



COMUNE DI MOTTOLA
PROVINCIA DI TARANTO
SETTORE TECNICO

**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO A NORME DI
SICUREZZA E DI ADEGUAMENTO SISMICO
DEL PLESSO SCOLASTICO "DANTE ALIGHIERI"**

PROGETTO ESECUTIVO

Oggetto:

ELABORATI DESCRITTIVI
Relazione Tecnica di Intervento

MAGGIO 2021

Scala --

Codice: MO.RE.01

Responsabile del Procedimento

Ing. Giuseppe DI BONAVENTURA

Tecnico Incaricato



(Ing. Domenico AMENDOLA)

N	REVISIONE	DATA
01		
02		

INDICE

PREMESSA	2
1. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	3
2. EDIFICIO SCOLASTICO OGGETTO DI INTERVENTO	4
3. INDAGINE STORICA	7
4. RILIEVO GEOMETRICO STRUTTURALE.....	9
5. ESAME VISIVO DISSESTI E DEGRADO	14
6. INDAGINI SULLE STRUTTURE E SUI MATERIALI	20
6.1 Richiami Normativi.....	20
6.2 Indagini eseguite e Livello di Conoscenza raggiunto	22
7. LIVELLO DI SICUREZZA DELL'IMMOBILE NELLO STATO ATTUALE	28
8. INTERVENTI PREVISTI E FINALITÀ.....	31
9. LIVELLI DI SICUREZZA DELL'IMMOBILE NELLO STATO FUTURO	45
10. QUADRO ECONOMICO.....	47

Premessa

La presente **Relazione Tecnica di Intervento** accompagna gli elaborati del Progetto Esecutivo **"INTERVENTI DI ADEGUAMENTO A NORME DI SICUREZZA E DI ADEGUAMENTO SISMICO DEL PLESSO SCOLASTICO "DANTE ALIGHIERI" "**.

Nel seguito sono menzionate le caratteristiche principali dell'edificio in oggetto, evidenziati i livelli di sicurezza attuali dell'immobile sia per carichi verticali (carichi antropici) che per carichi orizzontali (azioni sismiche) ed infine viene riportato un quadro sintetico degli elementi di crisi della fabbrica strutturale nella condizione odierna.

Sulla base di tali condizioni di "deficit" strutturale sono stati progettati una serie di interventi di **adeguamento sismico**, sia per le strutture principali che per le strutture secondarie.

In concomitanza agli interventi strutturali sono stati previsti lavori di revisione ed adeguamento degli impianti esistenti (antincendio, elettrico, idrico-sanitario, riscaldamento), ed interventi edili al fine di ottenere il ripristino funzionale complessivo dell'immobile.

1. Normative di Riferimento

Nelle varie fasi della progettazione, del calcolo e delle verifiche si è fatto riferimento alle seguenti normative:

1. *Legge 5/11/1971, n.1086*, Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
2. *DM 17 gennaio 2018*: Norme Tecniche per le Costruzioni. (NTC2018).
3. *Circolare 21/01/2019, n. 7* del Ministero delle infrastrutture e trasporti recante le istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle nuove Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018.
4. *UNI EN 206-1-2006*, Specificazione, prestazione, produzione e conformità del calcestruzzo.
5. *UNI EN - Eurocodice 1*, Azioni sulle strutture.
6. *UNI EN - Eurocodice 2*, Progettazione delle strutture di calcestruzzo.
7. *CNR-DT 200 R1/2013*, Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati.
8. *CNR-DT 215/2018*, Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica.
9. *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Settembre 2017* "Linee Guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera".
10. *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Dicembre 2018* "Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti".
11. *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Ottobre 2019* "Linea Guida per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione di interventi di consolidamento strutturale mediante l'utilizzo di sistemi di rinforzo FRCM".

2. Edificio scolastico oggetto di intervento

L'edificio scolastico oggetto di intervento è una costruzione, in calcestruzzo armato, risalente agli anni ottanta e le indagini storiche datano (data degli elaborati strutturali) al 1988 l'anno di costruzione dell'edificio scolastico che risulta costituito da tre corpi di fabbrica giuntati sismicamente.

L'edificio presenta una forma in pianta abbastanza irregolare, si sviluppa su due livelli, ha una superficie lorda al piano rialzato pari circa **1585 mq**, una superficie lorda la piano primo di circa **1170 mq** ed un'altezza alla copertura pari a **8.85 m**.

Nel plesso scolastico è presente anche una palestra per le attività sportive, dotata di spogliatoi, il collegamento tra le due fabbriche strutturali avviene tramite una scala in calcestruzzo armato giuntata sismicamente ai suddetti edifici.

Il corpo palestra **non** è oggetto di intervento.

L'edificio allo stato attuale risulta completamente utilizzato per le attività scolastiche.



Fig. 2.1 – Foto aerea planimetrica dell'edificio in oggetto

*Interventi di Adeguamento a Norme di Sicurezza e
di Adeguamento Sismico del Plesso Scolastico "Dante Alighieri"*

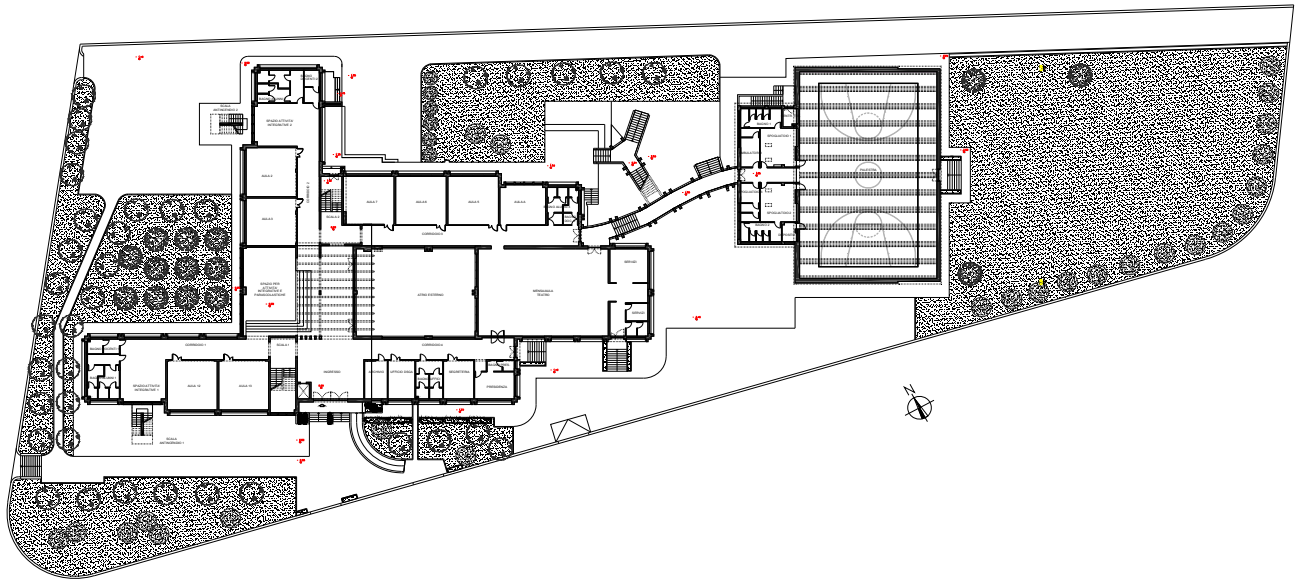


Fig. 2.2 – Pianta Piano Rialzato dell'Intero Plesso Scolastico

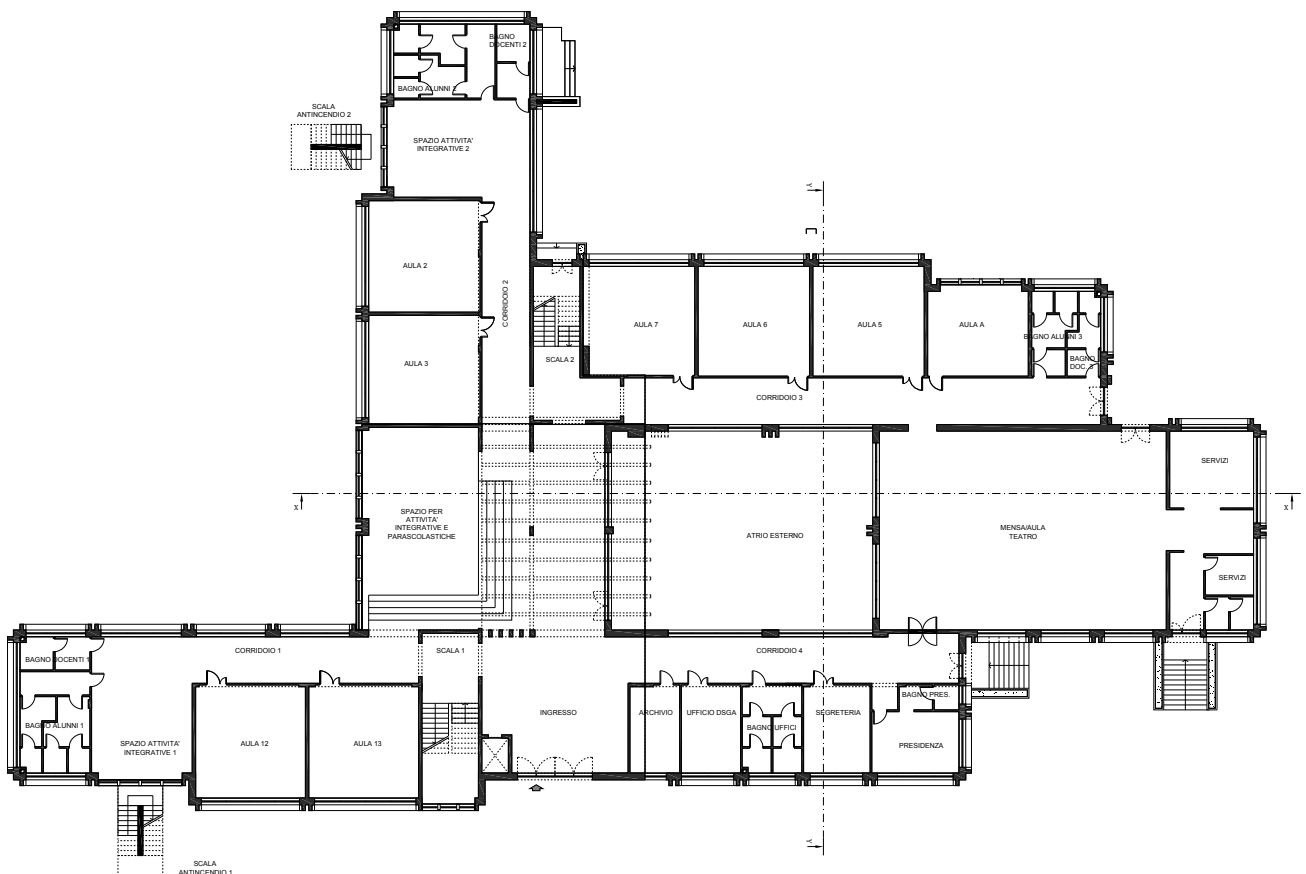


Fig. 2.3 – Pianta Piano Rialzato dell'Edificio

*Interventi di Adeguamento a Norme di Sicurezza e
di Adeguamento Sismico del Plesso Scolastico "Dante Alighieri"*

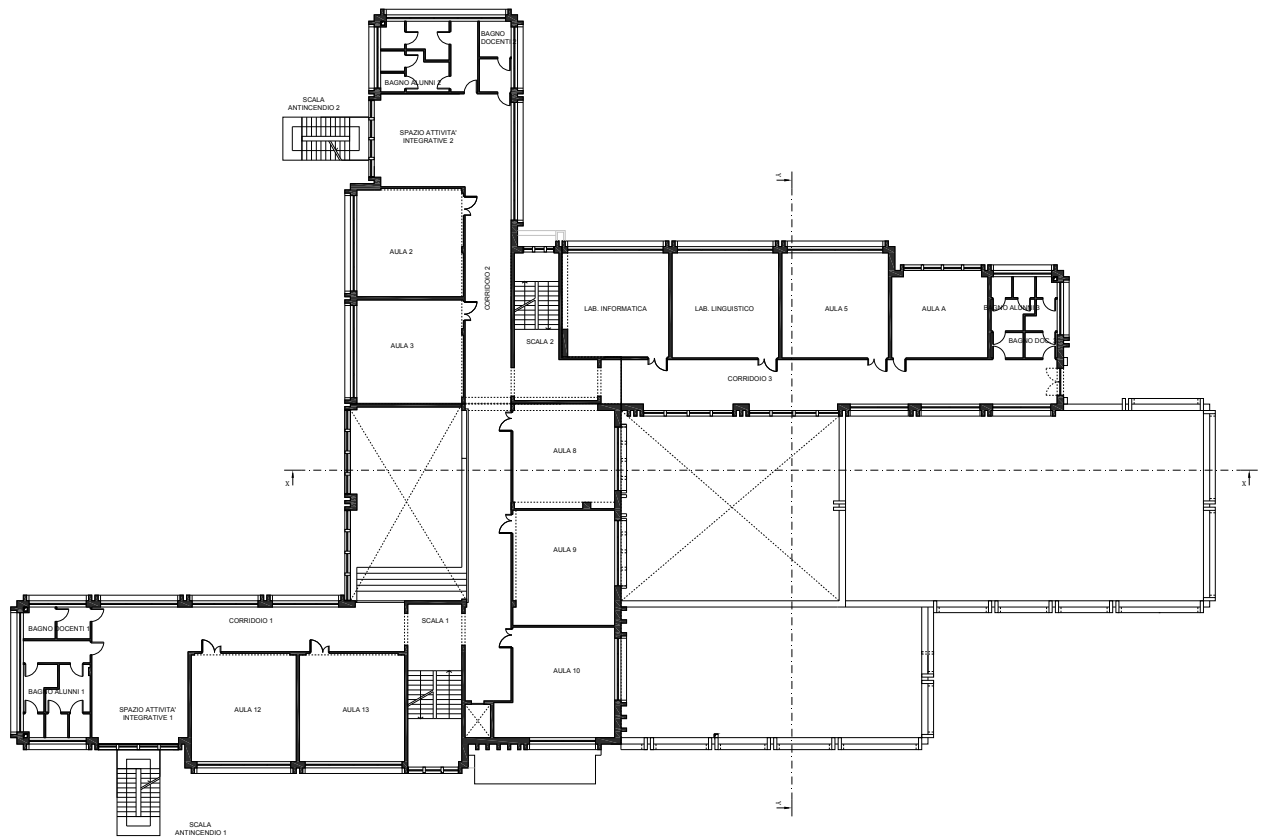


Fig. 2.4 – Pianta Piano Primo dell'Edificio

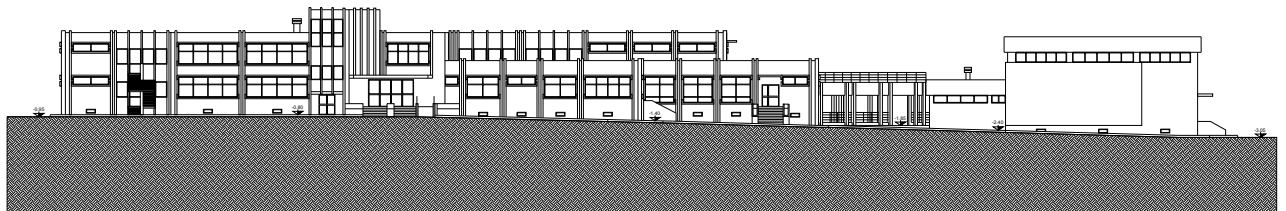


Fig. 2.5 – Prospetto Sud-Ovest dell'Edificio

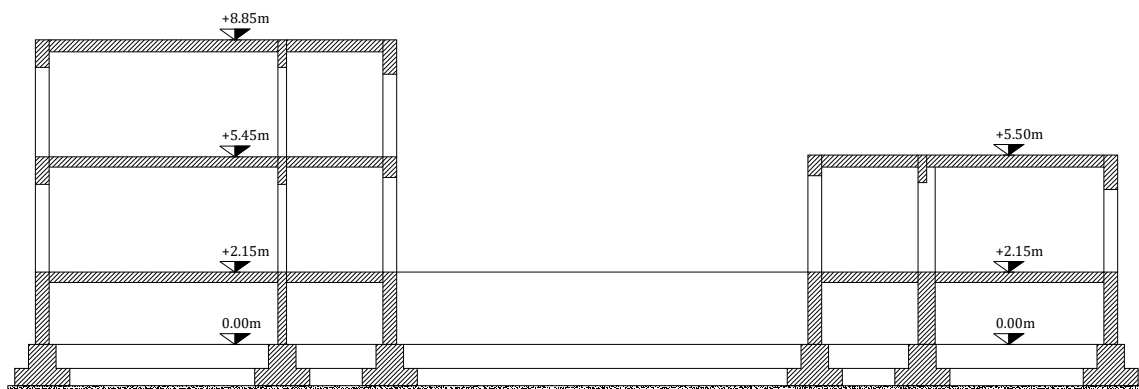


Fig. 2.6– Sezione Trasversale dell'Edificio

3. Indagine Storica

Le indagini storiche hanno consentito di recuperare i documenti citati nel seguito e dei quali si riporta un estratto:

- Progetto Architettonico

**COMUNE
DI
MOTTOLA**

COMITATO REGIONALE TECNICO AMMINISTRATIVO
ADUNANZA del 28/5/82
VOTO n. 14
IL GEOMETRA: Ing. PERSICO

**PROGETTO PER LA COSTRUZIONE DI
UNA SCUOLA ELEMENTARE** in località "PATRELLA"

VISTO:
F. SCOROMATORE D'UFFICIO
(Ing. Ing. Ugo MACCHIA)

PROGETTISTA
Dott. Ing. G. Vecchi

ED. CO. M. 101
VIA LUIGI CAPOD'ORLANDO
N. 339

TAV. **A5** Pianta Piano Primo scala 1:100
data

- Progetto Strutturale

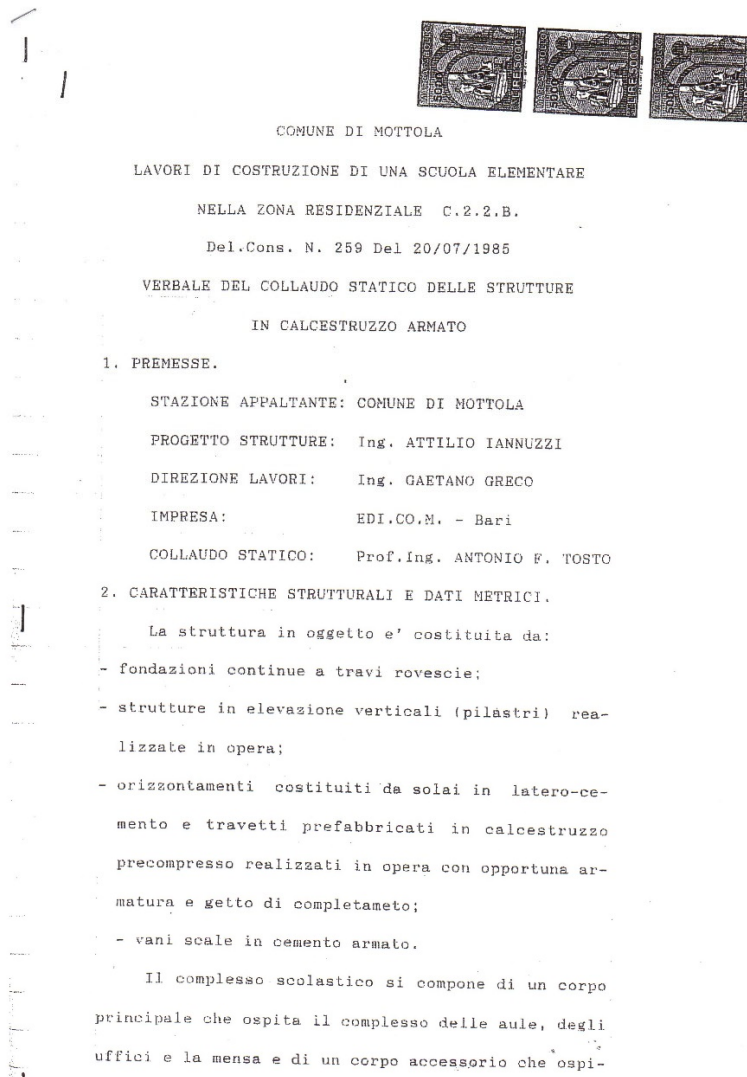
ED. CO. M. 101
VIA LUIGI CAPOD'ORLANDO
N. 339

ANSI-STUDIO DI INGEGNERIA
74100 TARANTO - 66 VIA LUCANIA
DOTT. ING. ATTILIO IANNUZZI PH.D.

COMMITTENTE COMUNE DI MOTTOLA					CONTRATTOR EDICOM BARI	
OPERA SCUOLA ELEMENTARE Loc. Patrella					MATERIALI cls Rck250	
OGGETTO RELAZIONE DI CALCOLO /1 FONDAZIONI-PILASTRI ZONA AULE UFFICI MENSA					Feb 38 kn	
DATA 24.1.88 23.3.88	SCALA	PREP.	CONTR.	APPROV.	DISEGNO N.	

MOD. F10

○ Certificato di Collaudo Statico



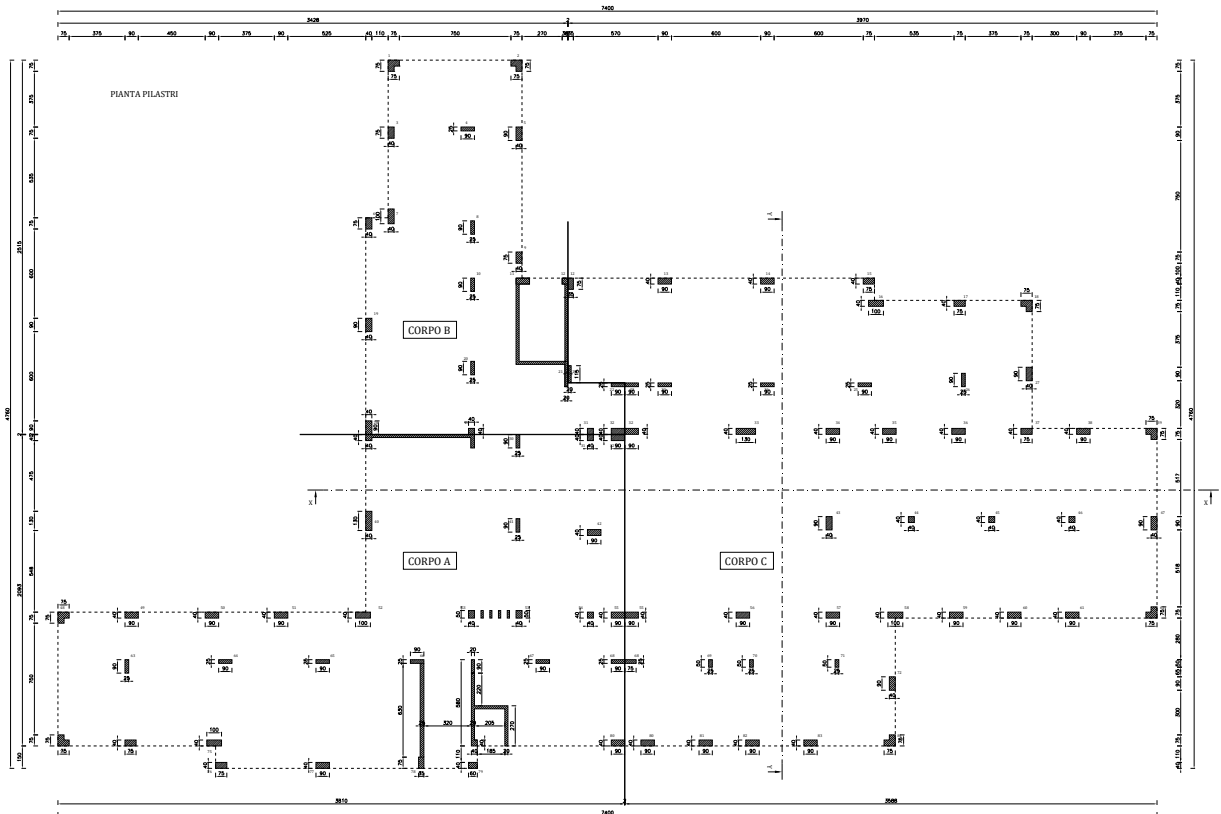
Dalla disamina dei documenti progettuali emerge quanto segue:

- Progettista architettonico: Ing. Giuseppe Vecchi, iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Taranto al numero 339;
- Progettista delle strutture: Ing. Attilio Iannuzzi, iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Taranto al numero 931;
- Direttore dei lavori strutturali: Ing. Gaetano Greco;
- Collaudatore Statico: Prof. Ing. Antonio F. Tosto;
- Impresa esecutrice: EDI.CO.M. S.r.l.;
- Visto del Genio Civile di Taranto – Comitato Regionale Tecnico Amministrativo Adunanza del 28/05/1982 Voto n. 114;
- Progetto Strutturale ANNO 1988;
- Certificato di Collaudo Statico Settembre 1993.

Non è stato, invece possibile, recuperare la relazione a struttura ultimata.

4. Rilievo Geometrico Strutturale

La presenza degli elaborati di progetto originali, sia architettonici che strutturali, ed il rilievo condotto sul complesso scolastico alfine di verificare la corrispondenza e l'adequatezza della documentazione progettuale esistente con lo stato attuale dei luoghi, ha permesso di mettere a punto un modello geometrico-strutturale della struttura. Nel seguito un estratto del rilievo geometrico-strutturale.



*Interventi di Adeguamento a Norme di Sicurezza e
di Adeguamento Sismico del Plesso Scolastico "Dante Alighieri"*

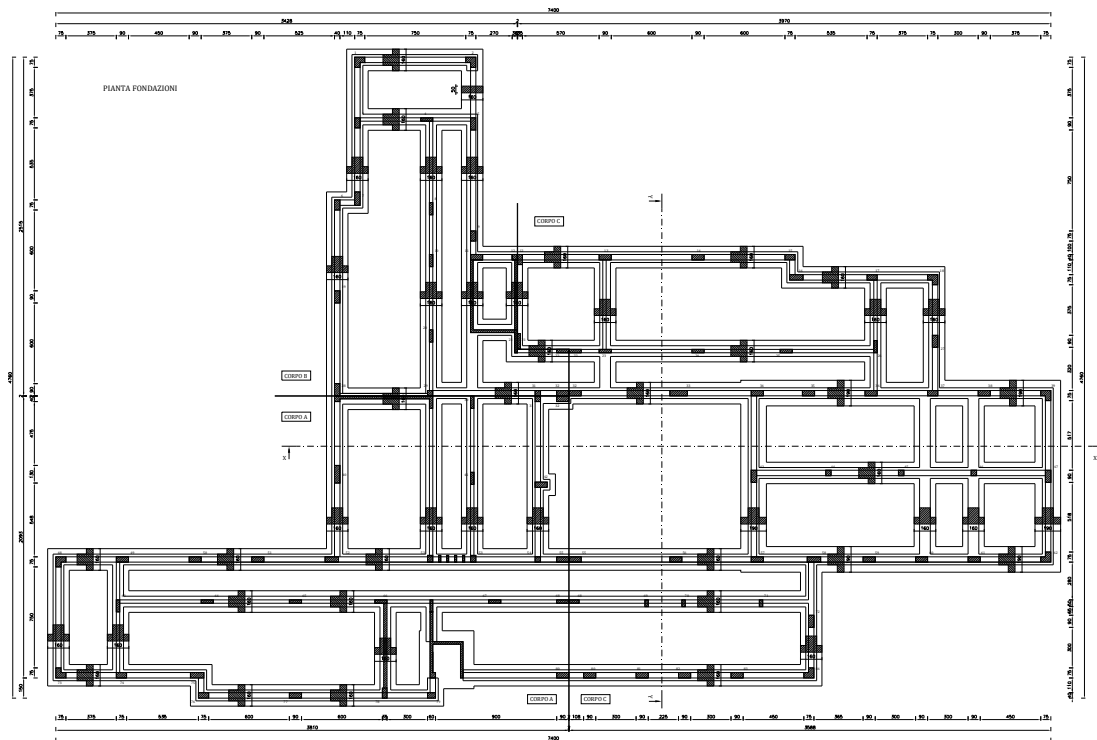


Fig. 4.2 – Pianta fondazioni

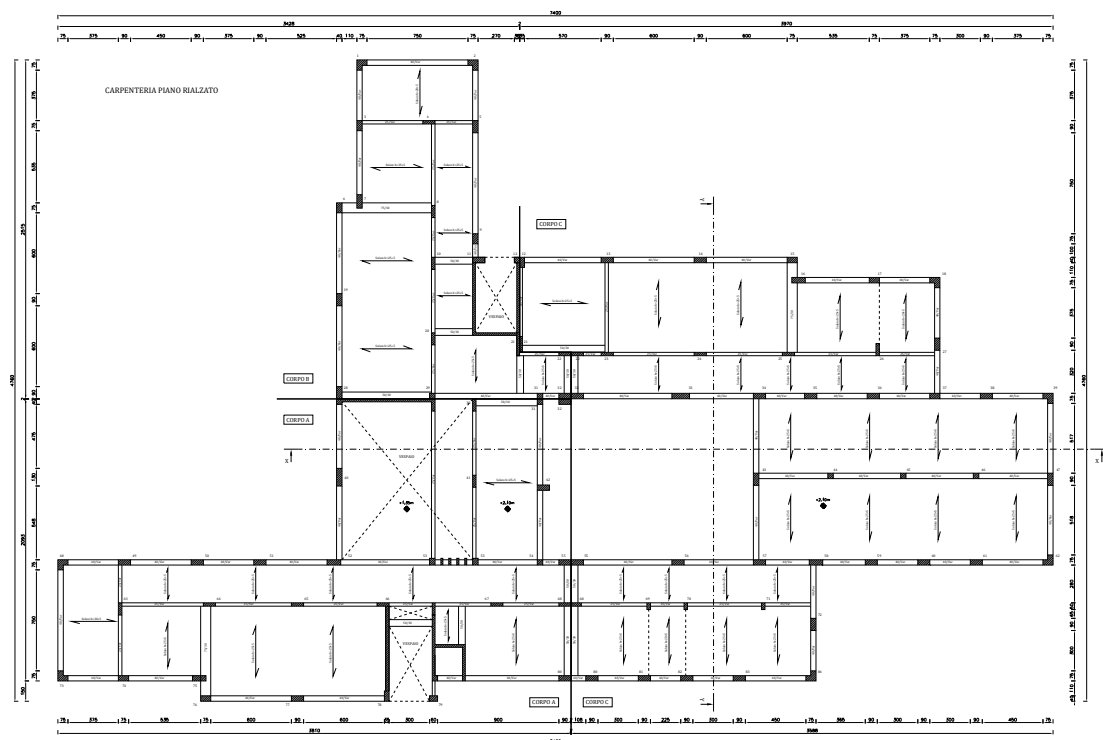


Fig. 4.3 – Carpenteria piano rialzato

*Interventi di Adeguamento a Norme di Sicurezza e
di Adeguamento Sismico del Plesso Scolastico "Dante Alighieri"*

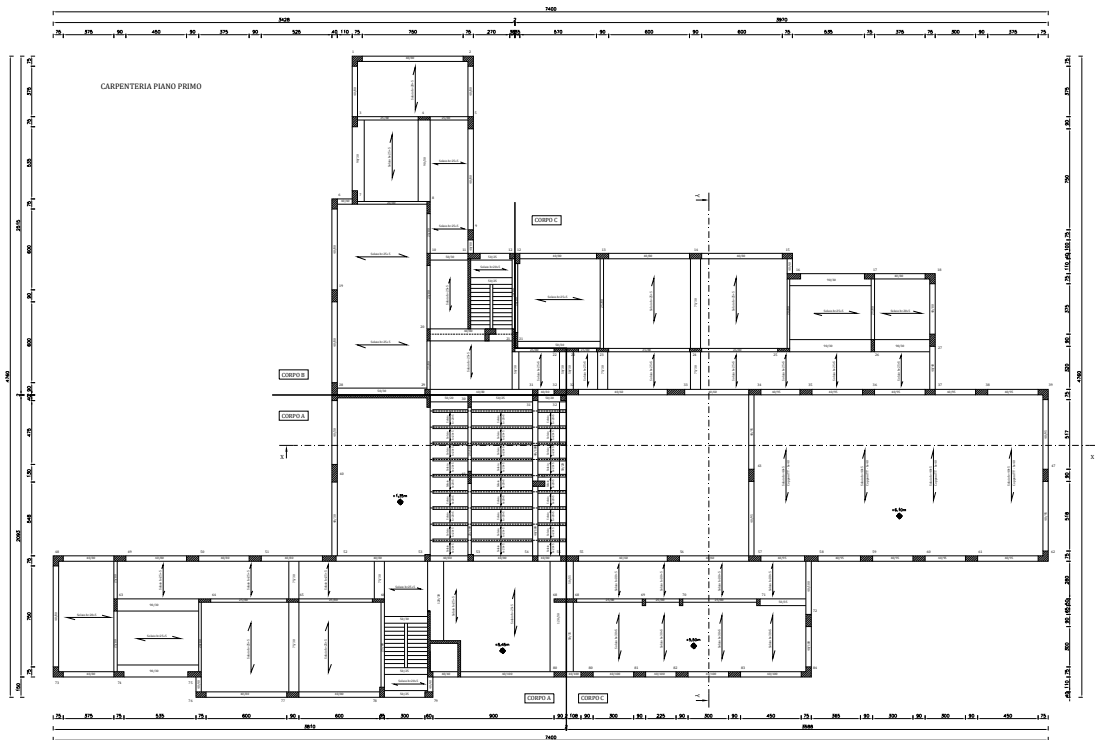


Fig. 4.4– Carpenteria piano primo

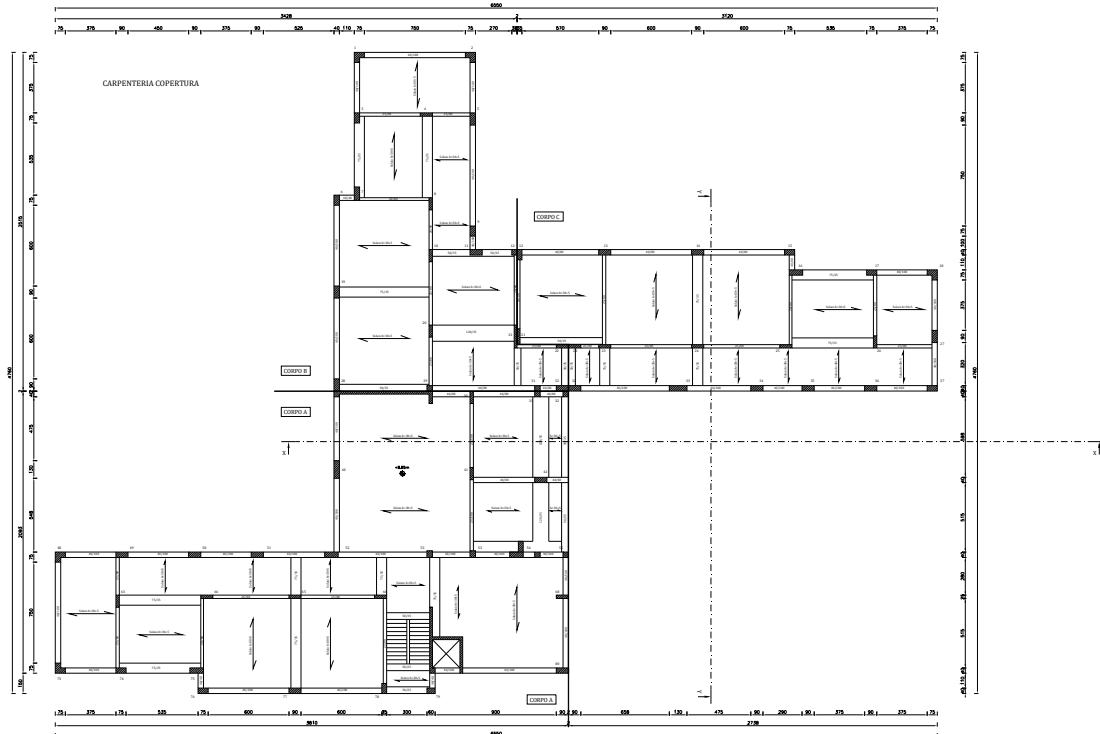


Fig. 4.5 – Carpenteria copertura

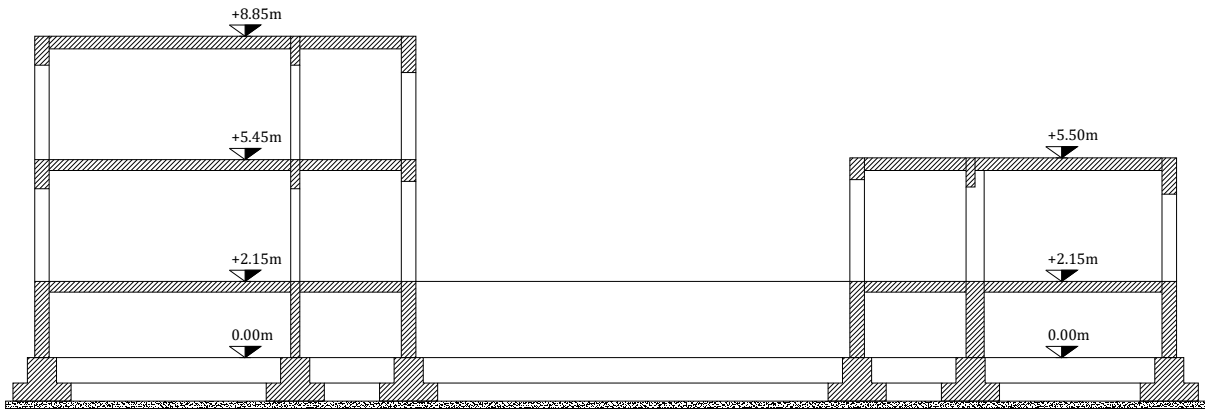


Fig. 4.6 – Sezione Trasversale (Y-Y)

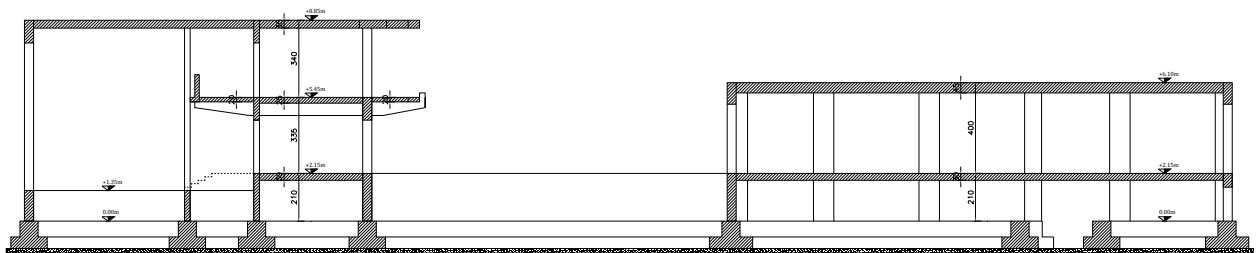


Fig. 4.7 – Sezione Longitudinale (X-X)

L'edificio è composto da tre corpi di fabbrica giuntati sismicamente e denominati Corpo A, Corpo B, Corpo C.

Le **fondazioni** sono dirette, hanno sezione a T rovescia e mostrano due tipologie differenti di sezione 160/120 e 190/120. Su di esse impostano delle pareti in C.A. fino alla quota di calpestio del piano rialzato. Da ciò si deduce ovviamente la presenza di un piano seminterrato



Fig. 4.8 – Foto Piano Seminterrato

I **pilastri** mostrano sezioni rettangolari dalle dimensioni 40/75, 40/90, 25/90, 40/75, 40/100, 35/75, 20/170, 20/115, 40/40, 40/130, 25/75, 40/60, 25/50 ed anche sezione angolare (L) dove le dimensioni dei lati lunghi sono pari a 75 mentre la larghezza sui lati due lati è pari a 40cm.

Le **travi in elevazione** sono sia spessore di solaio dalle dimensioni 50/25/, 50/30, 50/35, 75/30, 75/35, 90/30, 120/35, che emergenti dalle dimensioni 20/80, 25/80, 25/100, 40/40, 40/60, 40/80, 40/95, 40/100.

Gli **orizzontamenti di piano** sono costituiti da solai sono in latero-cemento e presentano diverse altezze 20+5, 25+5, 30+5, 30+5, il solaio della mensa/aula teatro presenta un'altezza 40+5 ed è costituito da travi a T di altezza 40cm collegati da una soletta collaborante in calcestruzzo armato dello spessore si 5cm.

Le **coperture** sono piane e si presentano sia quota 5.50m che a quota 8.85m.

5. Esame Visivo Dissesti e Degrado

La fabbrica strutturale risulta costituita da tre corpi di fabbrica e ciascun corpo di fabbrica risulta a struttura intelaiata in calcestruzzo armato con solai latero-cementizi.

L'esecuzione di sopralluoghi e rilievi metrici ha permesso di avere un quadro generale dello stato di consistenza dell'edificio. Nella fattispecie si può affermare che sono in atto particolari e spinti fenomeni di dissesto e degrado sugli aggetti esterni in calcestruzzo, sulle strutture di copertura e all'intradosso dei sottostanti solai.

Una nota di rilievo va fatta per lo stato di degrado in cui versano gli elementi esterni in calcestruzzo alcuni collegati ai pilastri, altri che fanno da riquadro alle finestre dove il fenomeno risulta talmente spinto e tale da aver provocato dei distacchi di parti materiche e che hanno indotto le autorità competenti ad inibire l'uso delle aree esterne in più punti. Tale problematica è sicuramente ascrivibile alla assenza di elementi aggettanti di protezione che rende le strutture in c.a. esposte agli agenti atmosferici con conseguente carbonatazione del calcestruzzo ed innesco della corrosione sulle armature di rinforzo.



Fig. 5.1 – Degrado e Distacchi sugli Aggetti Esterni



Fig. 5.2 – Degrado e Distacchi sugli Aggetti Esterni



Fig. 5.3 – Degrado e Distacchi sugli Aggetti Esterni



Fig. 5.4 – Degrado e Distacchi sugli Aggetti Esterni



Fig. 5.5 – Degrado della Copertura



Fig. 5.6 – Degrado della Copertura



Fig. 5.7 – Degrado della Copertura



Fig. 5.8 – Degrado all'intradosso dei Solai



Fig. 5.9 – Degrado all'intradosso dei Solai



Fig. 5.10 – Degrado all'intradosso dei Solai

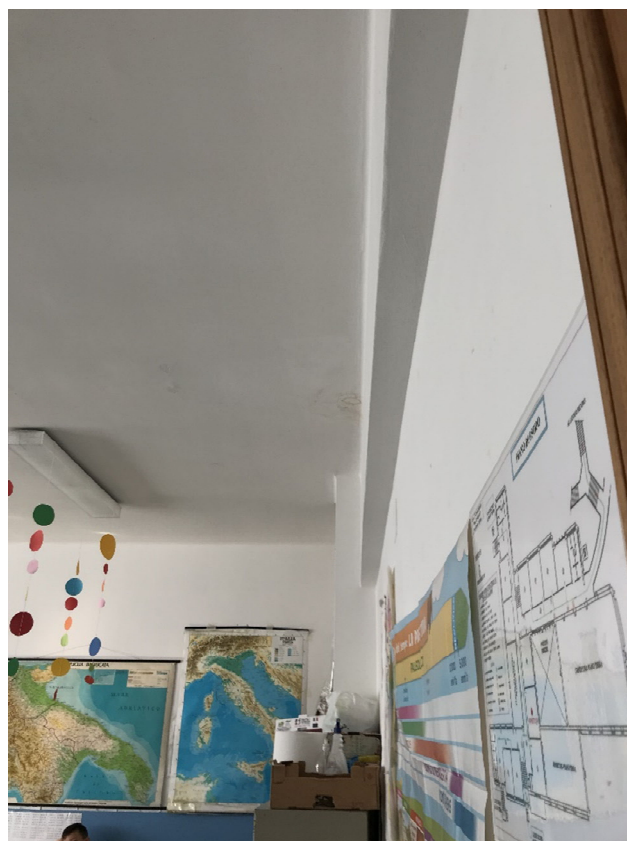


Fig. 5.11 – Degrado all'intradosso dei Solai

6. Indagini sulle Strutture e sui Materiali

6.1 Richiami Normativi

Secondo le NTC 2018, Cap 8.2, la valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi su costruzioni esistenti devono tenere conto dei seguenti aspetti della costruzione:

- essa riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione;
- in essa possono essere insiti, ma non palesi, difetti di impostazione e di realizzazione;
- essa può essere stata soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano completamente manifesti;
- le sue strutture possono presentare degrado e/o modifiche significative, rispetto alla situazione originaria.

Nella definizione dei modelli strutturali si dovrà considerare che sono conoscibili, con un livello di approfondimento che dipende dalla documentazione disponibile e dalla qualità ed estensione delle indagini che vengono svolte, le seguenti caratteristiche:

- la geometria e i particolari costruttivi;
- le proprietà meccaniche dei materiali e dei terreni;
- i carichi permanenti.

Si dovrà prevedere l'impiego di metodi di analisi e di verifica dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità dell'informazione disponibile e l'uso di coefficienti legati ai "**fattori di confidenza**" che, nelle verifiche di sicurezza, modificano i parametri di capacità in funzione del livello di conoscenza delle caratteristiche sopra elencate.

Tali fattori di confidenza vanno preliminarmente a ridurre i valori medi di resistenza dei materiali della struttura esistente, per ricavare i valori da adottare, nel progetto o nella verifica, e da ulteriormente ridurre, quando previsto, mediante i coefficienti parziali di sicurezza.

La tabella *Tab. C8.5.IV*, di seguito riportata, esprime i livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio:

*Interventi di Adeguamento a Norme di Sicurezza e
di Adeguamento Sismico del Plesso Scolastico "Dante Alighieri"*

Tabella C8.5.IV – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza, per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate</i> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>prove limitate</i> in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2		Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini estese</i> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <i>prove limitate</i> in situ; in alternativa da <i>prove estese</i> in situ	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini esaustive</i> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <i>prove estese</i> in situ; in alternativa da <i>prove esaustive</i> in situ	Tutti	1,00

(*) A meno delle ulteriori precisazioni già fornite nel § C8.5.4.

Tabella 1: Tab. C8.5.IV (da NTC 2018)

Il raggiungimento di un determinato livello di conoscenza, e quindi l'adozione del fattore di confidenza relativo, dipende pertanto dalla definizione delle carpenterie, dalla conoscenza dei dettagli costruttivi, e dalle indagini sui materiali.

Un utile riferimento, per le strutture in calcestruzzo armato, è la tabella C8.5.V che dà indicazioni relativamente al livello di rilievo e di indagine da eseguire.

Tabella C8.5.V – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici di c.a.

Livello di Indagini e Prove	Rilievo(dei dettagli costruttivi) ^(a)	Prove (sui materiali) ^{(b)(c)(d)}
	Per ogni elemento "primario" (trave, pilastro)	
<i>limitato</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
<i>esteso</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
<i>esaustivo</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Tabella 2: Tab. C8.5.V (da NTC 2018)

6.2 Indagini eseguite e Livello di Conoscenza raggiunto

Per l'edificio scolastico in oggetto ci si è posti l'obiettivo di raggiungere un livello di conoscenza **LC2**. Le **geometrie** (carpenterie) sono state dedotte dagli elaborati originali di progetto con rilievo visivo a campione in opera. Anche i **dettagli strutturali** sono stati dedotti da elaborati grafici originali di progetto e mediante verifiche in opera a mezzo di indagini pacometriche ed ispezioni visive per un quantitativo pari ad **almeno il 15%** delle membrature portanti, sfruttando anche la ripetitività di alcuni elementi (travi/pilastri) ricorrenti in carpenteria. Oltre alle indagini distruttive (carotaggi) sono state effettuate **indagini NDT** (sclerometro, ultrasuoni) al fine di verificare l'omogeneità del cls ai diversi livelli. Tali indagini hanno dato esito positivo, facendo ipotizzare la presenza di una sola classe di cls in opera.

Sono inoltre state effettuate delle prove di **antisfondellamento** su due **solai** di copertura e delle **indagini endoscopiche** volte a rilevare la stratigrafia della tamponatura esistente. Per i dettagli si rimanda agli elaborati dedicati al Piano delle Indagini e nel seguito, in tabella si sintetizza, per tipologia, il numero di indagini effettuate:


Tipo di Indagine	Descrizione	Numero
Distruttiva	Carotaggi sui Pilastri	4
Distruttiva	Carotaggi sulle Travi	6
Distruttiva	Estrazione di barre di Armatura	2
Non Distruttiva (NDT)	Indagini Magnetometriche	10
Non Distruttiva (NDT)	Indagini Sclerometriche	20
Non Distruttiva (NDT)	Indagini Ultrasonore	20
Non Distruttiva (NDT)	Indagini Endoscopiche	2
Non Distruttiva (NDT)	Indagini Antisfondellamento Solai	2

Tabella 3 - Indagini Eseguite in Opera

CALCESTRUZZI

Al fine di valutare la resistenza in opera del calcestruzzo sono state effettuati un totale di **10 prelievi di carote e successive prove a compressione** sulle diverse parti strutturali.

Nel seguito si riporta un estratto del rapporto prove delle carote eseguite e la tabella riassuntiva dei dati a disposizione.

<p style="text-align: center;">SCHEDA CAR 5 – "Trave Fond. 19/38" PIANO SEMINTERRATO"</p>	
	
<p>Descrizione carota: <i>H = 20,5 cm - Diam. = 9,4 cm</i> Profondità carbonatazione: 46 mm Qualità provino da esame visivo: <i>cls buono</i> Aderenza matrice inerte: buona Tipo di ciottoli: <i>inerti silicei</i> Rottura della carota: no Presenza di ferro: no Dimensione massima inerte: 20 mm Presenza di vuoti: scarsa</p>	
<p style="text-align: center;">PROVINI RICAVATI PER PROVA A COMPRESSIONE UNI EN 12390-3</p>	
Carota C5	Valore di compressione cubico MPa 18,64
<p>Commenti: Il campione denota una rottura soddisfacente;</p>	


<p style="text-align: center;">SCHEDA CAR 6 – "Setto 38/39" PIANO RIALZATO"</p>	
	
<p>Descrizione carota: <i>H = 14,5 cm - Diam. = 9,4 cm</i> Profondità carbonatazione: 45 mm Qualità provino da esame visivo: <i>cls buono</i> Aderenza matrice inerte: buona Tipo di ciottoli: <i>inerti silicei</i> Rottura della carota: no Presenza di ferro: no Dimensione massima inerte: 23 mm Presenza di vuoti: scarsa</p>	
<p style="text-align: center;">PROVINI RICAVATI PER PROVA A COMPRESSIONE UNI EN 12390-3</p>	
Carota C6	Valore di compressione cubico MPa 26,65
<p>Commenti: Il campione denota una rottura soddisfacente;</p>	

Fig. 6.1: Estratto Rapporto Prove – Carote eseguite sugli elementi in c.a.

ID	D [mm]	H [mm]	fcar [N/mm ²]
C1	94	155	18,08
C2	94	150	21,76
C3	94	135	23,03
C4	94	160	26,63
C5	94	205	18,64
C6	94	145	26,65
C7	94	135	22,61
C8	94	130	27,29
C9	94	150	31,1
C10	94	120	18,02

Tabella 4 - Carotaggi effettuati

ACCIAI

Gli acciai in opera sono stati verificati preliminarmente attraverso un'analisi non distruttiva a mezzo di durometro per acciaio in opera. Visto l'esito soddisfacente di tale indagine si è proceduto al **prelievo di numero 2 barre di acciaio in opera sottoposte poi a prova di trazione.**

Nel seguito si riporta un estratto del rapporto delle barre di armatura prelevate e la tabella riassuntiva dei dati a disposizione.

SCHEDA ACC 2 – "Filanti trave Fondaz. 23/24" Piano Seminterrato



Barra A2	Valore di Snervamento MPa 467
	Valore di Rottura MPa 726

Fig. 6.2 – Estratto Rapporto Prove: Armature in acciaio prelevate dagli elementi in c.a.

ID	DIAM. [mm]	f _y [N/mm ²]	f _t [N/mm ²]
ACC 1	16	458	706
ACC 1	16	467	726

Tabella 5 - Prelievi acciaio effettuati

RESISTENZE IN OPERA

Calcestruzzi

Dai valori di resistenza delle singole carote $f_{car,i}$ si è passati alla valutazione delle resistenze in situ f_{cis} , attraverso la relazione:

$$f_{cis,i} = (C_{h/D} \cdot C_{dia} \cdot C_a \cdot C_d) f_{car,i}$$

dove

$C_{h/D}$: coefficiente correttivo pari a $C_{h/D} = 2/(1.5+D/h)$ con D diametro ed h altezza della carota;

C_{dia} : coefficiente correttivo relativo al diametro, pari ad 1 per D pari a 100mm;

C_a : coefficiente correttivo relativo alla presenza di armature incluse, posto pari ad 1.03;

C_d : coefficiente correttivo relativo al disturbo arrecato alla carota, assunto pari ad 1.2 per resistenze inferiori a 20 MPa, e 1.1 per resistenze maggiori di 20 MPa.

Nella tabella seguente sono riportati i valori f_{car} e f_{cis} , relativi alle carote estratte ed il valore medio calcolato.

ID	D [mm]	H [mm]	f_{car} [N/mm ²]	H/D	$C_{H/D}$	C_{dia}	C_a	C_d	f_{cis} [N/mm ²]
C1	94	155	18,08	1,6	0,95	1,007	1	1,2	20,75
C2	94	150	21,76	1,6	0,94	1,007	1	1,1	22,67
C3	94	135	23,03	1,4	0,91	1,007	1	1,1	23,23
C4	94	160	26,63	1,7	0,96	1,007	1	1,1	28,27
C5	94	205	18,64	2,2	1,02	1,007	1	1,2	23,01
C6	94	145	26,65	1,5	0,93	1,007	1	1,1	27,49
C7	94	135	22,61	1,4	0,91	1,007	1	1,1	22,81
C8	94	130	27,29	1,4	0,90	1,007	1	1,1	27,20
C9	94	150	31,1	1,6	0,94	1,007	1	1,1	32,40
C10	94	120	18,02	1,3	0,88	1,007	1	1,2	19,08
Media									24,69

Tabella 6 - Elaborazione prove a compressione delle carote prelevate

Acciai

La resistenza media adottata nelle analisi è data dalla media delle resistenze allo snervamento ottenute dalle prove a trazione sui campioni estratti.

ID	DIAM. [mm]	f_y [N/mm ²]	f_t [N/mm ²]
ACC 1	16	458	706
ACC 1	16	467	726
Media		462,5	

Tabella 7 - I Elaborazione prove a trazione sui provini di acciaio prelevati

Resistenze di Calcolo

I valori di calcolo per le classi di calcestruzzo in situ e per gli acciai sono desunti applicando il Fattore di Confidenza **FC = 1,20** ai valori medi delle resistenze definite nei precedenti punti:

Resistenza di calcolo del calcestruzzo esistente in situ

$$f_c = \frac{f_{cis, medio}}{F_c} = \frac{24.69}{1.20} = 20.6 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza di calcolo dell'acciaio esistente in situ

$$f_y = \frac{f_{y, medio}}{F_c} = \frac{462.5}{1.20} = 385.4 \text{ N/mm}^2$$

7. Livello di sicurezza dell'immobile nello stato attuale

La struttura è stata modellata come una struttura tridimensionale spaziale, costituita da telai disposti secondo due direzioni principali. In particolare è stata applicata una analisi statica non lineare (analisi push-over) a plasticità concentrata, verificando i limiti di applicabilità prescritti dalle NTC2018, adottando due diverse distribuzioni delle forze di piano, una proporzionale alla distribuzione delle masse, ed una proporzionale al primo modo di vibrare.

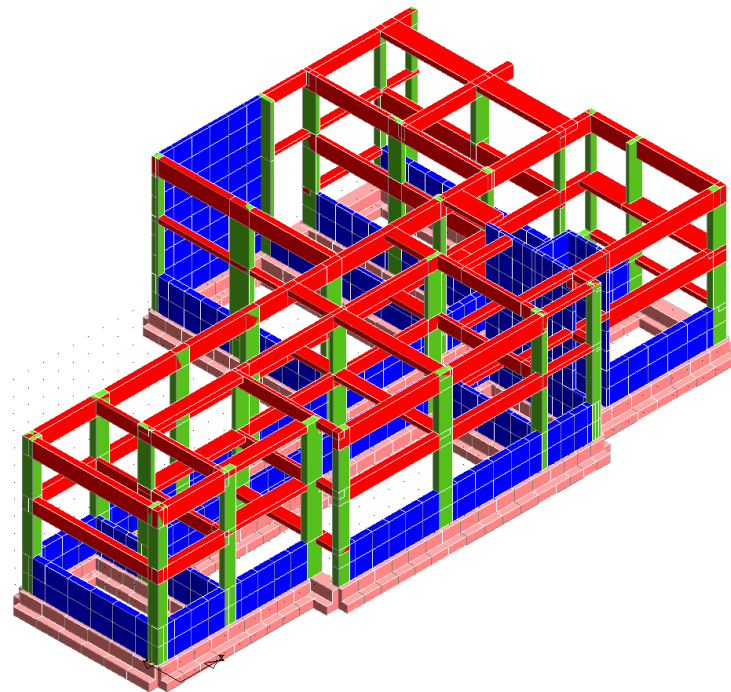


Fig. 7.1: Modello strutturale Corpo A – Stato Attuale

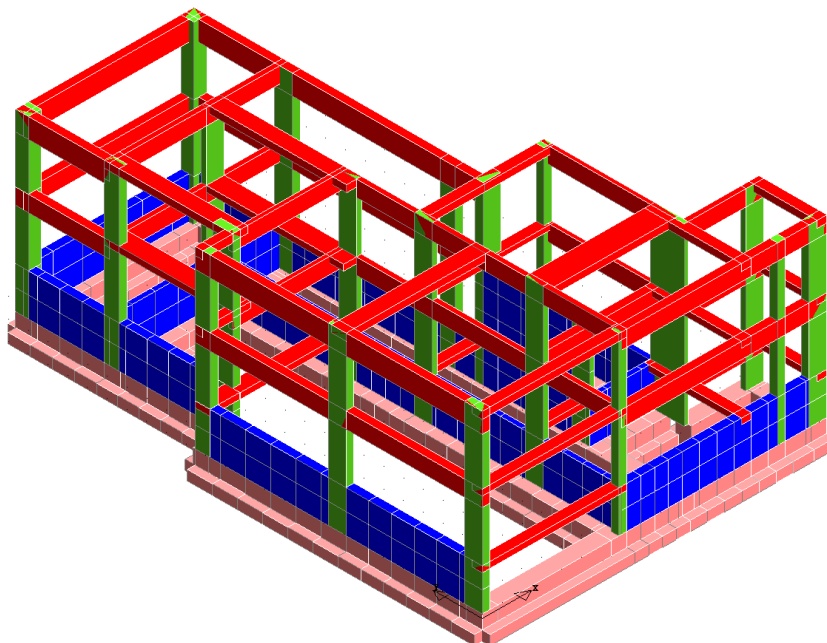


Fig. 7.2: Modello strutturale Corpo B – Stato Attuale

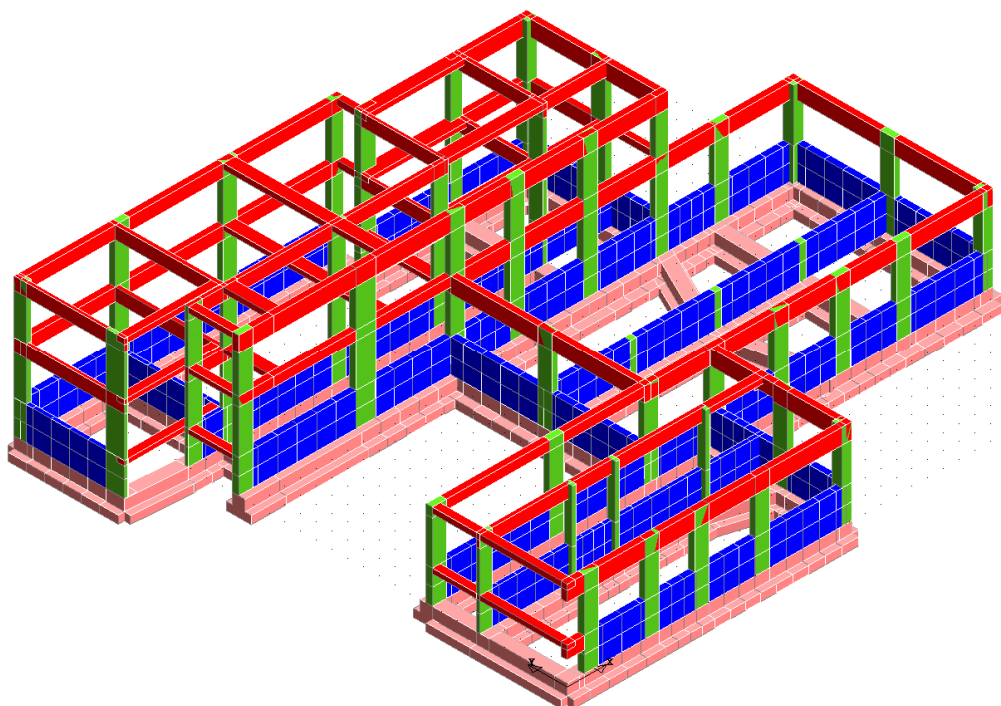


Fig. 7.3: Modello strutturale Corpo C – Stato Attuale

Le principali criticità evidenziate risultano le seguenti:

- **Assenza di armatura trasversale (staffe) nei nodi di incrocio tra elementi verticali ed elementi orizzontali dei telai;**
- **Armatura trasversale insufficiente e pertanto non in grado di garantire un comportamento duttile delle singole membrature.**

Sulla base del quadro conoscitivo appena descritto e sulla base della calcolazioni e analisi numeriche si sottolinea che:

- Le verifiche in condizioni SLU per soli carichi verticali (carichi antropici), le membrature non mostrano particolari condizioni di "sofferenza", **consentono di affermare che l'edificio attualmente sia utilizzabile, fermo restando le problematiche legate al forte ammaloramento delle parti in c.a. esterne ed al possibile distacco di parti di esse che ha indotto all'inibizione di alcune aree esterne di passaggio;**
- Le verifiche per azioni sismiche, sia SLE che SLU, manifestano un certo deficit **tale da ritenere ridotta la capacità di resistenza ad azione orizzontale**, in particolare le analisi non-lineari effettuate mostrano una notevole vulnerabilità dei nodi trave-pilastro ed una insufficiente duttilità degli elementi strutturali.

Nello **stato attuale**, senza interventi, la struttura presenta un valore di α (**rapporto capacità/domanda**) pari a:

$$\alpha = \frac{PGA_{CLV}}{PGA_{DLV}} = \mathbf{0.321}$$

Si precisa che tale valore è quello più basso attinto tra i tre diversi corpi di fabbrica (rispettivamente 0.596 per il Corpo A, **0.321** per il **Corpo B** e 0.481 per il Corpo C).

8. Interventi previsti e finalità

Sulla scorta delle criticità rilevate e con la finalità di voler risolvere le lacune e le insufficienze riscontrate quel che attiene tanto all'adeguamento sismico quanto a quello impiantistico sono stati progettati una serie di interventi che si vanno nel seguito a descrivere.

8.1 Interventi Strutturali

- Risanamento delle parti esterne in calcestruzzo soggette a fenomeno spinto di degrado, a mezzo di rimozione delle parti decoese e carbonatate, trattamento anticorrosivo dei ferri di armatura, ripristino della superficie e trattamento protettivo impermeabilizzante.
- Incremento della duttilità in alcune travi, in alcuni pilastri e in alcuni nodi non confinati, al fine di scongiurare i meccanismi fragili che condizionano in maniera decisiva la resistenza alle azioni orizzontali.
- Posa in opera di tramezzature antisismiche al fine di evitare collasso fuori piano delle strutture secondarie.
- Posa in opera, sui campi di solaio che manifestano rischio maggiore di sfondellamento, di rete di rinforzo collegata ai travetti per evitare rischi di distacchi di parti decoese di intonaco e/o laterizi.

Si riporta un estratto degli interventi di progetto.

*Interventi di Adeguamento a Norme di Sicurezza e
di Adeguamento Sismico del Plesso Scolastico "Dante Alighieri"*

INTERVENTO DI ANTISFONDELLAMENTO - Intradosso Solaio

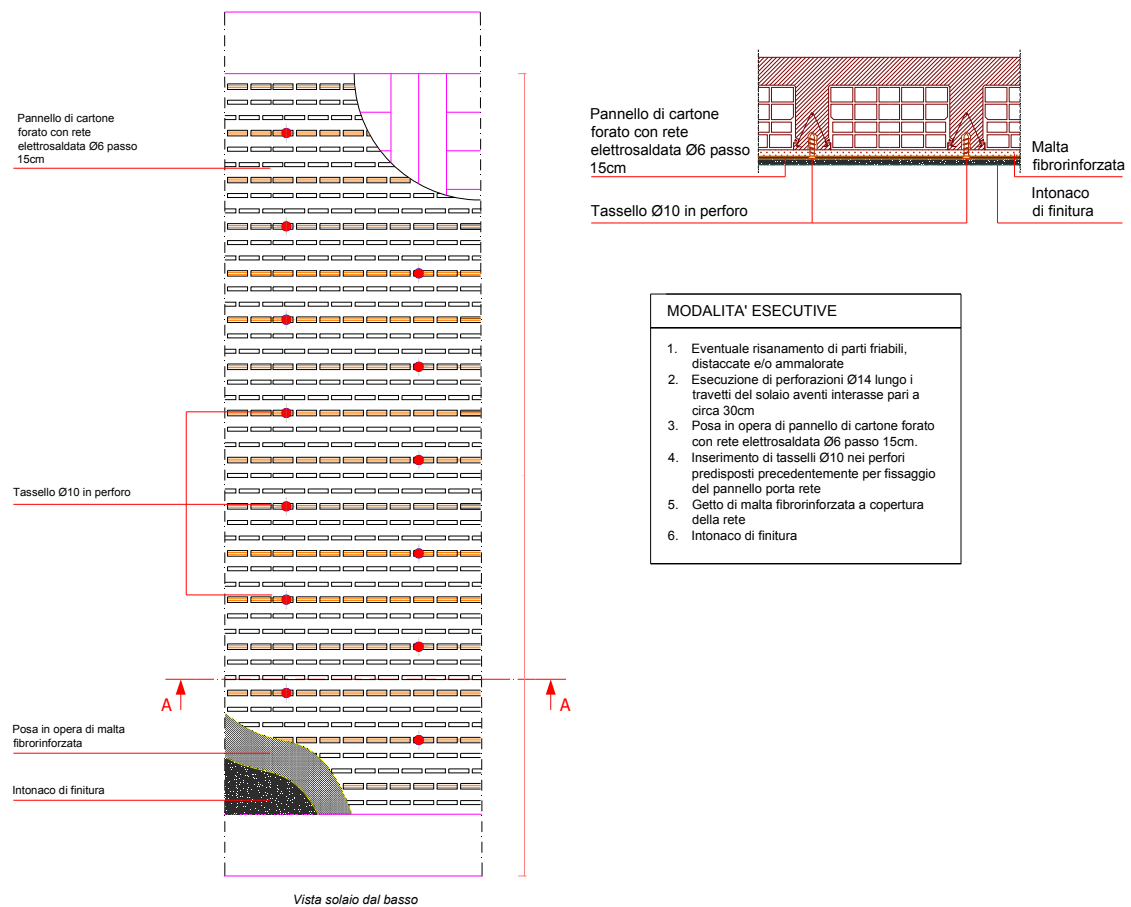


Fig. 8.1: Intervento sui solai – Modalità Esecutive

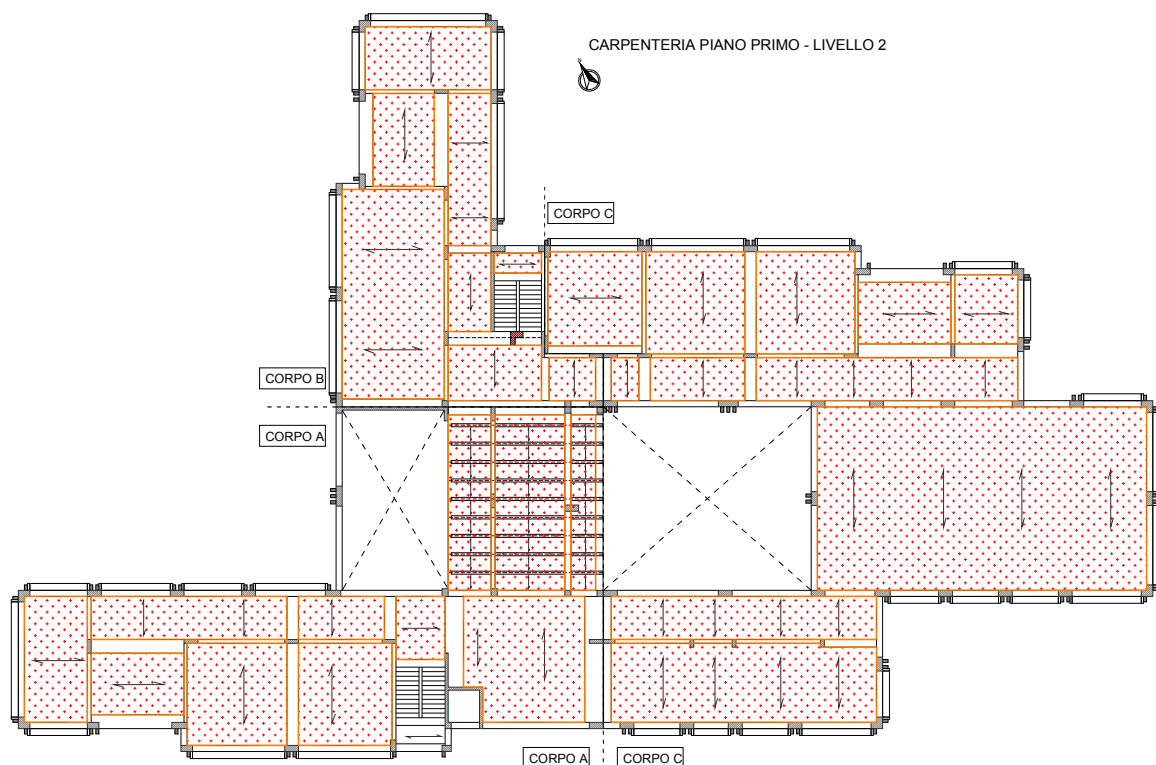


Fig. 8.2: Intervento sui solai – Localizzazione Interventi Livello 2

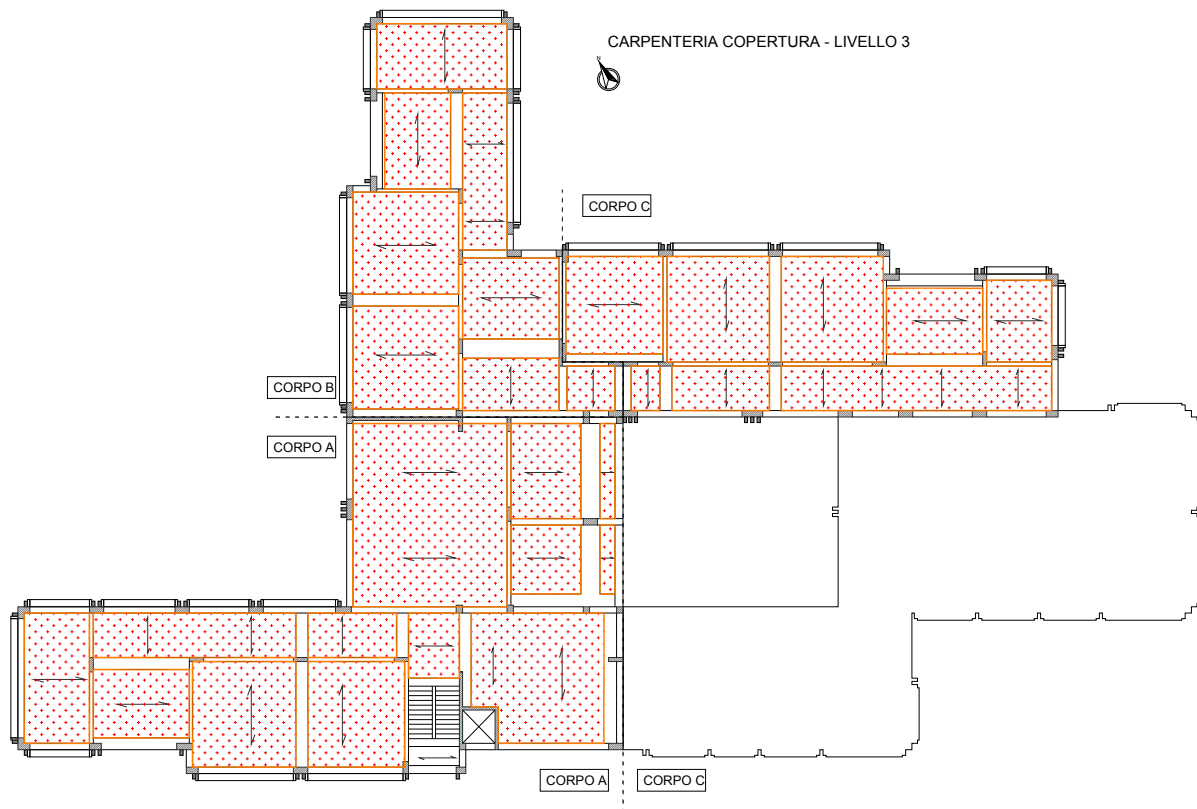


Fig. 8.3: Intervento sui solai – Localizzazione Interventi Livello 3

MODALITÀ ESECUTIVE PER L'APPLICAZIONE DI DUE STRATI

Fase 1: Preparazione del sottofondo

Rimozione dell'intonaco preesistente, asportazione del materiale ammalorato e incoerente costituente il copriferro, pulizia delle barre di armatura ed eventuale integrazione degli spessori mancanti e/o degradati, regolarizzazione della superficie.

Fase 2: Applicazione della malta monocomponente cementizia

Pulizia del sottofondo con idrolavaggio ed applicazione di un I strato di malta con frattazzo metallico liscio in spessore di almeno 3mm.

Fase 3: Applicazione della rete bidirezionale in FRM

Applicazione della rete avendo cura di annegare uniformemente nella malta.

Fase 4: Applicazione della malta monocomponente cementizia

Applicazione di un II strato di malta per uno spessore di almeno 3mm.

Fase 5: Applicazione della malta monocomponente cementizia

Applicazione di un III strato di malta con frattazzo metallico liscio in spessore di almeno 3mm.

Fase 6: Applicazione della rete bidirezionale in FRM

Applicazione della rete avendo cura di annegare uniformemente nella malta.

Fase 7: Applicazione della malta monocomponente cementizia

Applicazione di un IV strato di malta per uno spessore di almeno 3mm.

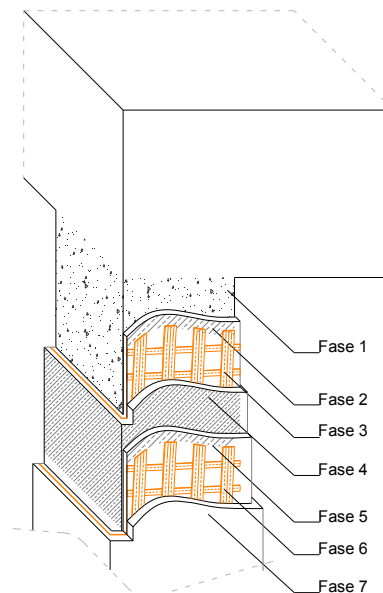


Fig. 8.4: Intervento di Rinforzo di Travi e Pilastrì – Modalità Esecutive

*Interventi di Adeguamento a Norme di Sicurezza e
di Adeguamento Sismico del Plesso Scolastico "Dante Alighieri"*

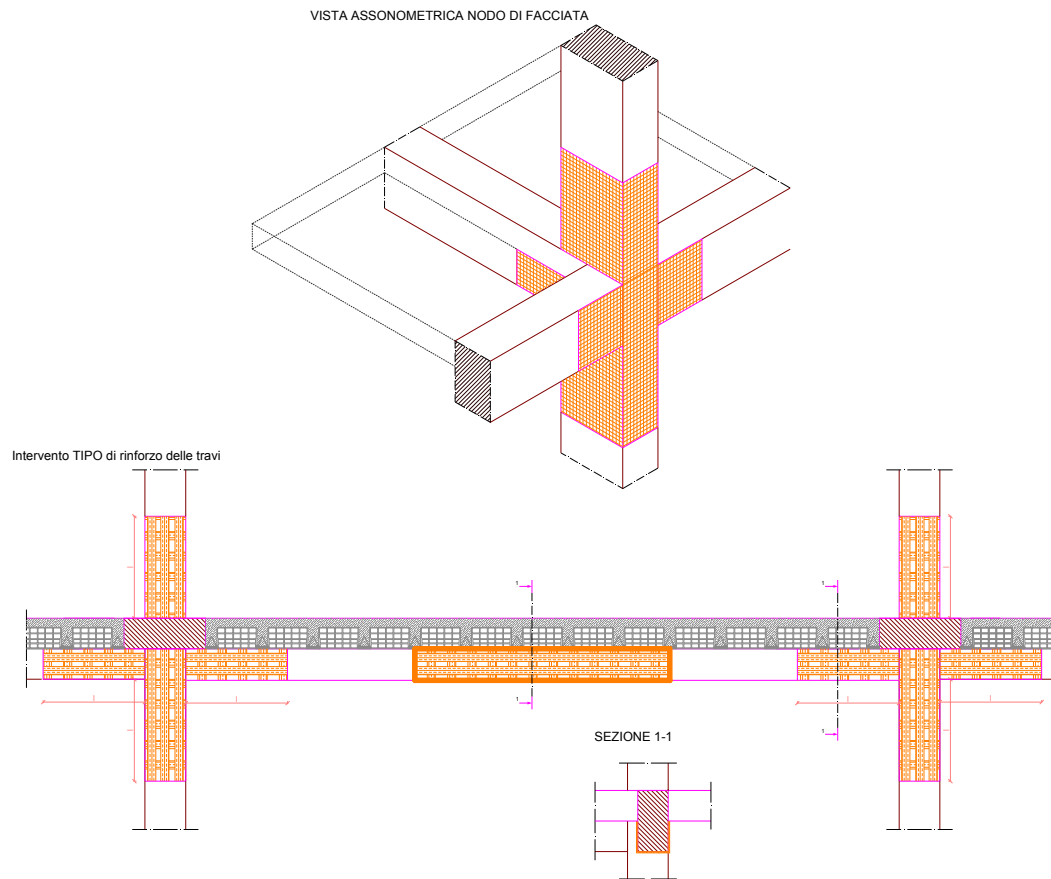


Fig. 8.5: Intervento di Rinforzo di Travi e Pilastri – Particolari Esecutivi

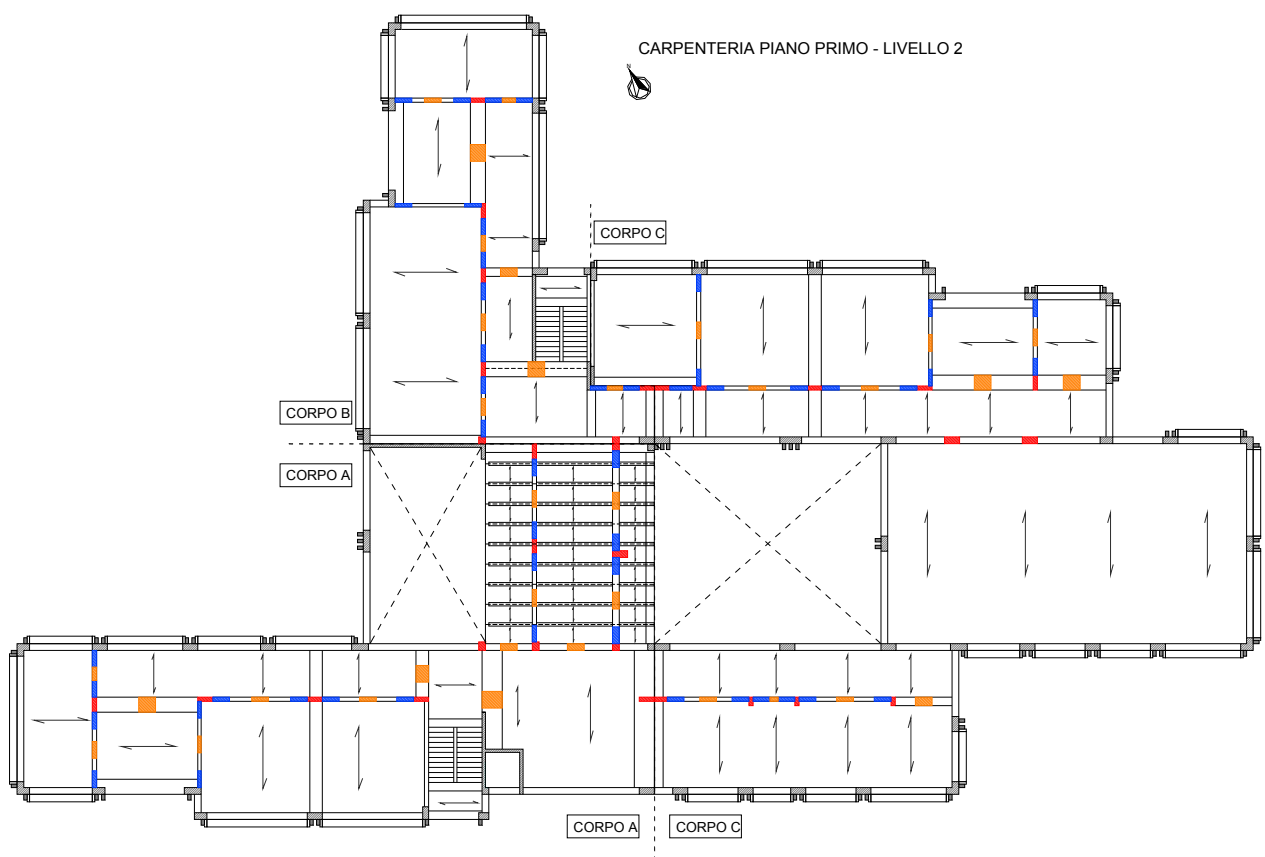


Fig. 8.6: Intervento di Rinforzo di Travi e Pilastri – Localizzazione Interventi Livello 2

*Interventi di Adeguamento a Norme di Sicurezza e
di Adeguamento Sismico del Plesso Scolastico "Dante Alighieri"*



Fig. 8.7: Intervento di Rinforzo di Travi e Pilastri – Localizzazione Interventi Livello 3

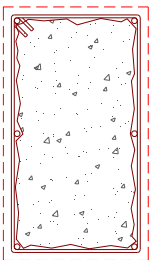
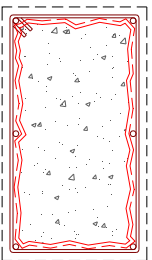
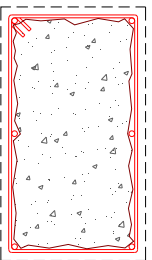
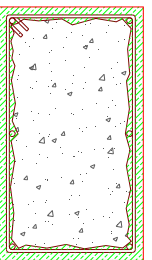
MODALITÀ ESECUTIVE			
<u>Fase 1</u>	<u>Fase 2</u>	<u>Fase 3</u>	<u>Fase 4</u>
			
<p><u>Fase 1: Asportazione del calcestruzzo ammalorato</u> Demolizioni di tutte le parti friabili, incoerenti o in fase di distacco e soggette a carbonatazione; spazzolatura manuale o meccanica delle armature ossidate con rimozioni di tutte le parti coprifermo anche leggermente ammalorate e sfarinanti.</p> <p><u>Fase 2: Pulizia del sottofondo</u> Pulizia del sottofondo per eliminare polveri, tracce di olii grassi e disarmanti.</p> <p><u>Fase 3: Trattamento sui ferri di armatura</u> Applicazione di boiacca per il trattamento anticorrosivo e la protezione di ferri di armatura da applicare a pennello dopo accurata spazzolatura.</p> <p><u>Fase 4: Ripristino volumetrico</u> Accurato lavaggio della zona di intervento e successivo ripristino volumetrico e strutturale con malta cementizia pronta all'uso per riprese e stuccature a spessore, fibrinforzata con microfibre sintetiche priva di componenti metallici tixotropica con elevate caratteristiche meccaniche.</p>			

Fig. 8.8: Intervento di Risanamento del Calcestruzzo – Modalità Esecutive

PARTICOLARE PROSPETTO

PARTICOLARE SEZIONE

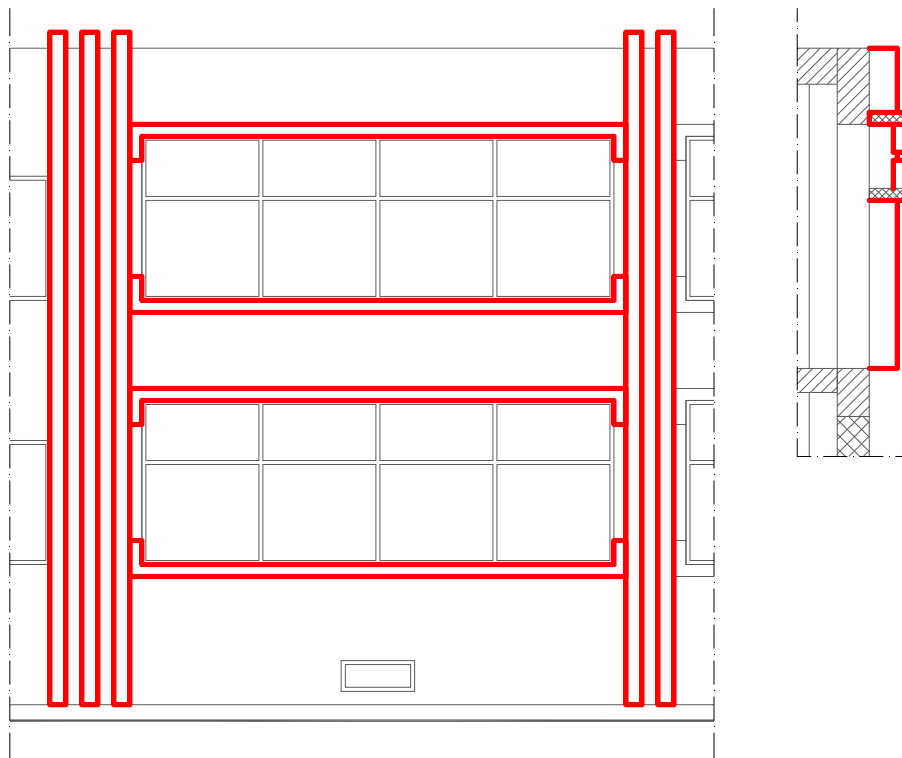


Fig. 8.9: Intervento di Risanamento del Calcestruzzo – Localizzazione dell'intervento

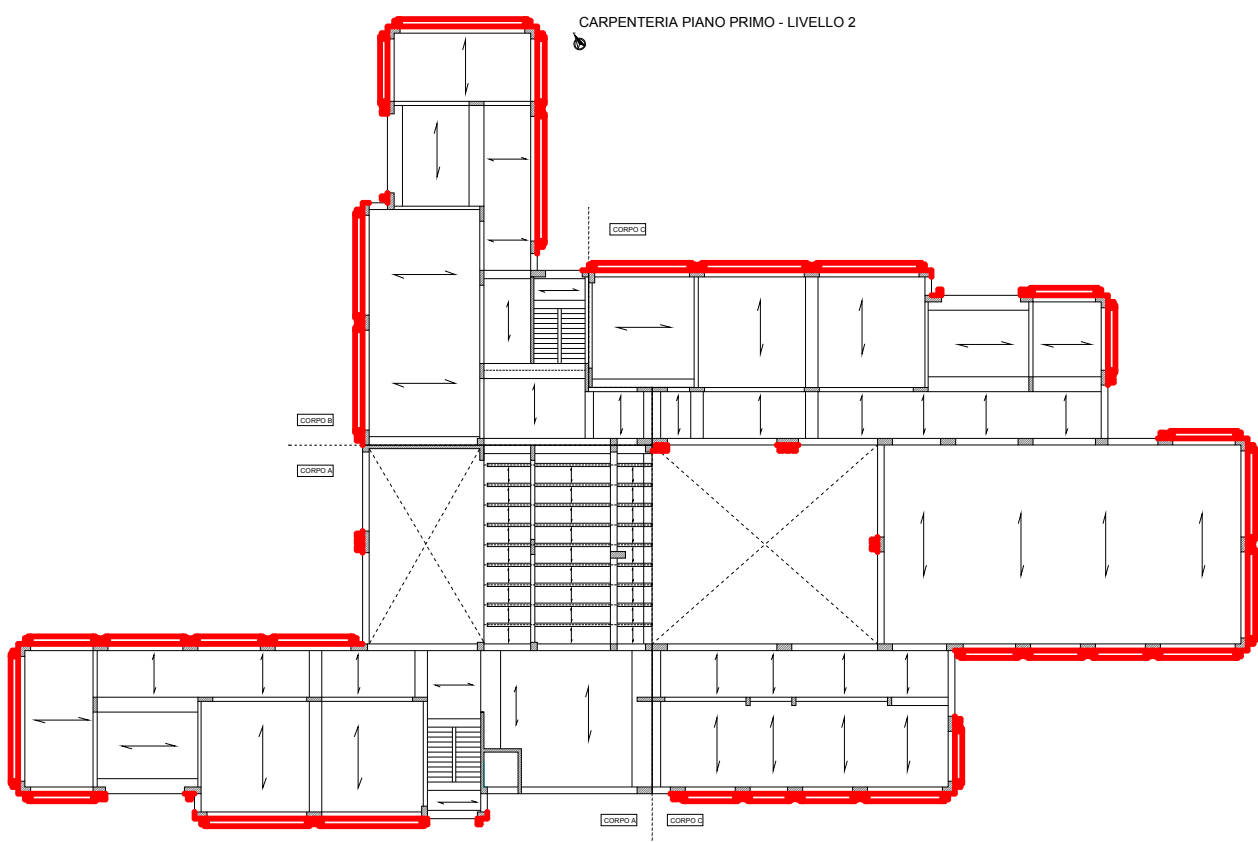


Fig. 8.10: Intervento di Risanamento del Calcestruzzo – Localizzazione dell'intervento

*Interventi di Adeguamento a Norme di Sicurezza e
di Adeguamento Sismico del Plesso Scolastico "Dante Alighieri"*

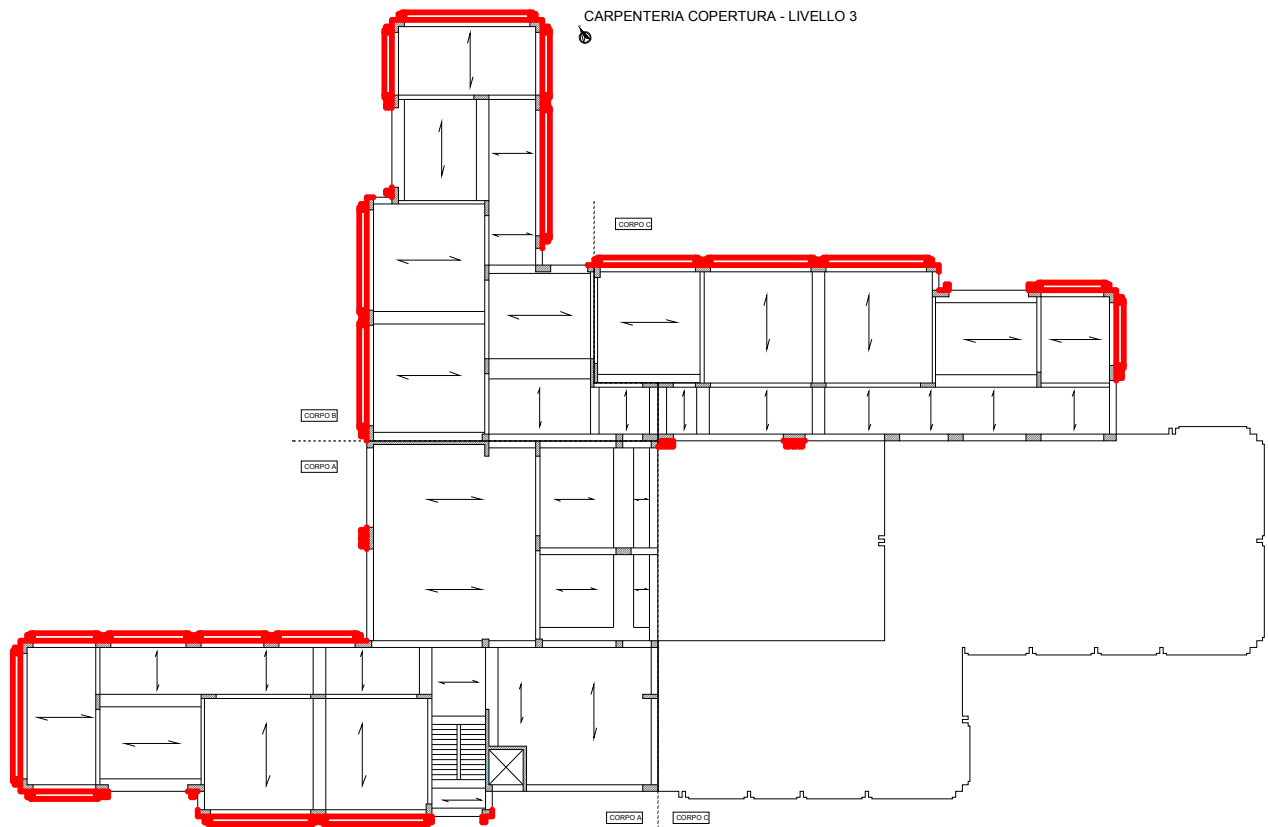


Fig. 8.11: Intervento di Risanamento del Calcestruzzo – Localizzazione dell'intervento

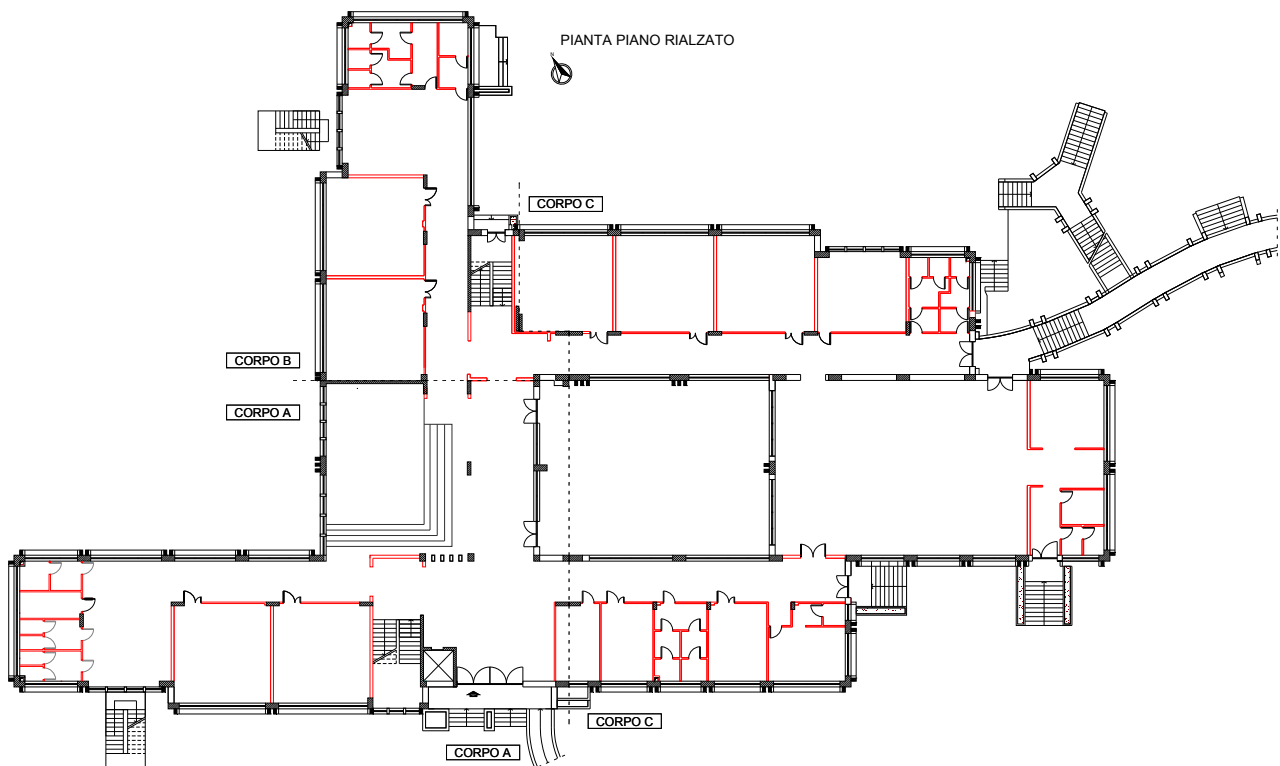


Fig. 8.12: Installazione di Tramezzature Antisismiche – Localizzazione dell'intervento

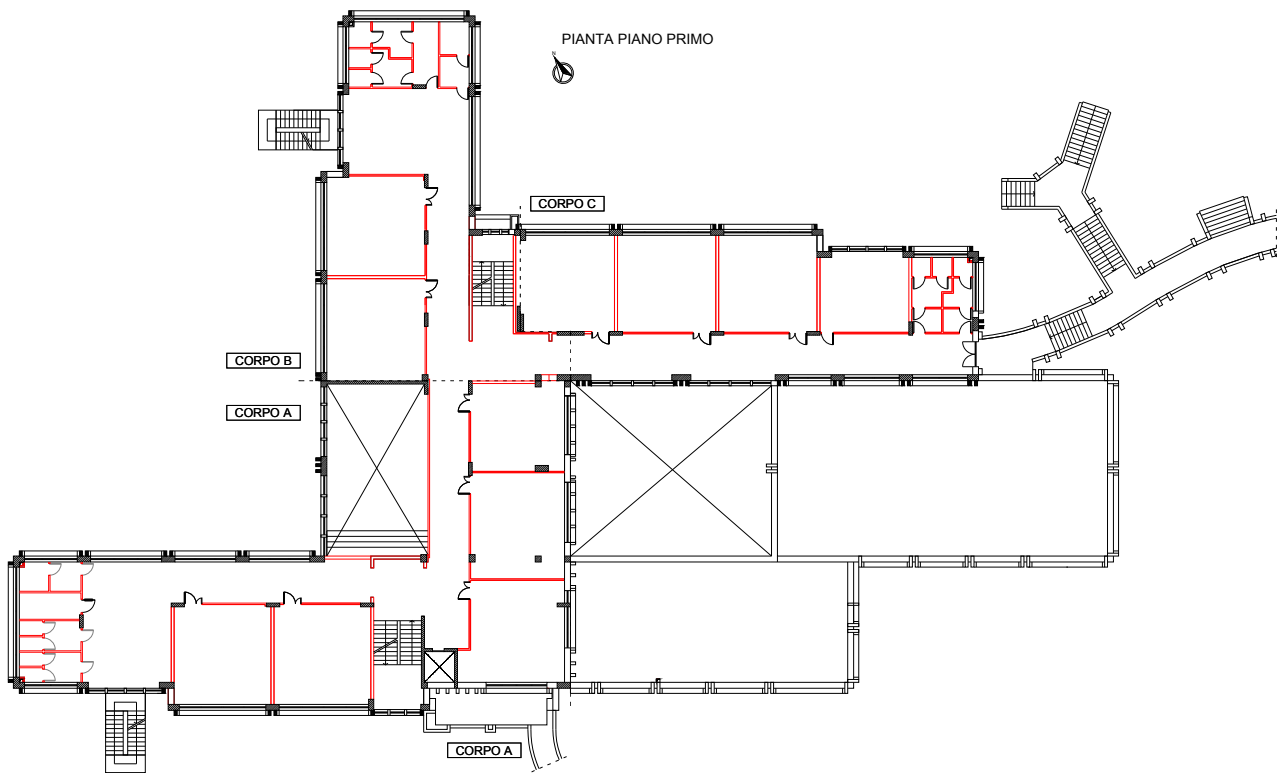


Fig. 8.13: Installazione di Tramezzature Antisismiche – Localizzazione dell'intervento

8.2 Interventi Impiantistici

Il progetto prevede la revisione/messa a norma dei seguenti impianti:

- Impianto elettrico;
 - Impianto antincendio;
 - Impianto idraulico-sanitario;
 - Impianto di riscaldamento.
-
- Impianto Elettrico

Gli interventi previsti in progetto riguardano l'adeguamento normativo e funzionale degli impianti.

La necessità di agire sugli elementi strutturali del complesso scolastico obbliga ad un adeguamento normativo e funzionale degli impianti elettrici e di illuminazione, procedendo prioritariamente alla rimozione dei corpi illuminanti e di parte degli impianti elettrici. I corpi illuminanti saranno riposizionati dopo gli interventi strutturali, e lo stesso avverrà per i componenti dell'impianto elettrico, a partire dai quadri che saranno rimossi dalle pareti e riposizionati al termine dei lavori edili.

Sulla base delle richieste del bando, si è valutata la situazione attuale dell'istituto scolastico, al fine di attuare la messa a norma degli impianti e il loro completo ripristino funzionale: questo processo può portare anche al completo rifacimento dell'impianto, o solo al parziale ammodernamento, in modo da rendere gli impianti adeguati alle norme vigenti e citate nella presente relazione, ed inoltre migliorare la qualità di vita negli ambienti, l'efficientamento energetico e il miglioramento delle performance ambientali.

Nell'elaborazione del progetto si è tenuto conto delle caratteristiche dell'area, delle varie tipologie degli ambienti a livello operativo e della destinazione d'uso, nonché di tutte le norme di sicurezza necessarie per l'incolumità delle persone e delle cose durante lo svolgimento delle normali attività.

Inoltre si è tenuto conto che verranno adottati materiali ed apparecchiature di ottimo standard qualitativo per fornire tutti i requisiti di affidabilità e garanzia tali da consentire una completa sicurezza di tutti gli impianti in fase di prima installazione ed in fase di esercizio.

Si è tenuto conto inoltre del fattore campi elettromagnetici, nel posizionamento dei quadri elettrici, al fine di evitare nocive emissioni elettromagnetiche nelle classi e nei luoghi ove i bambini stazionano.

Per i dettagli si rimanda alla relazione specialistica dedicata.

- Impianto Antincendio

I vari sopralluoghi condotti sull'edificio scolastico hanno permesso di valutare gli interventi prioritari da realizzare su di esso per la sua messa a norma dal punto di vista della normativa antincendio.

Nel dettaglio gli interventi riguarderanno la sistemazione e l'integrazione degli estintori, dell'impianto di spegnimento a idranti, la segnaletica e le luci di emergenza.

La scuola, dal punto di vista della classificazione antincendio contenuta nel DM 26 agosto 1992, è da considerare di tipo 1 (presenze contemporanee superiori a 100 persone).

Si propone, quindi, di attivare un intervento di sistemazione delle parti installate ripristinando le corrette modalità previste dalla normativa e dai criteri funzionali generali, provvedendo all'integrazione di quelle parti che risultassero mancanti o in condizioni di conservazione che le rendessero inidonee all'uso e allo scopo che è quello di raggiungere un livello, accettabile secondo la normativa, di sicurezza.

Per l'impianto a idranti, si propone di attivare un intervento di sistemazione delle parti installate ripristinando le corrette modalità funzionali previste dalla normativa e dai criteri tecnici generali, provvedendo all'integrazione di quelle parti che risultassero mancanti o in condizioni di conservazione che le rendessero inidonee all'uso e allo scopo di raggiungere anche qui un livello, accettabile secondo normativa, di sicurezza.

Per i dettagli si rimanda alla relazione specialistica dedicata.

- Impianto idraulico-sanitario

Nell'ambito di tale intervento è prevista la revisione/messa a norma dell'impianto idrico-sanitario.

L'impianto idrosanitario, sarà assoggettato ad un processo di verifica e messa a norma, anche nei riguardi del risparmio e dei criteri minimi ambientali.

Alla fine del processo complessivo di messa a norma, saranno stati attivati interventi in grado di consegnare un edificio scolastico che, anche dal punto di vista dell'impianto idro-sanitario, sarà perfettamente funzionante e rispondente alle normative vigenti. Saranno inoltre posati in opera gli arredi per i nuovi bagni disabili, per come previsto in progetto e per come previsto dalla vigente normativa in merito ai servizi igienici per persone diversamente abili.

Per i dettagli si rimanda alla relazione specialistica dedicata.

- Impianto di riscaldamento

Affrontare le problematiche del risparmio energetico e dell'efficientamento di un impianto di riscaldamento coinvolge tutti i suoi aspetti e tutte le sue parti, dalla produzione attraverso l'utilizzo di fonti rinnovabili (geotermia, pompe di calore, solare termico, ecc.) al posto dei combustibili di provenienza fossile, alla distribuzione, alla regolazione e all'utilizzo di terminali di riscaldamento a bassa temperatura.

Tralasciando la parte che riguarda il cambiamento di tipologia impiantistica perché coinvolgerebbe interventi senz'altro troppo onerosi per essere affrontati nell'ambito di questo bando che, si ripete, ha come scopo principale l'adeguamento sismico delle strutture, si è deciso di affrontare la sistemazione dell'impianto esistente che ha come terminali radiatori in alluminio procedendo alla sistemazione della distribuzione principale, al completo rifacimento dei collegamenti finali ai corpi scaldanti e all'inserimento di valvole termostatiche che consentono una regolazione puntuale della quantità di calore necessaria per ogni corpo scaldante.

Per i dettagli si rimanda alla relazione specialistica dedicata.

8.3 Opere edili e finiture

Per quel che attiene le opere edili e le finiture, oltre ai ripristini connessi con gli interventi strutturali, che comportano demolizioni e rifacimenti localizzati, si prevede di effettuare anche i seguenti lavori:

- Revisione delle coperture e dei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche;
- Demolizione ed installazione di nuove tramezzature antisismiche;
- Sostituzione di tutte le porte interne;
- Posa in opera di nuova pavimentazione;
- Sostituzione dei controsoffitti presenti nell'area adibita a teatro, comprensiva dei servizi ad essa annessi
- Completa tinteggiatura delle superfici orizzontali e verticali interne ed esterne.

8.4 Interventi relativi al layout architettonico

Nonostante l'installazione delle nuove tramezzature antisismiche in cartongesso, la distribuzione degli spazi interni adibiti ad aule, attività scolastiche ed uffici rimarrà inalterata.

I soli cambiamenti al layout architettonico previsti nel presente progetto riguardano la rimodulazione degli spazi adibiti a servizi igienici in modo da poter garantire la presenza di un servizio igienico per persone diversamente abili su entrambi i piani dell'edificio.

In merito agli accessi, le porte hanno sempre un accesso di almeno 0.90 m con senso di apertura verso la via dell'esodo.

L'ingresso alla scuola dall'esterno è garantito attraverso rampe con pendenza < 8%.

Di seguito viene riportato un estratto delle piante di progetto:

*Interventi di Adeguamento a Norme di Sicurezza e
di Adeguamento Sismico del Plesso Scolastico "Dante Alighieri"*

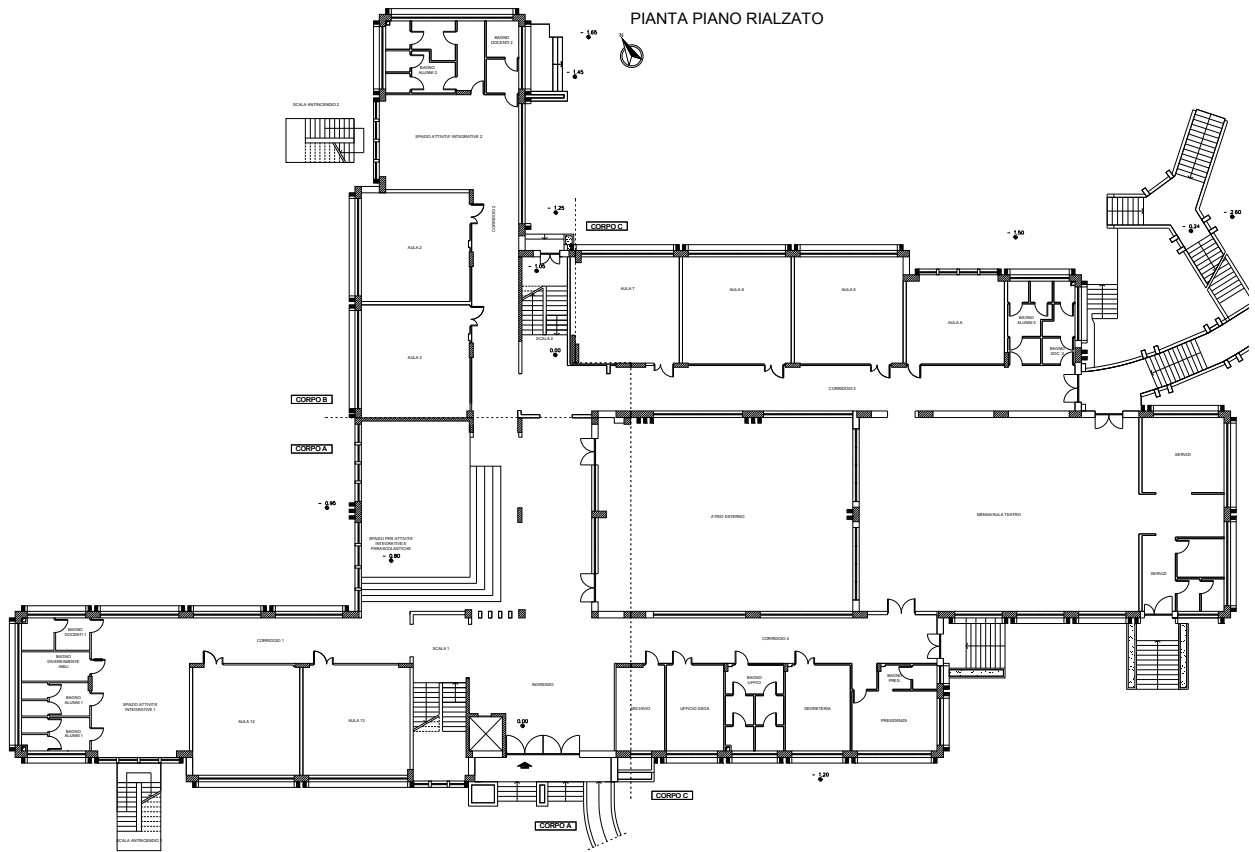


Fig. 8.14: Pianta Piano Rialzato – Stato Futuro

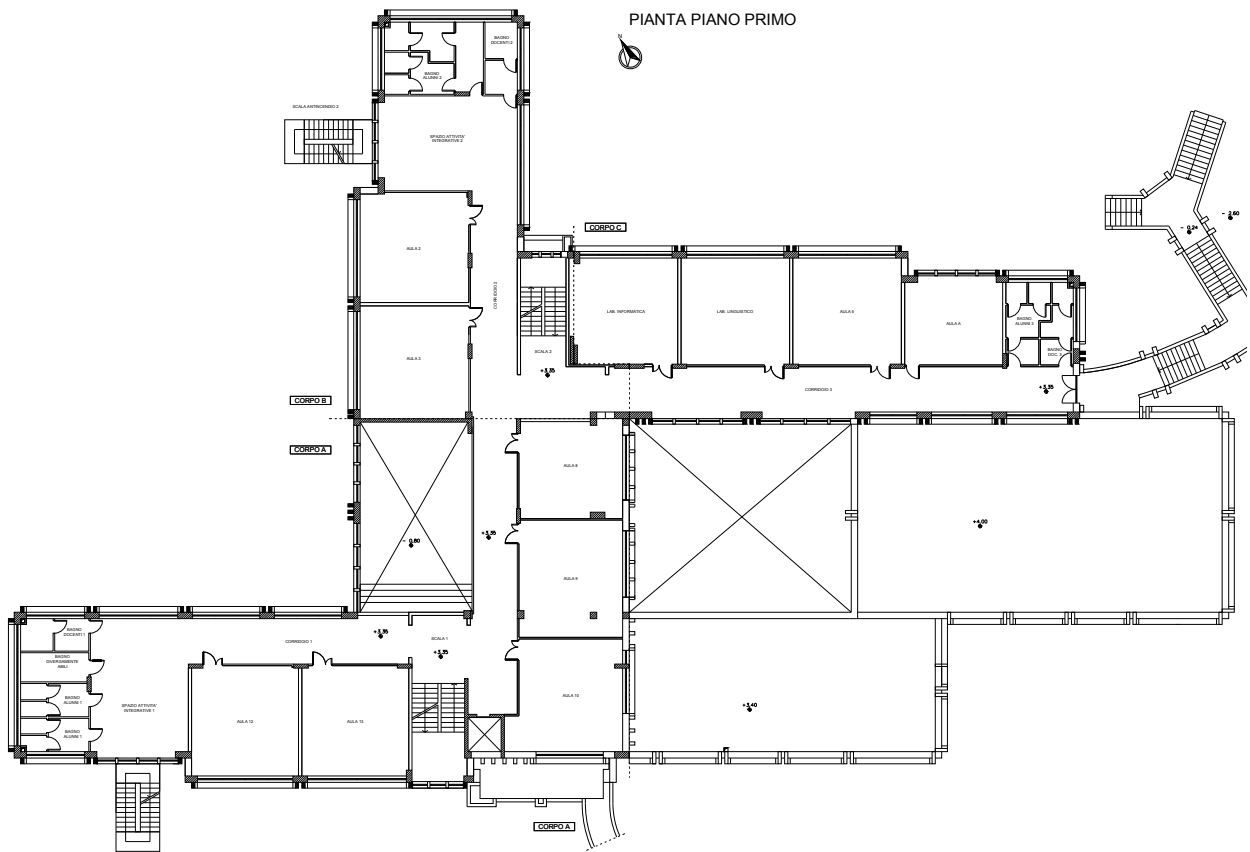


Fig. 8.15: Pianta Piano Primo – Stato Futuro

*Interventi di Adeguamento a Norme di Sicurezza e
di Adeguamento Sismico del Plesso Scolastico "Dante Alighieri"*

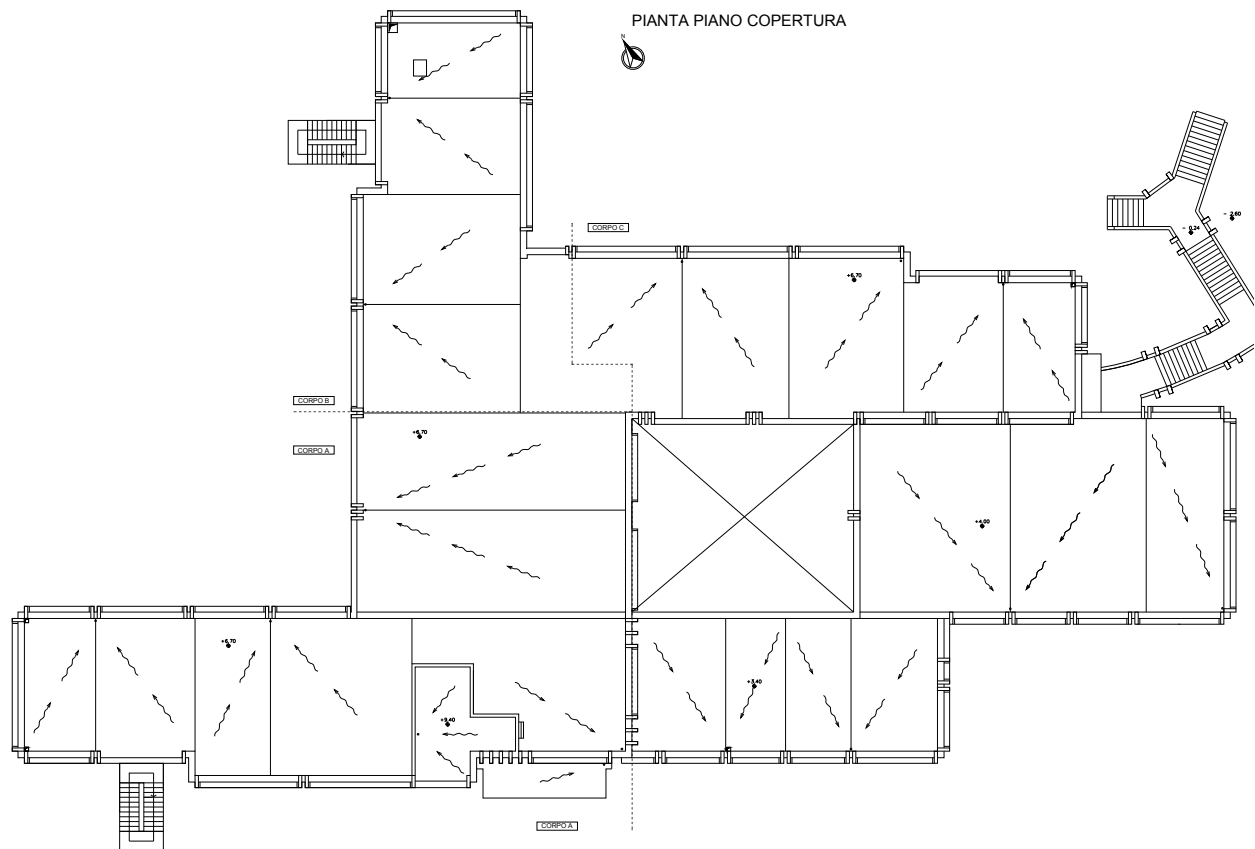


Fig. 8.16: Pianta Piano Coperture – Stato Futuro

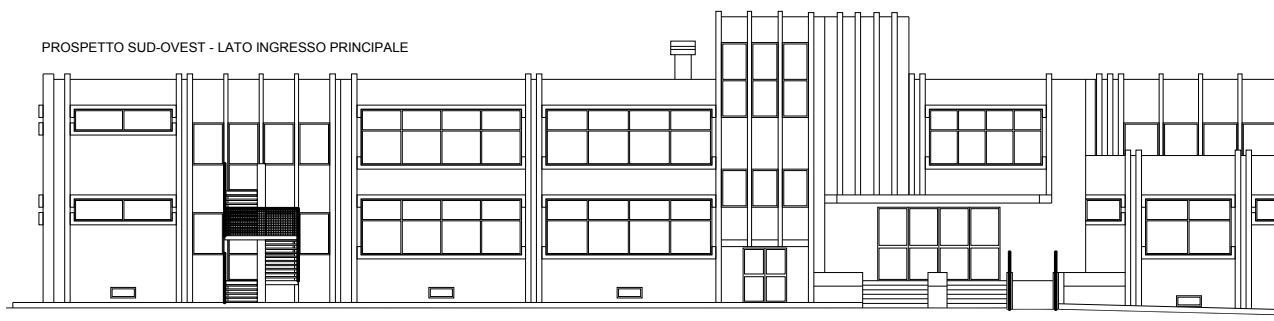


Fig. 8.17: Prospetto Lato Ingresso Principale – Stato Futuro

9. Livelli di sicurezza dell'immobile nello stato futuro

Sulla base degli interventi descritti è stato messo a punto il modello di calcolo per i tre diversi corpi di fabbrica dei quali consta l'edificio nello stato di progetto. Le analisi effettuate evidenziano un incremento notevole di capacità sia in termini di resistenza (tagliante) che di duttilità (spostamenti) ed il pieno soddisfacimento delle verifiche sia per azioni statiche che sismiche.

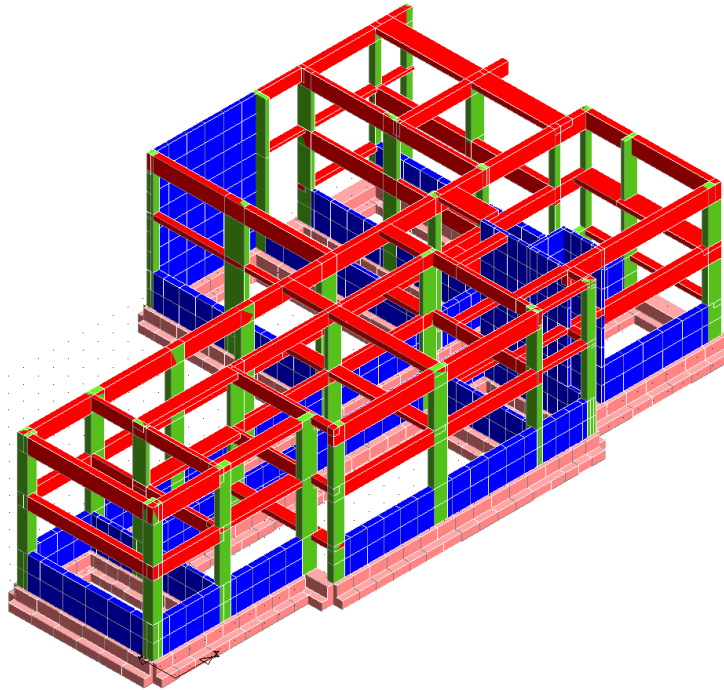


Fig. 9.1: Modello strutturale Corpo A – Stato Futuro

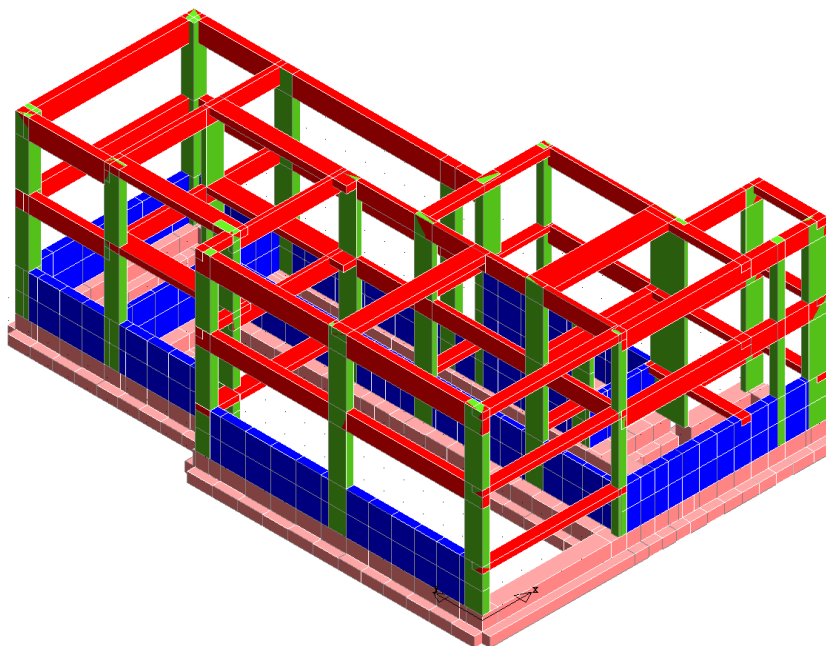


Fig. 9.2: Modello strutturale Corpo B – Stato Futuro

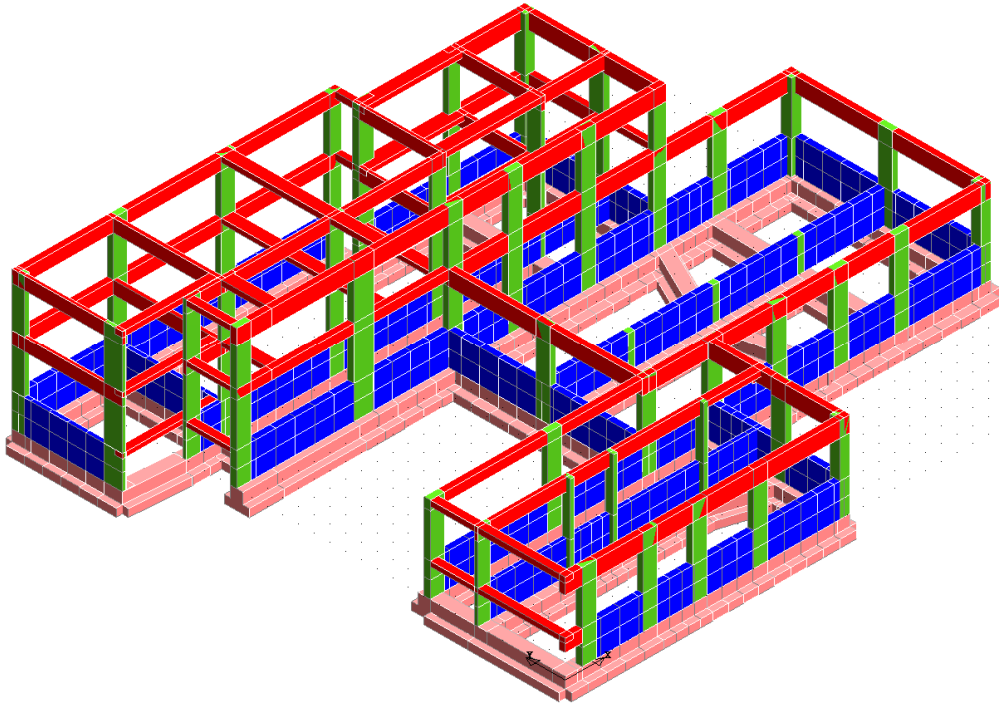


Fig. 9.3: Modello strutturale Corpo C – Stato Futuro

Nello **stato futuro**, con interventi, la struttura presenta un valore di α (**rapporto capacità/domanda**) pari a:

$$\alpha = \frac{PGA_{CLV}}{PGA_{DLV}} = \mathbf{1.047}$$

Si precisa che tale valore è quello più basso attinto tra i tre diversi corpi di fabbrica (rispettivamente 1.155 per il Corpo A, 1.259 per il Corpo B e **1.047** per il **Corpo C**).

10. Quadro Economico

Voce	Descrizione	Importo Voce
A	Importo totale lavori	
A.1	Importo lavori soggetti a ribasso	€ 1 485 000,00
A.2	Costo manodopera soggetto a ribasso	
A.3	Oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso	€ 14 900,00
	TOTALE LAVORI	€ 1 499 900,00
B	Somme a disposizione dell'amministrazione	
B.1	Lavori in economia, previsti in progetto ed esclusi dall'appalto, ivi inclusi i rimborsi previa fattura	€ -
B.2	Spese Tecniche	
B.2.1	Rilievi, accertamenti e indagini	€ -
B.2.1.1	Indagini sui suoli	€ -
B.2.1.2	Prove, indagini e rilievi sulle strutture	€ -
B.2.2	Allacciamenti ai pubblici servizi	€ -
B.2.3	Imprevisti sui lavori	€ 134 347,49
B.2.4	Acquisizione di aree o immobili	€ -
B.2.5	Oneri aggiuntivi per discarica autorizzata di rifiuti speciali (compreso I.V.A.)	€ -
B.2.6	Accantonamento di cui all'articolo 133, commi 3 e 4, del codice degli appalti	€ -
B.2.7	Spese tecniche per incarichi esterni	€ 111 744,77
B.2.7.1	Studio geologico	€ -
B.2.7.2	Progettazione, D.L. e Coordinamento della Sicurezza	€ 101 744,77
B.2.7.3	Supporto al RUP	€ -
B.2.7.4	Collaudo statico e tecnico amministrativo	€ 10 000,00
B.2.8	Spese tecniche per incentivo ex art. 92 del d.lgs 163/2006 e s.m.i.	€ 29 998,00
B.2.9	Spese per accertamenti di laboratorio	€ -
B.2.10	Spese di cui agli articoli 90, comma 5, e 92, comma 7-bis, del codice (assicurazioni personale e spese di carattere strumentale)	€ -
B.2.11	Fondo per accordo bonario	€ -
	Totale spese tecniche	€ 276 090,26
B.3	Spese per consulenza o supporto	€ -
B.4	Spese per commissioni giudicatrici	€ -
B.5	Spese per pubblicità	€ 500,00
B.6	IVA sui lavori	€ 149 990,00
B.7	IVA E CASSA sulle voci: B.2.1, B.2.2, B.2.7, B.2.9, B.3, B.5	€ 30 036,99
B.7.1	Cassa di previdenza	€ 4 469,79
B.7.2	Iva spese tecniche	€ 25 567,20
B.8	Tassa Autorità di Vigilanza LLPP	€ -
B.9	Spese per rilascio visti e pareri (compreso IVA)	€ 2 248,00
B.10	Acquisto di beni (comprensivo di iva)	€ -
B.11	Spese organizzative e gestionali	€ -
B.12	IVA su Imprevisti (voce B.2.3)	€ 13 434,75
	TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE	€ 472 300,00
	TOTALE QUADRO ECONOMICO	€ 1 972 200,00