



COMUNE DI RAVENNA
AREA INFRASTRUTTURE CIVILI
SERVIZIO EDILIZIA PUBBLICA



Sistema di Qualità certificato per
Progettazione, programmazione,
affidamento, direzione lavori
dei lavori pubblici
e delle manutenzioni ordinarie;
gestione espropri.

SCUOLA PRIMARIA "Compagnoni"
SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO "V. da Feltre"
San Pietro in Campiano

MIGLIORAMENTO SISMICO

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO



| | | | | | |
|--|-------------|--|----------------------------------|-------------------------------|------------|
| Segretario Generale Dott. PAOLO NERI | | Assessore ai LL.PP.: ROBERTO GIOVANNI FAGNANI | | Sindaco MICHELE DE PASCALE | |
| Capo Servizio: Ing. CLAUDIO BONDI | | | Capo Area: Ing. MASSIMO CAMPRINI | | |
| Firme: | | | | | |
| RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Luca Leonelli | | | | | |
| PROGETTISTA: Ing. Giuseppe Nucara | | | | | |
| 0 | EMISSIONE | G. Nucara | L. Leonelli | L. Leonelli | 30/11/2018 |
| Rev | Descrizione | Redatto: | Controllato: | Approvato: | Data: |

ELABORATO:

RELAZIONE TECNICA GENERALE

| | | | |
|--------------------|-------------------------|--------------|-------------------|
| Codice Intervento: | Codice Edificio: | Codice Fase: | Codice Elaborato: |
| 2017/381 | G414 | DE | RTG |
| Scala: | File: | Data: | Revisione: |
| // | G414-2017_381-DE-RTG-R0 | 30/11/2018 | R0 |

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUZIONE..... | 3 |
| 1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 3 |
| 1.2 DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO | 4 |
| 1.3 ANALISI STORICO-CRITICA | 5 |
| 1.4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO | 5 |
| 2 CORPI IN C.A. | 12 |
| 2.1 DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI RINFORZO IN COMPOSTI FIBRORINFORZATI IN ACCIAIO | 13 |

1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustra e descrive gli interventi progettuali, ai sensi dell'OPCM 3274/2003 e delle NTC 2018, resi necessari al fine di conseguire un miglioramento delle condizioni di sicurezza della scuola di S. Pietro in Campiano, comune di Ravenna (RA), localizzata in via Due Giugno 1946.

1.1 Normativa di riferimento

- **D.M. 17.01.2018** "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- **Circolare n. 617/C.S.LL.PP. 02.02.2009** "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"
- Parere del Comitato Tecnico Scientifico, Regione Emilia Romagna, **riunione del 27/07/2010**
- **FEMA 356/November 2000** "Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings"
- **Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50** "Codice dei contratti pubblici"
- **Decreto legislativo 19 aprile 2017, n. 56** "Disposizioni integrative e correttive al D.Lgs. n° 50/2016"
- **D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207** "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE»"
- **CNR-DT 200 R1/2013** "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Composti Fibrorinforzati"
- **Dipartimento Protezione Civile - ReLUIS** "Linee Guida per Riparazione e Rafforzamento di Elementi Strutturali, Tamponature e Partizioni"

1.2 Descrizione dell'edificio

La scuola di S. Pietro in Campiano è costituita da diversi corpi indipendenti, così come da figure a seguire.

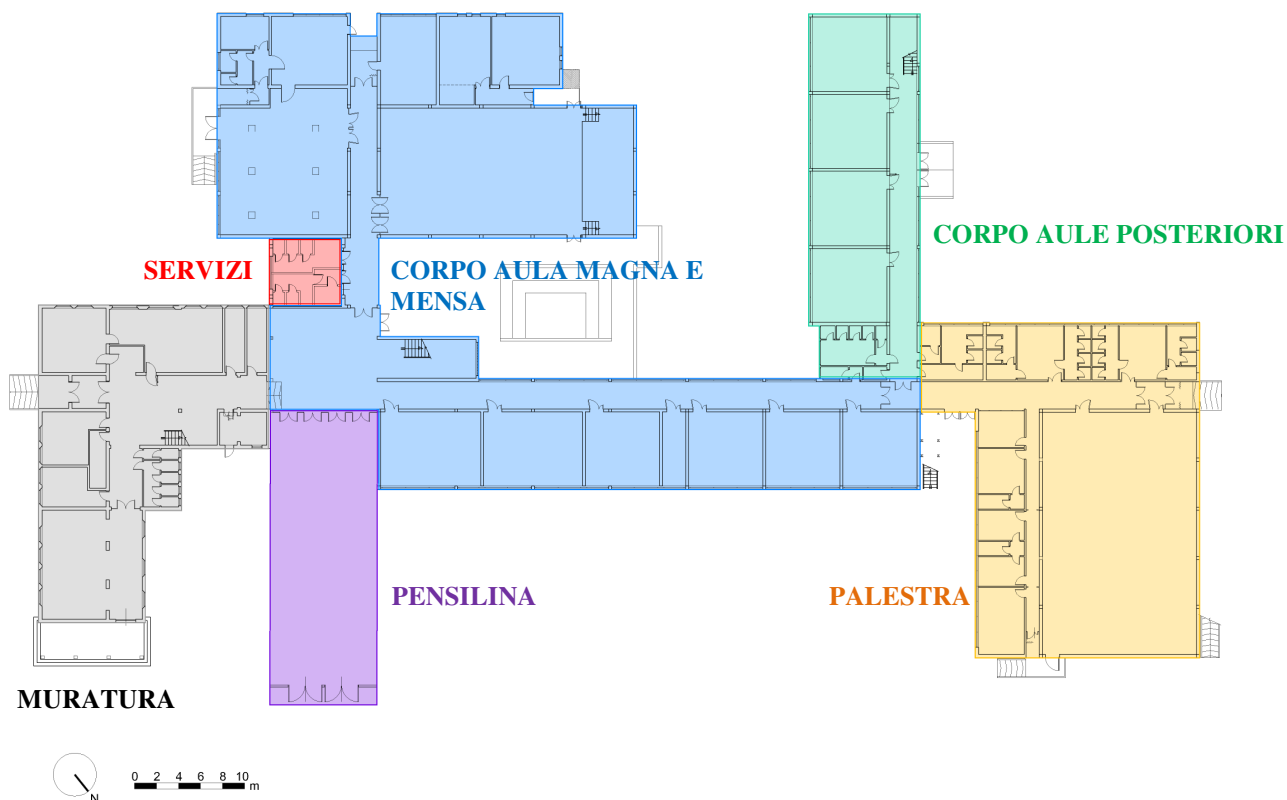


Figura 0.1: Pianta del piano terra, i colori evidenziano i diversi corpi strutturali

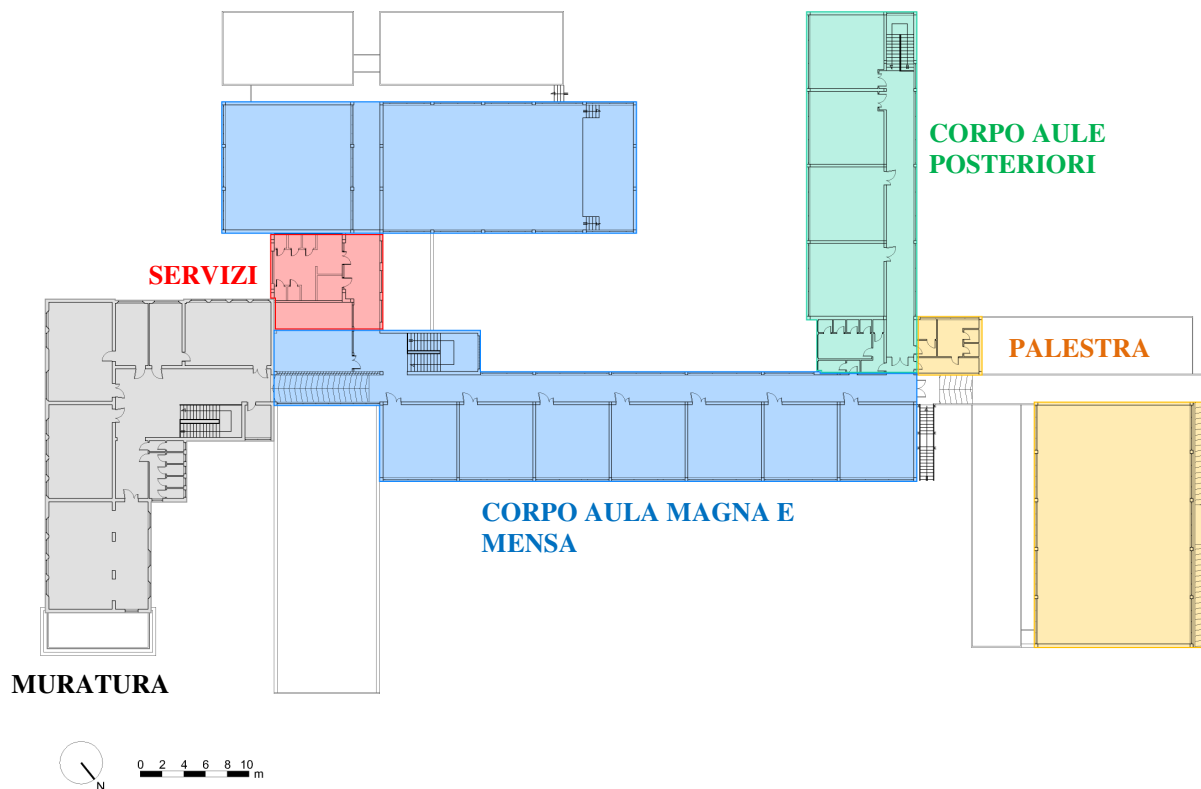


Figura 0.2: Pianta del piano primo, i colori evidenziano i diversi corpi strutturali

Il corpo aule (verde), l'aula magna e mensa (blu), la pensilina (viola) e la palestra (giallo) furono realizzati in calcestruzzo armato e parzialmente in muratura negli anni Settanta, a questi corpi si sommano il nucleo originario in muratura (grigio) e il corpo servizi (rosso) di recente realizzazione.

La palestra, la mensa e l'aula comune sono coperte da un sistema di capriate metalliche, i restanti spazi presentano orizzontamenti cementizi.

L'area realizzata in muratura, costituita a sua volta da due corpi, è separata dal resto da un giunto strutturale di 2,5 cm.

1.3 Analisi storico-critica

L'edificio originario in muratura fu realizzato nel secondo Dopoguerra, ma già sul finire degli anni Sessanta risultava poco idoneo ad assorbire la crescita demografica locale e versava in cattivo stato di manutenzione. Per tale motivo, nel 1971 l'Amministrazione Comunale procedette all'affidamento di un incarico per l'ampliamento delle strutture esistenti: gli edifici in calcestruzzo armato sono stati progettati nel 1976 dagli arch. Danilo Naglia e Alessandro Gatti per la parte architettonica e dall'ing. Lamberto Zaccarelli, appartenente alla Cooperativa Ravennate Costruttori, per le strutture.

Il progetto del 1976 è stato rinvenuto nell'Archivio Comunale di Ravenna. E' composto da una relazione illustrativa generale, una relazione di calcolo delle strutture in calcestruzzo armato, una relazione di calcolo delle fondazioni, una relazione di calcolo delle capriate in acciaio, tre relazioni di calcolo relative ai solai latero cementizi, disegni costruttivi completi (32 tavole), elenco elaborati.

1.4 Descrizione dell'intervento

Lo studio viene redatto sulla scorta dei risultati della valutazione di vulnerabilità sismica redatta in data 26/05/2014 a firma dell'Ing. Giuseppe Nucara, resasi necessaria ai sensi della normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" par. 8.3 "Valutazione della sicurezza").

L'edificio rientra tra le opere rilevanti secondo l'allegato 7 della delibera GRT n°604 del 16/06/2003, livello di priorità 1, ai sensi della delibera GRT n.1114 del 7/10/2003 e in tal senso il complesso scolastico è stato oggetto della citata verifica di vulnerabilità sismica.

I risultati delle verifiche effettuate hanno accertato che l'edificio non garantisce i livelli di sicurezza richiesti dalle attuali normative.

Nel nucleo originario in muratura, dal punto di vista statico, la verifica di molti maschi murari non risulta soddisfatta per via delle grandi luci dei solai, che si traducono in elevati pesi applicati alle murature, scarsa resistenza delle murature stesse e grandi e numerose aperture nei maschi, occasionalmente eccentriche da un piano all'altro.

Da un punto di vista dinamico, il comportamento del corpo che ospita la biblioteca e l'aula di educazione musicale (Corpo B) è diverso dal comportamento della parte restante dell'edificio (Corpo A): l'edificio A, caratterizzato da fenomeni di traslazione orizzontale, presenta un buon comportamento globale ma scarse riserve ai meccanismi locali; l'edificio B, di più recente realizzazione, presenta un comportamento globale caratterizzato da torsioni significative con capacità resistenti molto scarse.

Il complesso scolastico da un punto di vista statico e sismico presenta problematiche importanti nelle pareti sud-est e sud-ovest, laddove finestre di ampia dimensione sono intervallate da pilastri in muratura; inoltre, i solai in latero-cemento sono caratterizzati da luci di notevoli dimensioni, fino a 6 m.

Scopo del progetto di cui alla presente relazione è l'insieme di interventi atti a migliorare sismicamente il complesso scolastico, intervenendo sulle parti che presentano carenze dal punto di vista della sicurezza. La progettazione degli interventi segue quanto prescritto dalla Circolare LLPP 617/2009 e dalle NTC '18. Analisi condotte in accordo con la committenza hanno portato alla conclusione di prediligere un intervento basato sul rinforzo dei maschi murari con carenza di resistenza mediante inserimento di una testa ulteriore di pannello murario: con tale rinforzo si raggiunge l'adeguamento statico del corpo in esame ed il miglioramento sismico del complesso, e senza che si renda necessaria la sostituzione degli infissi.

Gli interventi generali previsti risultano dunque essere:

- Ispessimento delle murature portanti mediante la posa di muratura di mattoni spessore cm.13
- Realizzazione di muratura portante a due teste – spessore cm. 30
- Realizzazione di giunto sismico
- Chiusura di porta su muratura portante
- Apertura di porta su tramezzo
- Realizzazione di cerchiature con elementi metallici



Figura 1.4: Proposta di intervento definitiva

Il rinforzo delle pareti murarie che prima dell'intervento non rispettavano le verifiche richieste dalla vigente norma avviene mediante il rinforzo con un ulteriore testa di mattoni di nuova produzione attraverso il metodo del "cuci e scuci": la nuova parete di muratura risulta pertanto addossata alla vecchia e collegata ad essa mediante l'ammorsamento di mattoni ogni 50cm.

Questo intervento necessita dell'ampliamento del cordolo di fondazione e dell'ancoraggio alla struttura esistente mediante aggrappante per riprese di getto con applicazione a pennello, su cls, di prodotto a base di resine epossidiche a due componenti predosati, previo scavo a sezione obbligata di 0,50 m dalla quota zero del manufatto con l'utilizzo di mezzi meccanici fino alla profondità di 1,5 m.

L'ampliamento del cordolo di interpiano in c.a. per dimensioni di 16x16 cm è previsto per tutte le strutture murarie su cui è stato definito l'intervento; le armature che devono essere inserite nelle riprese di getto dei cordoli di interpiano e di fondazione corrispondono a 4Ø16 di cui 2 superiori e 2 inferiori e staffe Ø8/15.

Il collegamento alla struttura in c.a. esistente avviene mediante inghisaggi di barre di acciaio (Ø12/15) compreso di esecuzione del foro, bloccaggio delle barre e pulizia del foro con aria compressa.

Al fine di avere un comportamento dinamico della struttura più favorevole in occasione di un'azione sismica, si prevede di separare i corpi di fabbrica A e B attraverso la realizzazione di un giunto sismico che porti ad una regolarizzazione in pianta dell'edificio scolastico: il giunto sismico è da realizzarsi con la posa in opera di un coprigiunto piatto in alluminio fittato mediante connessioni in acciaio inox.



Figura 1.5: Realizzazione giunto sismico e costruzione nuova parete in muratura

A seguito della realizzazione del giunto, si prevede la costruzione di una nuova muratura in mattoni con foratura <45% di tipo POROTON opportunamente confezionata e di spessore corrispondente a due teste. La costruzione della nuova struttura muraria sarà completata mediante la realizzazione di cordoli di interpiano da collegare a quelli esistenti attraverso aggrappante per riprese di getto con applicazione a pennello, su cls, di prodotto a base di resine epossidiche a due componenti predosati.

Al fine di poter realizzare l'ispessimento dei muri interni al manufatto, sarà necessario procedere alla demolizione di pavimenti, rivestimenti, del massetto e del solaio per una larghezza di 0,50m.

Vista la presenza di impianti elettrici ed antincendio esternamente alle murature oggetto di intervento, è da prevedersi la rimozione degli stessi e la conseguente nuova realizzazione.

Per poter beneficiare di una condizione di maggior sicurezza sismica, si chiude un'apertura interna, con spostamento dell'accesso al servizio igienico dal tramezzo adiacente, si chiude un'apertura esterna e si restringe l'apertura confinante con le scale.

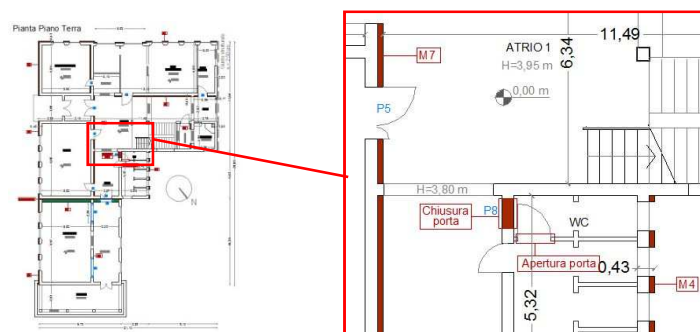


Figura 1.6: Realizzazione nuova apertura a seguito della chiusura della porta del maschio murario

Ulteriori interventi previsti sono la realizzazione di cerchiature mediante profili metallici di aperture già esistenti e valutate come le più critiche per la struttura, in particolare sei cerchiature nel corpo B: questo per ripristinare la rigidezza della muratura portante in assenza di apertura.

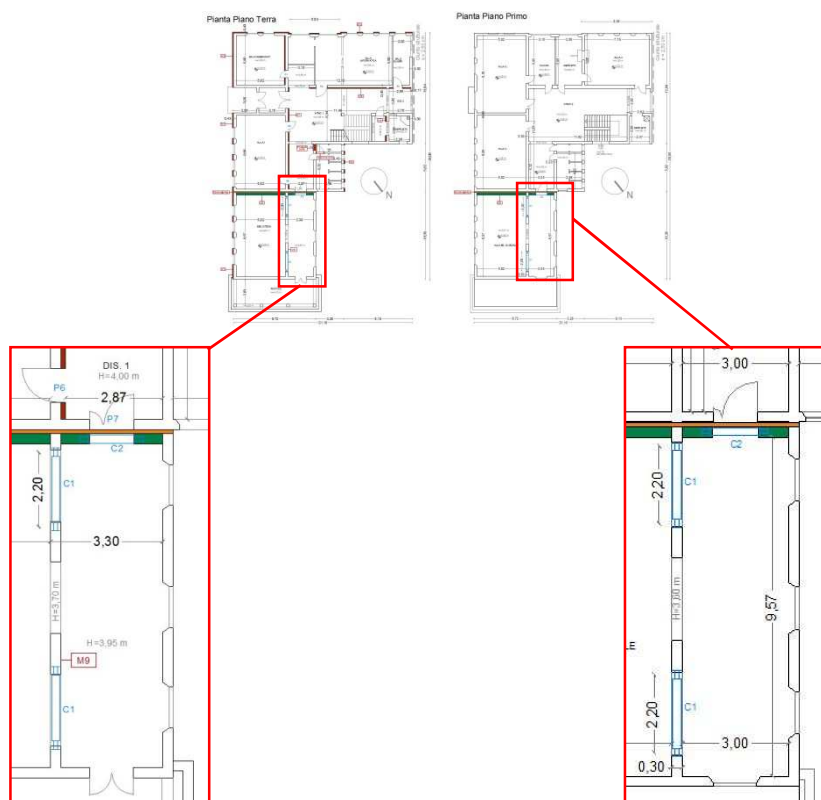


Figura 1.7: Realizzazione cerchiature di pareti murarie mediante profili metallici

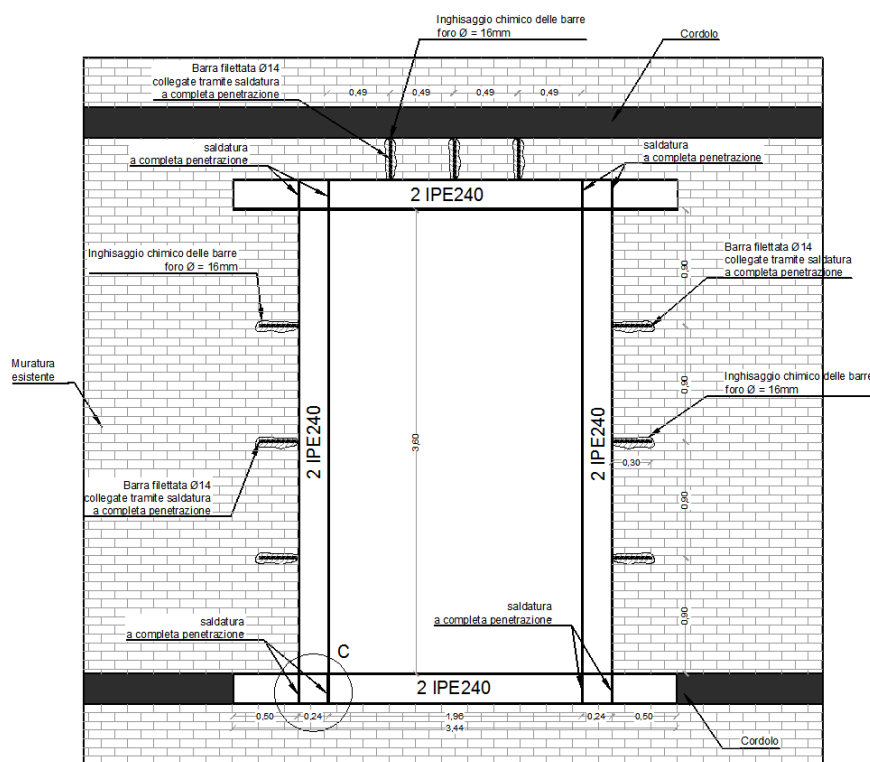


Figura 1.8: Cerchiatura realizzata mediante 2 IPE 240

Per facilitare la redistribuzione degli sforzi alle azioni orizzontali, quindi sotto eccitazione della struttura dovuta all'azione sismica, si prevede la realizzazione di una soletta sul solaio del sottotetto del corpo B: questo intervento permetterà di poter ipotizzare il solaio come un diaframma rigido e redistribuire l'azione esterna in base alla rigidezza degli elementi verticali.

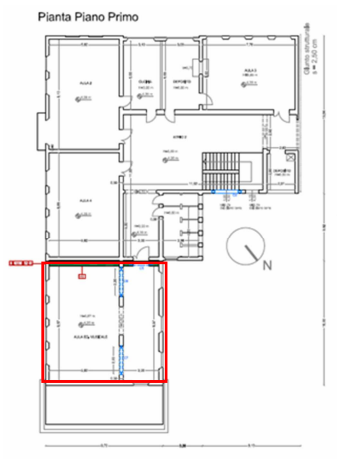


Figura 1.9: Zona di realizzazione della nuova soletta

Un aspetto critico dell'edificio in C.A. risulta essere il corpo aula magna e mensa, il quale presenta carenze dal punto di vista statico degli elementi in cemento armato evidenziate a seguito dello svolgimento delle verifiche di vulnerabilità. Si è optato perciò di intervenire rinforzando travi e pilastri mediante l'utilizzo di compositi fibrorinforzati in acciaio galvanizzato al fine di aumentare rispettivamente la resistenza della sezione a taglio, a flessione ed a pressoflessione. Si è inoltre predisposto il rinforzo dei nodi trave-pilastro per il corpo aula magna e mensa e quello corrispondente al corpo aule posteriori con l'obiettivo di aumentare

la capacità in termini di accelerazione al suolo per la citata tipologia di rottura. Viene così raggiunto un adeguamento statico globale del complesso scolastico associato ad un miglioramento delle prestazioni per le azioni sismiche attese nella zona. Nella figura seguente si evidenziano gli elementi oggetto di intervento.

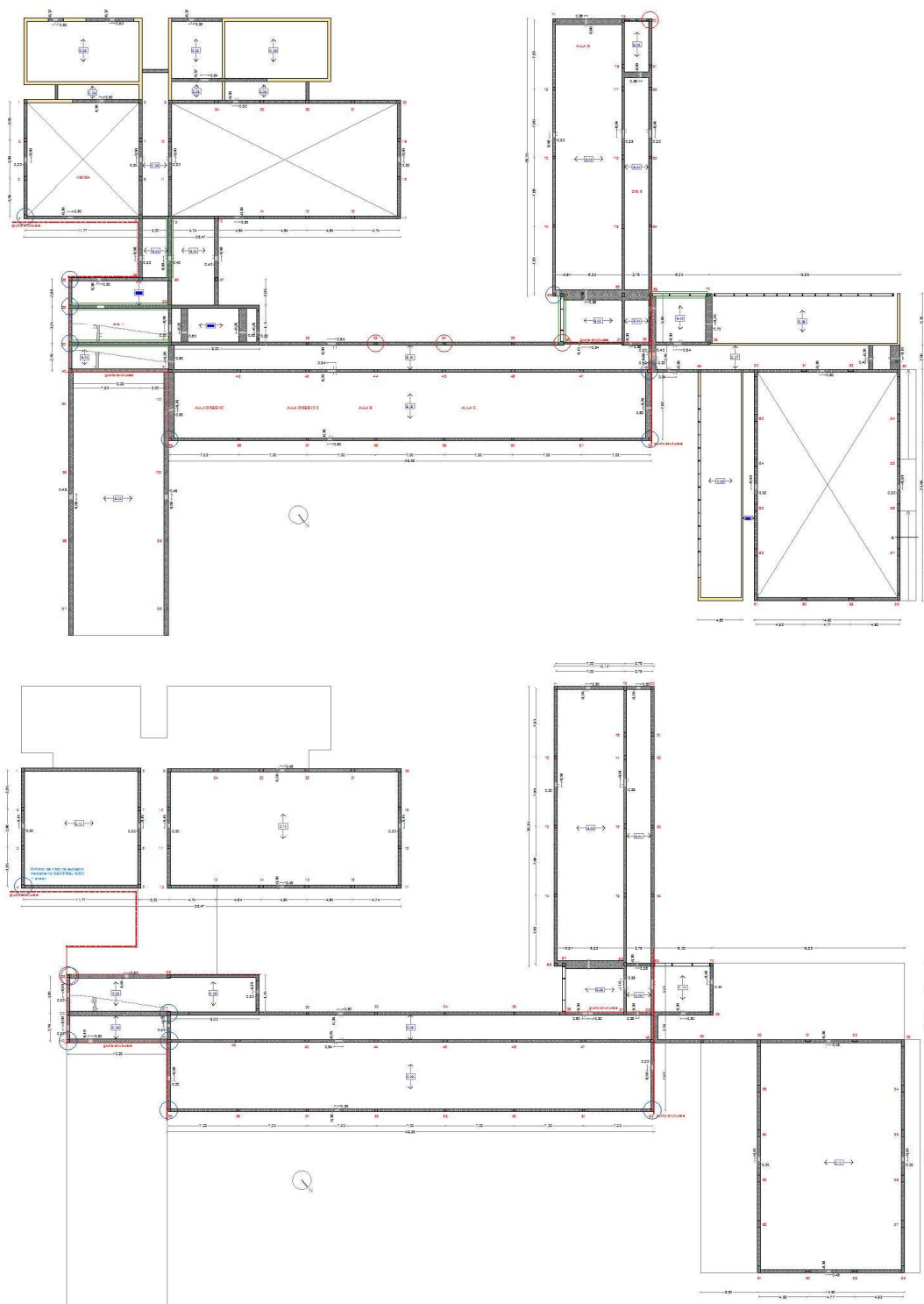


Figura 1.10: Individuazione degli elementi rinforzati mediante compositi fibrorinforzati in acciaio galvanizzato

A seguito della verifica di vulnerabilità sismica dei corpi dell'edificio scolastico, era stato individuato come ulteriore elemento critico la rampa a sbalzo in calcestruzzo presente per l'accesso alla palestra: in particolare la verifica a taglio torsione della trave che sorregge l'intera rampa non soddisfaceva la verifica. Si

prevede perciò l'intervento su questo elemento, con demolizione del parapetto in cemento armato e sostituzione con un nuovo elemento più leggero.

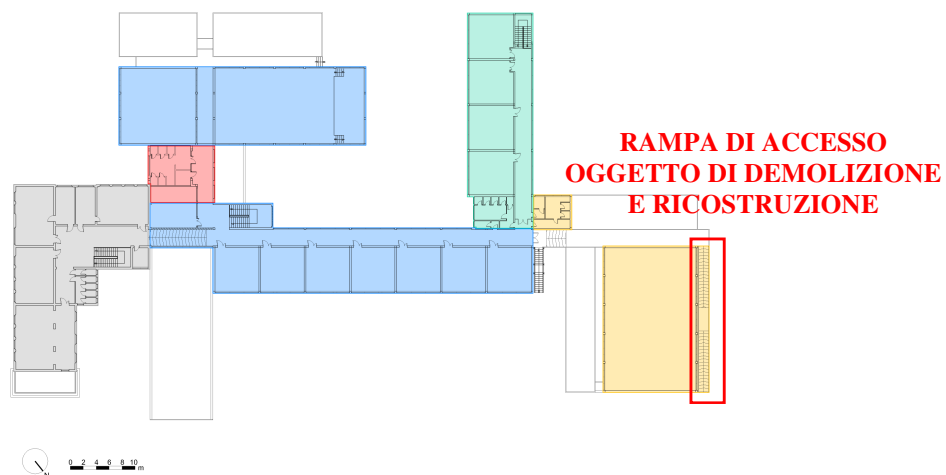


Figura 1.11: Zona di realizzazione del nuovo parapetto per la rampa di accesso alla palestra

2 CORPI IN C.A.

Per quanto riguarda i corpi in cemento armato realizzati in epoca successiva rispetto al corpo in muratura, l'aspetto critico risulta essere il corpo aula magna e mensa, il quale presenta carenze dal punto di vista statico degli elementi in cemento armato evidenziate a seguito dello svolgimento delle verifiche di vulnerabilità. Si è optato perciò di intervenire rinforzando travi e pilastri mediante l'utilizzo di compositi fibrorinforzati in acciaio galvanizzato al fine di aumentare la resistenza della sezione a taglio, a flessione ed a pressoflessione. Si è inoltre predisposto il rinforzo dei nodi trave-pilastro per il corpo aula magna e mensa e quello corrispondente al corpo aule posteriori con l'obiettivo di aumentare la capacità in termini di accelerazione al suolo per la citata tipologia di rottura. Viene così raggiunto un adeguamento statico globale del complesso scolastico associato ad un miglioramento delle prestazioni per le azioni sismiche attese nella zona. Nella figura seguente si evidenziano gli elementi oggetto dell'intervento.

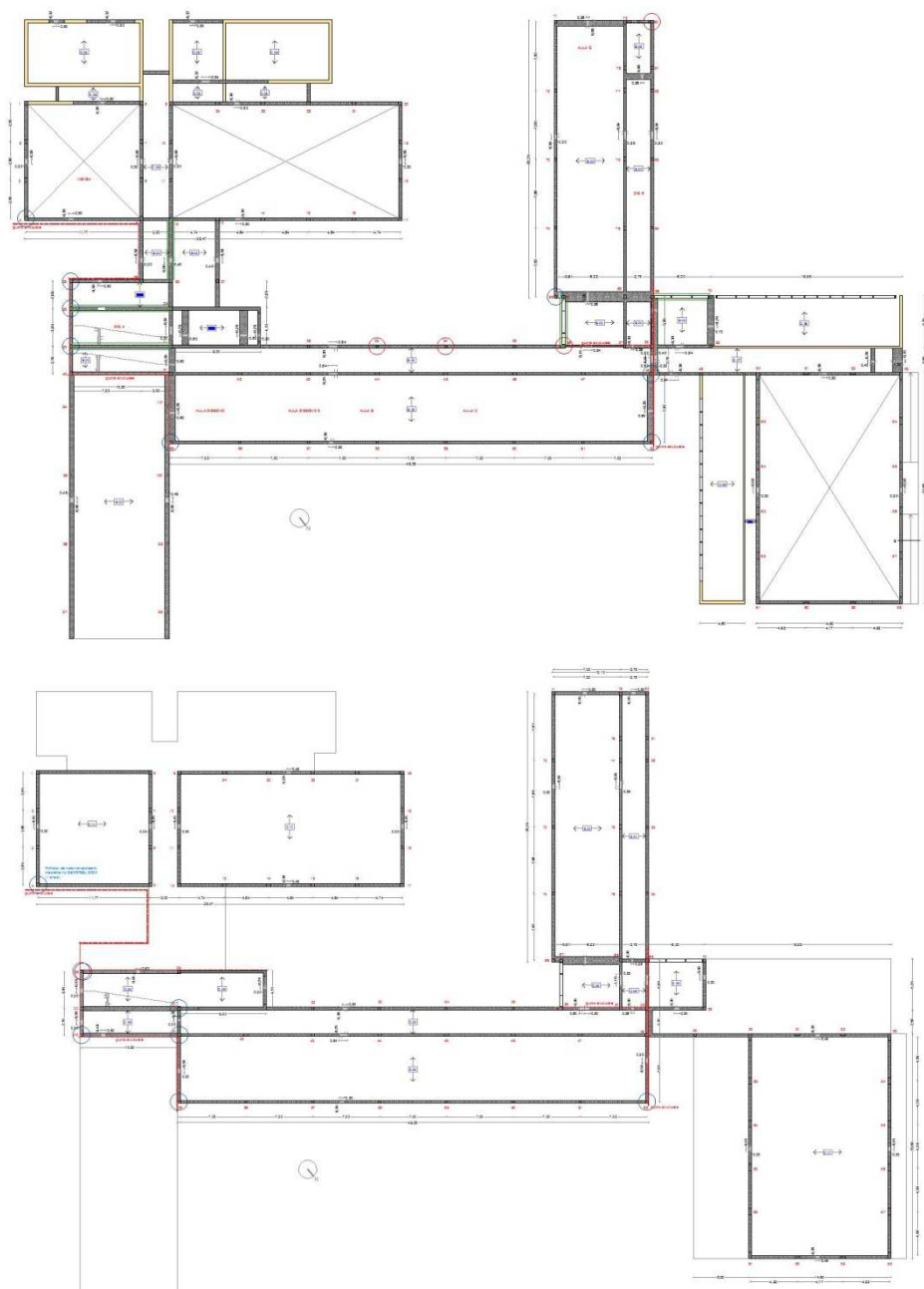


Figura 6.1: Individuazione degli elementi rinforzati mediante compositi fibrorinforzati in acciaio galvanizzato

A seguito della verifica di vulnerabilità sismica dei corpi dell'edificio scolastico, era stato individuato come ulteriore elemento critico la rampa a sbalzo in calcestruzzo presente per l'accesso alla palestra: in particolare la verifica a taglio torsione della trave che sorregge l'intera rampa non soddisfaceva la verifica. Si prevede perciò l'intervento su questo elemento, con demolizione del parapetto in cemento armato e sostituzione con un nuovo elemento più leggero.

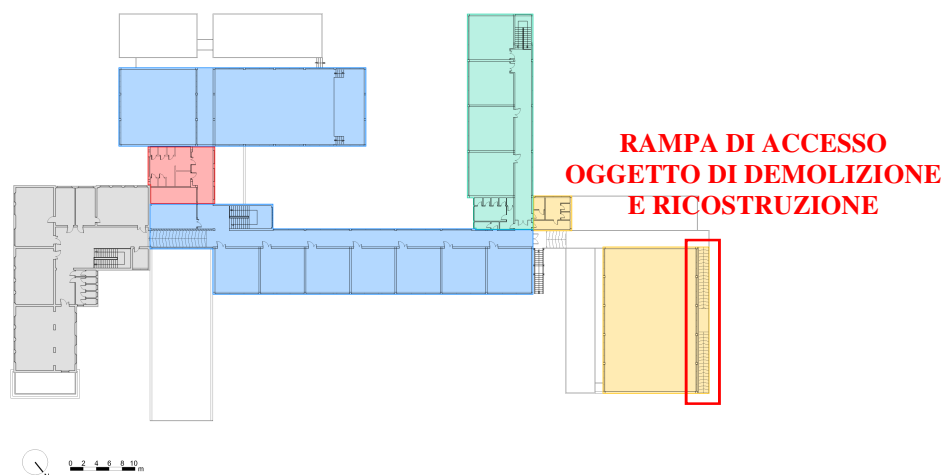


Figura 6.2: Zona di realizzazione del nuovo parapetto per la rampa di accesso alla palestra

2.1 Descrizione del sistema di rinforzo in composti fibrorinforzati in acciaio

Il sistema di rinforzo utilizzato nella progettazione dell'intervento riguarda l'utilizzo di composti fibrorinforzati in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza. Il tessuto ha uno sviluppo unidirezionale delle fibre formate da micro-trefoli di acciaio galvanizzati ad altissima resistenza, fissati su microrete in fibra di vetro che ne facilita le fasi d'installazione grazie anche all'utilizzo di una matrice con opportune caratteristiche che ne garantisce il fissaggio. Come descritto in precedenza si rinforzano mediante la tecnica citata pilastri, travi e nodi in cemento armato come illustrato nella figura seguente.

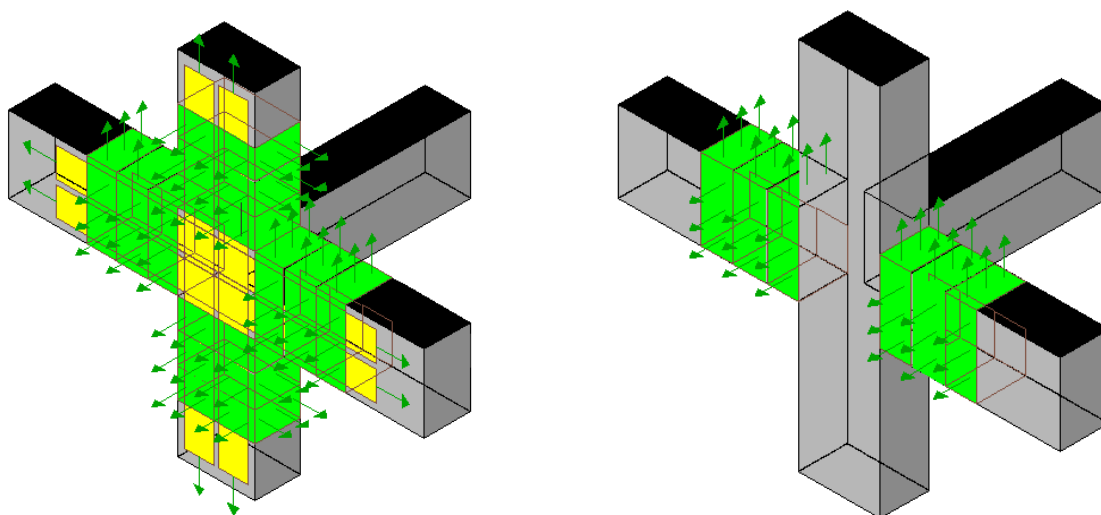


Figura 6.3: Rinforzo mediante composti fibrorinforzati in acciaio (giallo e verde) di nodi e travi a taglio

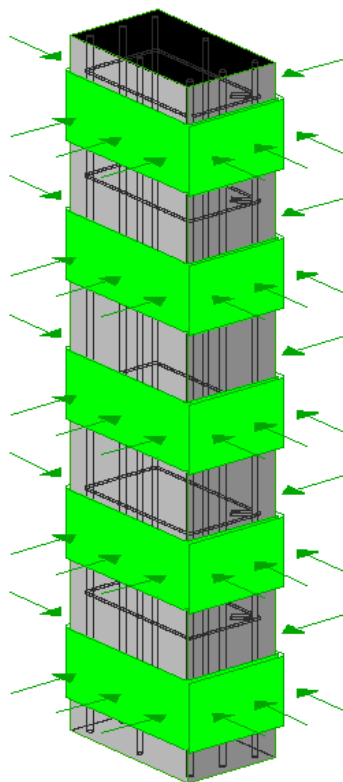


Figura 6.4: Rinforzo mediante compositi fibrorinforzati in acciaio (verde) di pilastri a taglio

Il tecnico

Ing. Giuseppe Nucara