



Progetto esecutivo Adeguamento sismico
Municipio di Guidizzolo (MN)

INGEA34

Studio associato di ingegneria ed architettura
Via Imre Nagy 58, 46100 – Mantova (MN)

COMMITTENTE



COMUNE DI GUIDIZZOLO

PIAZZALE MARCONI, 1

46040 – GUIDIZZOLO (MN)

INGEA34

VIA IMRE NAGY, 58

46100 – MANTOVA (MN)

PROGETTO ESECUTIVO ADEGUAMENTO SISMICO **MUNICIPIO DI GUIDIZZOLO (MN)**

R01 - RELAZIONE TECNICA GENERALE **PROGETTO ESECUTIVO**



Emissione	Data	Redatto	Controllato	Approvato
Rev. 00	09/02/2023	Mari	Mari	Mari



1. INDICE

1. INDICE	2
2. INDICE DELLE FIGURE	3
3. PREMESSA ED INDIVIDUAZIONE DELL'EDIFICIO	4
4. ANALISI STORICA E DOCUMENTAZIONE BIBLIOGRAFICA.....	7
4.1. Progetto anno 1979	8
4.2. Evoluzione del fabbricato	18
5. RILIEVO STRUTTURALE	19
5.1. Sopralluoghi preliminari	19
5.1.1. Strutture di fondazione.....	19
5.1.2. Strutture di elevazione - Piano seminterrato.....	19
5.1.1. Strutture di elevazione - Solaio I.....	20
5.1.2. Strutture verticali – Piano Rialzato e Piano Primo.....	21
5.1.1. Strutture di elevazione – Solaio II.....	22
5.1.1. Strutture di elevazione – Solaio III + sottotetto	23
5.1.2. Copertura	24
6. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI – DETTAGLI STRUTTURALI.....	26
6.1. Dati a disposizione per la verifica analitica	26
6.2. Caratterizzazione geotecnica dei suoli.....	28
7. QUADRO FESSURATIVO E STATO GENERALE DI CONSERVAZIONE	28
8. CAMPAGNA DI INDAGINI DIAGNOSTICHE	28
8.1. Riepilogo indagini e prove eseguite	28
8.2. Livello di conoscenza acquisibile.....	33
9. INTERVENTI PREVISTI	36
9.1. INTERVENTO 1: Riconfigurazioni	36
9.2. INTERVENTO 2: Ristilatura dei giunti.....	37
9.3. INTERVENTO 3: Rinforzo con la tecnica dell'intonaco armato CRM	38
9.3.1. Materiali.....	38
9.3.2. Preparazione del fondo.....	38
9.3.3. Preparazione dei componenti in fibra	39
9.3.4. Posa in opera	39
9.3.5. Finitura e protezione	40
9.4. INTERVENTO 4: Consolidamento mediante fasce di piano/cordoli in fibra.....	41
9.4.1. Materiali.....	41



9.4.2.	Preparazione del supporto	41
9.4.3.	Applicazione del sistema di rinforzo	41
9.4.4.	Ancoraggi e dettagli di estremità	42
9.5.	INTERVENTO 5: Realizzazione di nuovi muri portanti in laterizio armato.....	44
9.5.1.	Materiali.....	44
9.5.2.	Descrizione intervento – muro zona archivio.....	45
9.5.3.	Descrizione intervento muri biblioteca	46
10.	LIVELLO DI PROGETTO.....	47
11.	CRONOPROGRAMMA	47
12.	QUADRO ECONOMICO	48
13.	ALLEGATI.....	48

2. INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Vista aerea edificio	4
Figura 2: Vista Prospetto fronte Sud - Piazza Marconi	5
Figura 3: Vista Prospetto Ovest.....	5
Figura 4: Vista Prospetto Nord (retro edificio)	6
Figura 5: Stralcio PGT di Guidizzolo - Piano delle regole	7
Figura 6 piante zona seminterrato.....	9
Figura 7 immagine tavola pianta piano terra	11
Figura 8 immagine tavola pianta piano primo.....	12
Figura 9 stralcio prospetto da Piazza Marconi primi del '900	17
Figura 10: stralcio Piazza Marconi - 1972	18
Figura 11 particolare muro seminterrato in c.a.....	20
Figura 12 particolare solaio seminterrato con visibilità orditura dei solai	21
Figura 13 particolare mattoni esterni in laterizio - Piano rialzato.....	21
Figura 14: saggio 7 - M12 - muro ad angolo esterno PT.....	22
Figura 15 travi interne in acciaio solaio piano rialzato - profili affiancati HEB220	23
Figura 16 Trave in acciaio	24
Figura 17 Dettaglio attacco rialzo perimetrale sottotetto – copertura.....	25
Figura 18: saggio 26 - S5 - copertura zona sottotetto	25
Figura 19 Dettaglio orditura zona centrale copertura	26
Figura 20: Copia certificato di collaudo	27
Figura 21: Tabella riepilogativa indagini eseguite	32
Figura 22: definizione livello di conoscenza (LC) per costruzioni in muratura	34
Figura 23: riferimenti per la valutazione delle caratteristiche delle murature in base al LC	35
Figura 24: Sezione tipo intervento di ristilatura	37
Figura 25: stralcio tavola grafica esecutiva	43
Figura 26: stralcio tavola grafica esecutiva	44

3. PREMESSA ED INDIVIDUAZIONE DELL'EDIFICIO

La presente relazione tecnica generale ha lo scopo di individuare l'organismo strutturale in oggetto e gli interventi da attuarsi volti all'adeguamento sismico dell'edificio.

L'immobile in oggetto è il MUNICIPIO COMUNALE di GUIDIZZOLO, ubicato in Piazza Marconi 1 in Guidizzolo.

Le figure seguenti mostrano alcune riprese fotografiche aeree dell'edificio, per una sua corretta individuazione.



Figura 1: Vista aerea edificio



Figura 2: Vista Prospetto fronte Sud - Piazza Marconi



Figura 3: Vista Prospetto Ovest



Figura 4: Vista Prospetto Nord (retro edificio)

L'oggetto del progetto, essendo sede municipale dell'Amministrazione Comunale, è tale da rientrare negli elenchi regionali degli edifici la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, ai sensi della D.d.u.o. n. 7237 del 22 maggio 2019 *“Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali di interesse strategico e di quelle che possono assumere rilevanza per le conseguenze di un collasso in attuazione della d.g.r n. 19964 del 7 novembre 2003”*. La classificazione prevista dalla D.d.u.o. è relativa all'elenco 2, punto c **“Edifici destinati a sedi di Amministrazioni comunali”**.



Figura 5: Stralcio PGT di Guidizzolo - Piano delle regole

Ambiti di pertinenza dei servizi

- ★★★★ Servizi esistenti
- ★★★ Servizi in progetto
- Aree tecnologico-ambientali
- Servizi di atterraggio
- Piste ciclopedonali di progetto
- Piste ciclopedonali esistenti

4. ANALISI STORICA E DOCUMENTAZIONE BIBLIOGRAFICA

Sulla base della documentazione recepita è possibile ricostruire le fasi di progettazione dell'opera oggetto di studio, riassumibili come segue:

- Prima progettazione/impianto - riconducibile ai primi anni del '900: è stata realizzata l'opera a un solo piano fuori terra. La fase è stata rintracciata grazie al reperimento di foto storiche risalenti all'epoca indicata. Del progetto di questa fase non si ha documentazione tecnica relativa;
- Seconda progettazione - antecedente all'anno 1979: in questa fase è stato rialzato di un piano l'edificio. In sede di progetto esecutivo della fase successiva di progetto (descritta nel seguito) il progettista delle opere, ing. Luigi Pedrazzini, ha provveduto alla descrizione delle opere indicando la struttura composta da 2 piani fuori terra. A conferma dell'esecuzione di una sopraelevazione successiva al primo progetto, sono state reperite documentazioni fotografiche nelle quali è possibile notare come il fabbricato sia costituito da 2 piani fuori terra. Non è possibile definire la collocazione temporale esatta di esecuzione di tali opere in

quanto, come per la fase precedente di progetto, non si hanno documenti relativi a disposizione.

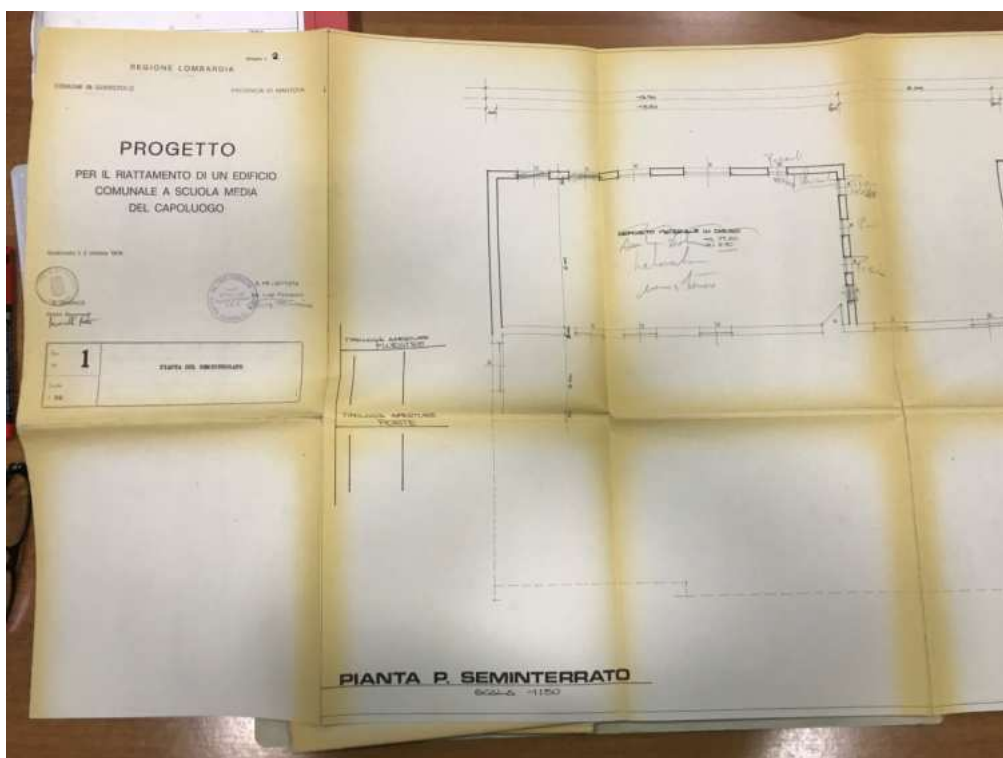
- Terza progettazione anni '79-'86: in questa terza fase sono state eseguite le opere di riattamento della struttura esistente a scuola media del capoluogo. Il progetto, a firma dell'ing. Luigi Pedrazzini, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Mantova al n. 88, è stato approvato dal Consiglio Comunale di Guidizzolo con Delibera n°94 del 23/11/1979. La relazione sul conto finale e il certificato di regolare esecuzione delle opere è stato protocollato dall'Ufficio del Genio Civile in data 18/09/1986. In questa fase sono stati realizzati 3 nuovi corpi di fabbrica sul lato Sud dell'esistente, sono state eseguite le opere di ristrutturazione delle parti ammalorate e degradate e si è provveduto al sovrizzo di un ulteriore piano del corpo principale esistente.

4.1. Progetto anno 1979

Relativamente al progetto di riattamento dell'edificio a scuola media (anno 1979) sono disponibili sia gli elaborati grafici che di contabilità. Non risultano presenti gli elaborati di calcolo.

L'elenco della documentazione significativa, con alcuni stralci, è riportato nel seguito.

- Documentazione amministrativa:
 - Relazione illustrativa a firma ing. Luigi Pedrazzini;
- Elaborati grafici:
 - Pianta seminterrato: si riportano le immagini relative all'elaborato grafico dei 3 corpi in ampliamento all'esistente



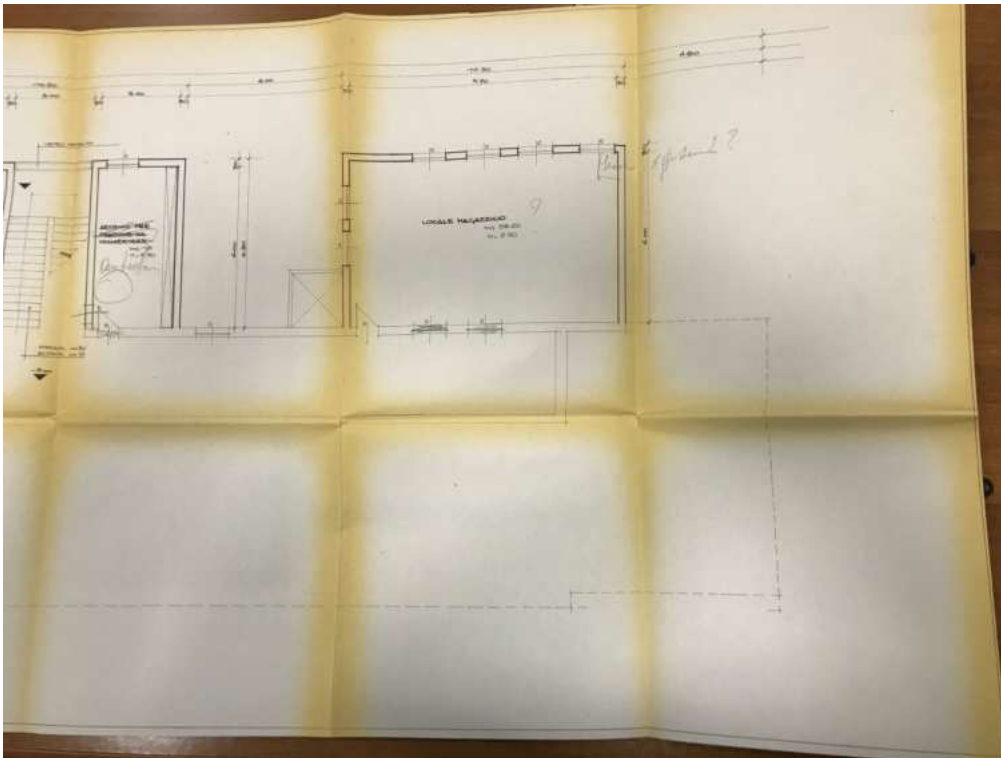
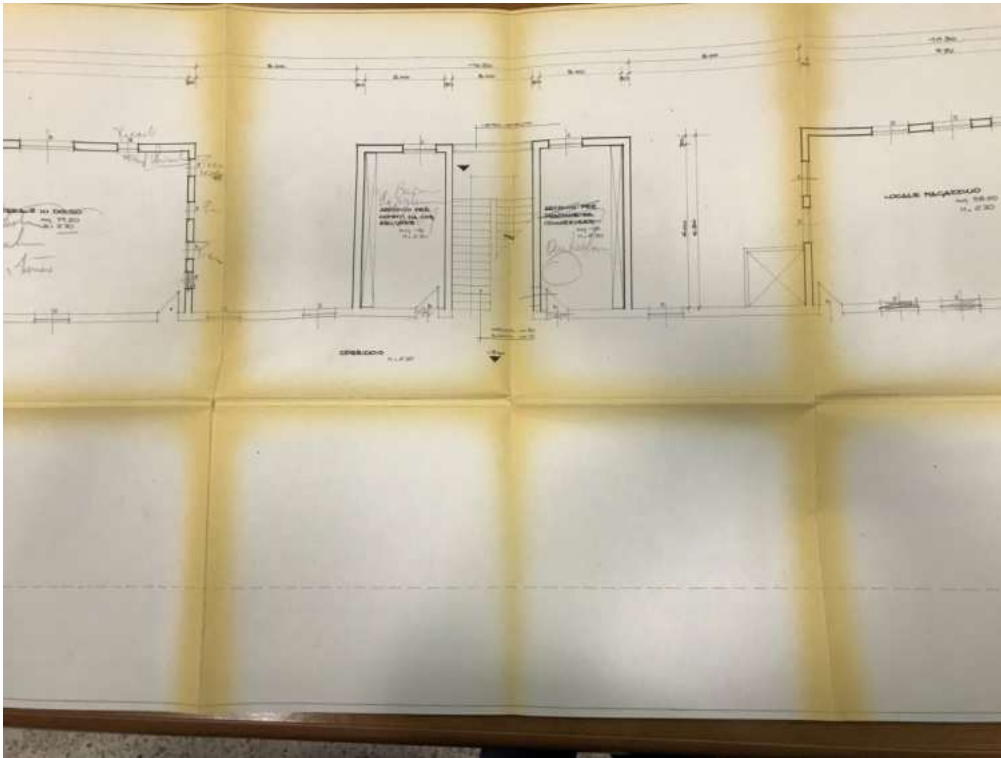
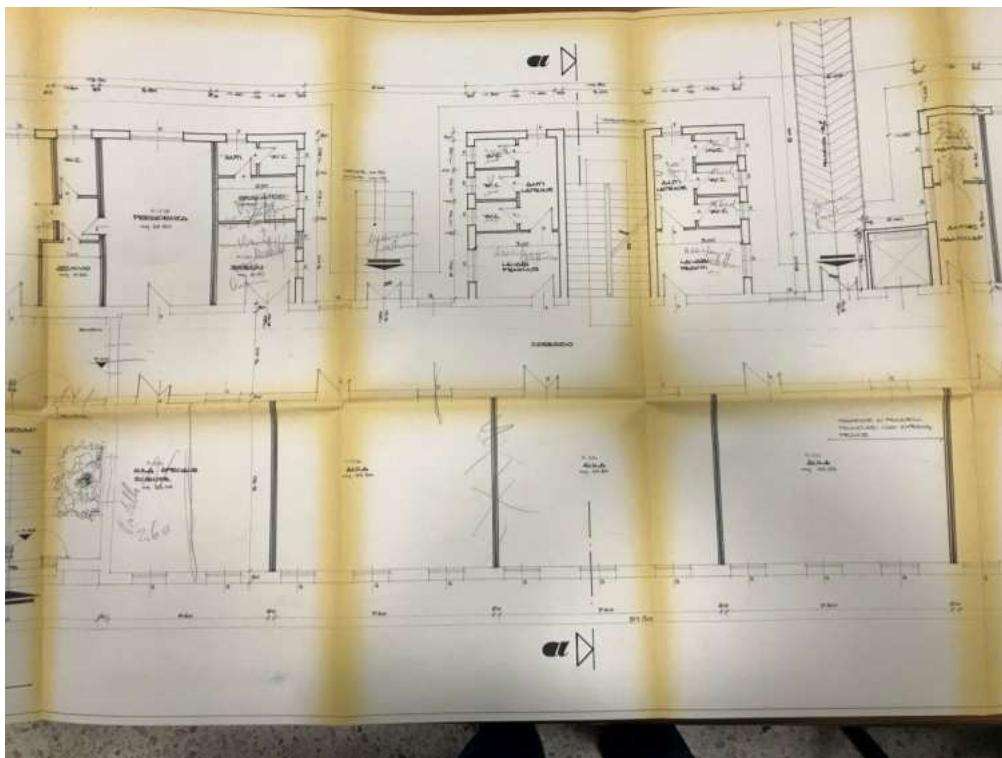
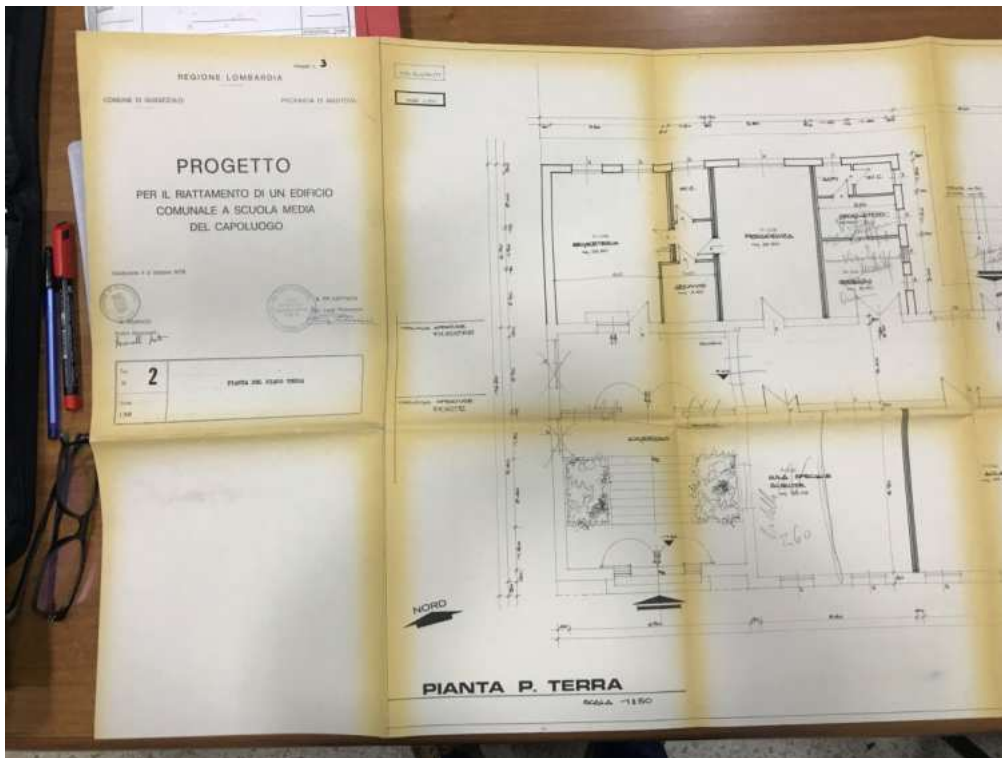


Figura 6 piante zona seminterrato

- Pianta Piano Terra – quota di riferimento +0.00: trattasi del solaio di calpestio riferito al piano della parte costruita nella prima fase della costruzione:



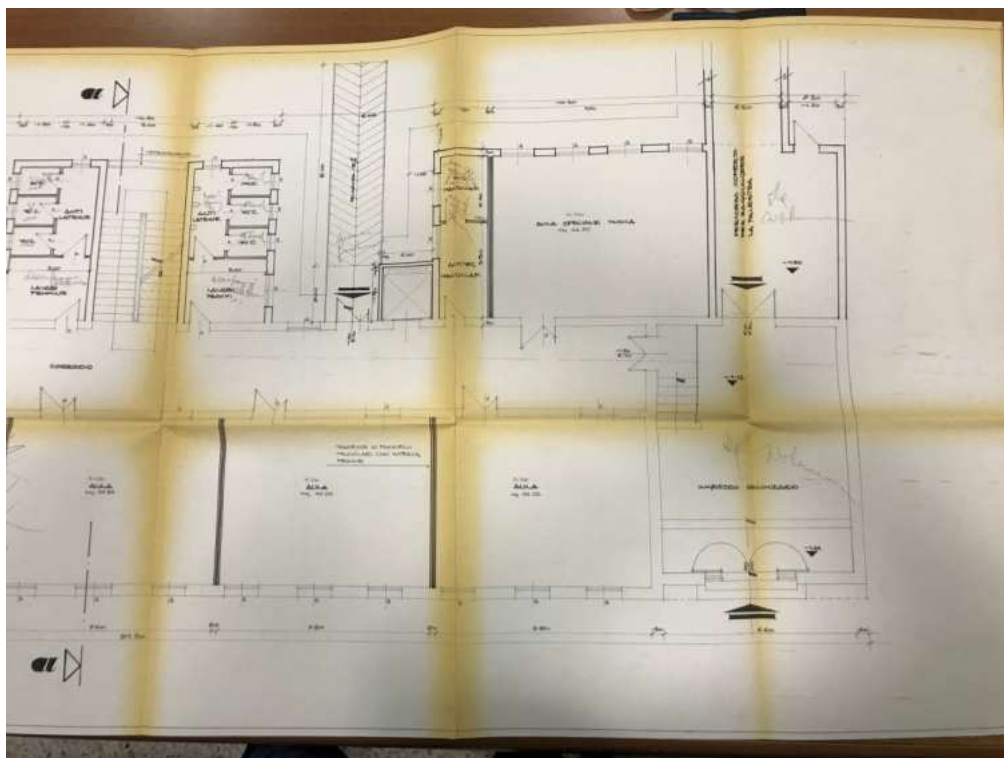
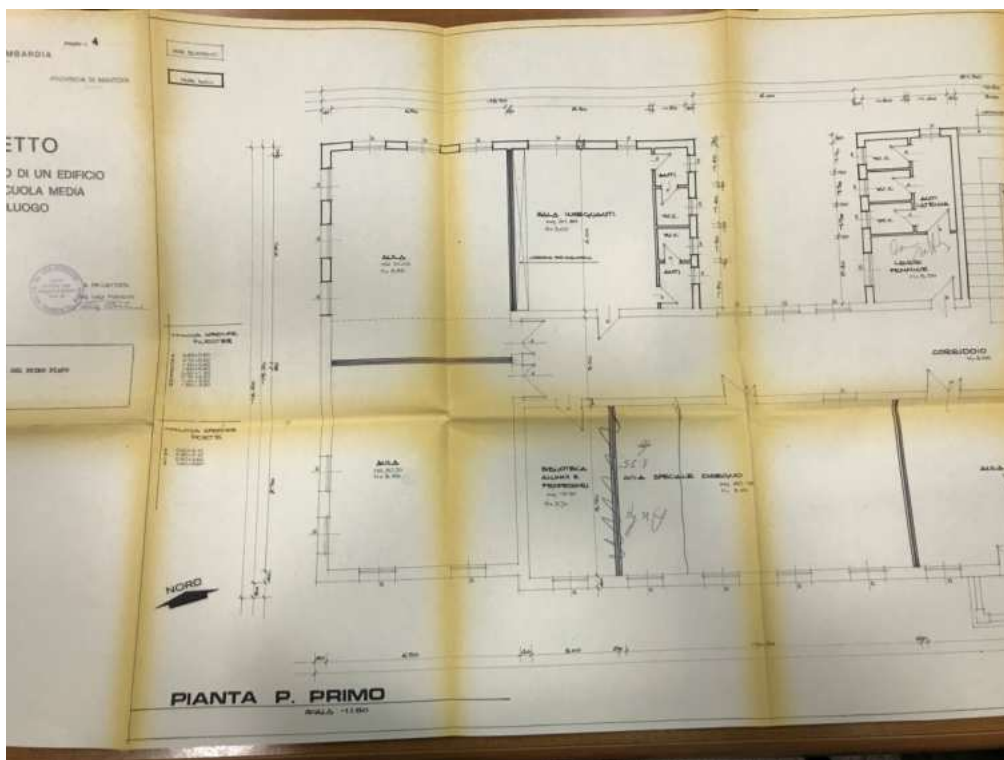


Figura 7 immagine tavola pianta piano terra

- Secondo solaio – quota +4.80: trattasi del solaio ripristinato in sede di terza fase esecutiva



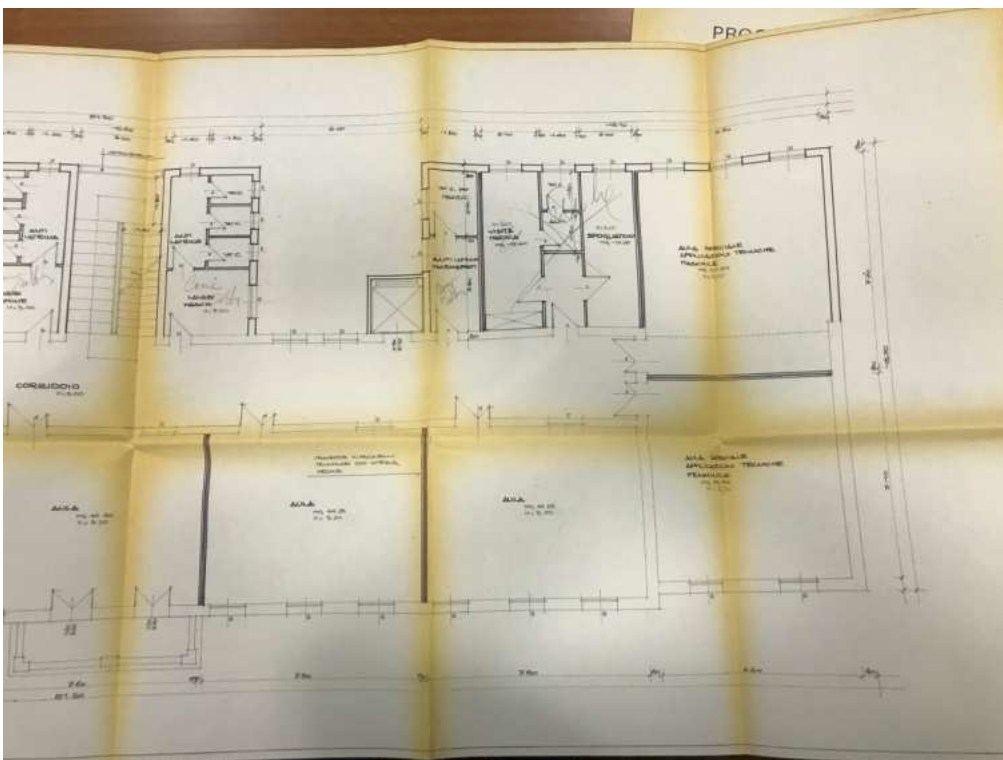
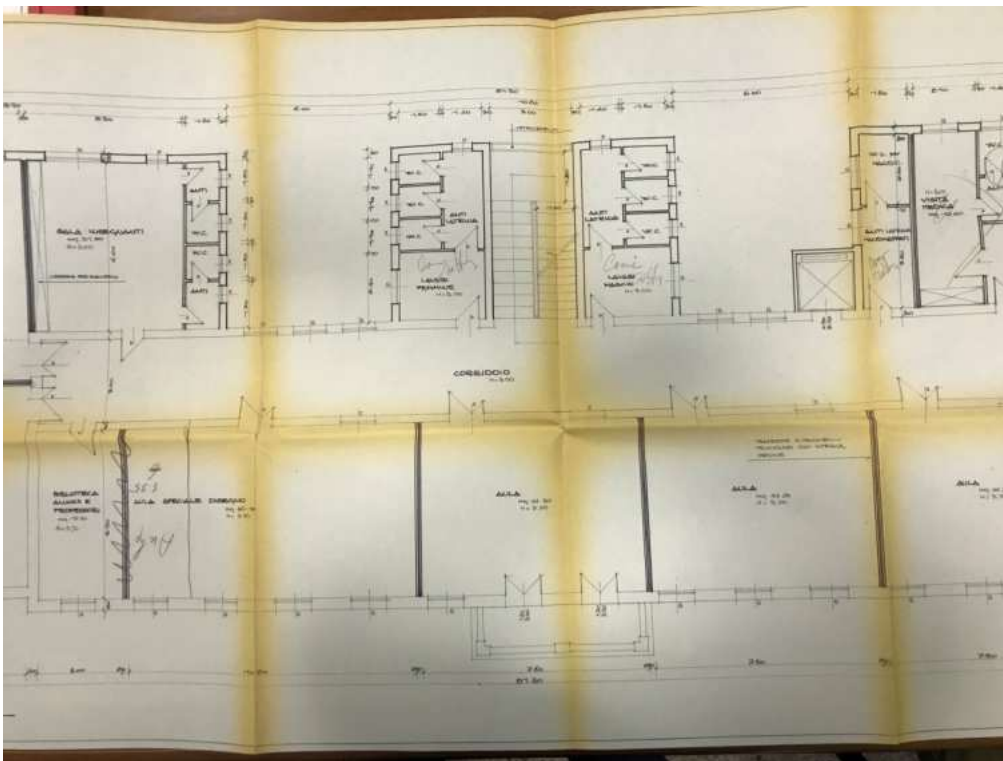
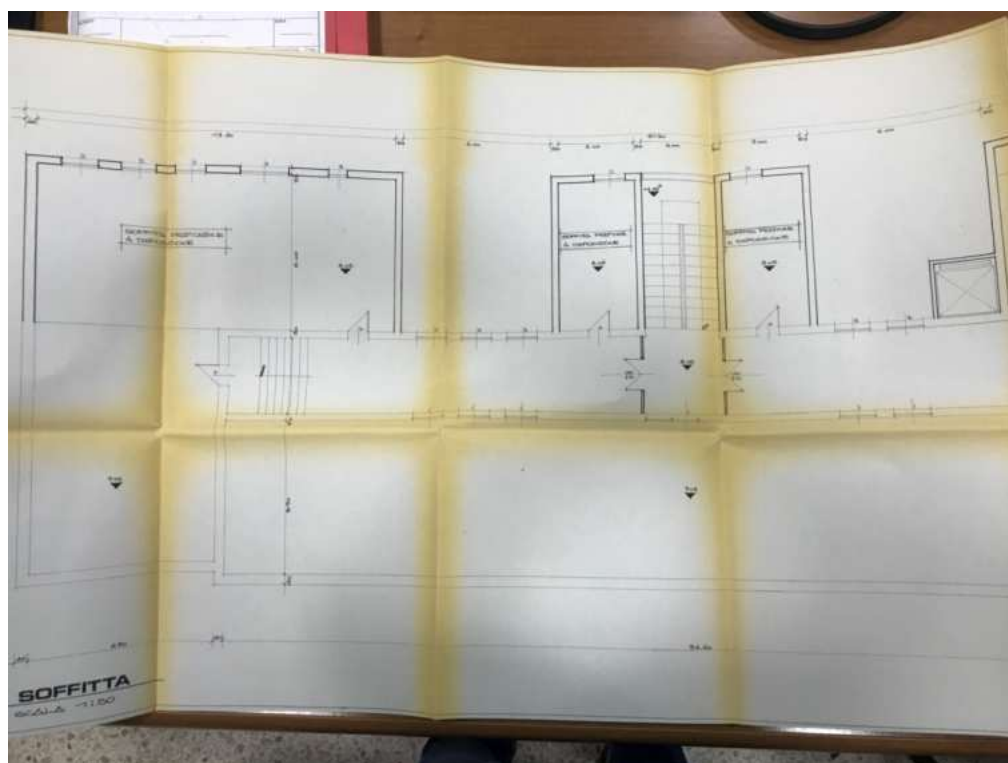
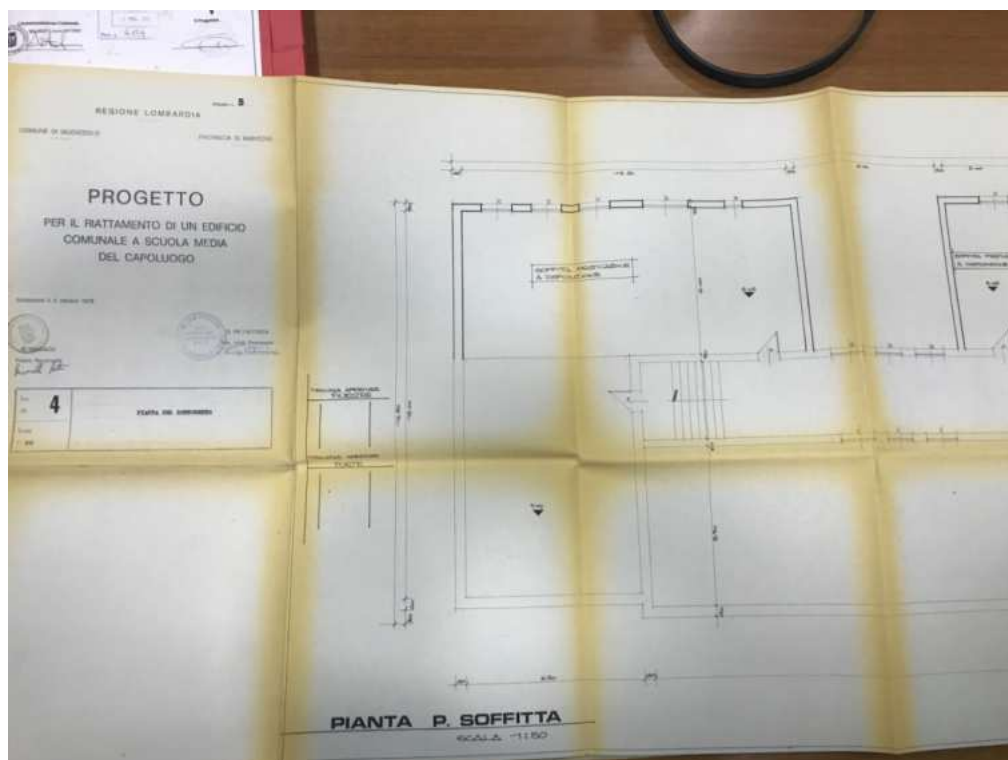
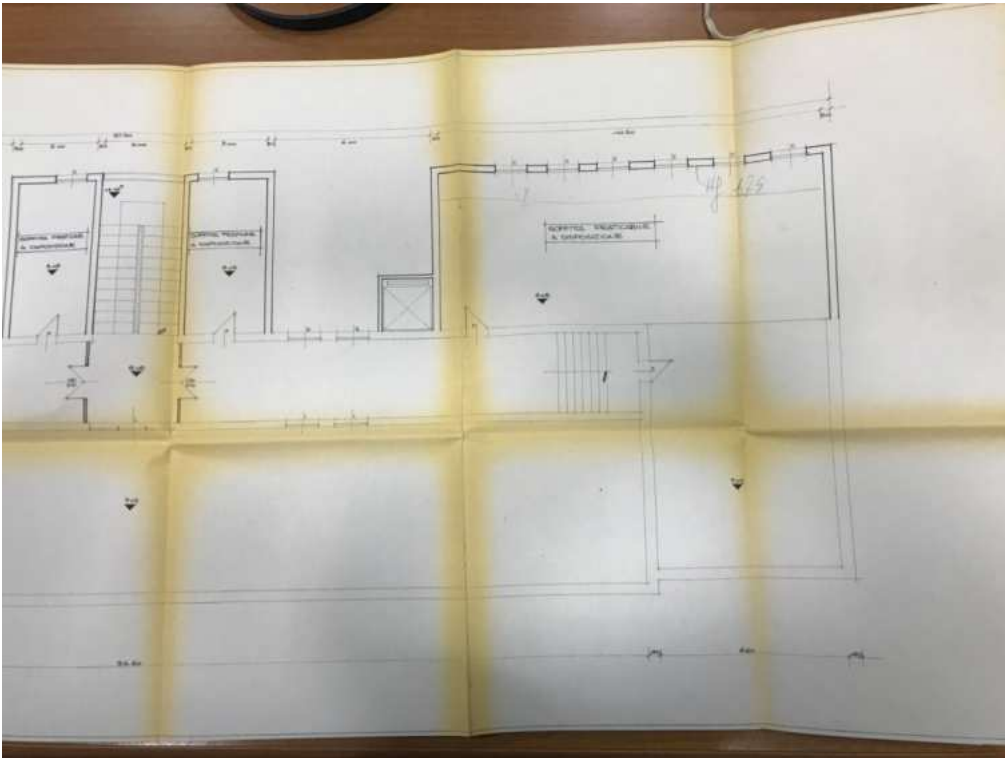


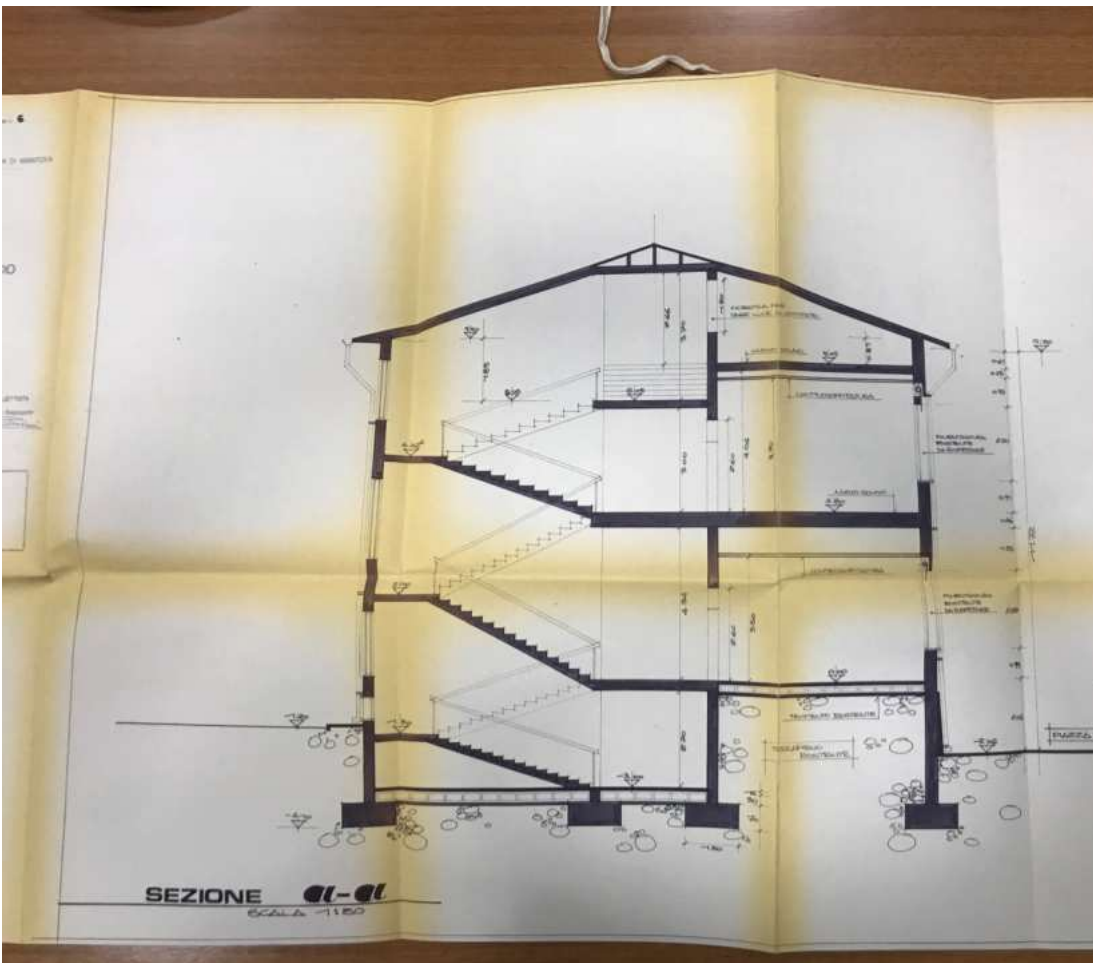
Figura 8 immagine tavola pianta piano primo

- Terzo solaio, sottotetto: rappresentata l'impalcato della copertura esistente sostituita dal nuovo solaio di sottotetto e dalla copertura interamente rifatta



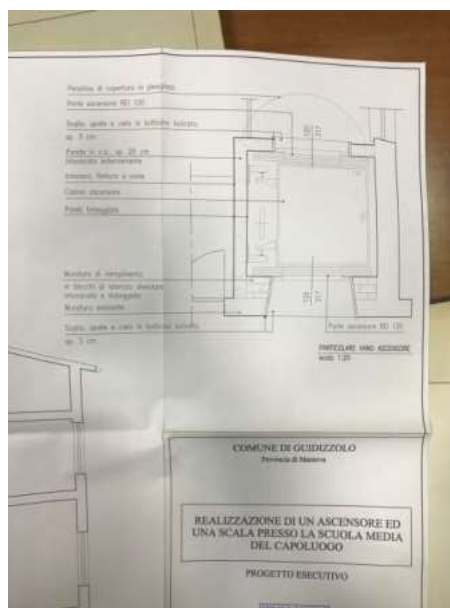
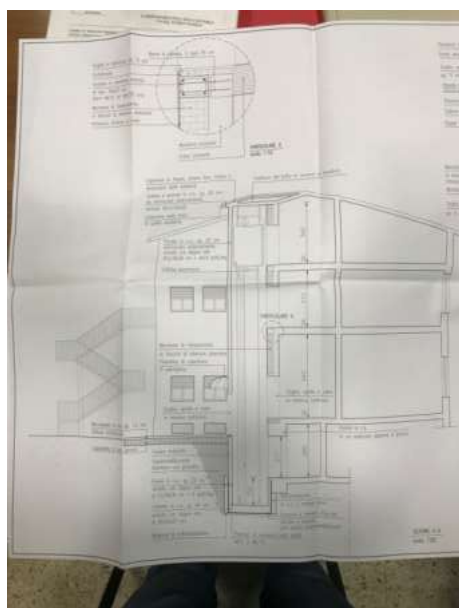
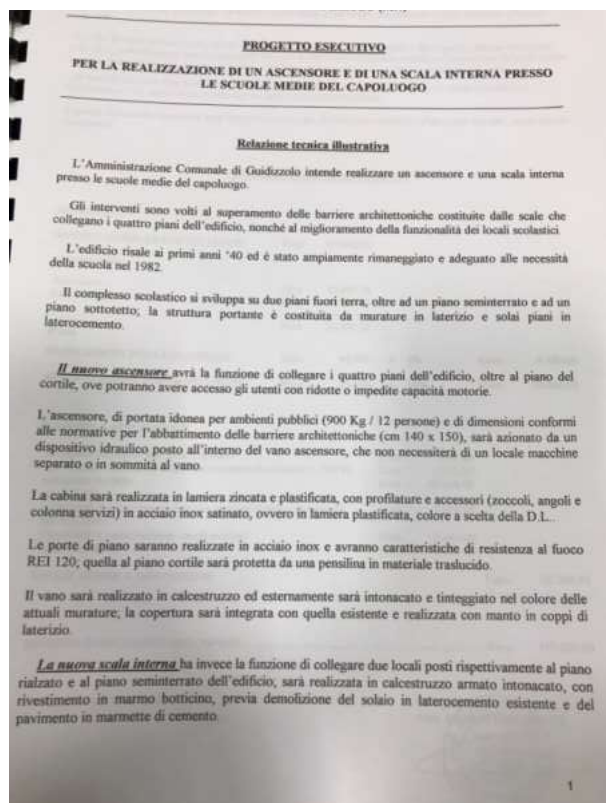


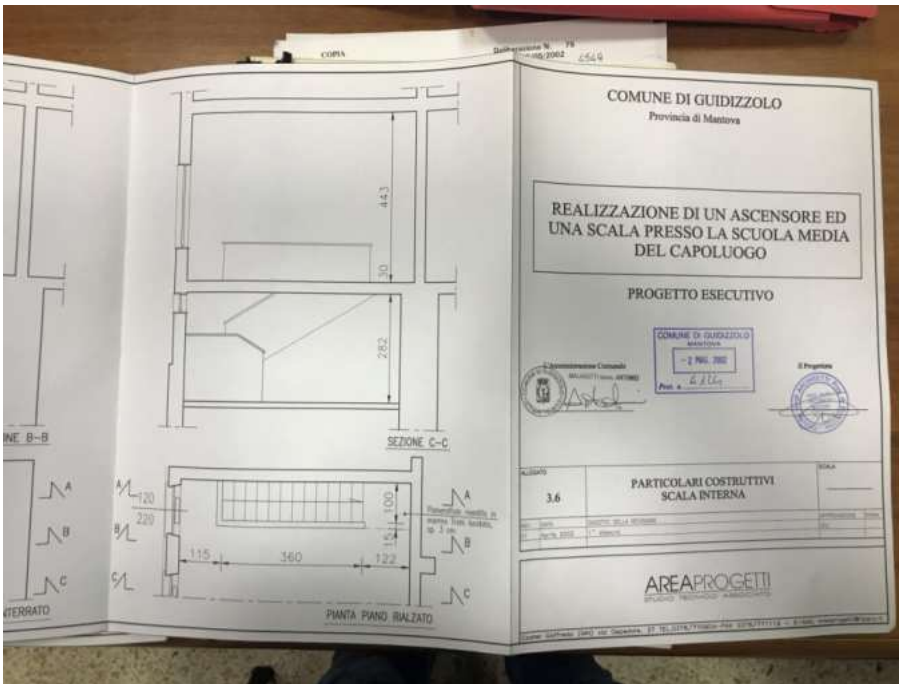
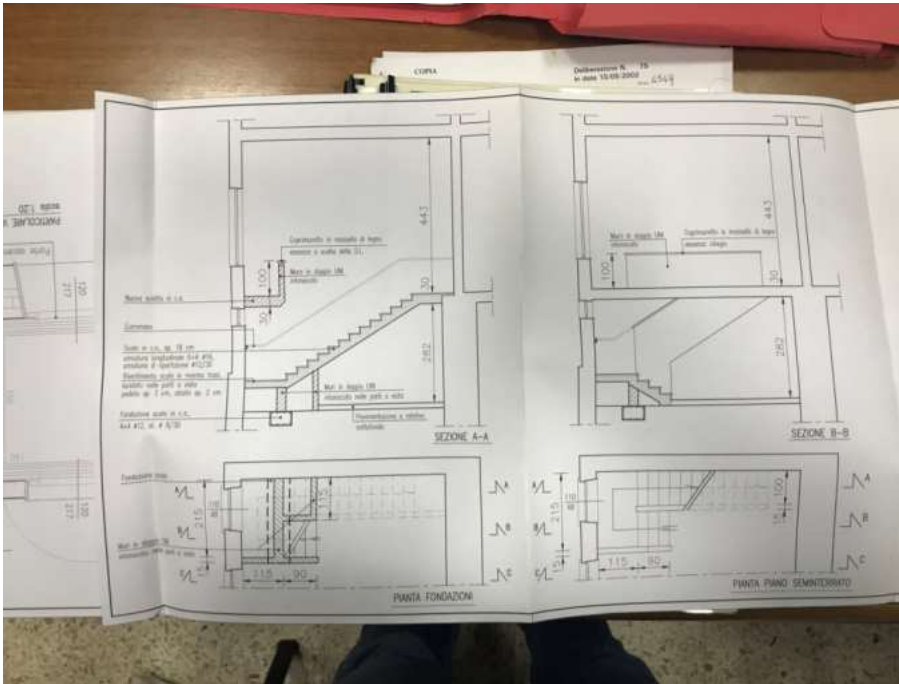
- Sezione trasversale:





- E' presente la documentazione relativa alla realizzazione di un nuovo ascensore e di una scala in c.a.. Il progetto esecutivo è a firma del geom. Malaguti Antonio ed è stato protocollato in data 2 maggio 2002. Si riportano le immagini relativi agli elaborati grafici e le relazioni allegate





COMUNE DI GUIDIZZOLO
Provincia di Mantova

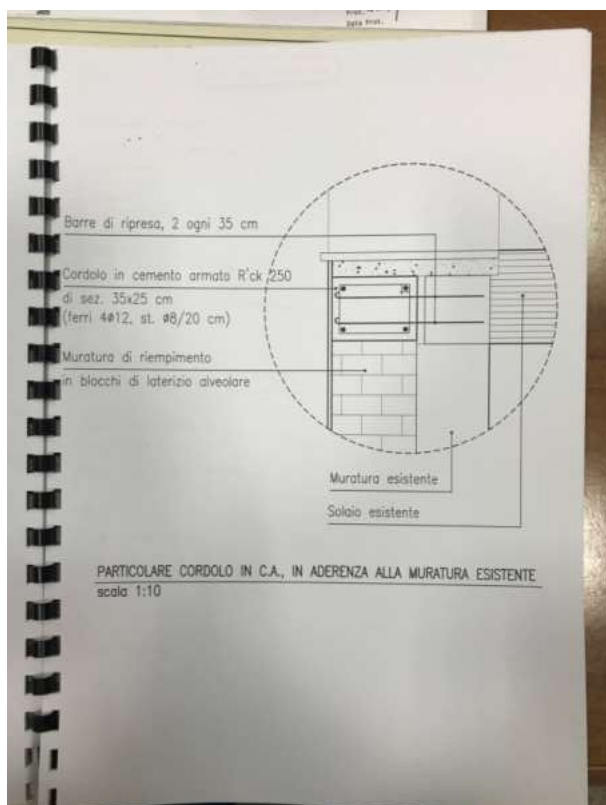
REALIZZAZIONE DI UN ASCENSORE ED
UNA SCALA PRESSO LA SCUOLA MEDIA
DEL CAPOLUOGO

PROGETTO ESECUTIVO



ALLEGATO	3.6	PARTICOLARI COSTRUTTIVI SCALA INTERNA	SCALA
Aut. Comm.			
Aut. Prov.			
Aut. Reg.			
Aut. Naz.			

AREA PROGETTI
STUDIO ASSOCIATO DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA



- Contabilità: sono presenti i libretti di Stato avanzamento Lavori delle Opere di Riattamento, da cui si sono ricavati alcuni dati utili in merito ai materiali come tipo di calcestruzzo ed acciaio per c.a. e gli elementi in laterizio.

È stato possibile recuperare alcune immagini scattate dei primi anni del '900, che mostrano la struttura come si presentava prima nella sua realizzazione originale a singolo piano fuori terra.

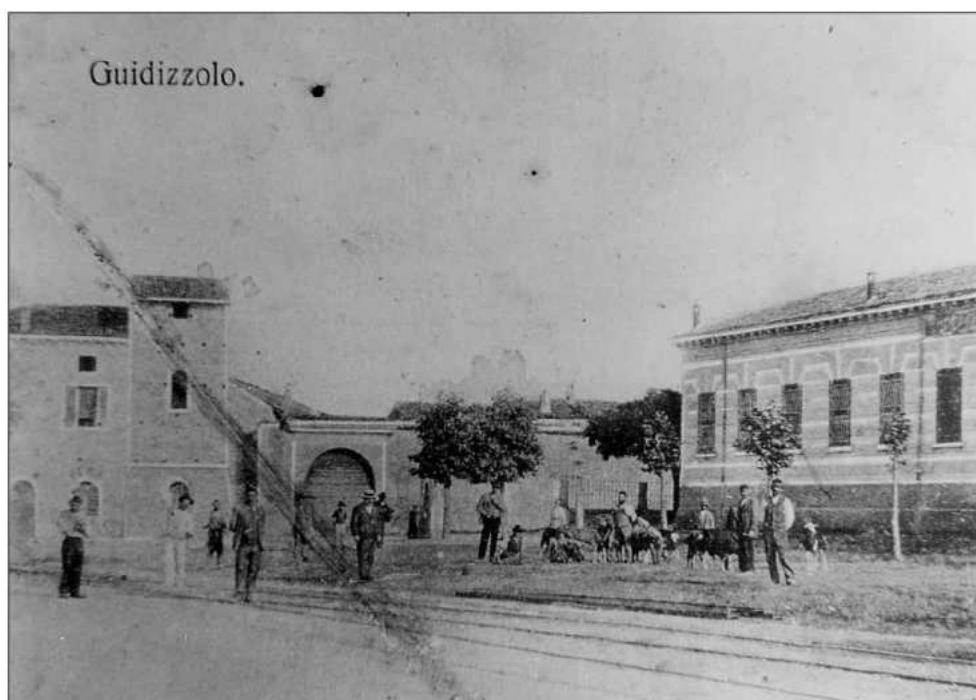


Figura 9 stralcio prospetto da Piazza Marconi primi del '900



L'immagine di seguito fa riferimento ad una veduta della Piazza risalente all'anno 1972. Nella foto si nota come sia presente la sopraelevazione di un piano rispetto all'edificio dei primi anni del secolo.



Figura 10: stralcio Piazza Marconi - 1972

4.2. Evoluzione del fabbricato

Sulla base dell'analisi della documentazione bibliografica e dai vari sopralluoghi eseguiti, è stato possibile riscontrare come, a partire dalla prima fase di realizzazione dell'opera, questa abbia subito numerose modifiche di tipo strutturali significative, tra cui:

- Opera iniziale: struttura ad un piano fuori terra, rialzato rispetto al piano di campagna, con muri esterni e di spina in mattoni pieni.
- Sopraelevazione di un piano, con solai realizzati in legno e ferro;
- Anni '79-'86: Riattamento dell'edificio a struttura adibita a scuola media. Nella porzione retrostante dell'edificio (prospetto Nord) sono stati costruiti 3 nuovi corpi di fabbrica di seguito descritti:
 - Corpo 1: Porzione a pianta rettangolare 6.30x13.90 mt sul lato Ovest composta da 2 piani fuori terra + piano interrato + sottotetto;
 - Corpo 2: Porzione a pianta rettangolare 6.30x10.20 mt nella zona centrale composta da 2 piani fuori terra + piano interrato + sottotetto e comprensiva di un corpo scala centrale;



- Corpo 3: Porzione a pianta rettangolare 6.30x15.10 mt nella zona Est composta da 2 piani fuori terra + piano interrato + sottotetto;
- Nuova rampa d'accesso per disabili;
- Vano ascensore;

I corpi di fabbrica sono realizzati con murature in blocchi di laterizio alveolati tipo Poroton e solai in laterocemento. In questa fase progettuale sono stati inoltre demoliti tutti i solai esistenti e ricostruiti sempre in laterocemento;

- Anno 2003: realizzazione di un nuovo ascensore e di una scala in c.a. di collegamento tra seminterrato e piano rialzato nella zona del corpo 3 di ampliamento eseguita nella fase di riattamento;

5. RILIEVO STRUTTURALE

5.1. Sopralluoghi preliminari

Nel corso dei sopralluoghi preliminari si è avuto riscontro dei vari elementi strutturali, come rappresentati negli elaborati grafici.

Nel seguito si descrivono le principali strutture riscontrate.

5.1.1. Strutture di fondazione

Le strutture di fondazione non sono state indagate perché non sono di particolare interesse per la valutazione della vulnerabilità della struttura di elevazione.

Nella presente valutazione sarà prodotta una valutazione di capacità portante delle strutture di fondazione, basata sulla geometria disponibile e sulle informazioni geotecniche disponibili.

5.1.2. Strutture di elevazione - Piano seminterrato

Le strutture di elevazione in esame sono relative alle sole porzioni realizzate nella fase 3 di riattamento delle opere. Si tratta di muri in c.a. seminterrati: il pavimento del piano superiore, posto alla quota del solaio controterra della porzione strutturale di prima costruzione, risulta rialzato di 1.20 m rispetto al piano di campagna (valutato sul lato Nord del retro dell'edificio), pertanto le opere risultano parzialmente fuori terra permettendo l'arieggiamento dei locali seminterrati.

Il materiale dei muri è stato oggetto di verifica mediante saggi esplorativi. Dall'esterno dell'edificio è possibile vedere la presenza di elementi in cemento armato nella parte sottostante il solaio.



Figura 11 particolare muro seminterrato in c.a.

5.1.1. Strutture di elevazione - Solaio I

L'impalcato piano è composto da 2 porzioni. Nella zona ampliata, il solaio tra piano seminterrato e rialzato è realizzato con tecnologia laterocementizia. Nella zona esistente pre-riattamento è realizzato un solaio controterra.

Dai locali accessibili del piano seminterrato sono stati visionati tutti i solai. Questi risultano tutti intonacati inferiormente ed è stato possibile stabilirne l'orditura grazie alla vista delle sagome dei travetti. Sono inoltre stati eseguiti dei saggi esplorativi dei solai in corrispondenza del pavimento del piano terra.



Figura 12 particolare solaio seminterrato con visibilità orditura dei solai

5.1.2. Strutture verticali – Piano Rialzato e Piano Primo

Le murature del piano, secondo progetto esecutivo, sono realizzate in mattoni pieni nel Lato Sud mentre nei 3 blocchi di ampliamento sono presenti murature in blocchi di laterizio semipieno tipo Poroton.

Sul lato Ovest del fabbricato, nella porzione non oggetto dell'ampliamento successivo al 1979 è presente una zona di perdita del rivestimento esterno ed è dunque visibile la presenza dei mattoni pieni. Dai saggi esplorativi effettuati è stata confermata la tipologia delle murature indicata nel progetto esecutivo.



Figura 13 particolare mattoni esterni in laterizio - Piano rialzato



Figura 14: saggio 7 - M12 - muro ad angolo esterno PT

5.1.1. Strutture di elevazione – Solaio II

Il 2° impalcato è realizzato con solaio in laterocemento, con travetti precompressi e cappa collaborante di 4 cm. Si sottolinea che il solaio della parte realizzata prima del 1979 era costituito da elementi in legno e ferro, sostituiti nel corso delle opere di ristrutturazione eseguite nella fase di riattamento e ampliamento.

Dal piano rialzato non è possibile determinare l'orditura del solaio in esame vista la presenza del controsoffitto. La direzione dei travetti è stata pertanto valutata in base alla composizione delle murature e tenendo conto di una possibile analogia col solaio del piano superiore.

Sono inoltre presenti delle travi interne in c.a. ribassate, la cui sezione è rilevabile misurando la quota del ribasso rispetto al soffitto intonacato. Nella zona Est è presente una porzione di solaio sostenuta da 2 profili in acciaio HEB220 affiancati.



Figura 15 travi interne in acciaio solaio piano rialzato - profili affiancati HEB220

5.1.1. Strutture di elevazione – Solaio III + sottotetto

In questa porzione di edificio sono presenti solai posti a quote differenti.

Nell'ala centrale dell'edificio (corridoio centrale) e nelle zone ampliate nel corso del riattamento è realizzato un solaio piano con travetti precompressi in calcestruzzo, pignatte in laterizio e soletta collaborante di 4 cm, come per l'impalcato del piano inferiore precedentemente descritto. Il solaio in questione costituisce il piano di calpestio della zona accessibile del 2° piano. I solai in questione risultano semplicemente intonacati inferiormente, pertanto come per il primo impalcato è stato possibile determinare l'orditura esatta dei travetti in c.a.

Nelle ali Ovest, Sud e Sud-Est dell'edificio il solaio è realizzata con lo stesso sistema costruttivo e risulta rialzato di circa 132 cm rispetto alla porzione più bassa. Il solaio in questione costituisce il pavimento grezzo del sottotetto.

Per accedere al sottotetto sono presenti 2 scale disposte nelle parti terminali tra loro opposte del corridoio centrale. Allo sbarco di entrambe le scale sono presenti delle piccole porzioni pavimentate: essendo la quasi totalità del sottotetto costituita da pavimento grezzo, è stato possibile misurare uno spessore del pacchetto del solaio di 10 cm pur non essendo questo ispezionabile.

Il sottotetto è utilizzato come deposito del materiale ed è classificabile come solaio accessibile per sola manutenzione.

5.1.2. Copertura

La copertura è di tipo a padiglione ed è ispezionabile internamente grazie alla presenza del sottotetto, come già descritto al paragrafo precedente. Le falde sono costituite da travetti precompressi in calcestruzzo, interasse 110 cm e tavelloni in laterizio di spessore 6 cm.

I muri di rialzo tra sottotetto e copertura, disposti nel corridoio centrale, non essendo intonacati risultano visibili e si è constatato che sono realizzati con mattoni tipo Doppio UNI spessore 25 cm e giunti di malta sia orizzontali che verticali. Si è notato inoltre come questi muri siano sormontati da cordoli in c.a. che consentono un'adeguata connessione con il solaio. Dai saggi esplorativi eseguiti sulle murature del sottotetto è stata confermata la tipologia della muratura nella parte del centrale, mentre i muri perimetrali a sud, est e ovest sono realizzati con mattoni pieni.

In corrispondenza delle linee di displuvio sono presenti delle travi REP con fondello in acciaio. Le larghezze dei profili presentano dimensioni dai 18 ai 26 cm.

Nella zona centrale del fabbricato, in corrispondenza del corridoio delimitato dai 2 muri di spina, è realizzato un solaio piano in laterocemento che sostiene la parte sommitale della copertura con muricci e tavelloni.



Figura 16 Trave in acciaio



Figura 17 Dettaglio attacco rialzo perimetrale sottotetto – copertura



Figura 18: saggio 26 - S5 - copertura zona sottotetto



Figura 19 Dettaglio orditura zona centrale copertura

6. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI – DETTAGLI STRUTTURALI

Si riportano alcune considerazioni in merito alle caratteristiche meccaniche dei materiali strutturali e quindi nello specifico pannelli, pilastri, travi, tegoli finalizzate alla definizione del LC e delle successive verifiche di calcolo.

6.1. Dati a disposizione per la verifica analitica

Gli elementi di maggiore interesse riguardano chiaramente le strutture sismo-resistenti verticali, quali murature in laterizio in mattoni pieni, in blocchi alveolati tipo Poroton e blocchi Tipo Doppio Uni del sottotetto.

Per queste tipologie di strutture non si hanno a disposizione dati di riferimento che ne certifichino le caratteristiche di resistenza principali (certificati originali di prova o indicazioni nei progetti originali).

Per le opere di fondazione in c.a. degli ampliamenti eseguiti dopo il '79 si hanno a disposizione le indicazioni riportate nella relazione del progetto esecutivo e l'elenco delle voci negli Stati di avanzamento lavori.

Per le travi di fondazione il calcestruzzo è stato realizzato con un quantitativo di 2 q.li di cemento tipo "325" mentre i muri seminterrati sono stati realizzati con lo stesso tipo di cemento a 2.5 quintali/mc.

Dalle informazioni riportate nei SAL si evidenzia come siano state adoperate 2 classi di acciaio per c.a.: si tratta dell'acciaio classe Fe32K e dell'acciaio Fe B 44k. E' ipotizzabile che la prima classe d'acciaio sia stata adoperata per le opere di fondazione, mentre il calcestruzzo FeB44k sia stato utilizzato per le barre delle travi e dei solai in c.a.



Date le prove sclerometriche effettuate sul calcestruzzo a vista, da cui emergono valori accettabili dell'indice di rimbalzo, si può assumere che le strutture in elevazione in c.a siano realizzate con un calcestruzzo tipo Rck 250.

In merito alle travi in c.a. gettate in opera non è stato ritenuto utile per la tipologia di analisi effettuata sull'edificio, eseguire saggi esplorativi per confermare le armature di progetto, che pertanto sono assunte come valide.

Tra i documenti si dispone di una dichiarazione del collaudatore, ing. Luigi Pedrazzini, in merito all'esito positivo delle prove sui materiali; si ritiene pertanto possano essere un riferimento le indicazioni riportate nei documenti di contabilità.

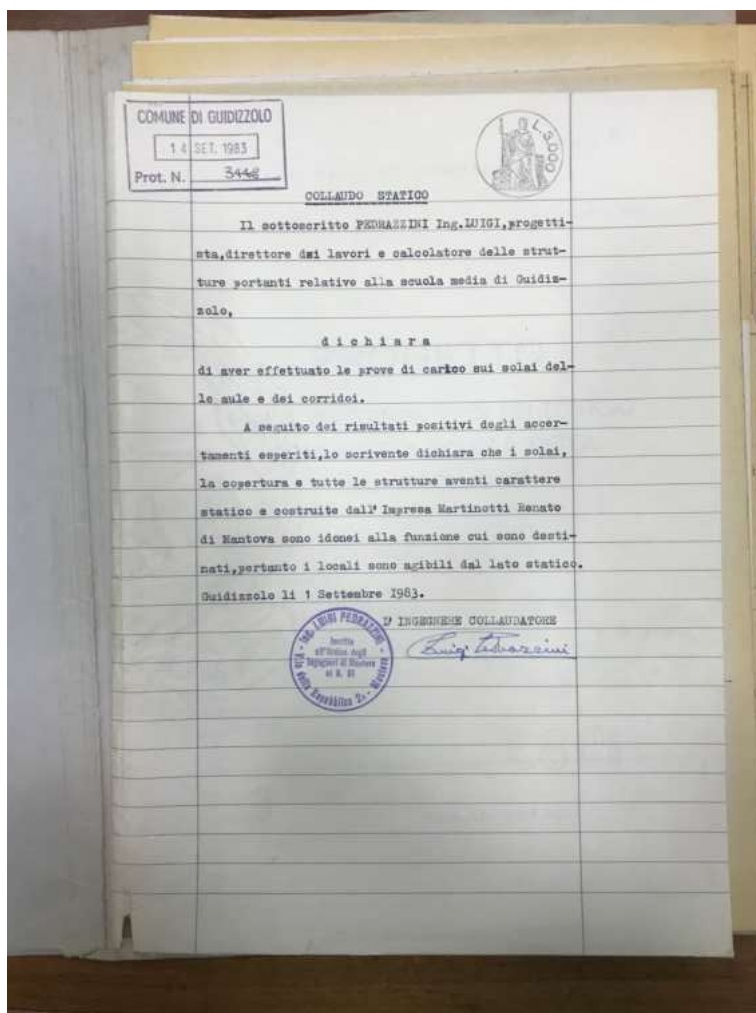


Figura 20: Copia certificato di collaudo



6.2. Caratterizzazione geotecnica dei suoli

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni si è fatto riferimento a documenti relativi ad indagini eseguite nelle vicinanze del fabbricato oggetto di studio, nelle disponibilità dell'amministrazione comunale.

E' stato inoltre condotto uno studio di risposta sismica locale per la valutazione dei parametri sismici del terreno.

7. QUADRO FESSURATIVO E STATO GENERALE DI CONSERVAZIONE

Sulla base di quanto osservato soprattutto all'esterno del fabbricato lo stato di conservazione delle strutture appare buono e non si presenta un quadro fessurativo specifico.

E' utile in questa sede ricordare che l'edificio ha subito i sismi più intensi registrati su Mantova relativi all'anno 2012 (con l'edificio già sopra-elevato).

Occorre comunque evidenziare come numerose porzioni della struttura risultino contro-soffittate con elementi fissi che consentono l'ispezione degli elementi nascosti solo tramite saggi.

8. CAMPAGNA DI INDAGINI DIAGNOSTICHE

Sulla base delle ispezioni visive e della documentazione strutturale a disposizione, è risultato necessario eseguire una serie di saggi e di verifiche per addivenire alla maggior conoscenza possibile del fabbricato, per valutare quale potrà essere il livello di resistenza sismica dell'edificio.

Nella valutazione delle prove ed indagini da eseguire in un corretto rapporto tra costi e benefici si parte dal presupposto che, almeno per quanto riguarda le verifiche statiche ai carichi gravitazionali, le strutture del primo impianto, in opera da circa 100 anni, hanno già mostrato una certa efficienza, oltre al fatto di essere state collaudate ai sensi di legge (sempre in relazione ai carichi gravitazionali).

Tale premessa indica che l'attenzione si estenderà in misura maggiore a tutta la dettagliistica e alla valutazione delle caratteristiche delle murature che vengono prese in conto per la verifica delle azioni orizzontali. Saranno inoltre eseguite prove o indagini sulle strutture orizzontali quali i solai allo scopo di verificare la corrispondenza tra gli elementi installati in opera e quelli indicate in sede di progetto.

Tanto premesso, sulla base delle indicazioni già fornite ai paragrafi precedenti in merito alle carenze in merito alla conoscenza di alcuni aspetti ed alla necessità di avere conferma di altri, è stata eseguita una campagna di indagini.

Si riporta a seguire l'elenco delle prove eseguite.

8.1. Riepilogo indagini e prove eseguite



La seguente tabella riepiloga il piano delle indagini eseguite per garantire un livello di conoscenza LC2.

N°PROVA	TIPOLOGIA ELEMENTO	CORRISPONDENZA CON ELEMENTO PROGRESSIVO	ESITO DELLA PROVA
1	MURO PIANO TERRA	M1 (LTM_CM_02)	Prova sclerometrica su malta. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione.
2	MURO PERIMETRALE PIANO TERRA	M2 (LTM_PM_01) (LTM_CM_01)	Prelievo di mattoni per la determinazione della resistenza a compressione e prova sclerometrica su malta. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione.
3	MURO PIANO TERRA	M3	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale, la tipologia del blocco in muratura di laterizio e la consistenza ed efficacia del collegamento alle porzioni in c.a. Fino alla quota del pavimento della biblioteca il muro è in c.a. (primi 105 cm dal pavimento della sala civica). La parte alta è realizzata con blocco Poroton.
4	MURO PIANO TERRA	M4	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale, la tipologia del blocco in muratura di laterizio e la consistenza ed efficacia del collegamento alle porzioni in c.a. La muratura riscontrata è in blocchi in laterizio.
5	MURO PIANO TERRA	M5	Saggi esplorativi per la definizione del tipo di materiale. È stato riscontrato un rivestimento in blocco in laterizio Doppio Uni e muratura in pietra.
6	MURO PERIMETRALE PIANO TERRA	M6 (LTM_MP_02)	Prova sulla muratura con martinetti singolo e doppi per la determinazione dei limiti elastici e della resistenza a rottura. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di LTM srl allegato.
7	MURO PERIMETRALE PIANO TERRA	M12 (LTM_CM_03)	Eseguito un saggio esplorativo sulla porzione esterna di un muro ad angolo e prova sclerometrica su malta. Il muro è intonacato esteriormente ed è realizzato con blocchi in laterizio di dimensioni 25x25cm. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione.
8	MURO PERIMETRALE PIANO TERRA	M11 (LTM_MP_01)	Saggio esplorativo per la verifica di ammorsamento tra murature adiacenti. I muri sono accostati senza ammorsamento. Prova sulla muratura con martinetti singolo e doppi per la determinazione dei limiti elastici e della resistenza a rottura. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione.
9	MURO PERIMETRALE PIANO TERRA	M14	Saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale e la tipologia del blocco in muratura di laterizio. Sono state riscontrate due diverse stratigrafie, una sotto la quota del pavimento della biblioteca e una sopra. La stratigrafia riscontrata nella parte alta è 2 cm di intonaco,



			blocco doppio UNI spessore 12 cm, 4 cm di cemento, mattone pieno. Nella parte bassa è stata riscontrata una stratigrafia composta da 2 cm di intonaco, blocco doppio UNI spessore 12 cm, 3 cm di intercapedine, muro in sasso.
10	SOLAIO 1 (PAVIMENTO PIANO TERRA - in corrispondenza di zona senza interrato)	S2	Esecuzione di saggio esplorativo su pavimento del piano terra. La stratigrafia riscontrata è costituita da 2 cm di pavimento, 6 cm di sottofondo sabbia-cemento, 17-19 cm di calcestruzzo e 20 cm di ghiaiotto sciolto. Nella porzione di calcestruzzo del saggio non era presente armatura. Non è presente nessun cavedio.
11	SOLAIO 1 (PAVIMENTO PIANO TERRA)	S6	Esecuzione di saggio esplorativo del solaio con rimozione del pavimento e del sottofondo al raggiungimento della cappa del solaio. La cappa è stata rintracciata ad una profondità di 11 cm dal pavimento finito, con rimozione di 2 cm di piastrelle e 9 cm di sottofondo in malta cementizia. La cappa è di spessore circa 4 cm, nel saggio effettuato non è stata riscontrata armatura nella cappa.
12	SOLAIO 1 (PAVIMENTO PIANO TERRA)	S1	Esecuzione di saggio esplorativo del solaio con rimozione del pavimento e del sottofondo al raggiungimento della cappa del solaio. La cappa è stata rintracciata ad una profondità di 11 cm dal pavimento finito, con rimozione di 2 cm di piastrelle e 9 cm di sottofondo in malta cementizia. La cappa è di spessore circa 4 cm.
13	MURO PERIMETRALE PIANO PRIMO	M7 (LTM_CM_07)	Prova sclerometrica su malta. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione.
14	MURO PIANO PRIMO	M8	Eseguito un saggio esplorativo sulla porzione di un muro di spina al piano primo. Il muro è intonacato internamente ed è realizzato con mattoni pieni in laterizio e malta scarsa.
15	MURO PERIMETRALE PIANO PRIMO	M9 (LTM_PM_04) (LTM_CM_05)	Prelievo di mattoni per la determinazione della resistenza a compressione e prova sclerometrica su malta. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione.
16	MURO PERIMETRALE PIANO PRIMO	M10 (LTM_PM_03) (LTM_CM_04)	Prelievo di mattoni per la determinazione della resistenza a compressione e prova sclerometrica su malta. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione.
17	MURO PERIMETRALE PIANO PRIMO	M22 (LTM_CM_06)	Prova sclerometrica su malta. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione.
18	MURO PIANO PRIMO	M23	Saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. La parete è una tramezza pesante con stratigrafia composta da: 1,5 cm intonaco, 8 cm forato in laterizio, 3 cm lana di vetro, 8 cm forato in laterizio, 1,5 cm intonaco.
19	MURO PIANO PRIMO	M24	Saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. La parete è una tramezza pesante con stratigrafia composta da:



			1,5 cm intonaco, 8 cm forato in laterizio, 3 cm lana di vetro, 8 cm forato in laterizio, 1,5 cm intonaco.
20	MURO PIANO PRIMO	M25	Saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. La parete è una tramezza pesante con stratigrafia composta da: 1,5 cm intonaco, 8 cm forato in laterizio, 3 cm lana di vetro, 8 cm forato in laterizio, 1,5 cm intonaco.
21	SOLAIO 2 (PAVIMENTO PIANO PRIMO)	S3	Esecuzione di saggio esplorativo del solaio con rimozione del pavimento e del sottofondo al raggiungimento della soletta collaborante in c.a. La soletta è stata rintracciata ad una profondità di 9cm dal pavimento finito, con rimozione di 2 cm di piastrelle e 7 cm di massetto.
22	SOLAIO 2 (PAVIMENTO PIANO PRIMO)	S4	Esecuzione di saggio esplorativo del solaio con rimozione del pavimento e del sottofondo al raggiungimento della soletta collaborante in c.a. La soletta è stata rintracciata ad una profondità di 10 cm dal pavimento finito, con rimozione di 2 cm di piastrelle e 8 cm di massetto.
23	MURO SOTTOTETTO	M15 (LTM_CM_09)	Prova sclerometrica su malta. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione.
24	MURO SOTTOTETTO	M26 (LTM_CM_08)	Prova sclerometrica su malta. I risultati sono riportati nel rapporto di prova 1126B/2022 di "LTM srl" allegato alla presente relazione. Resistenza stimata malta 4,7 N/mm ²
25	MURO SOTTOTETTO	M13	Saggio esplorativo per la verifica della presenza di cordolo in c.a., che è stato riscontrato. Sono stato riscontrati mattoni pieni per un'altezza di 15-20 cm, superiormente è presente un cordolo di spessore 20 cm.
26	SOLAIO 3 (COPERTURA SOTTOTETTO)	S5	Esecuzione di saggio esplorativo con rimozione di una porzione di tavellone in laterizio inferiore. Queste presentano uno spessore di 6cm. Gli elementi portanti sono travetti prefabbricati in c.a. ed è presente uno strato superiore di tavelloni il cui spessore si ipotizza sia sempre pari a 6cm. L'intercapedine tra tavelloni è riempita con isolante in lana di roccia di spessore 14 cm.
27	MURO PIANO TERRA	M21	Saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale e la tipologia del blocco in muratura di laterizio.
28	MURO SEMINTERRATO	M16	Eseguiti 2 saggi, nelle zone a ridosso del pavimento e del soffitto. Il muro ispezionato è in calcestruzzo. Data l'indagine visiva non si hanno a disposizione informazioni sui ferri d'armatura
29	MURO SEMINTERRATO	M17	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro riscontrato è in calcestruzzo.
30	MURO SEMINTERRATO	M18	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro riscontrato è in calcestruzzo.
31	MURO SEMINTERRATO	M19	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Lo strato di muro rilevato dal saggio è in calcestruzzo. Il muro è composto da due strati esterni in



			calcestruzzo e uno interno in pietra.
32	MURO SEMINTERRATO	M20	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro riscontrato è in calcestruzzo, non è stato definito lo spessore.
33	MURO SEMINTERRATO	M27	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro ispezionato è in calcestruzzo.
34	MURO SEMINTERRATO	M28	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro ispezionato è in calcestruzzo.
35	MURO SEMINTERRATO	M29	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro ispezionato è in blocchi in laterizio Doppio UNI
36	MURO SEMINTERRATO	M30	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro ispezionato è in blocchi in laterizio Doppio UNI
37	MURO SEMINTERRATO	M31	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro ispezionato è in calcestruzzo.
38	MURO SEMINTERRATO	M32	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Lo strato di muro rilevato dal saggio è in calcestruzzo. Il muro è composto da due strati esterni in calcestruzzo e uno interno in pietra.
39	MURO SEMINTERRATO	M33	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Lo strato di muro rilevato dal saggio è in calcestruzzo.
40	MURO SEMINTERRATO	M34	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro ispezionato è in calcestruzzo.
41	MURO SEMINTERRATO	M35	Eseguito saggio esplorativo per la definizione del tipo di materiale. Il muro ispezionato è in calcestruzzo.

Figura 21: Tabella riepilogativa indagini eseguite



8.2. Livello di conoscenza acquisibile

Secondo quanto riportato dalla circolare illustrativa n. 7/2019 “Istruzioni per l'applicazione delle - Nuove norme tecniche per le costruzioni – di cui al D.M. 17.01.2018”, in merito alla documentazione bibliografica acquisita e confermata sulla base del sopralluogo eseguito e soprattutto a seguito dell'esecuzione delle indagini proposte, considerando le prove estese effettuate si può considerare di raggiunto un livello di conoscenza LC2; a tale livello di conoscenza compete un determinato fattore di confidenza, denominato FC, il cui valore è $FC = 1,2$.

Nella caratterizzazione meccanica dei materiali si possono distinguere, in relazione al loro grado di approfondimento, tre livelli di prova.

Prove limitate: Si tratta di indagini non dettagliate e non estese, basate principalmente su esami visivi delle superfici, che prevedono limitati controlli degli elementi costituenti la muratura. Sono previste rimozioni locali dell'intonaco per identificare i materiali di cui è costituito l'edificio; in particolare, avvalendosi anche dell'analisi storico-critica, è possibile suddividere le pareti murarie in aree considerabili come omogenee. Scopo delle indagini è consentire l'identificazione delle tipologie di muratura alla quale fare riferimento ai fini della determinazione delle proprietà meccaniche; questo prevede il rilievo della tessitura muraria dei paramenti ed una stima della sezione muraria.

Prove estese: Si tratta di indagini visive, diffuse e sistematiche, accompagnate da approfondimenti locali. Si prevedono saggi estesi, sia in superficie sia nello spessore murario (anche con endoscopie), mirati alla conoscenza dei materiali e della morfologia interna della muratura, all'individuazione delle zone omogenee per materiali e tessitura muraria, dei dispositivi di collegamento trasversale, oltre che dei fenomeni di degrado. È inoltre prevista l'esecuzione di analisi delle malte e, se significative, degli elementi costituenti, accompagnate da tecniche diagnostiche non distruttive (penetrometriche, sclerometriche, soniche, termografiche, radar, ecc.) ed eventualmente integrate da tecniche moderatamente distruttive (ad esempio martinetti piatti), finalizzate a classificare in modo più accurato la tipologia muraria e la sua qualità.

Prove esaustive: In aggiunta alle richieste della categoria precedente, si prevedono prove dirette sui materiali per determinarne i parametri meccanici. Il progettista ne stabilisce tipologia e quantità in base alle esigenze di conoscenza della struttura. Le prove devono essere eseguite o in situ o in laboratorio su elementi indisturbati prelevati in situ; esse possono comprendere, se significative: prove di compressione (ad esempio: su pannelli o tramite martinetti piatti doppi); prove di taglio (ad esempio: compressione e taglio, compressione diagonale, taglio diretto sul giunto), selezionate in relazione alla tipologia muraria e al criterio di resistenza adottato per l'analisi. Le prove devono essere eseguite su tutte le tipologie murarie o comunque su quelle relative agli elementi che, dall'analisi di sensibilità basata sui dati preliminari (§ C8.5), sono risultati significativi per la valutazione della sicurezza. I valori per le verifiche saranno ottenuti, a partire dai valori medi presenti nella Tabella C8.5.I, utilizzando misure sperimentali dirette sull'edificio, tenendo conto dell'attendibilità del metodo di prova. In sostituzione, possono essere considerati i risultati di prove eseguite su altre costruzioni della stessa zona, in presenza di chiara e comprovata corrispondenza tipologica per materiali e morfologia.



Di seguito, con riferimento alle specifiche contenute al § 8.5 delle NTC, è riportata una guida alla stima dei *Fattori di Confidenza* (FC), definiti con riferimento ai tre *Livelli di Conoscenza* (LC) crescenti, secondo quanto segue.

LC1: si intende raggiunto quando siano stati effettuati, come minimo, l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, con riferimento al § C8.5.1, il rilievo geometrico completo e *indagini limitate* sui dettagli costruttivi, con riferimento al § C8.5.2, *prove limitate* sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, con riferimento al § C8.5.3; il corrispondente fattore di confidenza è $FC=1,35$ (nel caso di costruzioni di acciaio, se il livello di conoscenza non è LC2 solo a causa di una non estesa conoscenza sulle proprietà dei materiali, il fattore di confidenza può essere ridotto, giustificandolo con opportune considerazioni anche sulla base dell'epoca di costruzione);

LC2: si intende raggiunto quando siano stati effettuati, come minimo, l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, con riferimento al § C8.5.1, il rilievo geometrico completo e *indagini estese* sui dettagli costruttivi, con riferimento al § C8.5.2, *prove estese* sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, con riferimento al § C8.5.3; il corrispondente fattore di confidenza è $FC=1,2$ (nel caso di costruzioni di acciaio, se il livello di conoscenza non è LC3 solo a causa di una non esaustiva conoscenza sulle proprietà dei materiali, il fattore di confidenza può essere ridotto, giustificandolo con opportune considerazioni anche sulla base dell'epoca di costruzione);

LC3: si intende raggiunto quando siano stati effettuati l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, come descritta al § C8.5.1, il rilievo geometrico, completo ed accurato in ogni sua parte, e *indagini esaustive* sui dettagli costruttivi, come descritto al § C8.5.2, *prove esaustive* sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, come indicato al § C8.5.3; il corrispondente fattore di confidenza è $FC=1$ (da applicarsi limitatamente ai valori di quei parametri per i quali sono state eseguite le prove e le indagini su citate, mentre per gli altri parametri meccanici il valore di FC è definito coerentemente con le corrispondenti prove limitate o estese eseguite).

Figura 22: definizione livello di conoscenza (LC) per costruzioni in muratura

C8.5.4.1 COSTRUZIONI DI MURATURA

Nel caso in cui la muratura in esame possa essere ricondotta alle tipologie murarie presenti nelle Tabelle C8.5.I e C8.5.II, i valori medi dei parametri meccanici da utilizzare per le verifiche possono essere definiti, con riferimento alla tipologia muraria in considerazione per i diversi livelli di conoscenza, come segue:

LC1: -Resistenze: i valori minimi degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I.

- Moduli elastici: i valori medi degli intervalli riportati nella tabella suddetta.

LC2: -Resistenze: i valori medi degli intervalli riportati in Tabella C8.5.I

-Moduli elastici: i valori medi degli intervalli riportati nella tabella suddetta.

LC3: -I valori delle resistenze e dei moduli elastici riportati in Tabella C.8.5.I individuano una distribuzione a-priori che può essere aggiornata sulla base dei risultati delle misure eseguite in sito. Considerato il generico parametro X , una stima dei parametri μ' e σ' della distribuzione a-priori può essere dedotta dai valori minimo e massimo in tabella, con le formule seguenti:

$$\mu' = \frac{1}{2} (X_{\min} + X_{\max}) \quad [C8.5.4.1]$$

$$\sigma' = \frac{1}{2} (X_{\max} - X_{\min}) \quad [C8.5.4.2]$$

Eseguito un numero n di prove dirette, l'aggiornamento del valore medio può essere effettuato come segue:

$$\mu'' = \frac{n\bar{X} + \kappa\mu'}{n + \kappa} \quad [C8.5.4.3]$$

dove \bar{X} è la media delle n prove dirette e κ è un coefficiente che tiene conto del rapporto tra la dispersione (varianza) della stima effettuata attraverso le prove (combinazione tra incertezza della misurazione sperimentale e dispersione dei parametri meccanici nell'ambito dell'edificio che si sta analizzando) e la varianza σ'^2 della distribuzione a-priori.



Tabella C8.5.1 - Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a: f = resistenza media a compressione, τ_0 = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f (N/mm ²)	τ_0 (N/mm ²)	f_{v0} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	- -	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	- -	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	- -	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	- -	900-1260	300-420	13 ÷ 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

(*) Nella muratura a conci sbozzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(**) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione f_{pu} può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

(***) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

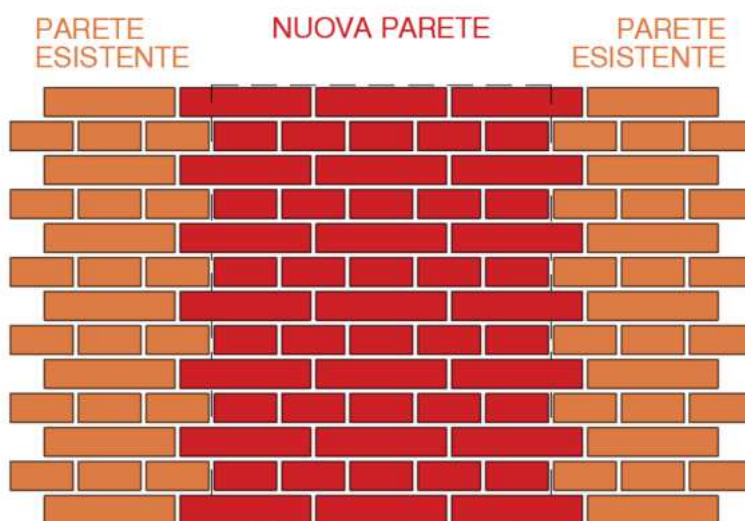
Figura 23: riferimenti per la valutazione delle caratteristiche delle murature in base al LC

9. INTERVENTI PREVISTI

Il progetto consiste nell'adeguamento sismico dell'edificio in oggetto, raggiungendo almeno l'80% del livello di sicurezza richiesto per un edificio di nuova costruzione. Per poter conseguire questo obiettivo si rendono necessari gli interventi di seguito elencati.

9.1. INTERVENTO 1: Riconfigurazioni

Nel corso degli anni l'edificio ha subito modifiche riguardo alla sua distribuzione interna, portando alla realizzazione di nuove aperture o alla chiusura di aperture esistenti. Per fornire alla struttura una maggior regolarità e garantire la presenza di maschi murari con continuità su tutti i piani, è prevista la chiusura di aperture che attualmente sono state tamponate solamente con pannelli, realizzando un ammorsamento della nuova parete con la parete esistente.



PROSPETTO AMMORSAMENTI NUOVA PARETE
A PARETE ESISTENTE

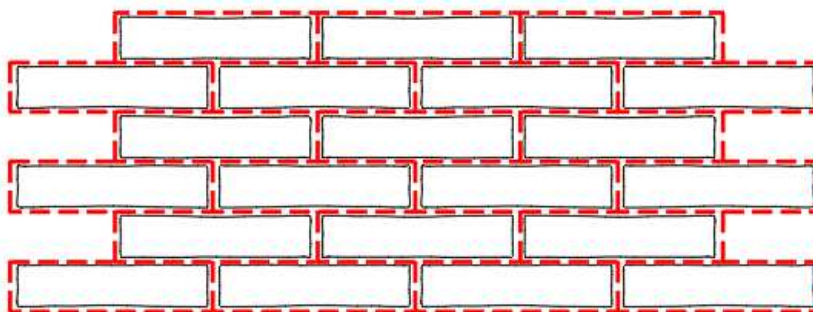
Al contrario in alcuni punti sarà necessaria la demolizione di murature per ripristinare le aperture precedenti.

9.2. INTERVENTO 2: Ristilatura dei giunti

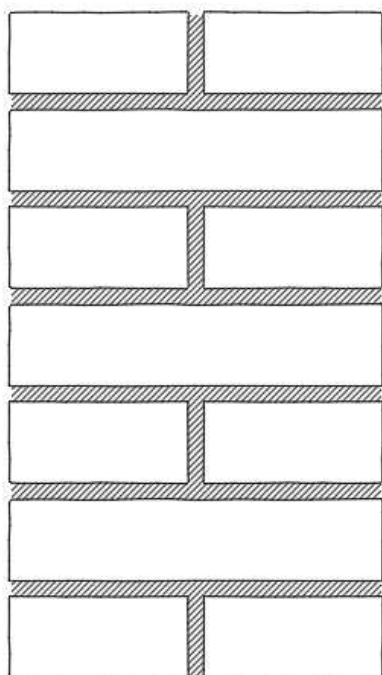
L'intervento prevede le seguenti fasi operative:

- Asportazione intonaco
- Esecuzione di scarnitura dei giunti esistenti ammalorati, utilizzando mezzi manuali
- Lavaggio del paramento murario con acqua spruzzata a bassa pressione. Procedere fino ad ottenere una pulizia consistente, con l'eliminazione delle parti friabili, polveri e muffe;
- Ristilatura dei giunti con malta classe minima M10, con stesura di prima mano nelle fughe mediante cazzuola o spatola da eseguire con adeguata pressione per garantire l'adesione tra elementi;

----- giunti di malta da ripristinare



SEZIONE TIPO MURO PRE-INTERVENTO



SEZIONE TIPO MURO POST-INTERVENTO

rimozione malta esistente
profondità: 7+8cm
ristilatura fori con
malta classe M10

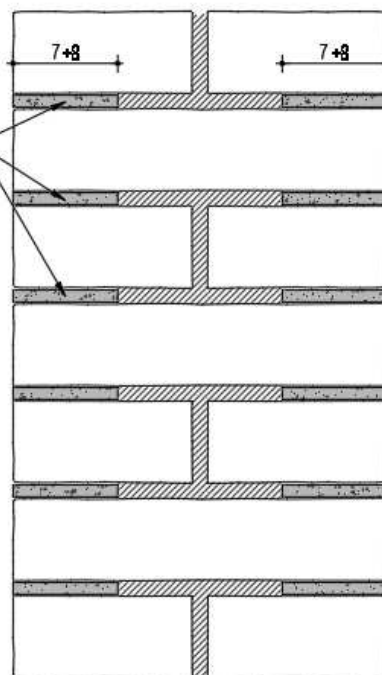


Figura 24: Sezione tipo intervento di ristilatura



9.3. INTERVENTO 3: Rinforzo con la tecnica dell'intonaco armato CRM

L'intervento di seguito descritto consiste nel consolidamento della costruzione esistente con la tecnica dell'intonaco armato utilizzando materiali compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (CRM).

Tale sistema dovrà essere fornito di Certificato di Valutazione Tecnica.

9.3.1. *Materiali*

I materiali da utilizzare per il presente intervento sono elencati di seguito:

- Rete in fibra di vetro alcali resistente
 - Resistenza a trazione media (trama) ≥ 921 MPa
 - Resistenza a trazione caratteristica (trama) ≥ 822 MPa
 - Modulo elastico medio (trama) $\geq 51,37$ GPa
 - Deformazione a rottura, valore caratteristico (trama) $\geq 1,83\%$
- Bio-malta fibrorinforzata strutturale a base di calce idraulica naturale NHL 3,5
 - Resistenza a compressione (28 gg) ≥ 10 MPa
 - Resistenza a trazione (28 gg) ≥ 3 MPa
 - Modulo elastico, valore medio (28 gg) ≥ 7 GPa
 - Percentuale in peso delle componenti organiche $\leq 10\%$
- Elemento angolare in fibra di vetro alcali resistente, impregnato con resina termoindurente: in base alla scelta della rete sarà utilizzato il prodotto angolare indicato dal produttore
- Connettori preformati a forma di L: in base alla rete scelta saranno utilizzati i connettori indicati dal produttore
- Fissaggio chimico a base di resina vinilestere senza stirene impiegato per l'ancoraggio di barre metalliche entro fori

9.3.2. *Preparazione del fondo*

- Rimuovere completamente le finiture e tutti gli strati di intonaco eventualmente presenti sulla superficie, mettendo a nudo il supporto. Eliminare tutte le parti incoerenti ed in fase di distacco sino a raggiungere un sottofondo solido, resistente e ruvido. Dopo la scarifica di tutti i fondi, rimuovere lo sporco, la polvere ed eventuali residui di lavorazione che possano compromettere l'adesione della malta al supporto.
- Eseguire le eventuali operazioni di ripristino in funzione del tipo di supporto. Le parti di muratura mancanti o rimosse, saranno ripristinate secondo la tecnica del rincoccio, dello scuci-cuci o della ristilatura mediante l'utilizzo di malta compatibile. Nel caso il paramento evidenzii un'eccessiva disgregazione o presenza di vuoti, tale da rendere inefficace l'accoppiamento con l'intonaco armato, è opportuno accoppiare l'intervento con la preliminare iniezione di boiacca legante (bio-legante per

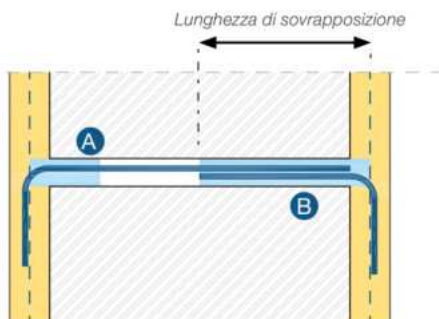
iniezioni resistenti ai solfati a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 per murature storiche). Nel caso di paramenti murari poco assorbenti (murature in ciottoli, pietre non porose, ecc.) o estremamente irregolari, trattare preliminarmente la superficie con uno strato di rinzafo da eseguirsi con la medesima malta prevista per l'intonaco armato. Il rinforzo sarà applicato dopo 24-72 h in funzione delle condizioni termoigrometriche.

- Nel caso di elementi strutturali in calcestruzzo di ridotta dimensione interposti al paramento murario (es. architravi, cordoli), le superfici dovranno essere risanate ove necessario e adeguatamente preparate in modo da risultare macroscopicamente irruvidite (con asperità ≥ 3 mm).

9.3.3. Preparazione dei componenti in fibra

Il numero e la disposizione dei connettori devono essere valutati dal progettista in relazione alla qualità muraria dell'elemento da consolidare, alla tipologia di intervento previsto e alle sollecitazioni di progetto alle quali la struttura è soggetta.

- Procedere al taglio di due connettori preformati a forma di L dei quali uno con lunghezza pari allo spessore della muratura più lo spessore del primo strato di malta, e l'altro con lunghezza tale da assicurare una sovrapposizione dei connettori di almeno 15 cm.



Sarà realizzata mediante due connettori:

- **Connettore "A"**: con lunghezza pari allo spessore della muratura + lo spessore del primo strato di malta
- **Connettore "B"**: con lunghezza tale da assicurare la sovrapposizione dei connettori di almeno 15 cm.

L'ancoraggio può essere realizzato anche in corrispondenza dei giunti di allettamento.

- Predisporre preventivamente la rete in fibra di vetro e gli elementi angolari secondo le dimensioni richieste dal progetto. La rete e gli elementi angolari possono essere tagliati mediante forbici da cantiere.

9.3.4. Posa in opera

1. Eseguire sul supporto i fori per la successiva installazione dei connettori a forma di L previsti nel progetto (minimo n°5/mq) distribuiti secondo uno schema regolare, con diametro e profondità del foro come indicati nel progetto (per la realizzazione delle connessioni passanti saranno eseguiti fori di diametro 20 mm. In alternativa, nel caso di murature di elevato spessore, è possibile eseguire dapprima fori di diametro 14 mm da allargare a 22 mm sul lato di inserimento del connettore "B" per



una profondità pari alla lunghezza di sovrapposizione). Rimuovere dai fori ogni traccia di polvere e materiale incoerente, mediante aspirazione o soffiatura, e inserire segnalini temporanei con funzione di riferimento e necessari per evitare l'ostruzione dei fori durante le fasi successive.

2. Bagnare a rifiuto il fondo prima della messa in opera del sistema di rinforzo evitando il ristagno di acqua superficiale.
3. Applicare con macchina intonacatrice o spatola metallica un primo strato uniforme di bio-malta fibrorinforzata strutturale a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 per interni ed esterni, per uno spessore di 15-20 mm. Nel caso di lavorazione manuale, il prodotto premiscelato va impastato con la corrispondente quantità di acqua pulita (riportata nella scheda tecnica del prodotto), mescolando con agitatore meccanico a bassa velocità e dosando il prodotto lentamente fino ad ottenere un impasto omogeneo, privo di grumi e tixotropico.
4. Stendere sulla malta ancora fresca la fascia di rete precedentemente descritta esercitando pressione mediante spatola metallica e avendo cura che la malta fuoriesca dalle maglie della rete inglobandola adeguatamente. In corrispondenza degli spigoli del manufatto posare l'elemento angolare con la stessa modalità applicativa prevista per la rete. La sovrapposizione tra le strisce adiacenti di rete o tra l'elemento angolare e le strisce adiacenti di rete dovrà essere di **almeno 15 cm**. Dove possibile, posizionare l'angolare successivamente al posizionamento di entrambi i lembi di rete convergenti sull'angolo.
5. Rimuovere i segnalini. Procedere all'inserimento del connettore con lunghezza pari allo spessore della muratura e quindi iniettare il fissaggio chimico a base di resina vinilestere senza stirene nel solo tratto più esterno del foro. Non forzare l'inserimento del connettore all'interno del foro oltre il punto di contatto della piegatura con la rete d'armatura per evitare deleteri difetti di planarità della rete stessa.
6. Ricoprire completamente la rete con un secondo strato della stessa malta applicato "fresco su fresco" per uno spessore di 15-20 mm. La rete dovrà essere collocata nella mezzeria dello spessore totale (escluso il livellamento del supporto). La lavorazione si completa con la staggiatura della superficie e frattazzatura con spatola di plastica al fine di compattare il prodotto.

Ripetere le fasi da 2. a 6. anche sul lato opposto del paramento murario. L'iniezione del fissaggio chimico dovrà essere garantita per tutta la lunghezza di sovrapposizione dei due connettori (minimo 15 cm).

9.3.5. Finitura e protezione

A maturazione avvenuta della malta (generalmente a distanza di almeno 4 settimane) è necessario provvedere alla rasatura delle superfici di parete con bio-intonaco di finitura a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 traspirante, avendo cura di annegare la rete in fibra di vetro alcali-resistente nel primo strato, rispettando accuratamente tutte le specifiche e gli accorgimenti di posa contenuti nelle schede tecniche dei prodotti utilizzati. L'intervento si completa con idoneo ciclo di finitura decorativo/protettivo. In alternativa è possibile prevedere l'applicazione di sistemi a secco.



9.4. INTERVENTO 4: Consolidamento mediante fasce di piano/cordoli in fibra

L'intervento di seguito descritto consiste nel consolidamento e rinforzo di porzioni di fabbricato mediante placcaggio con fasce di piano, mediante l'utilizzo di sistema composito a matrice inorganica (SRG) realizzato con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato, fissato su una microrete in fibra di vetro, Tale sistema deve essere fornito di Certificato di Valutazione Tecnica.

9.4.1. Materiali

I materiali da utilizzare per il presente intervento sono elencati di seguito:

- Tessuto in acciaio inox
 - Spessore equivalente del tessuto $\geq 0,091$ mm
 - Modulo elastico medio $\geq 228,52$ GPa
 - Deformazione ultima media $\geq 0,76\%$
- Malta a base di calce idraulica
 - Resistenza a compressione caratteristica > 15 MPa
 - Percentuale in peso delle componenti organiche $\leq 10\%$
- Diatoni a fiocco: in base alla rete scelta saranno utilizzati i connettori indicati dal produttore

9.4.2. Preparazione del supporto

Pulizia della superficie sino alla messa a nudo degli elementi strutturali; sigillatura e rincoccatura delle eventuali lesioni presenti, con scaglie di materiale idoneo e impiego della malta precedentemente descritta, compatibile con la malta esistente, in modo da ripristinare la continuità strutturale ed estetica. Eventuale applicazione di fissativo consolidante. Pulizia finale della parete mediante aria compressa e successiva aspirazione dei detriti. In presenza di intonaco si provvederà alla locale demolizione dello stesso realizzando un binario di larghezza maggiore di quello della fascia da posare.

9.4.3. Applicazione del sistema di rinforzo

1. In corrispondenza della quota di copertura, con lo scopo di ottenere una completa cerchiatura dell'edificio, realizzazione di un primo strato di spessore medio di 3 - 5 mm di malta
2. con malta ancora fresca, procedere alla posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato esercitando un'energica pressione con la spatola, avendo cura di garantire una completa

impregnazione del tessuto ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice; l'interasse delle fasce, le lunghezze d'ancoraggio e la lunghezza di sovrapposizione dovranno essere opportunamente calcolate dal progettista.

3. Esecuzione del secondo strato di malta, di spessore di circa 2-5 mm al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti
4. Eventuale ripetizione delle fasi 2) e 3) per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti dal progetto, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. L'applicazione si concluderà con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm) sempre realizzata la malta descritta



9.4.4. Ancoraggi e dettagli di estremità

Nel posizionamento delle fasce di cerchiatura si deve aver cura nella realizzazione dei dettagli di estremità, e in presenza di lesene o cantonali; onde evitare accumuli tensionali in queste zone, si procederà al collegamento delle due fasce poste su parete ortogonali tra di loro, mediante sfioccatura della parte terminale della fascia in fibra di acciaio, inserendola in un foro di diametro opportuno all'interno della muratura in corrispondenza della lesena o cantonale. Si avrà cura di iniettare il foro mediante malta. Tale soluzione ha il notevole vantaggio di garantire continuità strutturale fra fascia ed elemento di ancoraggio senza sovrapposizioni.

Lo stesso intervento può essere effettuato per la connessione delle fasce di piano con l'intradosso del solaio corrispondente.

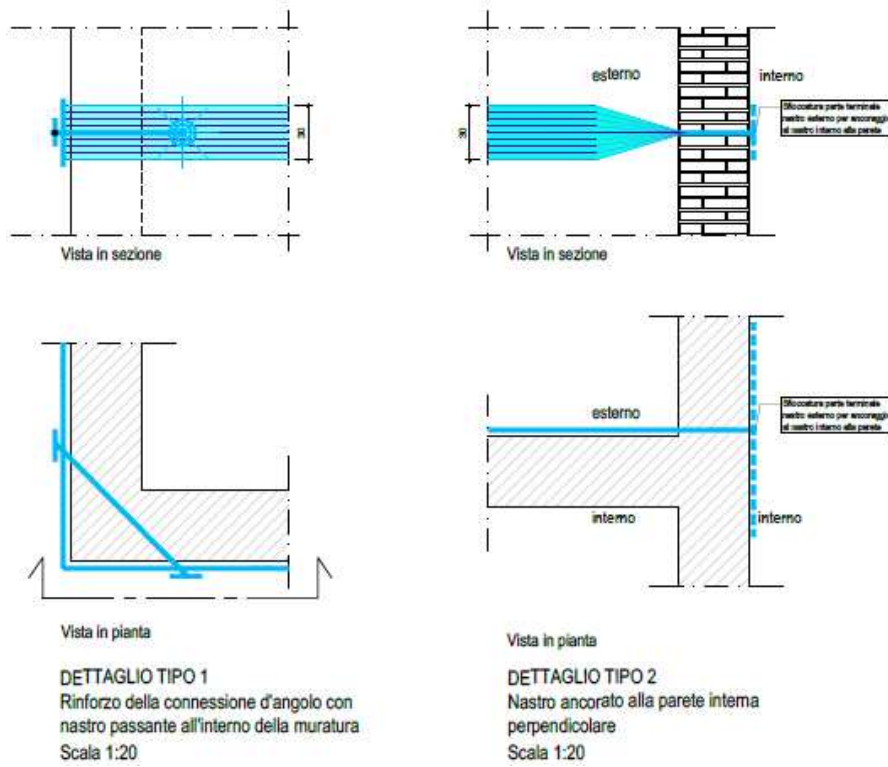


Figura 25: stralcio tavola grafica esecutiva



9.5. INTERVENTO 5: Realizzazione di nuovi muri portanti in laterizio armato

Per fornire alla struttura una maggior regolarità e garantire una migliore risposta all'azione sismica, è necessario introdurre dei nuovi muri portanti.

I nuovi muri saranno realizzati in muratura armata di spessore 30 cm e appoggeranno su nuove travi in c.a.

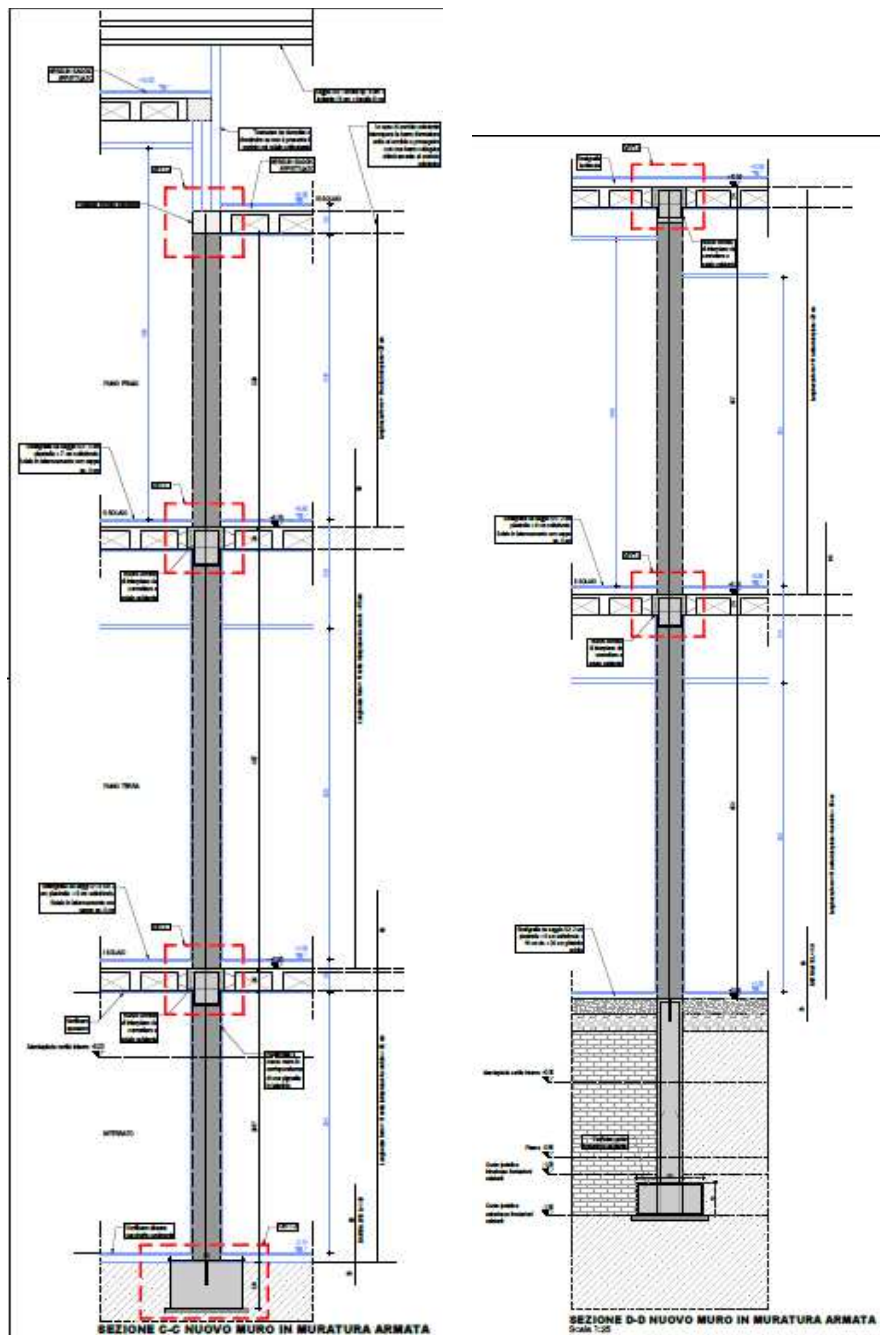


Figura 26: stralcio tavola grafica esecutiva

9.5.1. Materiali

I materiali da utilizzare per il presente intervento sono elencati di seguito:

- Blocchi in laterizio



- resistenza del blocco caratteristica verticale 15 MPa
- resistenza del blocco caratteristica orizzontale 4 MPa
- percentuale di foratura < 45%

- Malta cementizia per muratura
 - resistenza a compressione a 28 gg >10 MPa
 - modulo elastico a 28 gg 9000 MPa
 - classe (secondo UNI EN 998-2) M10

- Acciaio per M.A. e C.A.
- Calcestruzzo per fondazioni

9.5.2. *Descrizione intervento – muro zona archivio*

- 1) Esecuzione di saggi in corrispondenza di tutti i solai per verificare la posizione dei travetti.
- 2) Tracciare la posizione dei nuovi muri in corrispondenza di una pignatta del solaio. In caso di mancato allineamento dei solai interrompere il lavoro e informare la direzione lavori
- 3) Demolizione del pavimento del piano interrato
- 4) Esecuzione dello scavo
- 5) Getto del magrone
- 6) Posizionamento maglia di armatura e casseri e getto della trave di fondazione
- 7) Preparazione di foro Ø18 intesa alla trave di fondazione per inghisaggio di barra Ø16 con resina tipo HILTI-HIT-HY 200 o similare per prestazione
- 8) Demolizione dei controsoffitti e delle tramezze posizionate in corrispondenza o in vicinanza dei nuovi muri
- 9) Disposizione dei puntelli per sostegno dei solai
- 10) Demolizione del pacchetto architettonico del primo solaio
- 11) Demolizione porzione di primo solaio compresa tra i due travetti prefabbricati situati ai lati del nuovo muro
- 12) Realizzazione del muro in muratura armata dal pavimento del piano interrato fino al primo solaio (spessore pacchetto pavimento interrato non noto, verificare quote in cantiere) inserendo i blocchi in laterizio lateralmente. Terminare il muro con blocco in laterizio intero. La differenza tra la quota dell'estradosso del solaio e la quota della testa del muro sarà colmata con il cordolo in c.a.
- 13) Posizionamento di puntelli a lato del muro per sostegno casseri del cordolo in c.a.
- 14) Preparazione di foro Ø14 nel solaio esistente per inghisaggio di barra Ø 12 con resina tipo HIT-RE 500 V3 + HAS-U o similare per prestazione
- 15) Ingheggiaggio delle barre nel solaio esistente e disposizione dell'armatura del cordolo (staffe raffitte in corrispondenza delle aperture). La staffatura verticale sarà da regolare in base alla quota in cui finisce l'ultimo blocco in laterizio, la staffatura orizzontale sarà da regolare in base



all'interasse tra i travetti prefabbricati del solaio

16) Getto del cordolo del primo solaio in due fasi distinte in modo da poter posizionare correttamente i casseri

17) Ripetere i punti dal 10) al 16) per il secondo solaio

18) Verificare la presenza o meno del cordolo sulla tramezza del primo piano

19) OPZIONE 1: PRESENZA DI CORDOLO NEL TERZO SOLAIO

- a. Demolizione della tramezza del primo piano senza demolizione del cordolo soprastante
- b. Preparazione di foro Ø18 nell'intradosso del cordolo esistente per inghisaggio di barra Ø 16 con resina HILTI-HIT-HY 200 o similare per prestazione
- c. Inghisaggio della barra nel cordolo esistente e lagatura con barra M.A.
- d. Realizzazione del muro in muratura armata dal pavimento del piano primo fino al terzo

solaio

20) OPZIONE 2: ASSENZA DI CORDOLO NEL TERZO SOLAIO

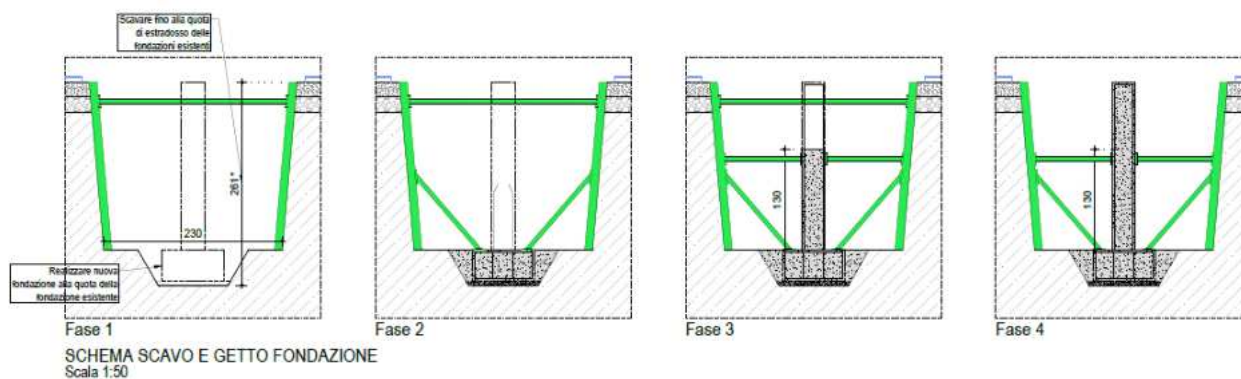
- a. Demolizione delle tramezze del sottotetto e della tramezza del primo piano
- b. Demolizione della porzione del terzo solaio fino a raggiungere il primo travetto prefabbricato a lato del muro in M.A.
- c. Realizzazione del muro in muratura armata dal pavimento del piano primo fino al terzo solaio inserendo i blocchi in laterizio lateralmente. Terminare il muro con blocco in laterizio intero. La differenza tra la quota dell'estradosso del solaio e la quota della testa del muro sarà colmata con il cordolo in c.a.
- d. Posizionamento di puntelli a lato del muro per sostegno casseri del cordolo in c.a.
- e. Preparazione di foro Ø14 nel solaio esistente per inghisaggio di barra Ø 12 con resina tipo HIT-RE 500 V3 + HAS-U o similare per prestazione
- f. Inghisaggio delle barre nel solaio esistente e disposizione dell'armatura del cordolo (staffe raffittite in corrispondenza delle aperture). La staffatura verticale sarà da regolare in base alla quota in cui finisce l'ultimo blocco in laterizio, la staffatura orizzontale sarà da regolare in base all'interasse tra i travetti prefabbricati del solaio
- g. Getto del cordolo del terzo solaio

21) Ripristino di tutti i pacchetti architettonici

9.5.3. Descrizione intervento muri biblioteca

- 1) Esecuzione di saggi in corrispondenza di tutti i solai per verificare la posizione dei travetti.
- 2) Tracciare la posizione dei nuovi muri in corrispondenza di una pignatta del solaio. In caso di mancato allineamento dei solai interrompere il lavoro e informare la direzione lavori
- 3) Demolizione del pavimento del piano terra
- 4) Esecuzione dello scavo come indicato nello schema con le fasi
- 5) Getto del magrone
- 6) Posizionamento maglia di armatura e getto della trave di fondazione
- 7) Getto del muro in elevazione in due riprese come indicato nello schema con le fasi di scavo

- 8) Preparazione di foro Ø18 in testa al muro in c.a. per inghisaggio di barra Ø16 con resina tipo HILTI-HIT-HY 200 o similare per prestazione
- 9) Demolizione dei controsoffitti e delle tramezze posizionate in corrispondenza o in vicinanza dei nuovi muri in m.a.
- 10) Disposizione dei puntelli per sostegno dei solai
- 11) Demolizione del pacchetto architettonico del secondo solaio
- 12) Demolizione porzione di secondo solaio compresa tra i due travetti prefabbricati situati ai lati del nuovo muro
- 13) Realizzazione del muro in muratura armata dal pavimento del piano terra fino al secondo solaio inserendo i blocchi in laterizio lateralmente. Terminare il muro con blocco in laterizio intero. La differenza tra la quota dell'estradosso del solaio e la quota della testa del muro sarà colmata con il cordolo in c.a.
- 14) Posizionamento di puntelli a lato del muro per sostegno casseri del cordolo in c.a.
- 15) Preparazione di foro Ø14 nel solaio esistente per inghisaggio di barra Ø 12 con resina tipo HIT-RE 500 V3 + HAS-U o similare per prestazione
- 16) Inghisaggio delle barre nel solaio esistente e disposizione dell'armatura del cordolo (staffe raffittite in corrispondenza delle aperture). La staffatura verticale sarà da regolare in base alla quota in cui finisce l'ultimo blocco in laterizio, la staffatura orizzontale sarà da regolare in base all'interasse tra i travetti prefabbricati del solaio
- 17) Getto del cordolo del primo solaio
- 18) Ripetere i punti dall' 11) al 17) per il terzo solaio
- 19) Ripristinare i pacchetti architettonici demoliti



10. LIVELLO DI PROGETTO

Gli interventi in progetto consentono il raggiungimento di un livello di sicurezza globale sul fabbricato pari all'80% del livello previsto dalle normative vigenti.

Si precisa che il livello di azione sismica previsto per il sito è stato determinato a partire da un'analisi di risposta sismica locale, allegata al progetto.

11. CRONOPROGRAMMA



La durata complessiva dei lavori previsti è stimata in 365 giorni naturali e consecutivi per la completa esecuzione di tutte le opere. Si rimanda al cronoprogramma, elaborato C07.

12. QUADRO ECONOMICO

Il quadro economico dell'intervento è riportato nella tabella seguente:

A.1)	IMPORTO A BASE DI GARA		
A.1.1	Lavori soggetti a ribasso d'asta		776.322,80 €
A.1.2	Oneri per adempimenti in materia di sicurezza (non soggetti a ribasso d'asta)		36.582,98 €
	TOTALE QUADRO A		812.905,78 €

13. ALLEGATI

In considerazione del fatto che è presente tutta la documentazione di progetto esecutivo strutturale delle opere di riattamento del 1979 e delle opere del 2003 relative al nuovo ascensore e alla scala, si rileva che non è di utilità produrre una nuova restituzione grafica di tali documenti.

Per la definizione delle strutture presenti si rimanda pertanto agli elaborati di progetto esecutivo originale a disposizione della committenza.

Per tutto il resto si rimanda agli allegati del presente progetto definitivo di adeguamento sismico.