2
	38	2,54	-0,322	-0,764	-0,918	-159,4	-365,6	-443,5
	0	0,00	-0,301	-0,549	-0,802	-149,0	-262,7	-387,4

TENSIONE DI ROTTURA DELLA MURATURA

$$\sigma_r = p \times \Sigma K_m \times A_m / \Sigma A_t = 2,54 \text{ Mpa}$$

dove: p = 38,0 bar
 ΣK_m = 1,66
 A_m = 715,87 cm²
 ΣA_t = 1780,00 cm²

CALCOLO MODULO ELASTICO su Sens. 10				
1° ciclo	E sec	(0,13 - 0,80 Mpa) =	1.938	Mpa
2° ciclo	E sec	(0,13 - 0,80 Mpa) =	1.860	Mpa
2° ciclo	E sec	(0,13 - 1,07 Mpa) =	1.934	Mpa



6. ANALISI PETROGRAFICHE SU MALTE - PROVA N° 10070/TO

Il prelievo dei campioni di malta è avvenuto il 2 agosto 2023 in alcuni punti degli elementi murari dei fabbricati Villino Svizzero e Villa Antica come indicato nei disegni riportati in relazione al paragrafo 2.

I punti di prelievo sono i seguenti:

- **malta M1 – Villino Svizzero:** livello -1, colonna centrale, campione prelevato da muratura in mattoni pieni;
- **malta M2 – Villino Svizzero:** livello 0, muro perimetrale verso Nord-Est, campione prelevato da muratura mista in mattoni pieni e pietre;
- **malta M3 – Villa Antica:** livello -1, colonna porticata, campione prelevato da muratura mista in mattoni pieni e pietre;
- **malta M4 – Villa Antica:** livello 1, muro perimetrale verso Sud-Est, campione prelevato da muratura mista in mattoni pieni e pietre.

Dopo il prelievo i campioni di malta sono stati inviati al Laboratorio Prove Materiali della 4 EMME Service S.p.A. di Bolzano, dove sono stati preparati dei provini poi sottoposti a studio petrografico quantitativo al microscopio polarizzatore (MPOM) su preparato in sezione sottile secondo la norma UNI 11176:2006.

Le modalità di prova ed i risultati sono riportati sul rapporto di prova n° 3922 del 31/08/2023 del Laboratorio Prove Materiali di Bolzano, allegato alla relazione.



Prelievo malta M1



Prelievo malta M2



Prelievo malta M3



Prelievo malta M4

Tutti i dati riportati nella relazione sono stati ricavati dai rilievi eseguiti in sito e dai file memorizzati durante l'esecuzione delle prove.

Torino, 22 settembre 2023

il Relatore
Geom. Diego Doto

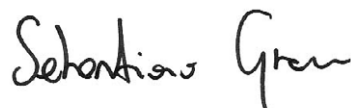


4 EMME Service S.p.A.
il Direttore del Centro di Torino
Arch. Alberto Capussotto



RELAZIONE REVISIONATA DA:

Geom. Sebastiano Greco





4 EMME Service S.p.A.

Laboratorio Prove Materiali

Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano Tel. 0471 543182 – Fax 543180
laboratoriobolzano4m@legalmail.it – www.4emme.it

Sistema Qualità ISO 9001:2015 certificato RINA nr. 6441/01/S

Pagina / Seite 1 di / von 5

RAPPORTO DI PROVA / PRÜFBERICHT

NR. 3922

del / vom 31/08/2023

Il sottoscritto:

Der Unterfertigte:

Fabio Macario

Consegna per ordine di:

Übergibt im Auftrag:

Editel S.p.A.

In qualità di:

In seiner Eigenschaft als:

Incaricato

Cliente:

Kunde:

Editel S.p.A.

Via Campodello, 1

12070 Nucetto (CN)

Verbale di accettazione:

Annahmeprotokoll:

Nr. 12270 del/vom 03/08/2023

Descrizione della prova:

Prüfungsbeschreibung:

DESCRIZIONE PETROGRAFICA

Norme di riferimento:

Bezugsnormen:

UNI 11176:2006

Descrizione del materiale:

Materialbeschreibung:

4 campioni di malta

Cantiere - Luogo del prelievo:

Baustelle – Ort der Probeentnahme:

Villa Melano – Rivoli (TO)

Committente delle opere:

Bautenauftraggeber:

Editel S.p.A.

Impresa:

Baufirma:

Richiesta sottoscritta dal Direttore Lavori:

Prüfauftrag vom Bauleiter unterschrieben:

Prelievo eseguito da:

Entnahme verrichtet von:

4 Emme Service S.p.A.

Data del Prelievo:

Entnahmedatum:

02/08/2023

Data della prova:

Prüfdatum:

31/08/2023

Il presente Rapporto di Prova si riferisce solo al campione sottoposto alle prove.

Lo Sperimentatore
Der Labortechniker
Dott. geol. *Andrea Tralli*

Il Direttore del Laboratorio
Der Direktor
Dott. ing. *Settimio Martinello*

**RAPPORTO DI PROVA /
PRÜFBERICHT**
NR. 3922
del / vom 31/08/2023

Sigla Campione: M1

Ubicazione Prelievo: Muro livello -1 Villino Svizzero

Descrizione macroscopica

Malta di colore grigio chiaro a coesione tenace a granulometria arenacea.

Descrizione mineralogico-petrografica

TESSITURA	COMPONENTI		ANALISI MODALE*
Matrice	Formato da calcite a struttura omogenea e tessitura micritica.		38 %
Porosità da aggregati	Definita da vuoi di forma irregolare.		2 %
Porosità da legante	Definita da vuoi di forma irregolare.		16 %
Porosità da sutura aggregato/legante	Non definita.		-
Aggregati	Calcareniti Quarzo	88 %	44 %
	Rocce Metamorfiche	6 %	
	Plagioclasio	2 %	
	Altro	2 %	

* Determinazioni percentuali sulla base di una stima visuale (SHVETSOV M.S. - 1954).

Descrizione microscopica degli aggregati

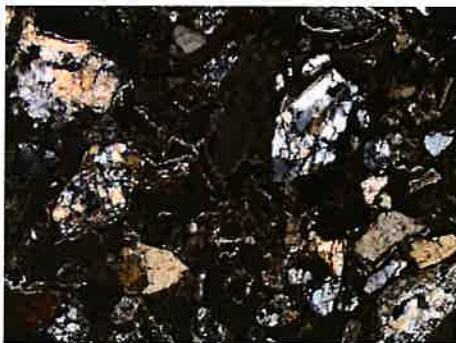
Descrizione microscopica degli aggregati

TESSITURA	COMPONENTI	ANALISI MODALE*	
Granulometria	Siltoso (minore di 62,5 µm).	20 %	
	Arenaceo (62,5 µm – 2,0 mm).	80 %	
	Conglomeratico fine (tra 2,0 e 4,0 mm).	0 %	
	Conglomeratico grossolano (oltre i 4,0 mm).	0 %	
Forma	Da arrotondato ad angoloso.		
Sfericità	Medio-alta.		
Classazione	Scarsa. Non si notano orientazioni preferenziali dei clasti.		

Campione tal quale.

* Determinazioni percentuali sulla base di una stima visuale (SHVETSOV M.S. - 1954).

Caratterizzazione del materiale

Classificazione dell'impasto	Malta di colore grigio chiaro, tenace, realizzata con calce idraulica caricata con inerti principalmente silicatici. La granulometria dell'aggregato varia dalla classe siltoso a quella arenacea con prevalenza di quest'ultima frazione. Il rapporto aggregato/legante in pasta è circa 5/2. La porosità totale è medio-bassa, definita da vuoi di forma prevalentemente irregolare. Lo stato di conservazione è buono.	
Osservazioni particolari	L'impasto analizzato può essere classificato come appartenente alla classe M 2,5 (Idraulica) secondo il D.M. 17/01/2018, Tab. 11.10.V.	Fotomicrografia al Microscopio Polarizzatore in luce trasmessa, sezione sottile, 40 x N+.

Lo Sperimentatore
Der Laborotechniker
Dott. geol. Andrea Tralli

Il Direttore del Laboratorio
Der Direktor
Dott. ing. Settimio Martinello

**RAPPORTO DI PROVA /
PRÜFBERICHT**
NR. 3922
del / vom 31/08/2023

Sigla Campione: M2

Ubicazione Prelevamento: Muro livello 0 Villino Svizzero

Descrizione macroscopica

Malta di colore grigio chiaro a coesione tenace a granulometria arenacea.

Descrizione mineralogico-petrografica

TESSITURA	COMPONENTI	ANALISI MODALE*
Matrice	Formato da calcite a struttura omogenea e tessitura micritica.	38 %
Porosità da aggregati	Definita da vacui di forma irregolare.	2 %
Porosità da legante	Definita da vacui di forma irregolare.	14 %
Porosità da sutura aggregato/legante	Non definita.	-
Aggregati	Calcareniti Quarzo	60 %
	Calcani micritici	20 %
	Rocce Metamorfiche	12 %
	Altro	8 %

* Determinazioni percentuali sulla base di una stima visuale (SHVETSOV M.S. - 1954).

Descrizione microscopica degli aggregati

TESSITURA	COMPONENTI	ANALISI MODALE*
Granulometria	Siltoso (minore di 62,5 µm).	25 %
	Arenaceo (62,5 µm – 2,0 mm).	75 %
	Conglomeratico fine (tra 2,0 e 4,0 mm).	0 %
	Conglomeratico grossolano (oltre i 4,0 mm).	0 %
Forma	Da arrotondato ad angolare.	
Sfericità	Medio-alta.	
Classazione	Scarsa. Non si notano orientazioni preferenziali dei clasti.	



Campione tal quale.

* Determinazioni percentuali sulla base di una stima visuale (SHVETSOV M.S. - 1954).

Caratterizzazione del materiale

Classificazione dell'impasto	Malta di colore grigio chiaro, tenace, realizzata con calce idraulica caricata con inerti principalmente silicatici. La granulometria dell'aggregato varia dalla classe siltoso a quella arenacea con prevalenza di quest'ultima frazione. Il rapporto aggregato/legante in pasta è circa 5/2. La porosità totale è medio-bassa, definita da vacui di forma prevalentemente irregolare. Lo stato di conservazione è buono.	
Osservazioni particolari	L'impasto analizzato può essere classificato come appartenente alla classe M 2,5 (Idraulica) secondo il D.M. 17/01/2018, Tab. 11.10.V.	Fotomicrografia al Microscopio Polarizzatore in luce trasmessa, sezione sottile, 40 x N+.

Lo Sperimentatore
Der Labortechniker
Dott. geol. Andrea Tralli

Il Direttore del Laboratorio
Der Direktor
Dott. ing. Settimo Martinello

**RAPPORTO DI PROVA /
PRÜFBERICHT**
NR. 3922
del / vom 31/08/2023
Sigla Campione: M3
Ubicazione Prelievo: Muro livello -1 Villa Antica
Descrizione macroscopica

Malta di colore grigio chiaro a coesione tenace a granulometria arenacea.

Descrizione mineralogico-petrografica

TESSITURA	COMPONENTI		ANALISI MODALE*
Matrice	Formato da calcite a struttura omogenea e tessitura micritica.		34 %
Porosità da aggregati	Definita da vuoti di forma irregolare.		3 %
Porosità da legante	Definita da vuoti di forma irregolare.		15 %
Porosità da sutura aggregato/legante	Non definita.		-
Aggregati	Calcareniti Quarzo	60 %	48 %
	Calcari micritici	20 %	
	Rocce Metamorfiche	12 %	
	Altro	8 %	

* Determinazioni percentuali sulla base di una stima visuale (SHVETSOV M.S. - 1954).

Descrizione microscopica degli aggregati

TESSITURA	COMPONENTI	ANALISI MODALE*	
Granulometria	Siltoso (minore di 62,5 µm).	25 %	
	Arenaceo (62,5 µm – 2,0 mm).	75 %	
	Conglomeratico fine (tra 2,0 e 4,0 mm).	0 %	
	Conglomeratico grossolano (oltre i 4,0 mm).	0 %	
Forma	Da arrotondato ad angoloso.		
Sfericità	Medio-alta.		
Classazione	Scarsa. Non si notano orientazioni preferenziali dei clasti.		

* Determinazioni percentuali sulla base di una stima visuale (SHVETSOV M.S. - 1954).

Caratterizzazione del materiale

Classificazione dell'impasto	Malta di colore grigio chiaro, tenace, realizzata con calce idraulica caricata con Inerti principalmente silicatici. La granulometria dell'aggregato varia dalla classe siltoso a quella arenacea con prevalenza di quest'ultima frazione. Il rapporto aggregato/legante in pasta è circa 5/2. La porosità totale è medio-bassa, definita da vuoti di forma prevalentemente irregolare. Lo stato di conservazione è buono.	
Osservazioni particolari	L'impasto analizzato può essere classificato come appartenente alla classe M 2,5 (Idraulica) secondo il D.M. 17/01/2018, Tab. 11.10.V.	

Fotomicrografia al Microscopio Polarizzatore in luce trasmessa, sezione sottile, 40 x N+.

Lo Sperimentatore
Der Labortechniker
Dott. geol. Andrea Tralli

Il Direttore del Laboratorio
Der Direktor
Dott. ing. Settimio Martinello

**RAPPORTO DI PROVA /
PRÜFBERICHT**
NR. 3922
del / vom 31/08/2023

Sigla Campione: M4

Ubicazione Prelievo: Muro livello 1 Villa Antica

Descrizione macroscopica

Malta di colore grigio chiaro a coesione tenace a granulometria arenacea.

Descrizione mineralogico-petrografica

TESSITURA	COMPONENTI	ANALISI MODALE*
Matrice	Formato da calcite a struttura omogenea e tessitura micritica.	36 %
Porosità da aggregati	Definita da vacui di forma irregolare.	4 %
Porosità da legante	Definita da vacui di forma irregolare.	16 %
Porosità da sutura aggregato/legante	Non definita.	-
Aggregati	Quarzo	70 %
	Rocce Metamorfiche	20 %
	Calcarei micritici	5 %
	Altro	5 %
		44 %

* Determinazioni percentuali sulla base di una stima visuale (SHVETSOV M.S. - 1954).

Descrizione microscopica degli aggregati

TESSITURA	COMPONENTI	ANALISI MODALE*
Granulometria	Siltoso (minore di 62,5 µm).	23 %
	Arenaceo (62,5 µm – 2,0 mm).	77 %
	Conglomeratico fine (tra 2,0 e 4,0 mm).	0 %
	Conglomeratico grossolano (oltre i 4,0 mm).	0 %
Forma	Da arrotondato ad angoloso.	
Sfericità	Medio-alta.	
Classazione	Scarsa. Non si notano orientazioni preferenziali dei clasti.	



Campione tal quale.

* Determinazioni percentuali sulla base di una stima visuale (SHVETSOV M.S. - 1954).

Caratterizzazione del materiale

Classificazione dell'impasto	Malta di colore grigio chiaro, tenace, realizzata con calce idraulica caricata con inerti principalmente silicatici. La granulometria dell'aggregato varia dalla classe siltoso a quella arenacea con prevalenza di quest'ultima frazione. Il rapporto aggregato/legante in pasta è circa 5/2. La porosità totale è medio-bassa, definita da vacui di forma prevalentemente irregolare. Lo stato di conservazione è buono.	
Osservazioni particolari	L'impasto analizzato può essere classificato come appartenente alla classe M 2,5 (Idraulica) secondo il D.M. 17/01/2018, Tab. 11.10.V.	Fotomicrografia al Microscopio Polarizzatore in luce trasmessa, sezione sottile, 40 x N+.

Lo Sperimentatore
Der Labortechniker
Dott. geol. Andrea Tralli

Il Direttore del Laboratorio
Der Direktor
Dott. ing. Settimo Martinello

ALLEGATO IIIb



4 EMME Service S.p.A.

Prove in Sito - Laboratorio Prove Materiali

Sede legale: Via L. Zuegg, 20 - 39100 Bolzano - ITALY

Tel. 0471/543111 - Fax 543110 4emme@legalmail.it www.4emme.it

Sistema Qualità ISO 9001:2015 certificato RINA nr. 6441/01/S

CARATTERIZZAZIONI DINAMICHE
“VILLA ANTICA” E “VILLINO SVIZZERO”
VIA MELANO s.n.c. – RIVOLI (TO)

PROVA n° 10071/TO

12 e 14 settembre 2023

Committente: **EDITEL S.p.A.**

Progettisti: **MCM Ingegneria S.r.l.**

Relatore: **ing. Fabio Macario**



Vista aerea di “Villa Antica” e del “Villino Svizzero”

RIF.: TO-153-23

Torino, 29 settembre 2023

C.F./P.I. IT 01288130212		Cap. Soc. 500.000,00 Euro		R.E.A. - BZ 111801		CASSA CENTRALE RAIFFEISEN BZ IT49 B 03493 11600 000300027138	
Bolzano	0471-543111	Firenze	055-461000	Modena	059-395414	Roma	06-71546992
Bologna	051-6346808	Genova	010-586195	Padova	049-8020707	Torino	011-7706023
Cagliari	070-490732	Marche	0734-903279	Palermo	091-6703629	Treviso	0438-990200
Como	031-305253	Milano	02-40092545	Piacenza	0523-755849	Verona	045-8004278
				Laboratori Autorizzati			
				Bolzano		0471-543111	
				Milano		02-40092545	

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. UBICAZIONI DELLE PROVE.....	3
3. CARATTERIZZAZIONE DINAMICA.....	4
4. CARATTERIZZAZIONE “VILLA ANTICA” – PROVA N° 10071-A/TO.....	5
5. CARATTERIZZAZIONE “VILLINO SVIZZERO” – PROVA N°10071-B/TO	15

1. PREMESSA

La Società *4 EMME Service S.p.A.*, specializzata nell'esecuzione di prove sperimentali su strutture in sito, è stata incaricata dalla società **EDITEL S.p.A.** con sede in **Via Campodello n° 1 a Nucetto (CN)**, di eseguire le caratterizzazioni dinamiche del complesso di Villa Melano (Villa Antica e Villino Svizzero) sito in Via Merano a Rivoli (TO).

La scelta degli elementi strutturali da sottoporre a prova, le modalità di prova ed i punti di misura sono stati preventivamente concordati con l'arch. Paolo Giorda e l'ing. Alessandro Pisano dello studio MCM Ingegneria S.r.l. di Torino.

Le prove sono state eseguite nei giorni 12 e 14 settembre 2023.

All'esecuzione delle prove erano presenti per la *4 EMME Service S.p.A.*:

ing. Fabio Macario;
geom. Roberto Monaco.

2. UBICAZIONI DELLE PROVE

Di seguito si riporta la vista aerea e qualche fotografia degli edifici oggetto delle prove.



Vista aerea di "Villa Antica" (A) e del "Villino Svizzero" (B)



Vista di "Villa Antica"



Vista del "Villino Svizzero"

3. CARATTERIZZAZIONE DINAMICA

Lo scopo della caratterizzazione dinamica è quello di individuare sperimentalmente le frequenze e le forme modali di una struttura. I parametri dinamici, essendo legati a tutti gli elementi geometrici e meccanici, sono un supporto fondamentale per la calibrazione dei modelli numerici e rappresentano un valido strumento di controllo nel tempo dell'eventuale variazione delle condizioni generali.

Va considerato che il modello numerico di una struttura è realizzato attraverso delle ipotesi teoriche estremamente difficili da valutare, come rigidzze, moduli di elasticità dei materiali, gradi di vincolo. Valori che devono essere introdotti in maniera tale da realizzare teoricamente una struttura aderente al comportamento reale.

La calibrazione del modello si ottiene attraverso la variazione intelligente dei parametri di input in modo tale che la risposta teorica, statica e/o dinamica, abbia corrispondenza coi parametri ottenuti dalla sperimentazione.

Sul modello calibrato, rappresentativo della struttura reale, si potranno effettuare tutte le simulazioni utili, in particolar modo quelle sismiche, per valutare il comportamento nella condizione di sollecitazione estrema.

3.1. Strumentazione impiegata

Le misure delle frequenze proprie della struttura sono state ottenute utilizzando tromografi digitali Microsismic 6S costituiti da una terna accelerometrica ed una geofonica:

- sensibilità velocimetri: $\pm 1,5 \div \pm 45,6$ mm/s;
- fondo scala accelerometri: ± 3 g nella banda 0,5 Hz-1600 Hz per gli assi X e Y e 0,5 Hz-550 Hz per l'asse Z;
- la densità di potenza spettrale del rumore è 280 $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ rms per gli assi X e Y e 350 $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ rms per l'asse Z;
- la tipologia è MEMS®.

Le apparecchiature sono collegate tra loro via radio per consentire la sincronizzazione del segnale.

L'eccitazione della struttura è stata di tipo naturale attraverso il microtremore di fondo.



Un Microsismic 6S

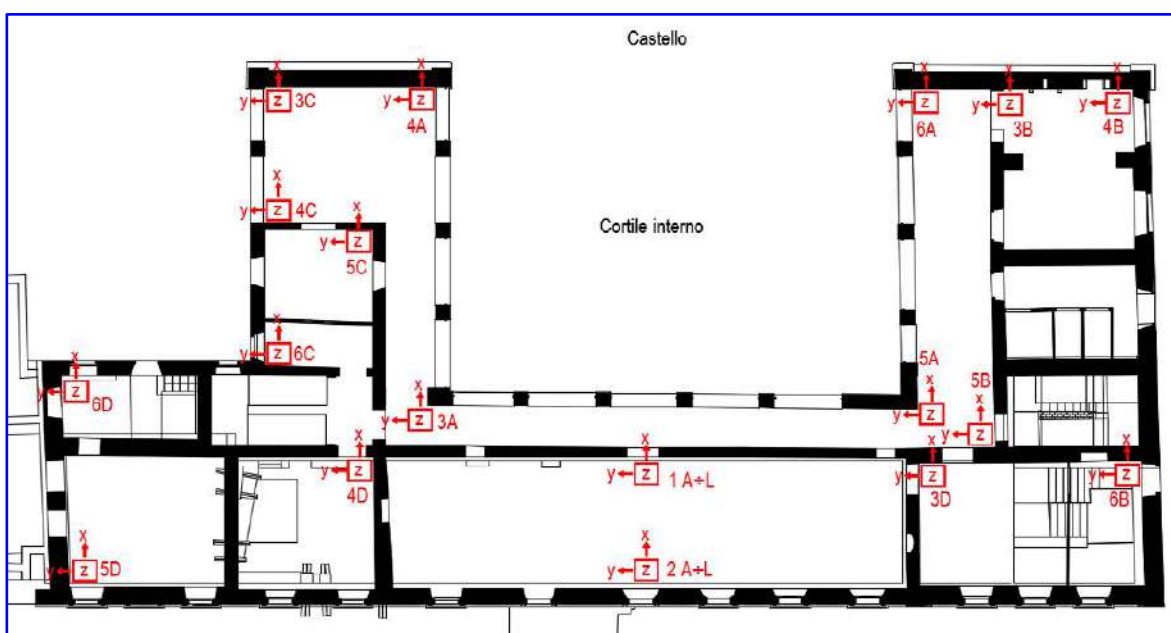
4. CARATTERIZZAZIONE “VILLA ANTICA” – PROVA N° 10071-A/TO

4.1. Posizioni degli strumenti

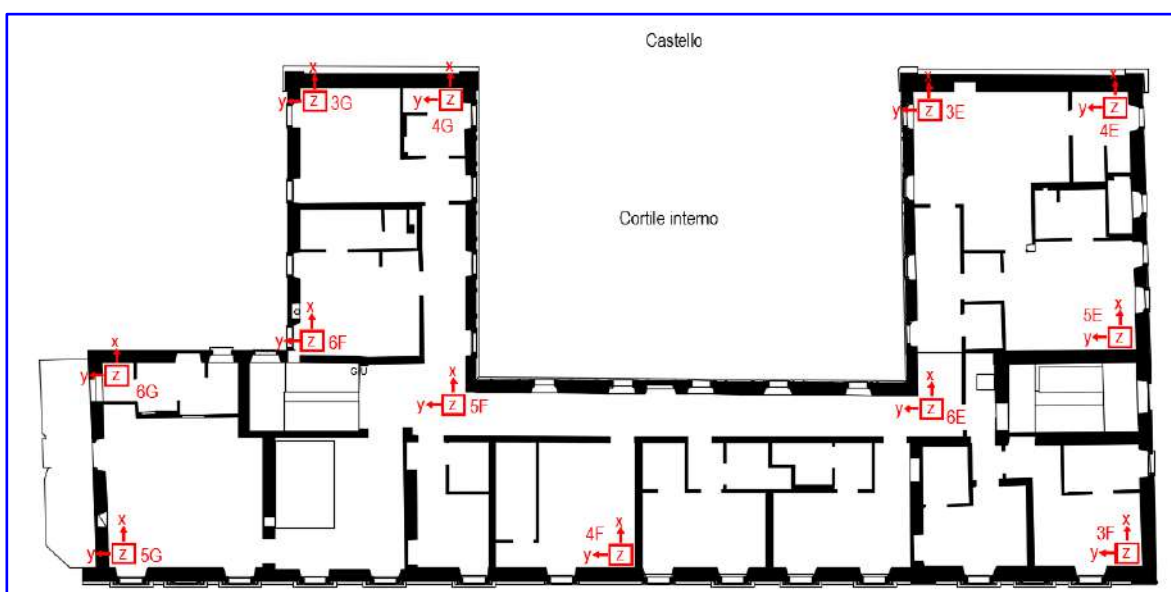
Utilizzando 6 strumenti sono state eseguite 10 differenti configurazioni di posizionamento, così distribuite: quattro al piano terreno, tre al piano primo e tre nel sottotetto.

Per ogni configurazione due strumenti, quelli numerati **1** e **2**, rimangono fissi mentre vengono via via spostati gli altri, posizionandoli in prossimità dei nodi strutturali. Questa metodologia permette, attraverso delle speciali elaborazioni software, una sincronizzazione virtuale che simula la contemporaneità di rilievo in 43 diverse posizioni.

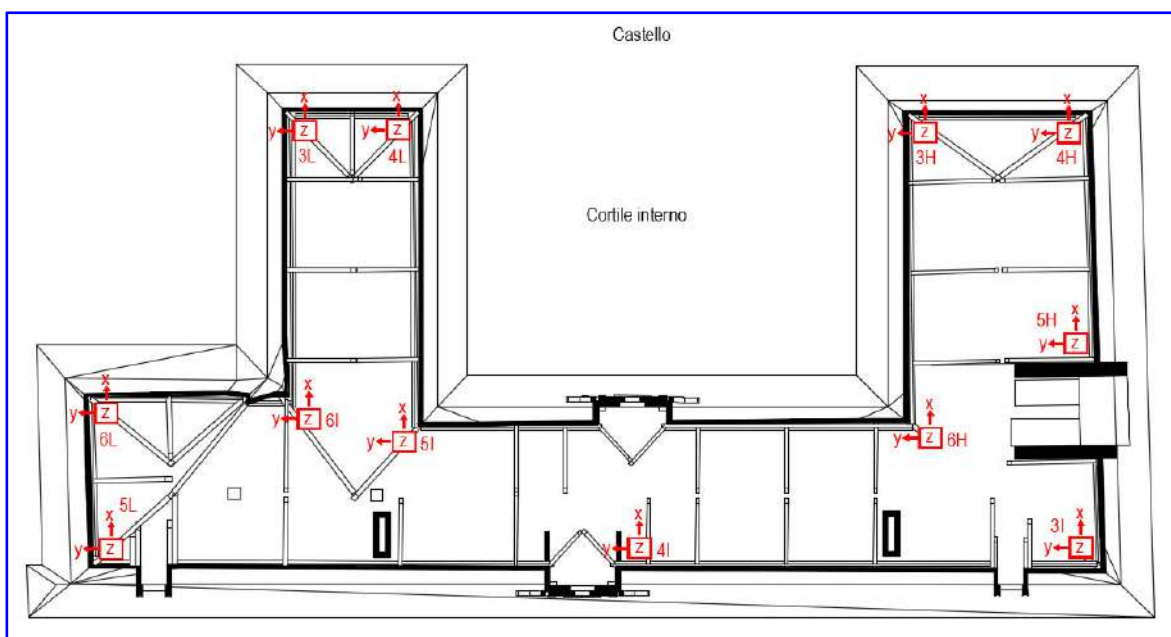
Di seguito si riportano gli schemi con in evidenza tutti i punti posti a misura.



Posizione dei Microismic nelle configurazioni A, B, C e D al piano terreno



Posizione dei Microismic nelle configurazioni E, F e G al piano primo



Posizione dei Microsismic nelle configurazioni H, I ed L al piano sottotetto

Di seguito si riportano alcune fotografie dei Microsismic nelle varie configurazioni.



I Microsismic fissi n°1 e n°2 nelle configurazioni A+L



Microsismic nella configurazione B



Microsismic nella configurazione D



Microsismic nella configurazione G



Microsismic nella configurazione L

4.2. Acquisizione dei dati

Il campionamento dei dati è stato di 512 Hz. Per ogni singola configurazione sono stati acquisiti due file, la cui denominazione e durata sono riportate nella tabella seguente:

Configurazioni	File	Campionamento	Durata acquisizione
A	F1	512 Hz	4 min
	F2		
B	F3	512 Hz	4 min
	F4		
C	F5	512 Hz	4 min
	F6		
D	F7	512 Hz	4 min
	F8		
E	F9	512 Hz	4 min
	F10		
F	F11	512 Hz	4 min
	F12		
G	F13	512 Hz	4 min
	F14		
H	F15	512 Hz	4 min
	F16		
I	F17	512 Hz	4 min
	F18		
L	F19	512 Hz	4 min
	F20		

Durante l'acquisizione dei dati il 12 settembre la temperatura media esterna era di 24 °C. Sulla base del rapporto campionamento / numero di campioni si raggiunge una precisione di $\pm 0,01$ Hz nella valutazione delle frequenze proprie.

4.3. Analisi ed elaborazione dei dati

Per rilevare le frequenze proprie e le forme modali del fabbricato i dati acquisiti in campo sono stati analizzati mediante due modalità di elaborazione.

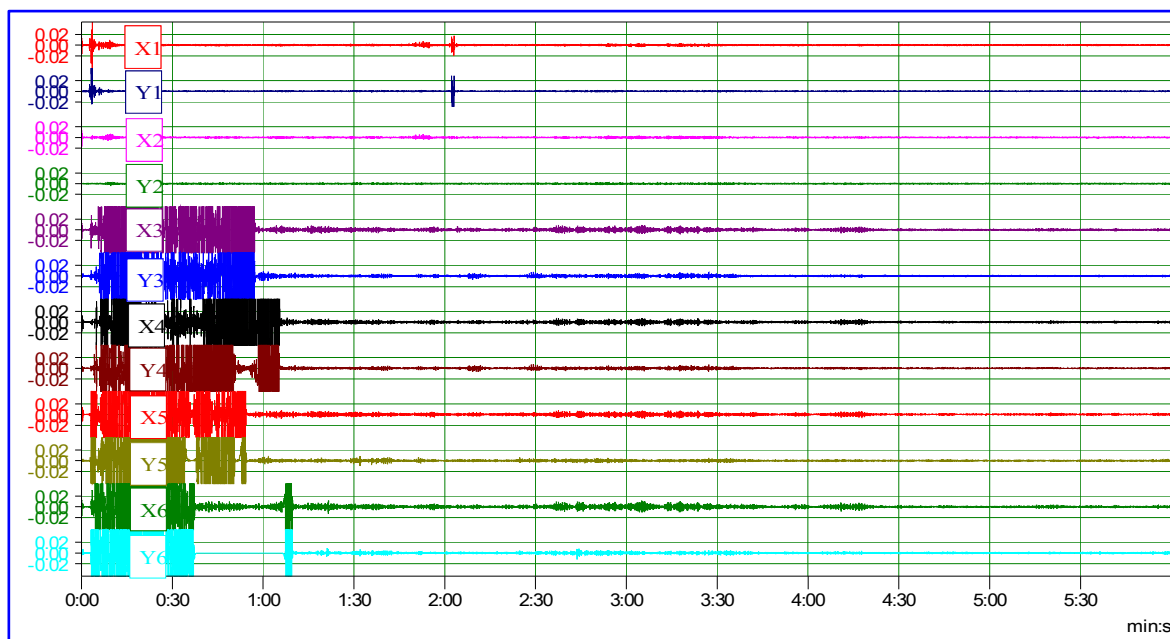
La prima prevede l'analisi delle frequenze direttamente nel dominio dei tempi, consentendo, attraverso opportuni filtri passa basso, di ottenere un segnale pulito all'interno del campo di frequenze ricercato e di conseguenza misurare il "periodo" con una precisione di $\pm 0,001$ secondi.

In seconda analisi si procede alla realizzazione di un modello geometrico dinamico che elaborando tutti i segnali ricavati in punti diversi della struttura, determina il comportamento modale individuandone le forme corrispondenti alle frequenze libere rilevate.

4.4. Analisi mediante oscillogrammi

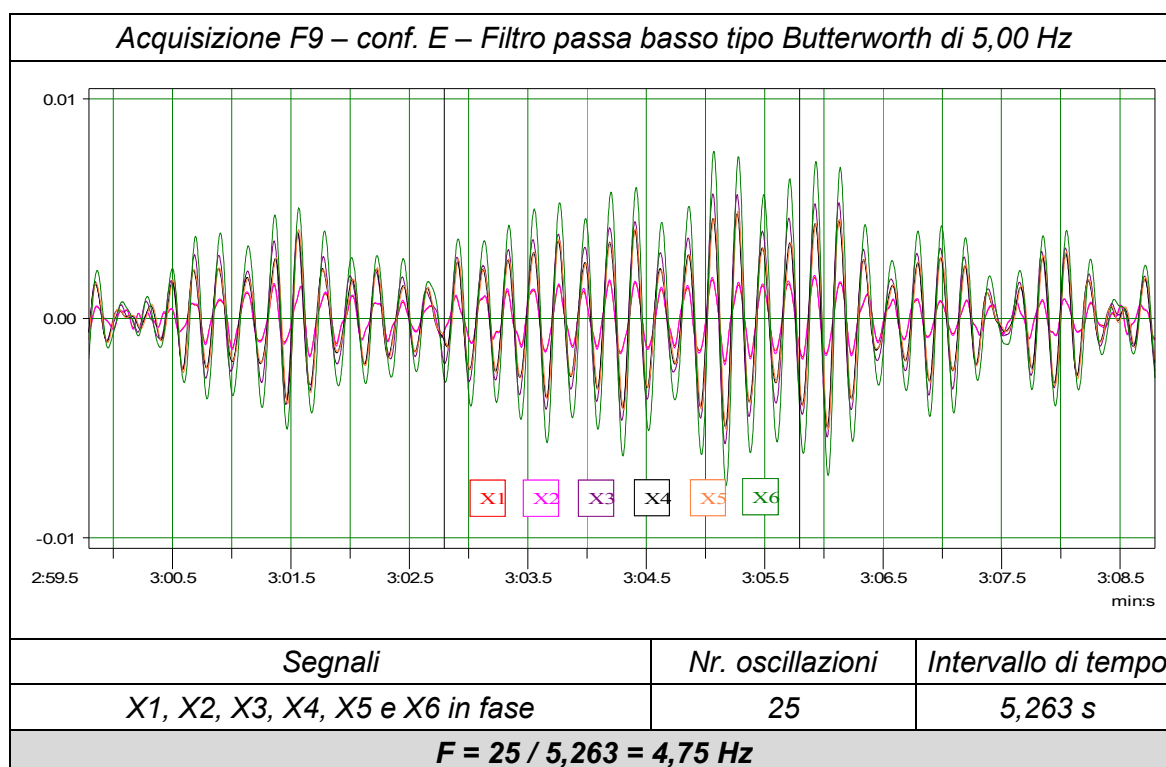
Nel grafico seguente si riporta a titolo d'esempio l'oscillogramma di 12 sensori lungo X e Y nell'acquisizione F9 per la Configurazione E.

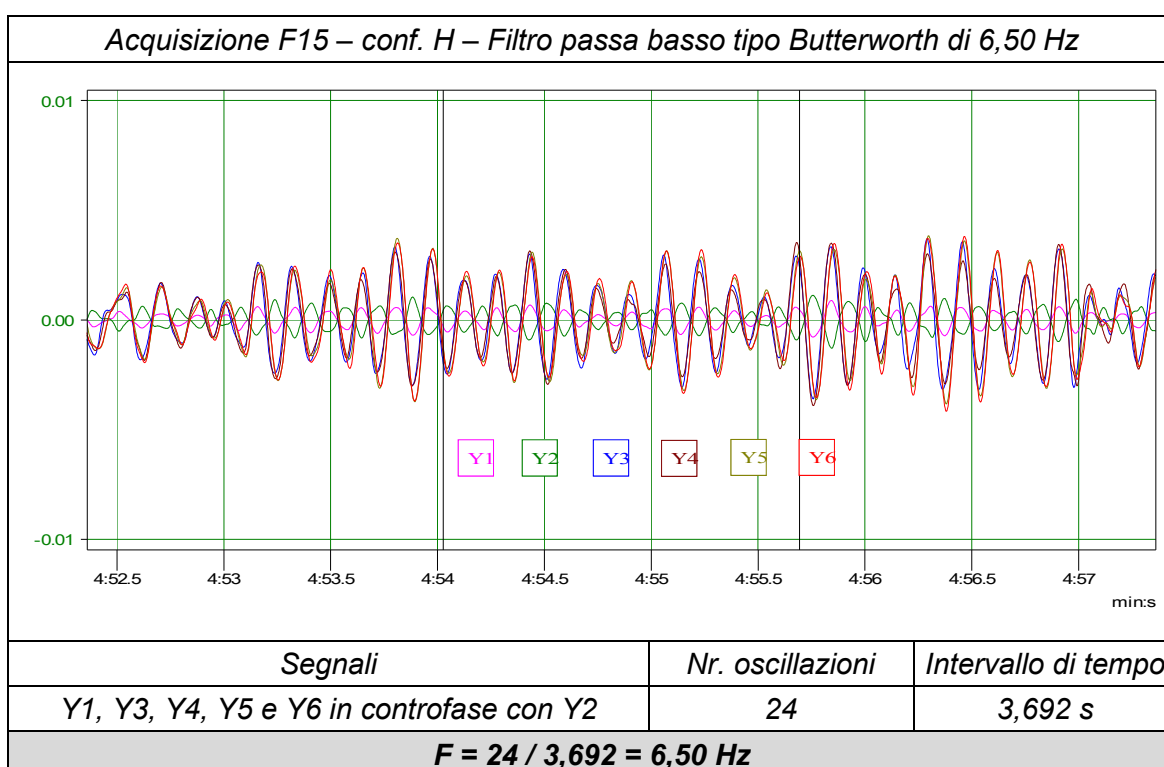
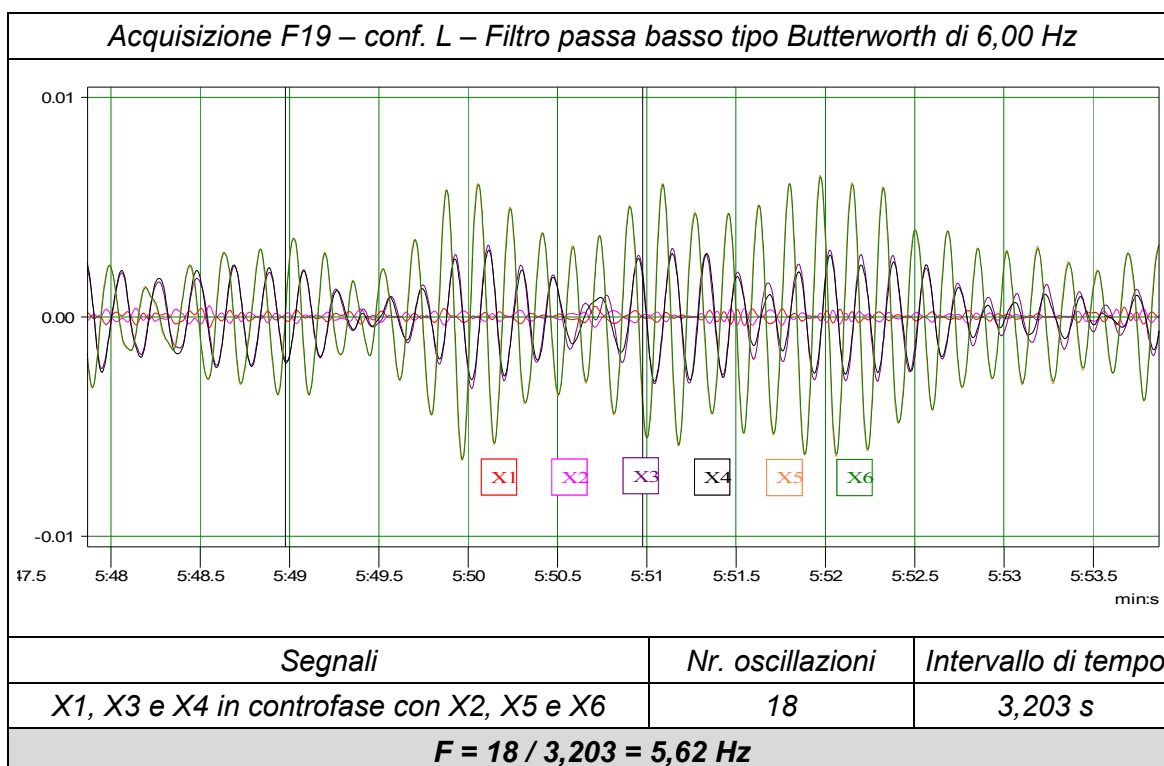
In ascissa è riportato il tempo in minuti ed in ordinata la velocità in mm/s.

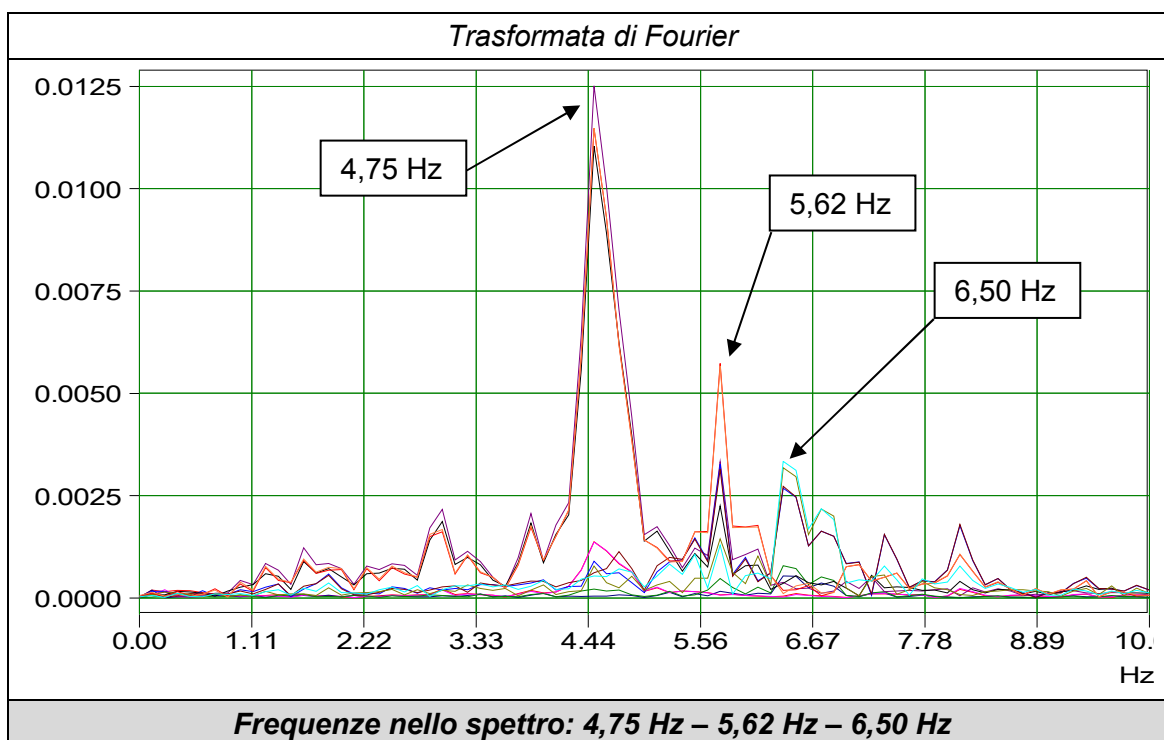


Tutte le acquisizioni sono state elaborate ed a seguire si riporta l'analisi delle frequenze per le configurazioni più significative con in evidenza le finestre temporali in cui si è rilevata la frequenza e lo spettro calcolato con la trasformata di Fourier.

I dati sono stati pre-elaborati attraverso filtri passa basso di tipo Butterworth in grado di isolare le frequenze ricercate depurandole dalle frequenze di ordine superiore.



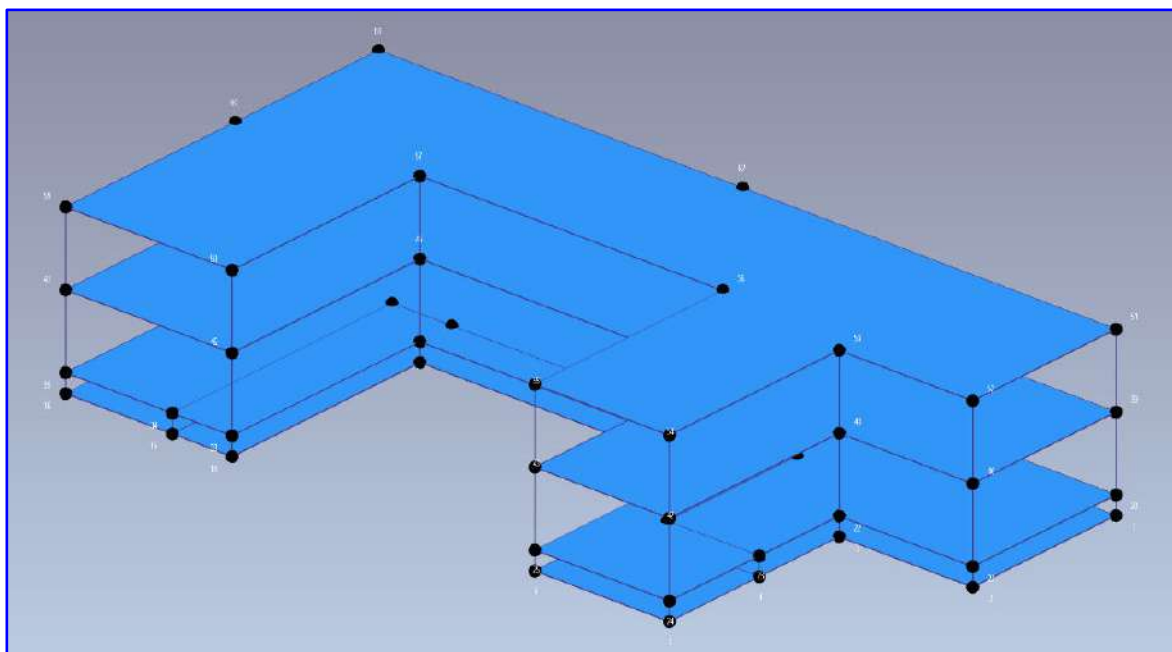




4.5. Analisi con modello geometrico

Si è eseguito un modello dinamico geometrico trattato con tecnica EFDD, che consente di utilizzare contemporaneamente i segnali ricavati da tutte le diverse posizioni. Questo metodo, oltre a verificare i risultati ottenuti dall'analisi diretta dei segnali, consente di individuare le forme modali.

Il modello geometrico della struttura è costituito da 62 nodi collegati tra loro con linee e superfici. A tale modello sono poi stati assegnati i segnali acquisiti in campo.

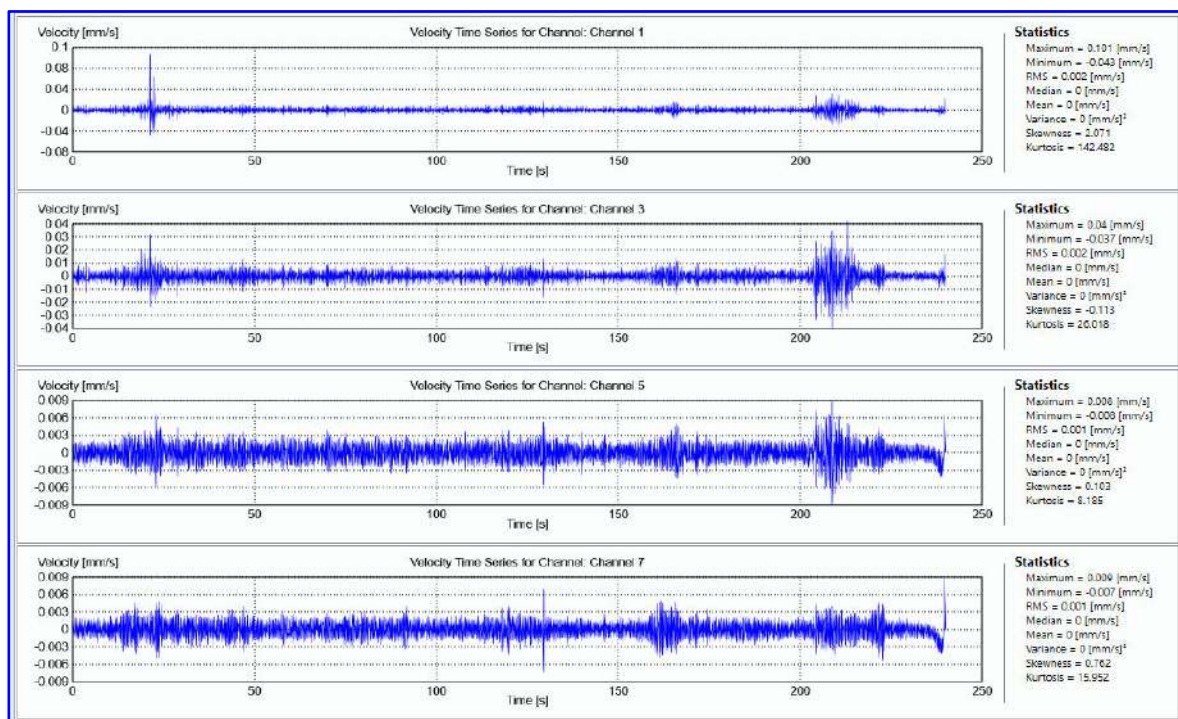


Modello geometrico del fabbricato

L'identificazione strutturale avviene mediante tecnica EFDD – Enhanced Frequency Domain Decomposition, che si basa sui seguenti processi:

- decomposizione ai valori singolari, SVD, della matrice spettrale del segnale;
- ottenimento delle curve SVD nel dominio delle frequenze;
- ricerca dei picchi di intensità mediante tecnica pick-picking corrispondenti ai singoli gradi di libertà del sistema (SDOF – Single Degree of Freedom);
- ottenimento della funzione di autocorrelazione per ogni grado di libertà;
- trasformazione nel dominio del tempo di ciascuna funzione di autocorrelazione attraverso trasformata di Fourier inversa (IFFT), stima della frequenza propria mediante misura dei periodi e dello smorzamento associato mediante calcolo del decremento logaritmico.

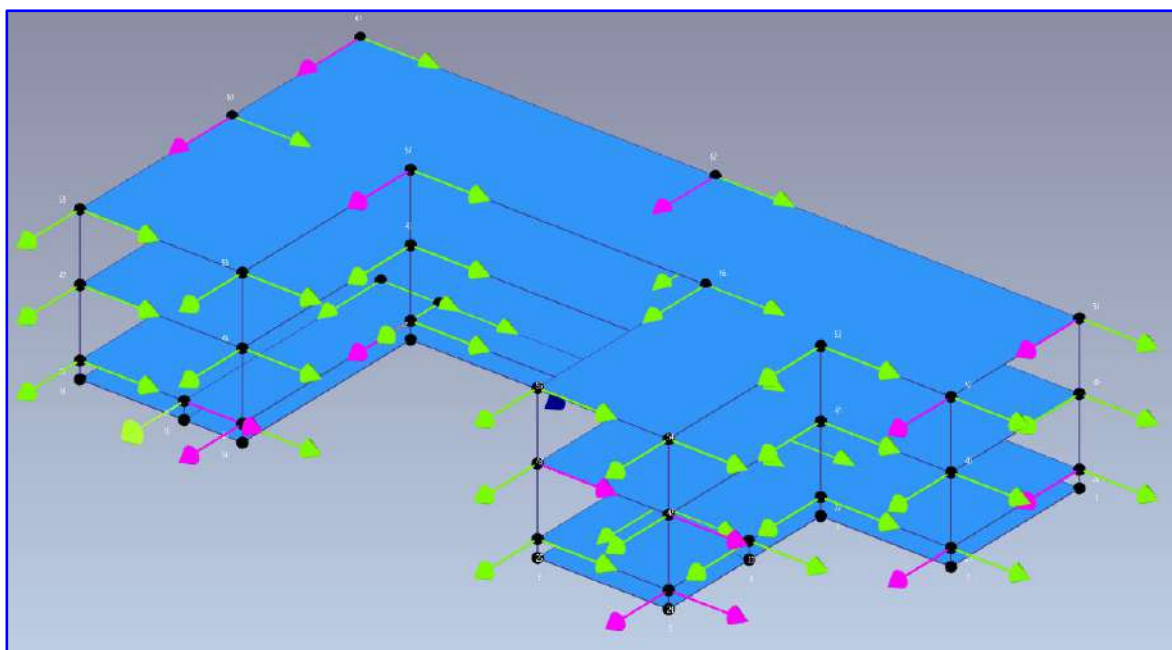
Di seguito si riportano i passaggi salienti dell'analisi modale operativa EFDD e le time-series relative agli accelerometri in una configurazione di esempio.



Time-series – File 1 – alcuni segnali lungo l'asse x

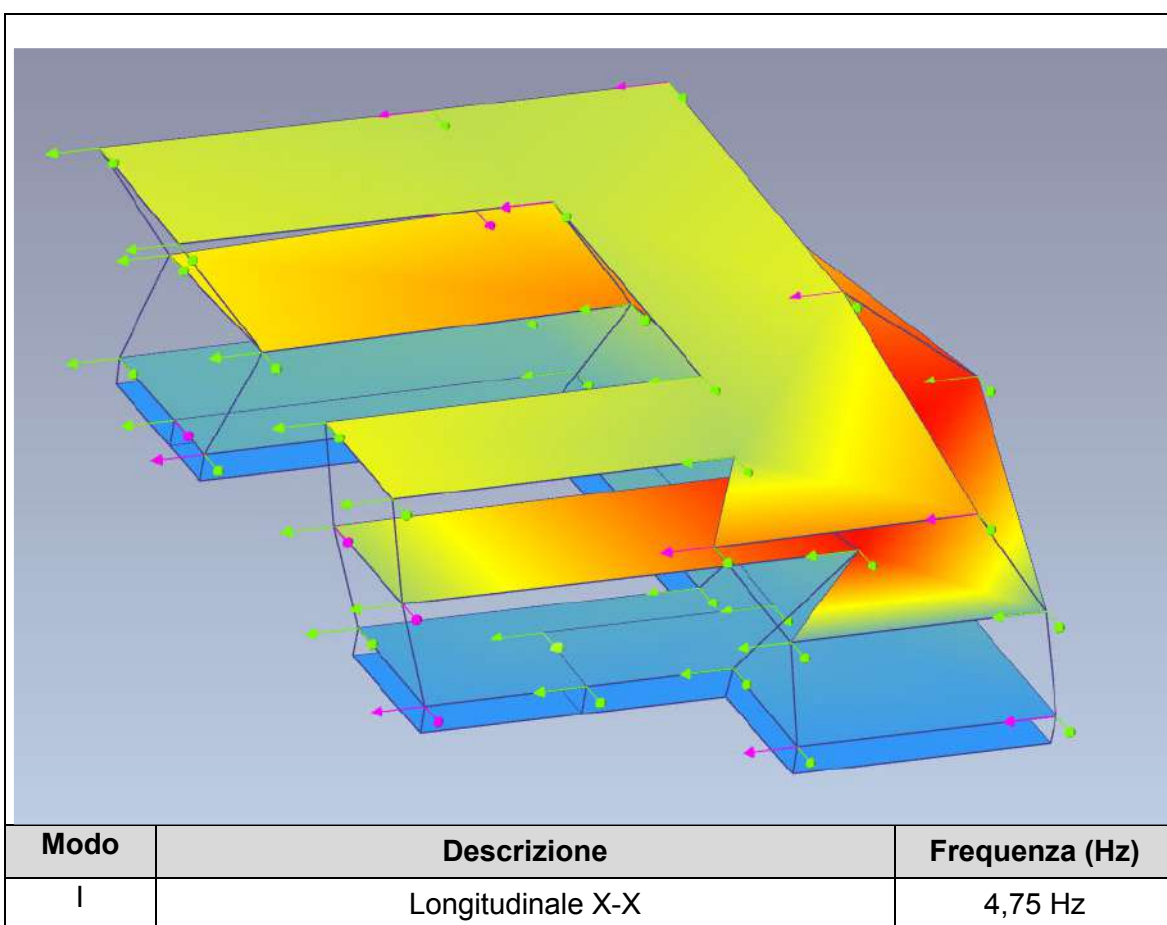
Nel modello geometrico sono state introdotte le time-series derivanti dai sensori per le 10 configurazioni, da A a L.

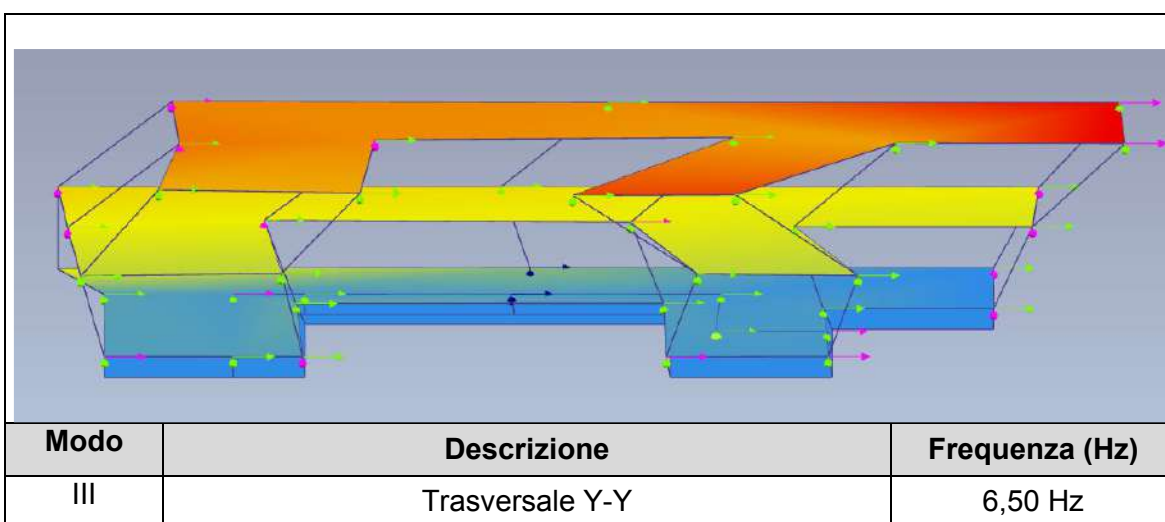
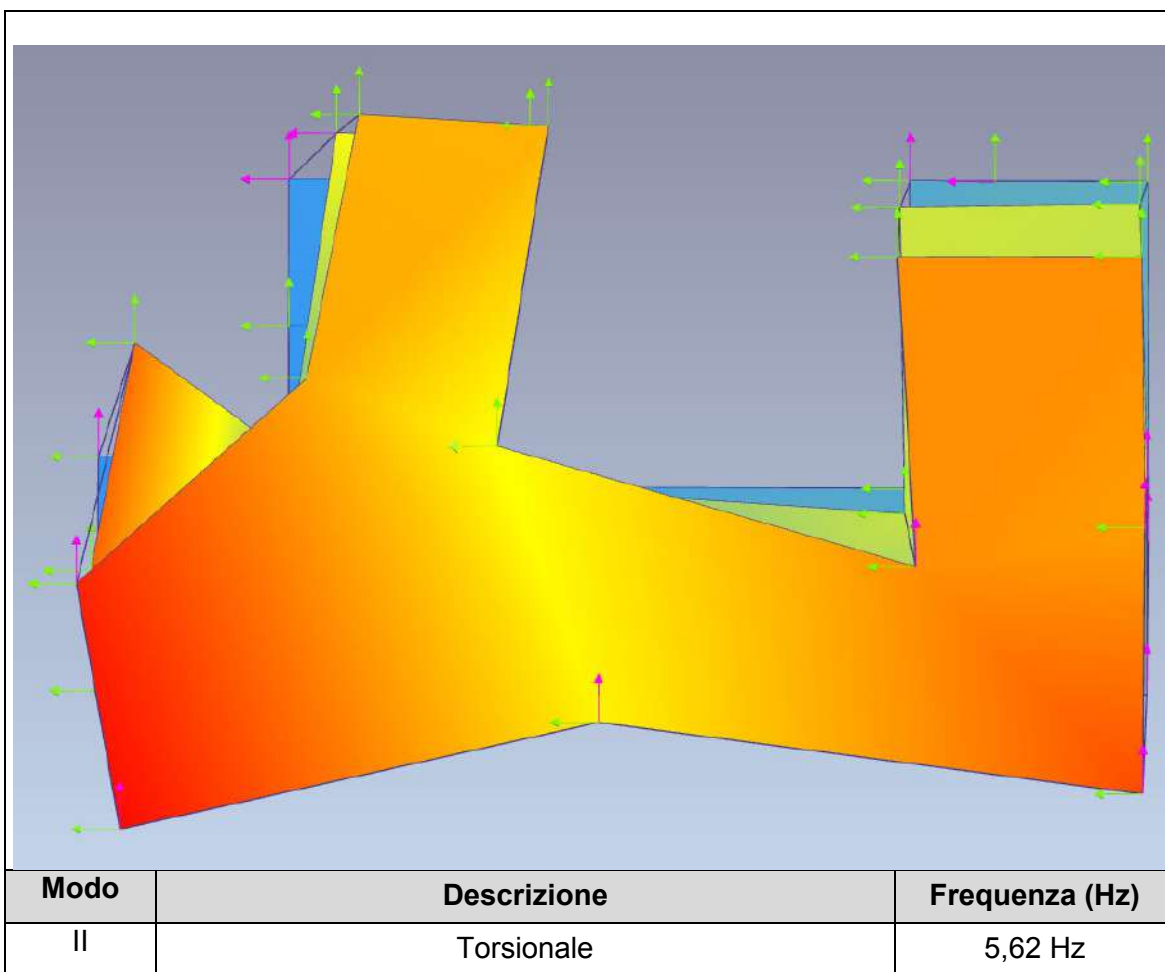
Tutti i segnali acquisiti vengono sincronizzati virtualmente, attraverso la tecnica EFDD.



Modello geometrico con punti di misura

Dall'elaborazione effettuata secondo la tecnica descritta si ricava lo spettro sul quale si individuano i picchi corrispondenti alle frequenze proprie.





4.6. Tabella riepilogativa dei risultati

L'analisi delle fasi del segnale oscillatorio nel dominio del tempo ha permesso di individuare le forme modali tramite la corrispondenza di fase e frequenza tra le varie parti dell'edificio; il modello dinamico ha poi confermato tali frequenze e identificato le forme modali.

Di seguito è riportata una tabella riassuntiva delle frequenze individuate con la suddivisione percentuale delle ampiezze oscillatorie relative alle frequenze rilevate, suddivise nei due assi X e Y, calcolate sulla base dell'ampiezza media di tutti i punti misurati:

DISTRIBUZIONE ASSIALE DELLE AMPIEZZE DI OSCILLAZIONE				
Modo	Forma modale	Frequenza [Hz]	Distribuzione assiale	
			a_x [%]	a_y [%]
I	Longitudinale X-X	4,75	88%	12%
II	Torsionale	5,62	76%	24%
III	Trasversale Y-Y	6,50	10%	90%

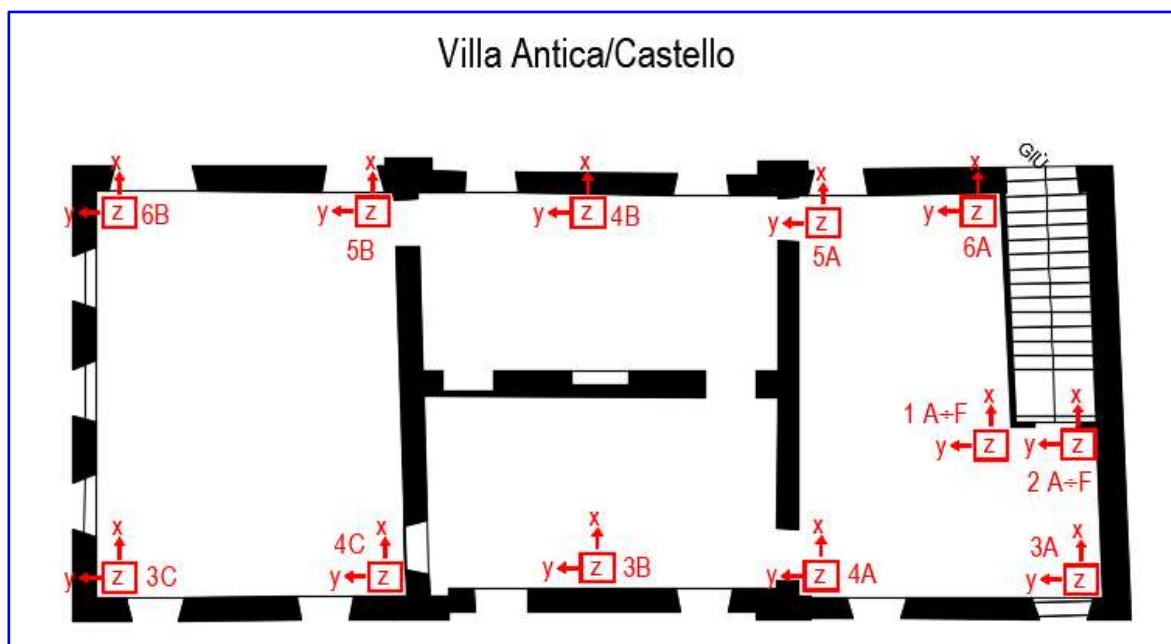
5. CARATTERIZZAZIONE “VILLINO SVIZZERO” – PROVA N°10071-B/TO

5.1. Posizioni degli strumenti

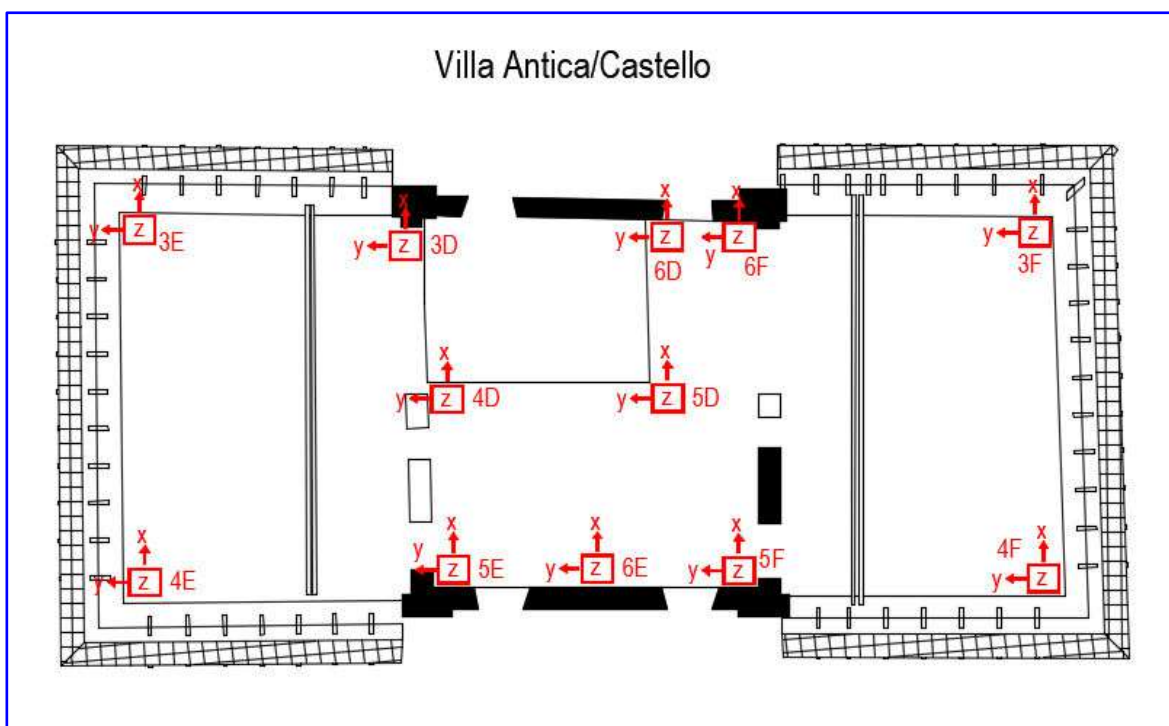
Utilizzando 6 strumenti sono state eseguite 6 differenti configurazioni di posizionamento, così distribuite: tre al piano terreno e tre al piano primo/sottotetto.

Per ogni configurazione due strumenti, quelli numerati **1** e **2**, rimangono fissi mentre vengono via via spostati gli altri, posizionandoli in prossimità dei nodi strutturali. Questa metodologia permette, attraverso delle speciali elaborazioni software, una sincronizzazione virtuale che simula la contemporaneità di rilievo in 24 diverse posizioni.

Di seguito si riportano gli schemi con in evidenza tutti i punti posti a misura.



Posizione dei Microsismic nelle configurazioni A, B, e C al piano terreno



Posizione dei Microsismic nelle configurazioni D, E ed F al piano primo/sottotetto

Di seguito si riportano alcune fotografie dei Microsismic nelle varie configurazioni.



I Microsismic fissi n°1 e n°2 nelle configurazioni A-F



Microsismic nella configurazione A



Microsismic nella configurazione D



Microsismic nella configurazione E

5.2. Acquisizione dei dati

Il campionamento dei dati è stato di 512 Hz. Per ogni singola configurazione sono stati acquisiti due file, la cui denominazione e durata sono riportate nella tabella seguente:

Configurazioni	File	Campionamento	Durata acquisizione
A	F1	512 Hz	4 min
	F2		
B	F3	512 Hz	4 min
	F4		
C	F5	512 Hz	4 min
	F6		
D	F7	512 Hz	4 min
	F8		
E	F9	512 Hz	4 min
	F10		
F	F11	512 Hz	4 min
	F12		

Durante l'acquisizione dei dati il 14 settembre la temperatura media esterna era di 21 °C. Sulla base del rapporto campionamento / numero di campioni si raggiunge una precisione di $\pm 0,01$ Hz nella valutazione delle frequenze proprie.

5.3. Analisi ed elaborazione dei dati

Per rilevare le frequenze proprie e le forme modali del fabbricato i dati acquisiti in campo sono stati analizzati mediante due modalità di elaborazione.

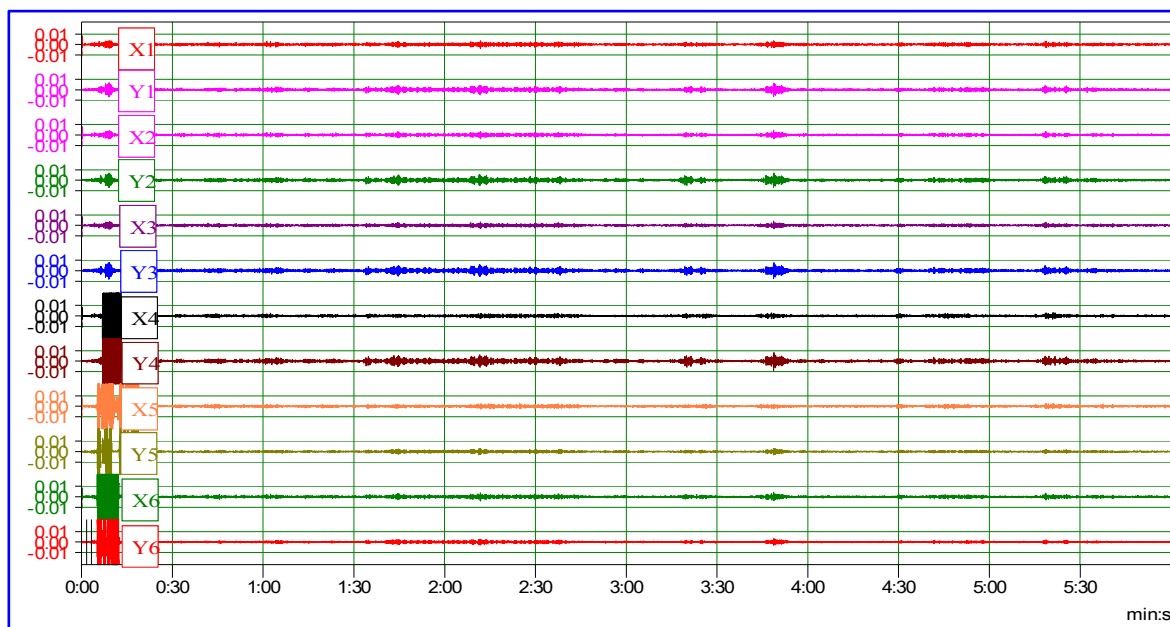
La prima prevede l'analisi delle frequenze direttamente nel dominio dei tempi, consentendo, attraverso opportuni filtri passa basso, di ottenere un segnale pulito all'interno del campo di frequenze ricercato e di conseguenza misurare il "periodo" con una precisione di $\pm 0,001$ secondi.

In seconda analisi si procede alla realizzazione di un modello geometrico dinamico che elaborando tutti i segnali ricavati in punti diversi della struttura, determina il comportamento modale individuandone le forme corrispondenti alle frequenze libere rilevate.

5.4. Analisi mediante oscillogrammi

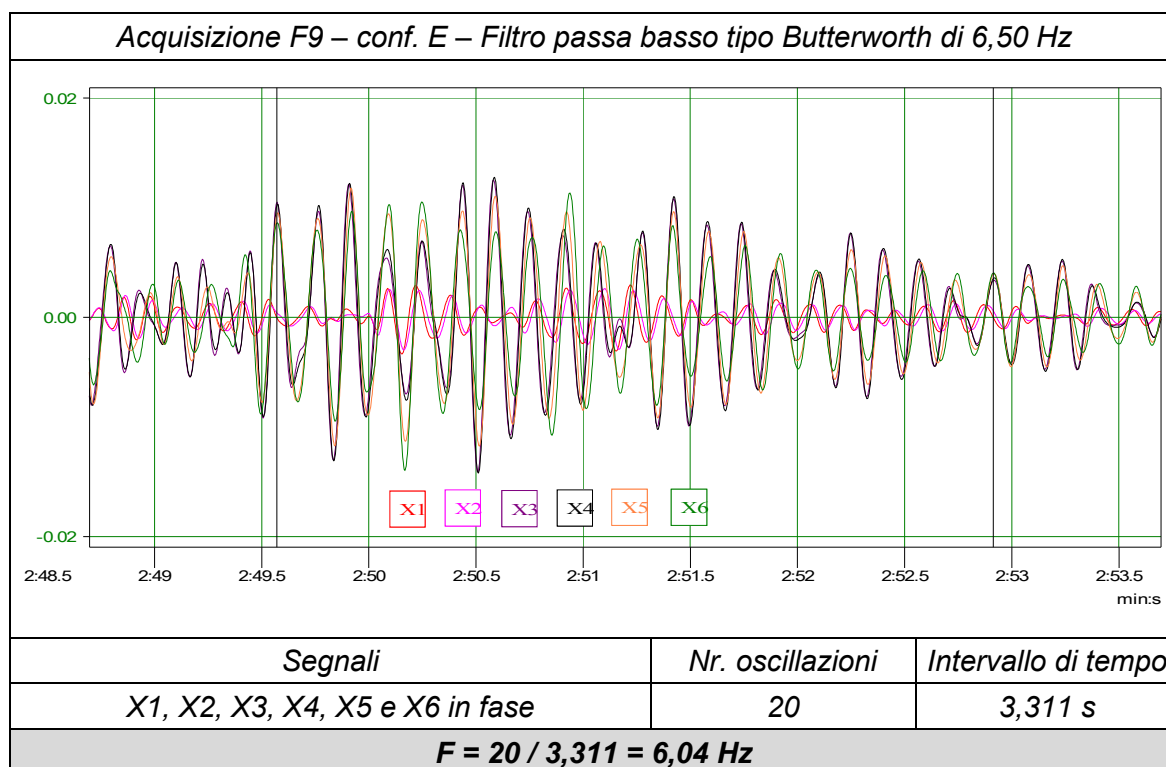
Nel grafico seguente si riporta a titolo d'esempio l'oscillogramma di 12 sensori lungo X e Y nell'acquisizione F1 per la Configurazione A.

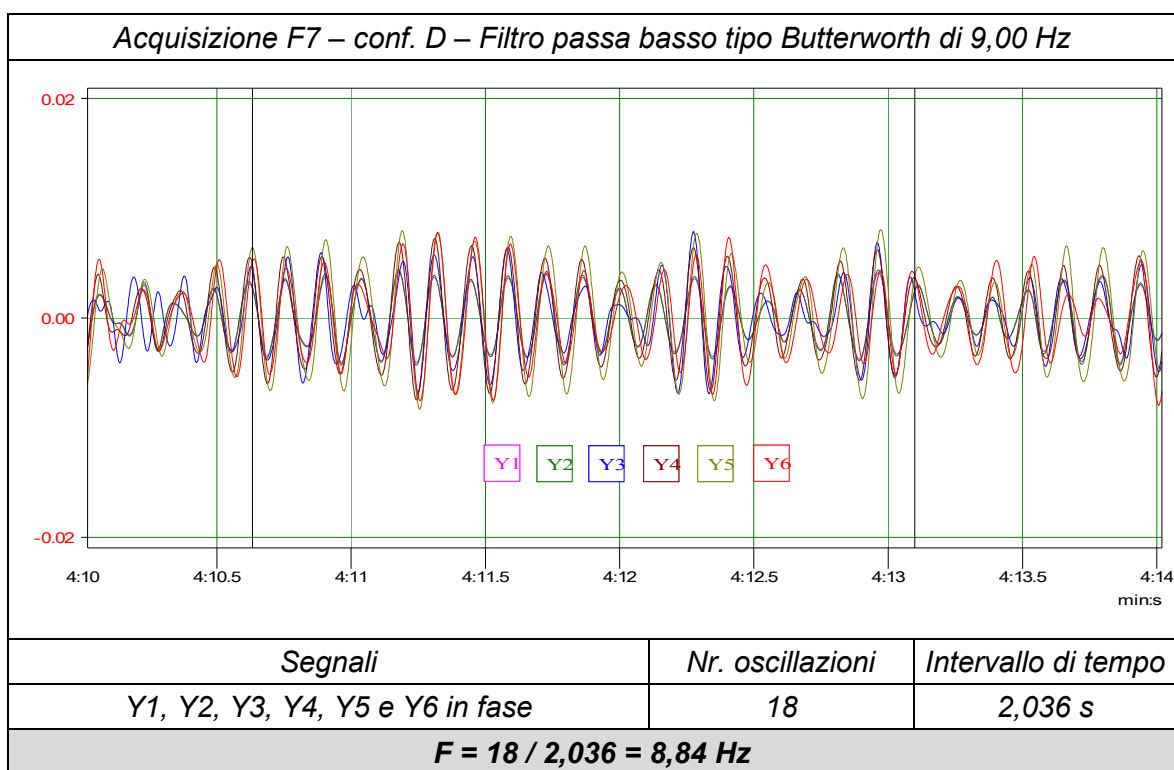
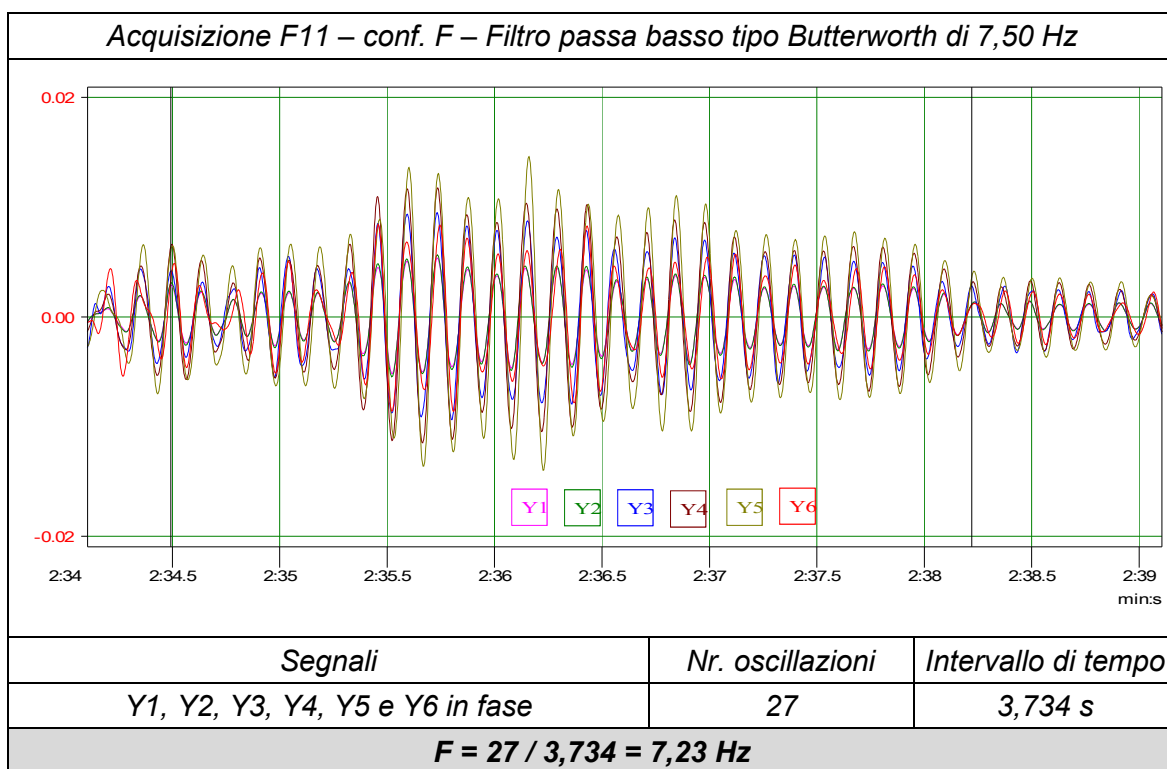
In ascissa è riportato il tempo in minuti ed in ordinata la velocità in mm/s.

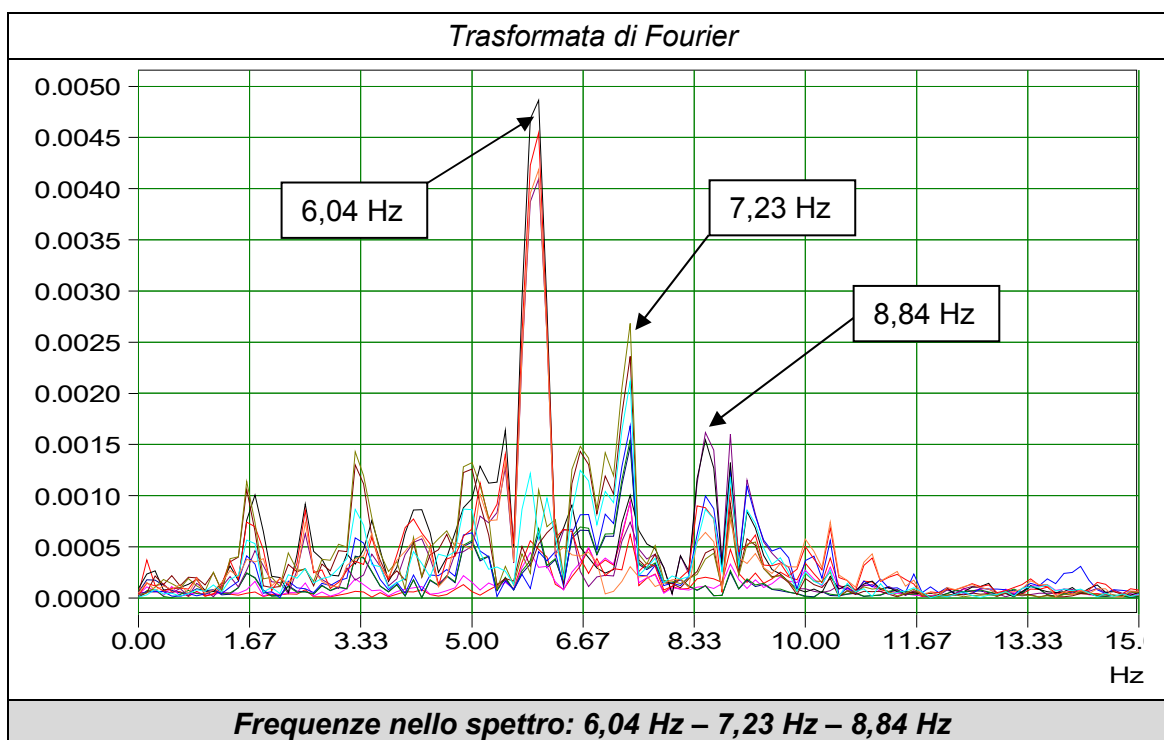


Tutte le acquisizioni sono state elaborate ed a seguire si riporta l'analisi delle frequenze per le configurazioni più significative con in evidenza le finestre temporali in cui si è rilevata la frequenza e lo spettro calcolato con la trasformata di Fourier.

I dati sono stati pre-elaborati attraverso filtri passa basso di tipo Butterworth in grado di isolare le frequenze ricercate depurandole dalle frequenze di ordine superiore.



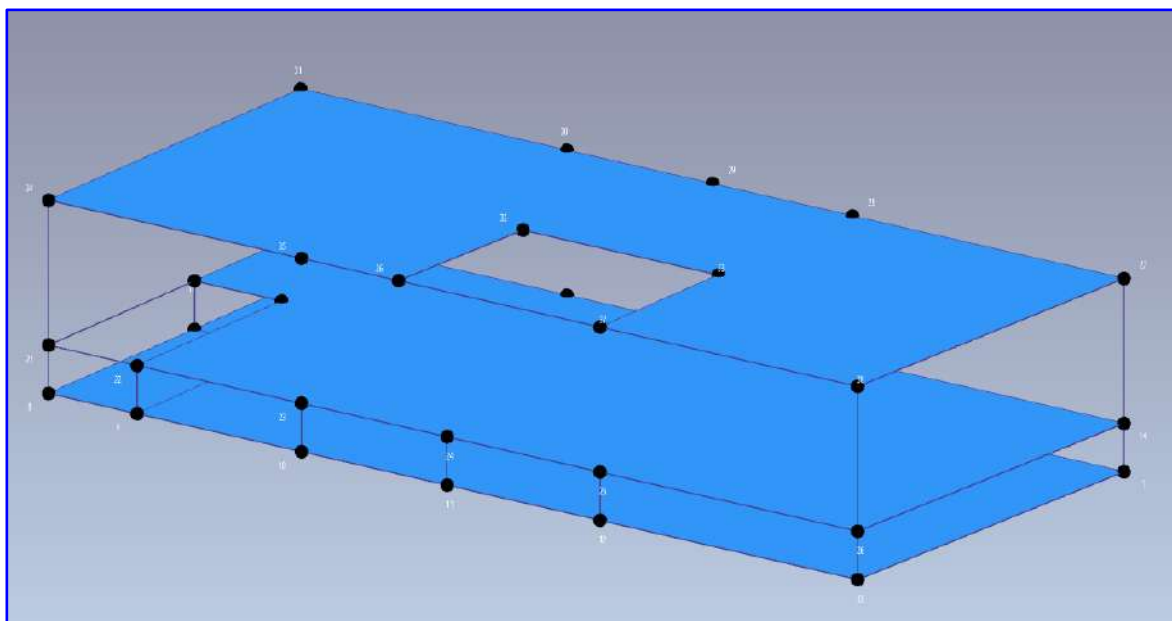




5.5. Analisi con modello geometrico

Si è eseguito un modello dinamico geometrico trattato con tecnica EFDD, che consente di utilizzare contemporaneamente i segnali ricavati da tutte le diverse posizioni. Questo metodo, oltre a verificare i risultati ottenuti dall'analisi diretta dei segnali, consente di individuare le forme modali.

Il modello geometrico della struttura è costituito da 38 nodi collegati tra loro con linee e superfici. A tale modello sono poi stati assegnati i segnali acquisiti in campo.

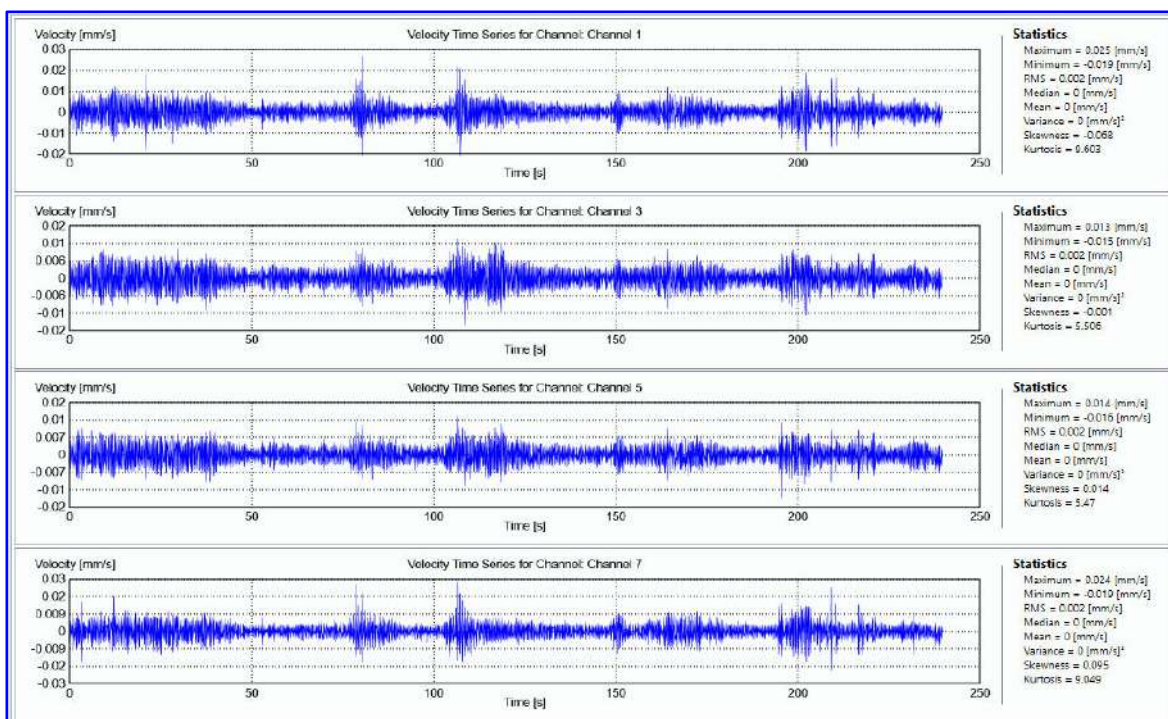


Modello geometrico del fabbricato

L'identificazione strutturale avviene mediante tecnica EFDD – Enhanced Frequency Domain Decomposition, che si basa sui seguenti processi:

- decomposizione ai valori singolari, SVD, della matrice spettrale del segnale;
- ottenimento delle curve SVD nel dominio delle frequenze;
- ricerca dei picchi di intensità mediante tecnica pick-picking corrispondenti ai singoli gradi di libertà del sistema (SDOF – Single Degree of Freedom);
- ottenimento della funzione di autocorrelazione per ogni grado di libertà;
- trasformazione nel dominio del tempo di ciascuna funzione di autocorrelazione attraverso trasformata di Fourier inversa (IFFT), stima della frequenza propria mediante misura dei periodi e dello smorzamento associato mediante calcolo del decremento logaritmico.

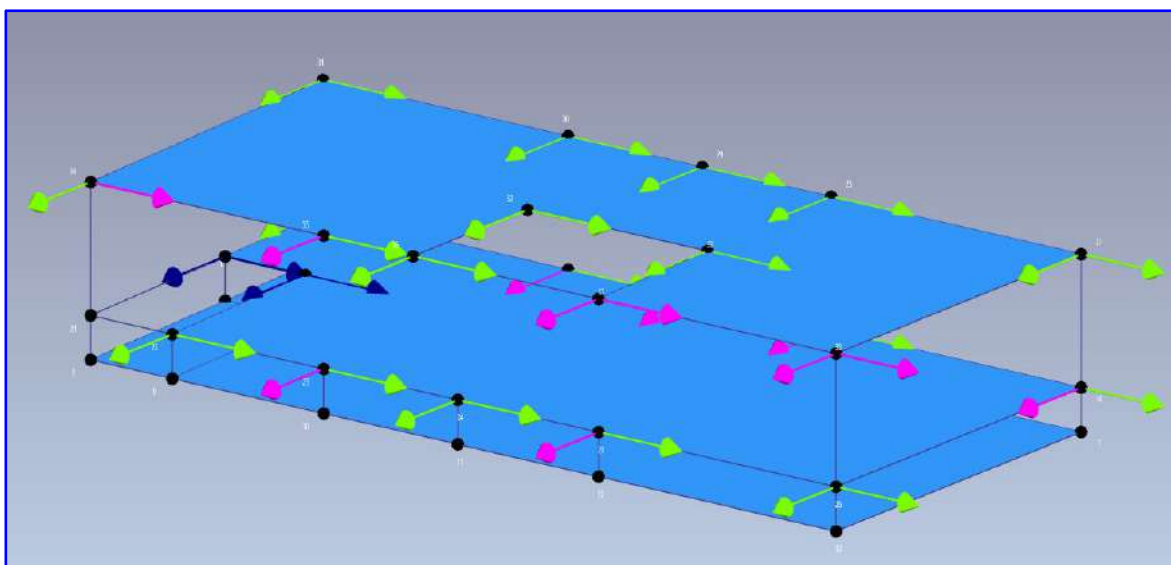
Di seguito si riportano i passaggi salienti dell'analisi modale operativa EFDD e le time-series relative agli accelerometri in una configurazione di esempio.



Time-series – File 1 – alcuni segnali lungo l'asse x

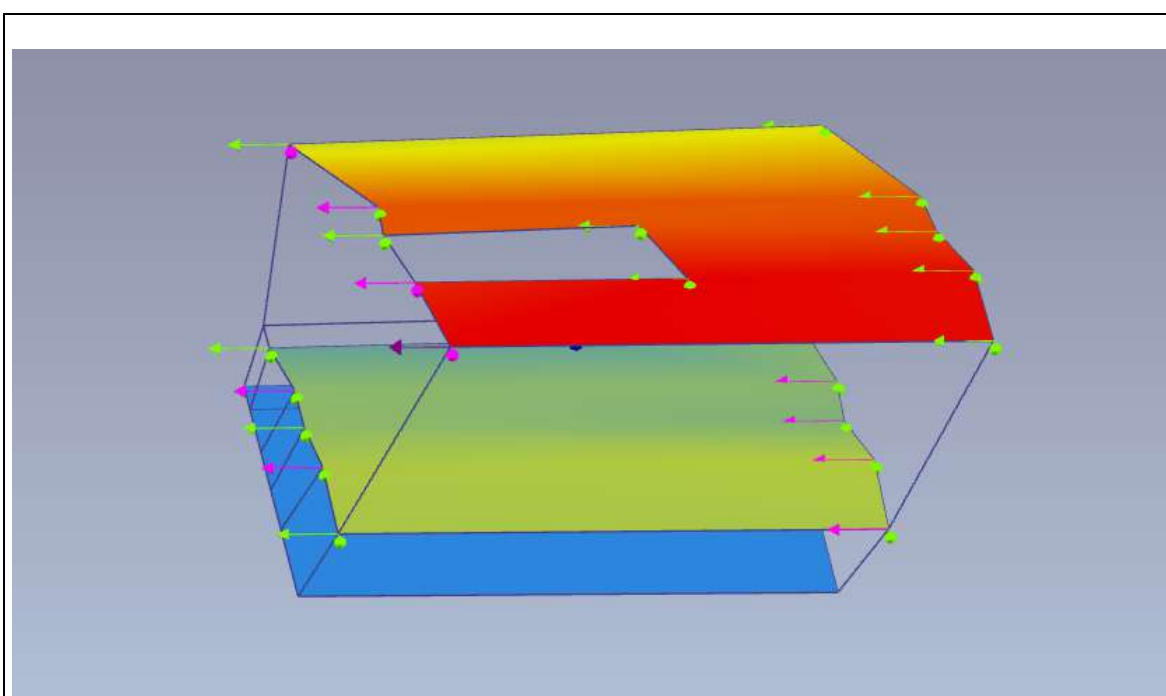
Nel modello geometrico sono state introdotte le time-series derivanti dai sensori per le 6 configurazioni, da A a F.

Tutti i segnali acquisiti vengono sincronizzati virtualmente, attraverso la tecnica EFDD.

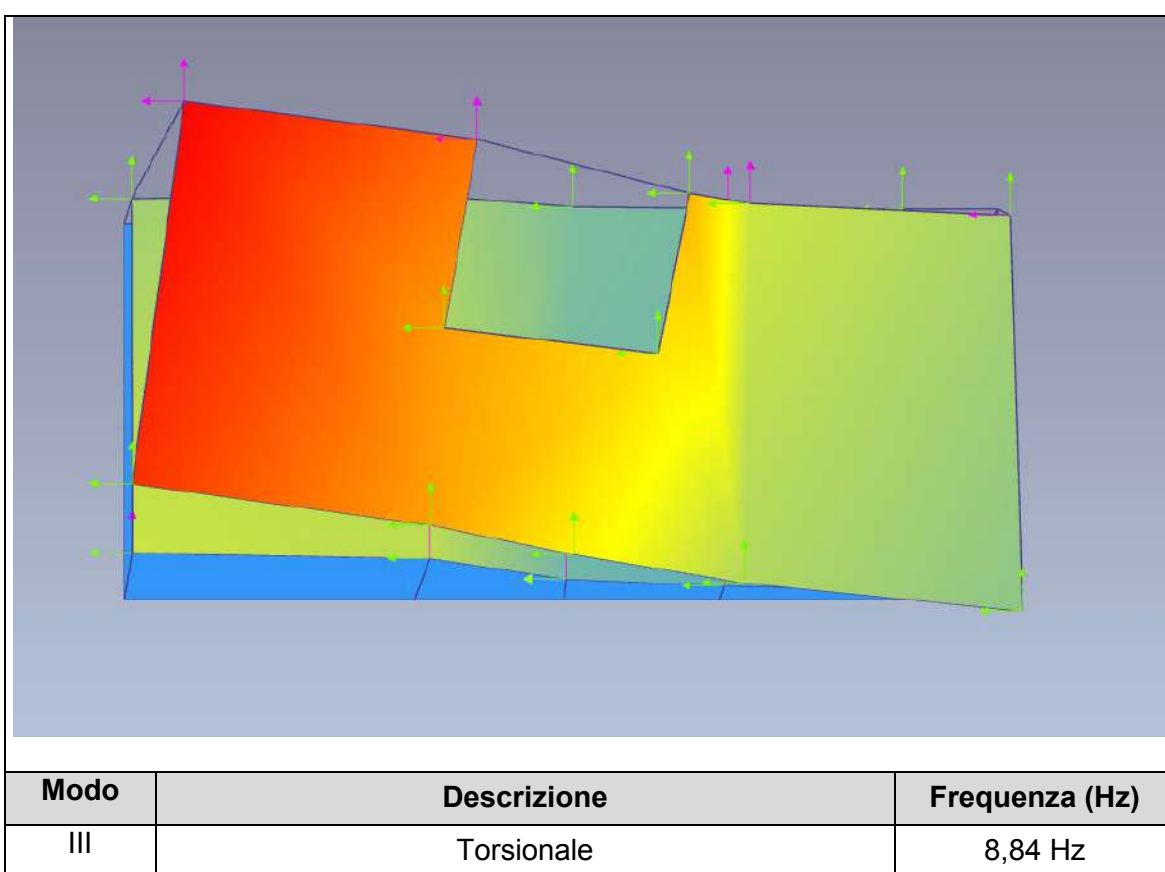
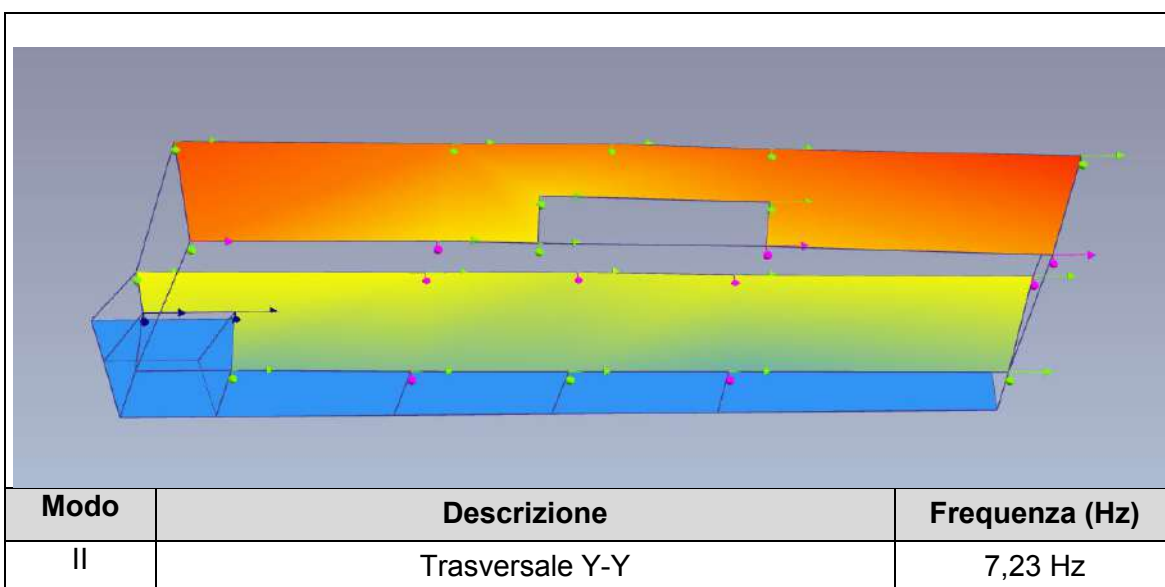


Modello geometrico con punti di misura

Dall'elaborazione effettuata secondo la tecnica descritta si ricava lo spettro sul quale si individuano i picchi corrispondenti alle frequenze proprie.



Modo	Descrizione	Frequenza (Hz)
I	Longitudinale X-X	6,04 Hz



5.6. Tabella riepilogativa dei risultati

L'analisi delle fasi del segnale oscillatorio nel dominio del tempo ha permesso di individuare le forme modali tramite la corrispondenza di fase e frequenza tra le varie parti dell'edificio; il modello dinamico ha poi confermato tali frequenze e identificato le forme modali.

Di seguito è riportata una tabella riassuntiva delle frequenze individuate con la suddivisione percentuale delle ampiezze oscillatorie relative alle frequenze rilevate, suddivise nei due assi X e Y, calcolate sulla base dell'ampiezza media di tutti i punti misurati:

DISTRIBUZIONE ASSIALE DELLE AMPIEZZE DI OSCILLAZIONE				
Modo	Forma modale	Frequenza [Hz]	Distribuzione assiale	
			a_x [%]	a_y [%]
I	Longitudinale X-X	6,04	79%	21%
II	Trasversale Y-Y	7,23	27%	73%
III	Torsionale	8,84	67%	33%

Tutti i dati riportati nella relazione sono stati ricavati dai file memorizzati durante la prova.

Torino, 29 settembre 2023

il Relatore
Ing. Fabio Macario



4 EMME Service S.p.A.
il Direttore del Centro di Torino
Arch. Alberto Capussotto



ALLEGATO IV

