

**ING. FRANCESCO NUCARA**

Via Finlandia n. 2

56124 PISA

C.F.: NCRFNC80B01L219K

P. IVA: 02009920501

## AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI PRATO

### AREA TECNICA - Servizio Assetto e gestione del Territorio

**Dirigente: Dott.ssa Rossella Bonciolini**

**RUP: Arch. Nicola Serini**

Piano triennale 2018-2020 per l'edilizia scolastica.  
Intervento di adeguamento sismico della palestra della  
Scuola secondaria superiore "Paolo Dagomari" di Prato  
(codice ARES 100050004)  
CUP: PROV0000005984  
CIG: Z202388881

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

### RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA FABBRICATO PALESTRA

Pisa 04/06/2018

Rev. 00

Il Progettista

**Ing. Francesco Nucara**

Pag. 1

## Sommario

<b>1. Introduzione .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Normativa di riferimento .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Descrizione dei fabbricati oggetto del presente studio .....</b>	<b>5</b>
a) <i>analisi storico critica.....</i>	<i>5</i>
b) <i>Riferimenti e documentazione tecnica.....</i>	<i>6</i>
c) <i>Caratteristiche costruttive .....</i>	<i>6</i>
<b>4. Stato di fatto .....</b>	<b>6</b>
<b>5. Condizioni di vulnerabilità riscontrate nell'edificio.....</b>	<b>11</b>
<b>1. Scelta delle alternative di intervento .....</b>	<b>12</b>
<b>IPOTESI 1: intervento finalizzato al miglioramento della distribuzione delle rigidezze e alla regolarizzazione del comportamento strutturale sotto l'azione sismica .....</b>	<b>13</b>
<b>IPOTESI 2: intervento finalizzato a sopperire alle carenze sismiche dell'edificio attraverso la realizzazione di un sistema di controventamento dell'edificio.....</b>	<b>14</b>
<b>2. Analisi della scelta progettuale adottata .....</b>	<b>15</b>
<b>3. Cantierizzazione .....</b>	<b>15</b>
<b>4. Riepilogo degli aspetti economici e finanziari del progetto.....</b>	<b>17</b>
a) <b>STIMA SOMMARIA DEI LAVORI.....</b>	<b>17</b>
b) <b>TEMPISTICA DI ESECUZIONE LAVORI.....</b>	<b>17</b>

## 1. Introduzione

La presente relazione ha per oggetto la descrizione del progetto di fattibilità tecnica ed economica dell'intervento di adeguamento sismico del fabbricato palestra facente parte dell'Istituto Tecnico Professionale e Statale "PAOLO DAGOMARI" di Prato: lo studio, finalizzato a portare i necessari miglioramenti delle condizioni di sicurezza strutturale dell'edificio, viene redatto sulla scorta dei risultati della valutazione di vulnerabilità sismica condotta dalla Società di Ingegneria STRUTTURE SRL di Pisa su incarico dell'Amministrazione Provinciale di Prato con Disciplinare di incarico del 14/02/2011.

La valutazione della sicurezza del fabbricato in oggetto, resasi necessaria ai sensi della normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008 "*Norme tecniche per le costruzioni*" par. 8.3 "*Valutazione della sicurezza*"), non ha potuto ovviamente prescindere dagli aspetti che riguardano la duttilità, come chiaramente espresso nel par. 8.7 "*Valutazione e progettazione in presenza di azioni sismiche*" per "*costruzioni esistenti soggette ad azioni sismiche*"; questo è vero ormai per l'intero territorio nazionale dall'emanazione dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*", nel quale si afferma per la prima volta il principio della classificazione sismica dell'intero territorio nazionale.

L'Istituto scolastico 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 è stato oggetto della suddetta verifica di vulnerabilità sismica.

## 2. Normativa di riferimento

- **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»
- Istruzioni Tecniche Regione Toscana “Programma regionale Vulnerabilità sismica di edifici in cemento armato” (VSCA)
- **D.M. Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975** "Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica"
- **Linee guida** per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo di Interventi di Rinforzo di strutture di c.a., c.a.p. e murarie mediante FRP (Documento approvato il 24 luglio 2009 dall'assemblea Generale Consiglio Superiore LL PP)
- **Linee guida** per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni. Dipartimento Protezione Civile ~ ReLUIS
- **D.M. 17.01.2018** "Norme Tecniche per le Costruzioni" e ss.mm.ii.
- **Circolare n. 617/C.S.LL.PP. 02.02.2009** "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"

### 3. Descrizione dei fabbricati oggetto del presente studio

Il fabbricato palestra dell'Istituto Tecnico Professionale e Statale "PAOLO DAGOMARI", fa parte di un più ampio Polo scolastico comprendente anche due fabbricati didattici, è costituito da un blocco rettangolare strutturalmente indipendente dagli altri edifici del complesso esclusi dal presente studio.

L'edificio è costituito da un corpo principale ed una pensilina d'ingresso ospitante spogliatoi e centrale termica: l'edificio principale si presenta a pianta rettangolare m 40,00 x m 20,00 m ed un'altezza utile di circa 7 m.



Edificio oggetto del presente studio

#### *a) analisi storico critica*

E' stato possibile recuperare il progetto strutturale del fabbricato, redatto dall' Ing. Riccardo Bettazzi: l'edificio non ha subito nel tempo modifiche tali da alterarne il comportamento strutturale rispetto a quello originario.

Dagli elaborati grafici è stato possibile individuare le dimensioni degli elementi strutturali, le posizioni delle armature e le caratteristiche dei materiali utilizzati.

*b) Riferimenti e documentazione tecnica*

- **Pratica Ufficio del Genio Civile di Firenze:** deposito n. 5732 del 12/11/1974 e successiva variante del 29/01/1975 prot. n° 440
- **Fine Lavori:** dichiarata avvenuta in data 15/03/1975 con deposito all'Ufficio del Genio Civile di Firenze in data 12/05/1975 – prot. n° 2092
- **Certificato di collaudo:** redatto da Ing. Giannino Veronesi e depositato all'Ufficio del Genio Civile di Firenze in data 26/05/1975 – prot. n° 2426
- **Impresa costruttrice delle strutture in opera:**
  - NOVA EDIL S.a.s. di M. Allara & C., via Ferrara n° 6 – Prato
- **Impresa costruttrice delle strutture prefabbricate:** Vibrocementi srl di Bologna
- **Progettista e D.L.:** Ing. Riccardo Bettazzi

*c) Caratteristiche costruttive*

Trattasi di struttura prefabbricata, con pilastri 40x40 cm ad interasse di 10 m e travi prefabbricate a T in copertura.

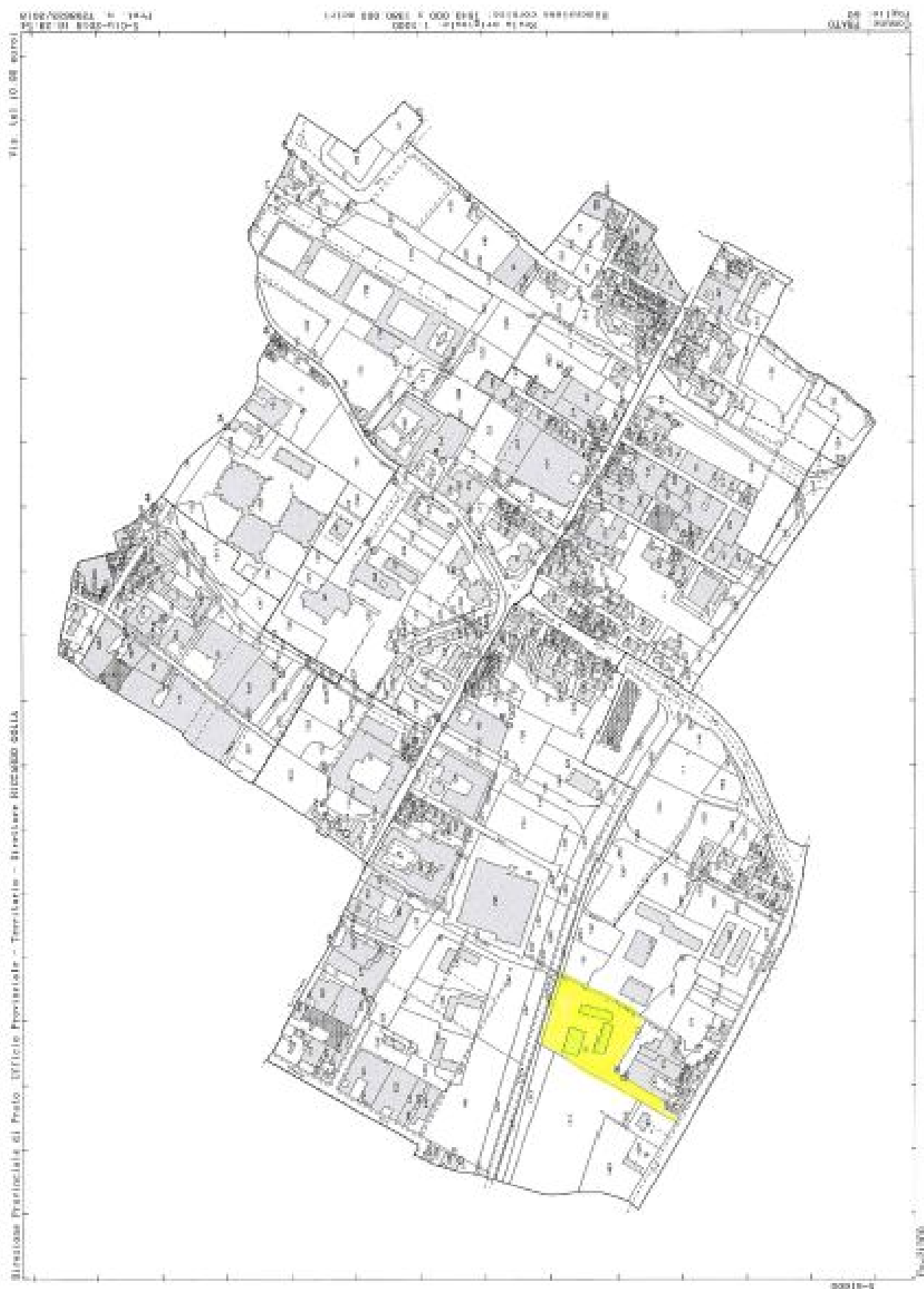
Il sistema di copertura è realizzato tramite travi a Y in c.a. precompresso, posti ad un interasse di 2,5 metri portanti cupolini in fibrocemento.

Il tamponamenti esterni sono costituiti da pannelli di tamponamento prefabbricati.

La pensilina d'ingresso è invece realizzata tramite un sistema di travi e pilastri di interasse variabile e solaio in laterocemento.

## **4. Stato di fatto**

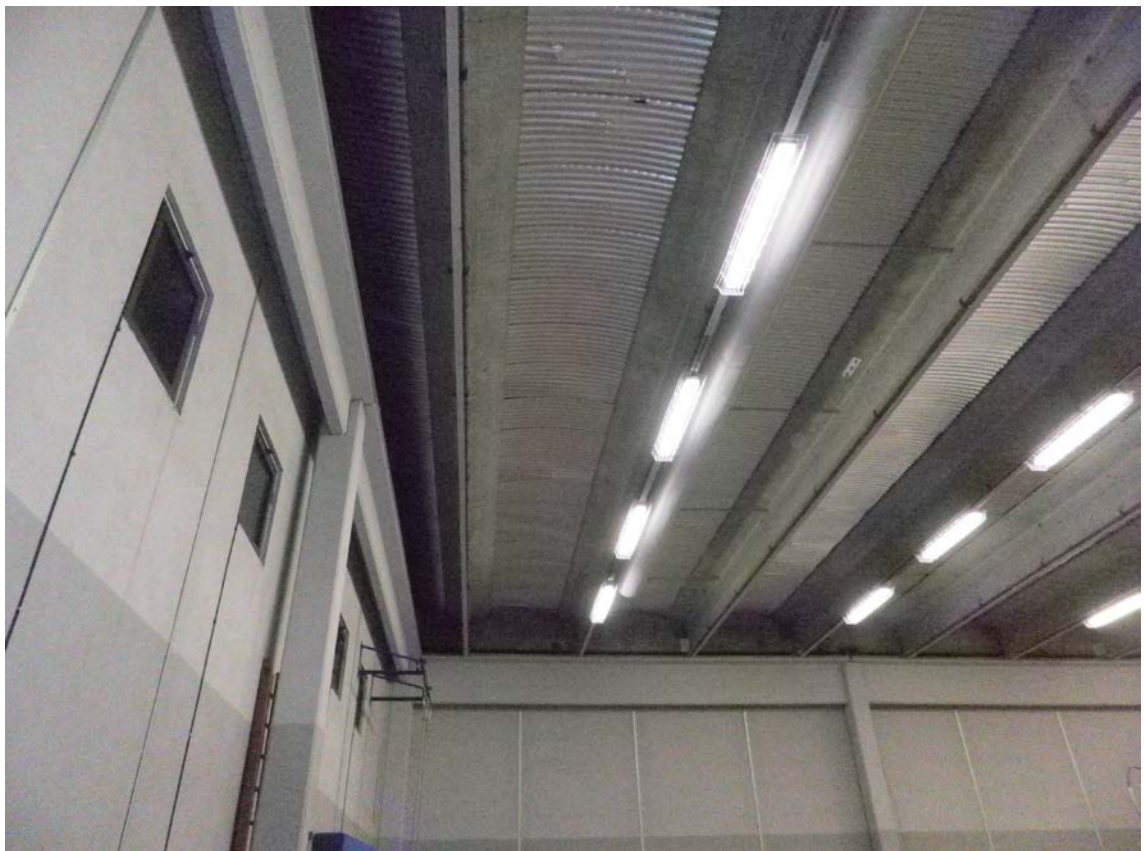
L'edificio in oggetto è di proprietà della Provincia di Prato e non risulta soggetto a vincoli sovraordinati: catastalmente insiste nel Comune di Prato, **foglio di mappa n. 60, particella 96** che comprende tutti i fabbricati del complesso scolastico.















## 5. Condizioni di vulnerabilità riscontrate nell'edificio

In occasione dello studio di vulnerabilità sismica dell'edificio in oggetto è stato eseguito il rilievo degli elementi strutturali necessario per la definizione della geometria dei fabbricati; in seguito al ritrovamento del progetto strutturale è stata altresì verificata l'effettiva rispondenza del rilievo effettuato ai disegni costruttivi.

Sulla base delle indagini eseguite si è potuto verificare la quantità e la disposizione delle armature secondo quanto riportato nei disegni costruttivi originali: sono stati inoltre condotti un numero di saggi e rilievi sufficienti a raggiungere la condizione di Limitate prove in situ; la quantità e disposizione dell'armatura è stata verificata per almeno il 15% degli elementi.

I riferimenti specifici sono ovviamente meglio esplicitati nell'insieme degli elaborati che compongono lo studio di vulnerabilità sismica e ad essi si rimanda per ulteriori dettagli.

L'edificio non riesce a garantire i livelli di sicurezza richiesti.

Le travi non risultano verificate per nessuno dei valori di sicurezza richiesti per il valore di 0.01 ag. Le travi risultano infatti debolmente armate in rapporto al peso e alla luce che devono ricoprire; inoltre la staffatura risulta insufficiente ( $\phi$  6 passo 20 cm) e presenta un infittimento all'appoggio non esaustivo e di estensione ridotta.

I pilastri invece non vengono verificati a taglio lato acciaio e a pressoflessione per i valore rispettivamente di **0.32 ag** e **0.27 ag**; mentre sono verificati a taglio lato calcestruzzo: anch'essi risultano debolmente armati a flessione. Non giova inoltre al comportamento generale del corpo palestra la deformabilità dei solai, come si è valutato osservando i modi propri di vibrare della struttura.

Risulta di grande importanza, ai fini delle verifiche di resistenza degli elementi della struttura, il fattore di confidenza: si è operato infatti in un contesto di conoscenza limitata LC1. Il cui corrispondente fattore di confidenza  $FC = 1,35$  (coefficiente riduttivo delle resistenze dei materiali).

Nelle tabelle di seguito riportate viene riassunto il comportamento della struttura nei confronti dello SLV.

TRAVI	TIPO DI ROTTURA		
	Verifiche a taglio lato cls	Verifiche a taglio lato acciaio	Verifiche di resistenza a flessione
$PGA_{CLV}$ [g]	0	0	0
$TR_{CLV}$ [anni]	-	-	-
<b>Indicatore di rischio</b> <b><math>(TR_{CLV} / TR_{DLV})^{0.41}</math></b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

*Indici di rischio per le travi suddivisi per tipo di verifica.*

PILASTRI	TIPO DI ROTTURA		
	Verifiche a taglio lato cls	Verifiche a taglio lato acciaio	Verifiche di resistenza a flessione
$PGA_{CLV}$ [g]	0.24	0.077	0.065
$TR_{CLV}$ [anni]	712	34	22
<b>Indicatore di rischio</b> <b><math>(TR_{CLV} / TR_{DLV})^{0.41}</math></b>	<b>1</b>	<b>0.288</b>	<b>0.241</b>

*Indici di rischio per i pilastri suddivisi per tipo di verifica.*

## 1. Scelta delle alternative di intervento

Oggetto del presente studio è il complesso di provvedimenti atti a migliorare da un punto di vista della sicurezza sismica il fabbricato palestra del complesso scolastico, intervenendo sulle parti che presentano carenze dal punto di vista della sicurezza.

Come indicato nei capitoli precedenti, l'edificio manifesta carenze per gran parte degli elementi strutturali: ci si pone quindi come obiettivo la proposta di vari interventi migliorativi al fine di valutare, dal punto di vista economico, la possibilità realizzativa degli stessi.

In prima fase, per eliminare fonti di incertezza e migliorare la conoscenza dell'edificio sarà **buona norma approfondire le indagini per quanto possibile**: si suggerisce di integrare lo studio di vulnerabilità sismica condotto dalla Società di Ingegneria STRUTTURE SRL con una ulteriore analisi non lineare (tipo PUSH-OVER), che meglio descriva la capacità dell'edificio di resistere al sisma; per far questo è necessario un ampliamento della campagna di indagini al fine di aumentare il livello di conoscenza, fino al raggiungimento di un livello di conoscenza adeguata (LC2); inoltre, abbattendo il Fattore di Confidenza, si possono ottenere già sensibili miglioramenti rispetto ad alcune verifiche effettuate.

Sono state quindi vagliate le seguenti **alternative di intervento**:

Pag. 12

## **IPOTESI 1: intervento finalizzato al miglioramento della distribuzione delle rigidezze e alla regolarizzazione del comportamento strutturale sotto l'azione sismica**

Ai fini dell'adeguamento sismico della struttura i entrambi i fabbricati, sono stati analizzati i seguenti aspetti:

- riduzione delle condizioni che determinano situazioni di irregolarità nel comportamento edifici, in termini di massa, resistenza e/o rigidezza;
- miglioramento della capacità deformativa ("duttilità") di singoli elementi strutturali;
- incremento locale della resistenza degli elementi verticali resistenti, tenendo eventualmente conto di una possibile riduzione della duttilità globale per effetto di rinforzi locali;

Sulla base di tali presupposti sono stati ipotizzate due categorie di interventi di natura strutturale di adeguamento sismico dell'edificio:

- a) interventi finalizzati al miglioramento della distribuzione delle rigidezze e alla regolarizzazione del comportamento strutturale sotto l'azione sismica:
  - l'inserimento puntuale di giunto sismico tra palestra e spogliatoi in grado di regolarizzare meglio il comportamento sismico dei due corpi di fabbrica derivanti da tale intervento;
  - rafforzamento di un elevato numero di elementi strutturali (ringrosso dei pilastri) in maniera quanto più possibile uniforme al fine di migliorare la distribuzione in pianta delle rigidezze.
- b) interventi finalizzati al miglioramento della duttilità e della resistenza degli elementi strutturali.

Il tutto cercando di minimizzare di fatto l'aggiunta di nuovi elementi strutturali limitandosi a quelli strettamente necessari, con l'indubbio vantaggio di non alterare l'originario impianto strutturale e la conseguente risposta (anche sismica) complessiva semplicemente adeguandolo alle nuove condizioni di carico previste dalla normativa.

Tra le possibili soluzioni, rientrano nella classe degli interventi finalizzati al miglioramento della distribuzione in pianta delle rigidezze tutti i **ringrossi dei pilastri esistenti**.

Ai fini del miglioramento della duttilità e della resistenza dei singoli elementi strutturali è stata invece valutata l'ipotesi di interventi di **fasciatura dei nodi trave – pilastro e di un cospicuo numero di travi con tessuto in fibra di carbonio (FRP)** e il rafforzamento di diverse travi in spessore con ringrosso della sezione così da garantire il necessario comportamento sotto l'azione sismica.



Nell'ottica di un intervento di adeguamento sismico invece si ritiene di poter efficacemente intervenire sulle carenze a taglio e a flessione riscontrate negli elementi trave e pilastri mediante il rinforzo con fasce **FRP** o **incamiciature/imbragature in acciaio**, con soluzioni da valutarsi elemento per elemento a seconda che sia necessario aumentare la sola resistenza a taglio o anche quella a pressoflessione.

## **IPOTESI 2: intervento finalizzato a sopperire alle carenze sismiche dell'edificio attraverso la realizzazione di un sistema di controventamento dell'edificio**

Le carenze manifestate dalla struttura risultano diffuse necessitano di interventi locali su gran parte degli elementi strutturali, con conseguenti problematiche di demolizioni e ripristini di grandi porzioni di pavimentazione e pannelli di tamponamento prefabbricati esterni.

Ulteriori valutazioni hanno invece portato la scelta a prediligere un intervento basato sulla realizzazione di un **sistema di controventamento** dell'edificio: tra i pilastri prefabbricati dell'edificio è possibile infatti inserire un sistema di controventamento in entrambe le direzioni dell'edificio con elementi di acciaio o realizzare un intervento di solidarizzazione dei nodi di collegamento delle travi sui pilastri attualmente in schema di vincolo di semplice appoggio in modo da risultarne un comportamento a telaio almeno in una direzione.

Questa particolare tecnica avrebbe l'ulteriore vantaggio di limitare gli spostamenti in caso di evento sismico risultando la struttura così rinforzata del tipo a nodi fissi, contribuendo a diminuire notevolmente l'effetto del sisma in termini di danneggiamento degli elementi non strutturali.

La scelta della tipologia di **controventamento** sarà funzione delle seguenti caratteristiche:

- capacità dissipativa;
- rigidità ed adeguata resistenza;
- facilità di collegamento o solidarizzazione;
- costo;
- durabilità.

Per contro il controventamento della struttura potrebbe andare ad influire sul periodo proprio della stessa e dunque sulla risposta alla azione sismica in termini di entità di energia di conseguenza assorbita.

Il caso specifico presenta molteplici elementi condizionanti:

- Posizione in pianta dei campi di controvento;
- Metodo di collegamento degli elementi.

## 2. Analisi della scelta progettuale adottata

Alla luce delle considerazioni sopra riportate è stata privilegiata la soluzione di cui all'ipotesi 1 escludendo quindi la soluzione che adotti un **sistema di controventamento** dell'edificio: questo per la difficile e costosa accessibilità delle zone di attacco dei plinti delle strutture di fondazione, con sbancamento del riempimento tra i plinti di fondazione sino al raggiungimento dell'estradosso delle fondazioni stesse; è stato inoltre ritenuto di difficile esecuzione il collegamento dei pilastri con le travi e così come possibile l'aumento della entità della azione sismica incassata dalla struttura così modificata.

Privilegiando quindi la soluzione di intervento 1, tale scelta impone una serie di opere edili propedeutiche di demolizione necessarie per portare "alla luce" le strutture e consentire l'applicazione delle fibre o l'esecuzione dei ringrossi dei pilastri (demolizione di murature e di intonaci e in diversi casi smontaggio di infissi e necessità dello spostamento di eventuali impianti); inoltre per gli interventi interessanti i pilastri (ringrossi e/o fasciature in FRP) e per l'eventuale realizzazione di nuovi setti in c.a., risulta necessario raggiungere le strutture di fondazione per garantire tramite l'inghisaggio di ferri di armatura la necessaria continuità strutturale; si dovrà quindi prevedere a tale scopo opere di demolizione di pavimenti e vespai intorno ai pilastri per raggiungere l'estradosso delle fondazioni.

Terminata la realizzazione degli interventi strutturali si renderà ovviamente necessario ripristinare lo stato delle cose, riposizionando gli infissi e gli impianti precedentemente smontati e ricostruendo i paramenti murari, intonaci e tinteggiature e le pavimentazioni, vespai e massetti compresi, interessate dalle precedenti demolizioni; in particolare, vista la necessità di garantire la necessaria resistenza al fuoco, si provvederà alla protezione delle fibre di carbonio sulle parti interne, applicando su queste uno strato di intonaco intumescente.

## 3. Cantierizzazione

I lavori da eseguire risultano particolarmente delicati in relazione al luogo in cui devono svolgersi: vista la tipologia di opere da realizzare non è ipotizzabile la convivenza tra attività didattica piena e realizzazione dell'adeguamento sismico.

Pertanto fin d'ora si prevede la realizzazione dei lavori durante il periodo di sospensione estiva dell'attività didattica principale che si svolge nell'Istituto: ciò consentirà inoltre di minimizzare numerose altre interferenze tra cantiere e fruitori del plesso scolastico.

Per garantire la necessaria celerità nell'esecuzione e nel contempo la cura in relazione alla qualità necessaria per la tipologia di lavori di cui trattasi, in sede di redazione della

progettazione esecutiva e dell'affidamento dei lavori si prevede eventualmente di richiedere all'impresa la garanzia dell'esecuzione dei lavori su doppio turno dal lunedì al sabato compresi, nel periodo di intervento sopra indicato.

Deve considerarsi inoltre che nel periodo di sospensione estiva dell'attività potranno svolgersi nel plesso scolastico attività corollarie quali esami, riunioni, corsi ecc.: tali attività non necessitano ovviamente della disponibilità della palestra.

Le modalità operative per il confinamento del cantiere e per la minimizzazione delle interferenze con tali attività saranno oggetto di definizione in specifiche riunioni con le autorità scolastiche prima dell'inizio dei lavori.

Ulteriori indicazioni verranno fornite nel Piano di Sicurezza e Coordinamento facente parte del progetto esecutivo.

## 4. Riepilogo degli aspetti economici e finanziari del progetto

### a) STIMA SOMMARIA DEI LAVORI

Allo scopo di individuare un preventivo di spesa attendibile, il calcolo sommario della spesa e il conseguente quadro economico sono stati elaborati in modo parametrico, rapportando la superficie di intervento ai costi medi di realizzazione della tipologia di lavori in esso previsti.

PALESTRA: mq 976,00 \* €/mq 500,00 **€488.000,00**

### b) TEMPISTICA DI ESECUZIONE LAVORI

La tempistica necessaria per effettuare gli interventi previsti nel presente studio si basa sull'individuazione del rapporto uomini/giorno riferita alla stima dei lavori ed alla relativa incidenza della mano d'opera.

Tale rapporto viene individuato attraverso parametri di natura economica, considerando i seguenti elementi:

**A) stima del costo complessivo dei lavori** **€488.000,00**

**B) incidenza presunta in % dei costi della mano d'opera  
sul costo complessivo dei lavori:**

**40%**

**C) costo medio giornaliero di un operaio edile** (riferimento Prezziario OO.PP.

Regione Toscana per la Provincia di Prato – edizione 2018):

- Operaio specializzato (carpentiere, muratore, ferraiolo, autista)	€ 36,67
- Operaio qualificato (aiuto carpentiere, aiuto muratore)	€ 34,17
- Manovale (operaio comune)	€ 30,77
Valore medio (paga oraria media)	€ 33,86
Ore di lavoro medie previste dal CCNL:	N. 8
Costo medio di un operaio/giorno (paga oraria media x 8 ore)	€ 270,85
<b>Costo medio di un operaio/giorno arrotondato per eccesso</b>	<b>€ 275,00</b>

**Rapporto U/G = (A x B)/C**

Importo presunto dei lavori - **Valore A** **€488.000,00**

Stima dell'incidenza della mano d'opera – **Valore B :** **40%**

Costo medio di un uomo/giorno - **Valore C** **€275,00**

Pag. 17

Rapporto U/G =  $A \times B/C = € 488.000,00 \times 40 \% / €/\text{giorno } 275,00 =$  **710 uomini giorno**

Nell'ipotesi dell'impiego di una squadra di n. 4 persone:

**Tempo necessario al completamento dei lavori: uomini giorno / 4 = 180 giorni**

Pisa, li 04/06/2018

Il Tecnico

**Ing. Francesco Nucara**