

# COMUNE DI NOVAFELTRIA

(PROVINCIA DI RIMINI)



## LAVORI DI CONSOLIDAMENTO E ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA MEDIA "A. BATTELLI"

– PROGETTO ESECUTIVO –

<b>A</b>	<b>RELAZIONE GENERALE</b>	PROGETTO APPROVATO CON DELIBERA DI G.C. N. _____ DEL _____
		DATA: 15 febbraio 2010

**RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:**  
Dott. Arch. Fabrizio Guerra

**PROGETTISTA:**  
Dott. Ing. Cristina Stacchini

**GEOLOGO:**  
Dott. Geol. Gabriele Stefani

**STACCHINI Project S.r.l.**

Centro Direzionale "La Piazza"

Via Onesto Scavino N°10 - 47891 Falciano - Repubblica di San Marino - Cod.Op.Ec. SM19168

Tel/Fax: 0549-942324

**Dott. Geol. GABRIELE STEFANI**

Via Delle Querce, 8 - 61016 Pennabilli (RN) - P.IVA: 01148640418

Tel/Fax: 0541-928184

# ***RELAZIONE GENERALE***

## **INDICE**

1	RELAZIONE GENERALE	2
2	DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO	2
3	INTERVENTI REALIZZATI SUCCESSIVAMENTE ALL'EDIFICAZIONE DEL FABBRICATO	3
4	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'EDIFICIO DAL 1996 AD OGGI	4
5	ANALISI DELLA DOCUMENTAZIONE ESISTENTE	5
6	COSTO DELLE INDAGINI	6
7	IDENTIFICAZIONE DELL'ORGANISMO STRUTTURALE IN ELEVAZIONE	7
8	DESCRIZIONE DEL LAVORO SVOLTO	8
9	DISPOSIZIONI ATTUATIVE: II DPCM 21 ottobre 2003	11
10	RELAZIONE D'INDAGINE	12
11	RELAZIONE D'INDAGINE SUI MATERIALI	12
12	RELAZIONE D'INDAGINE NON DISTRUTTIVA E DI RILIEVO DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI	13
13	RELAZIONE SUGLI SCAVI IN FONDAZIONE	14
14	RELAZIONE SULLO STATO FESSURATIVO	14
15	INTERVENTI PROPOSTI	14

## **1 RELAZIONE GENERALE**

Su incarico affidato al presente studio dall'Amministrazione Comunale di Novafeltria (RN), si perviene alla verifica di vulnerabilità sismica e al successivo progetto per il consolidamento e adeguamento sismico dell'edificio scolastico denominato "*Scuola Media A. Battelli*" sito in Novafeltria (RN) via della Maternità 43, ai sensi delle NTC D.M. 14 gennaio 2008 integrate con la Circolare 2 febbraio 2009 N.617.

La valutazione della sicurezza sismica del fabbricato in questione viene condotta nel rispetto dei requisiti e dei procedimenti che vengono esposti dalle NTC 2008 integrate con la Circolare applicativa, relativamente agli edifici in cemento armato.

Lo scopo principale di tale approfondimento è quello di stabilire se l'edificio esistente è in grado o meno di resistere alla combinazione di progetto richiesta dalla norma; a tal fine le NTC e la Circolare applicativa forniscono gli strumenti per la valutazione della sicurezza dell'edificio.

Le costruzioni "esistenti" cui si applicano le norme sopra citate sono quelle la cui struttura sia completamente realizzata alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento.

Vengono introdotti, fra gli altri, i concetti di livello di conoscenza (relativo a geometria, dettagli costruttivi e materiali) e fattore di confidenza (che modificano i parametri di capacità in ragione del livello di conoscenza).

Si definiscono le situazioni nelle quali è necessario effettuare la valutazione della sicurezza, che, per le costruzioni esistenti, potrà essere eseguita con riferimento ai soli Stati limite ultimi. In particolare si prevede che la valutazione della sicurezza dovrà effettuarsi ogni qualvolta si eseguano interventi strutturali e dovrà determinare il livello di sicurezza della costruzione prima e dopo l'intervento.

Per vulnerabilità sismica di un edificio si intende pertanto l'attitudine dello stesso a resistere ad un terremoto di progetto per mezzo delle capacità di deformazione e resistenza delle sue strutture verticali ed orizzontali.

## **2 DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO**

La Scuola Media "Angelo Battelli" è ubicata in Novafeltria in Provincia di Rimini.

L'edificio è stato realizzato a metà degli anni '60 ed è sempre stato adibito ad uso scolastico. Presenta una forma particolare in quanto mostra diversi corpi rettangolari non allineati fra loro formando così una figura geometrica priva di simmetria rispetto gli assi principali, inscritto in un rettangolo di lati (24,89 x 41,96) mt circa.

La pianta dell'edificio si mantiene costante dalla fondazione alla copertura con variazioni planimetriche dal piano seminterrato al piano terra e dal piano primo al piano sottotetto, presentando sporgenze più o meno pronunciate.

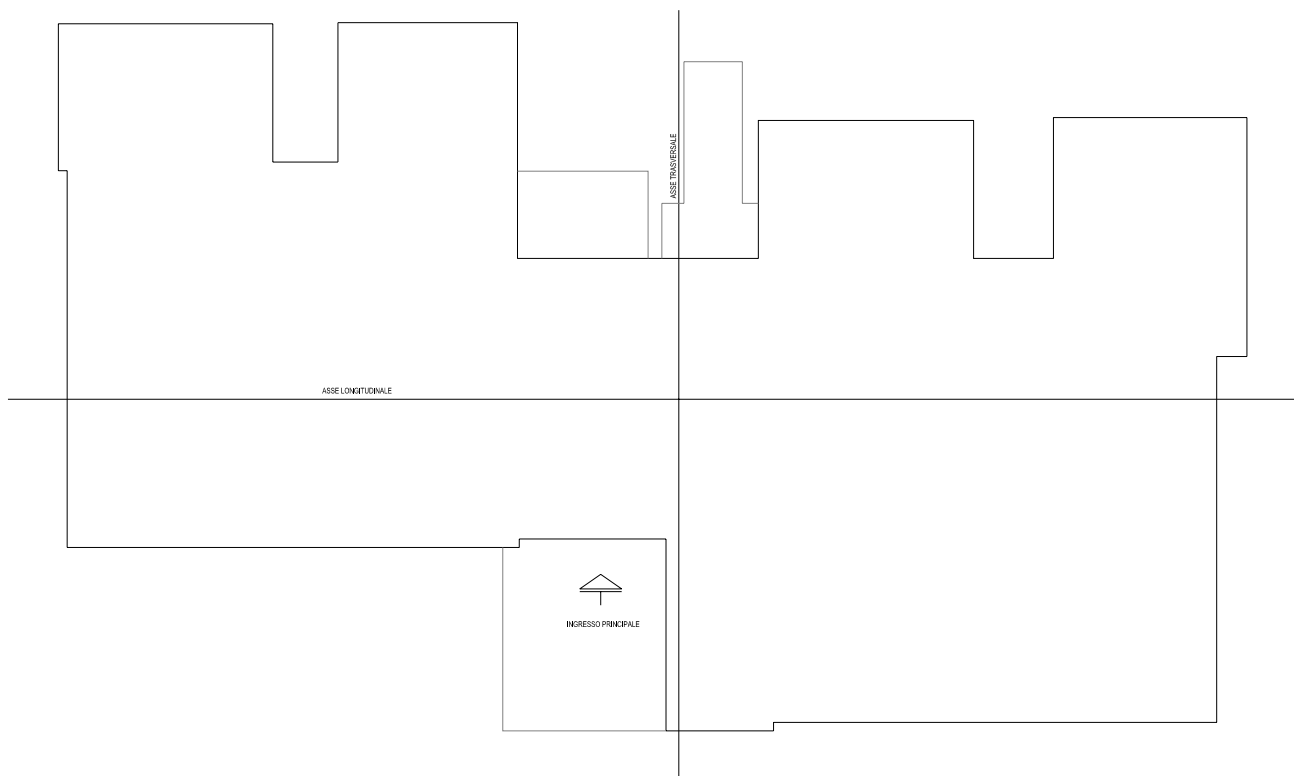
La Scuola è contraddistinta da tamponature esterne munite di finestre a nastro (vedi Tav. F.1 – *Rilievo architettonico stato di fatto*) diffuse su gran parte dei prospetti di tutti i piani strettamente adibiti all'attività didattica.

L'ingresso principale della Scuola è posto a Nord-Ovest (vedi Prospetto "A" Tav. F.1 – *Rilievo architettonico stato di fatto*) ma sono presenti altri ingressi secondari posti sul retro, al piano cantinato e sulle uscite di sicurezza di ciascun piano.

Il fabbricato è posto a circa 7 m dalla strada comunale Via A. Galli che corre perpendicolarmente alla strada provinciale SP258 "*Marecchiese*", il fabbricato è isolato e confinante a circa 12,50 mt dalla palestra comunale e circa 15 mt dal fabbricato sito sul lato opposto di Via della Maternità.

Il fabbricato si sviluppa su 3 piani di altezza media 3,7 mt (interpiano) ed un piano sottotetto di altezza netta media pari a 1,70 mt, raggiungendo così un'altezza totale di circa 14,00 mt dal piano campagna.

La copertura è a due falde regolari ad unica pendenza con colmo nella parte centrale e con linea di massima pendenza ortogonale all'asse longitudinale del fabbricato.



### **3 INTERVENTI REALIZZATI SUCCESSIVAMENTE ALL'EDIFICAZIONE DEL FABBRICATO**

La Scuola Media "Angelo Battelli" è stata realizzata a metà degli anni '60 ed è sempre stata adibita ad uso scolastico.

Da fine anni '60 ad oggi sono documentati interventi di adeguamento sugli impianti, interventi riguardanti la sostituzione degli infissi e adeguamenti alla sicurezza con la realizzazione della scala antincendio posta sul retro del fabbricato.

Nel settembre del **1999** sul fabbricato è stato completato un progetto di miglioramento sismico finanziato con il II° Stralcio del piano degli interventi di cui all'art. 2 dell'Ordinanza Ministeriale N.2668 del 28/09/97. Decreto N.202 del 20/02/98.

Il finanziamento concesso corrispose a complessive Lire 100.000.000 (€ 51.645,69) e i lavori furono completati nel settembre 1999.

Il progetto metteva in risalto un sottodimensionamento della fondazione in alcune sezioni di verifica da imputare all'età del manufatto, evidenziava inoltre il taglio e l'interruzione di alcune travi di fondazione e sottofondazione e il conseguente scalzamento delle stesse, interventi quest'ultimi che risultavano essere realizzati in tempi successivi a quelli di costruzione, probabilmente eseguiti al fine di ricavare nuovi spazi da destinare a depositi e ripostigli.

Il parziale consolidamento delle fondazioni è stato attuato attraverso l'esecuzione dei seguenti interventi tecnici:

- allargamento della base dei plinti della zona centrale del fabbricato mediante la realizzazione di cordolature laterali in c.a. e il loro collegamento con le restanti fondazioni mediante cordoli in c.a. orditi nelle due direzioni, in grado di sopportare una forza assiale di trazione o di compressione pari a un decimo del maggiore dei carichi verticali applicati alle estremità;

- il collegamento delle sottofondazioni "tagliate" allargando la base di appoggio della travi di fondazione mediante la realizzazioni di platee in c.a. dello spessore di 35 cm, in modo da abbassare i carichi trasmessi al terreno in caso di perturbazione sismica;

- riparazione e rafforzamento locale delle strutture in elevazione che presentavano fessure attraverso l'esecuzione di iniezioni di miscele leganti applicate sotto pressione per la cucitura delle lesioni stesse.

L'Amministrazione Comunale nel marzo **2006** ha completato un intervento per il superamento delle barriere architettoniche.

L'area da destinare al superamento dei dislivelli di piano è stata scelta in uno spazio esterno al fabbricato sul prospetto di via A. Galli.

Per non compromettere le già deboli strutture portanti della Scuola stessa è stato scelto di localizzare esternamente il corpo ascensore e di collegarlo ai diversi piani con una struttura metallica leggera.

Il corpo ascensore risulta completamente giuntato rispetto all'edificio esistente.

L'intero corpo è stato realizzato con struttura d'acciaio in tubolari a sezione quadrata o rettangolare e di spessore variabile. Le dimensioni del corpo ascensore sono:

- lunghezza massima 6.77 m
- larghezza massima 3.24 m
- altezza massima 11.10 m

Il tamponamento del vano ascensore è stato realizzato parzialmente con pannelli prefabbricati e vetrate di ampia dimensione in modo da permettere la massima l'entrata di luce diurna nelle ore di maggior grado d'illuminamento.

#### **4 SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'EDIFICIO DAL 1996 AD OGGI**

Su incarico del Comune di Novafeltria dal 1996 è stato predisposto un sistema di monitoraggio per controllare il decorso di alcune lesioni localizzate prevalentemente nella parte a monte del fabbricato, in direzione di Via della Maternità e dell'ingresso principale.

Dalla relazione del tecnico incaricato, Geol. Sergio Catturani, emerge che con ogni probabilità tali lesioni si verificarono agli inizi degli anni novanta in concomitanza con un'estate particolarmente secca e con conseguente decompressione del terreno portante. Non a caso le fessure si localizzarono nei piani alti dell'edificio posti in corrispondenza delle fondazioni "tagliate" negli anni sessanta.

Successivamente i sismi del settembre 1997 e del luglio 2000 non fecero rilevare alle strumentazioni predisposte al controllo alcuna significativa evoluzione del fenomeno fessurativo.

Attualmente il monitoraggio delle lesioni presenti è garantito dall'Amministrazione comunale con incarico al professionista rinnovabile anno per anno e che comunque si ritiene indispensabile al fine di segnalare l'evolversi del quadro fessurativo dell'edificio e poter in caso predisporre gli opportuni provvedimenti che si renderanno di volta in volta necessari.

##### **Sistema di acquisizione dati**

Dalle relazioni relative al monitoraggio delle lesioni presenti sulla Scuola Media "Battelli" di Novafeltria si evince che il sistema di lettura dei dati è costituito da una centralina di acquisizione dati alla quale è possibile collegare un massimo di 4 fessurimetri elettrici.

Le caratteristiche dell'impianto sono riportate nelle relazioni allegate.

##### **Monitoraggio delle lesioni eseguito nel Maggio 2008**

Dalla relazione allegata relativa alla valutazione complessiva sulle letture effettuata dal Geologo Sergio Catturani nel maggio 2008 si evince quanto segue:

*Nel complesso gli strumenti hanno evidenziato una stabilità dell'ampiezza delle lesioni rispetto alle registrazioni presenti.*

*Fanno eccezione solamente i due fessurimetri vecchi del 1° piano. Tuttavia dato il cambio di centralina e trattandosi della prima lettura, è assai probabile che il differente valore registrato sia connesso proprio ad una differente sensibilità del nuovo apparecchio.*

##### **Monitoraggio delle lesioni eseguito nel Luglio 2008**

Dalla relazione allegata relativa alla valutazione complessiva sulle letture effettuata dal Geologo Sergio Catturani nel luglio 2008 si evince quanto segue:

*Nell'anno di osservazione (agosto 2007 – luglio 2008) non si sono registrati spostamenti significativi in alcuno dei punti strumentali.*

*Sono tuttavia comparse nuove lesioni al piano primo che sono state strumentate con l'acquisto di due nuovi fessurimetri. Contestualmente si è proceduto anche alla sostituzione della vecchia centralina difettosa.*

*Al secondo piano l'unico fessurimetro che ha evidenziato dei movimenti è quello ubicato nell'aula computer, anche se in realtà il grosso del movimento si è avuto nell'anno precedente (maggio – luglio 2007) e solo marginalmente è continuato nei mesi più recenti.*

##### **Monitoraggio delle lesioni eseguito nel Dicembre 2008**

Dalla relazione allegata relativa alla valutazione complessiva sulle letture effettuata dal Geologo Sergio Catturani nel dicembre 2008 si evince quanto segue:

*Nei quasi 5 mesi intercorsi tra l'ultima lettura e la lettura attuale, si sono registrati spostamenti seppur contenuti su alcuni fessuri metri.*

*In particolare lo spostamento ha riguardato al piano 1 la lesione del pilastro (fessuri metro n.2) e quella sul solaio (fessuri metro n.4)*

*L'ampiezza dello spostamento è compresa tra 0,3 e 0,5 mm.*

*Al piano 2 lo spostamento ha riguardato esclusivamente l'aula computer con un aumento della lesione di circa 0,7 mm.*

*Gli spostamenti sono avvenuti nel periodo estivo in corrispondenza di un'estate molto secca.*

*Ciò conferma una volta quanto già ipotizzato, ossia che la causa principale di tali oscillazioni del fabbricato risiede nella variazione di umidità del terreno argilloso che costituisce la base d'appoggio delle fondazioni dell'edificio.*

## **5 ANALISI DELLA DOCUMENTAZIONE ESISTENTE**

Allo studio presentato sono allegati i documenti tecnici relativi alla Scuola Media "A. Battelli", depositati presso gli archivi degli Enti Pubblici quali Genio Civile e Comune.

In ordine si elenca:

**A** Elaborati architettonici rappresentanti il progetto della Scuola Media di Novafeltria, a firma dell'Ing. Oscar Carugno e approvati dalla Commissione Provinciale per l'Edilizia Scolastica il 25/09/1963.

<b>AII. 01</b>	Relazione tecnica
<b>AII. 02</b>	Pianta seminterrato e fondazioni, scala 1:100
<b>AII. 03</b>	Pianta piano terra o piano rialzato, scala 1:100
<b>AII. 04</b>	Pianta piano primo, scala 1:100

**B** Elaborati architettonici rappresentanti il "progetto di variante per l'edificio destinato alla Scuola Media di Novafeltria", a firma dell'Ing. Oscar Carugno e approvati dalla Commissione Provinciale per l'Edilizia Scolastica il 15/12/1966.

<b>AII. 05</b>	Pianta seminterrato e fondazioni, scala 1:100
<b>AII. 06</b>	Pianta piano terra o piano rialzato, scala 1:100
<b>AII. 07</b>	Pianta piano primo, scala 1:100
<b>AII. 08</b>	Prospettiva Prospetto anteriore, scala 1:100 Prospetto posteriore, scala 1:100 Fianco destro, scala 1:100 Fianco sinistro, scala 1:100

**C** Elaborati esecutivi strutturali e relazione tecnica allegata reperibili presso il Genio Civile di Pesaro a firma dell'Arch. Celio Francioni.

<b>AII. 09</b>	Pianta fondazioni, scala 1:50
<b>AII. 10</b>	Pianta fondazioni, spiccato cordoli e pilastri, scala 1:50
<b>AII. 11</b>	Particolare plinti, pilastri (scala 1:10) e rampa scala (scala 1:50)
<b>AII. 12</b>	Muri piano seminterrato e pianta primo solaio, scala 1:50 (elaborato poco definito)
<b>AII. 13</b>	Pianta al secondo solaio, scala 1:100
<b>AII. 14</b>	Particolari muri longitudinali piano cantinato, scala 1:50
<b>AII. 15</b>	Particolari muri trasversali piano cantinato, scala 1:50
<b>AII. 16</b>	Verifica di stabilità delle fondazioni
<b>AII. 17</b>	Tabella pilastri al piano cantinato e al piano terreno

**D** Certificato di collaudo tecnico-amministrativo rilasciato dall'Ing. Girolamo Cascianelli in data 30/09/1969.

<b>AII. 18</b>	Certificato di collaudo tecnico-amministrativo rilasciato dall'Ing. Girolamo Cascianelli in data 30/09/1969
----------------	---

**E** Studio geologico relativo ai terreni di fondazione della Scuola Media "Battelli" e della palestra adiacente, del capoluogo di Novafeltria, a firma del Geologo Dott. Sergio Caturani del luglio 2006.

<b>AII. 19</b>	Relazione tecnica
----------------	-------------------

**F** Progetto di miglioramento sismico finanziato con il II° Stralcio del piano degli interventi di cui all'art. 2 dell'Ordinanza Ministeriale N.2668 del 28/09/97. Decreto N.202 del 20/02/98.  
Finanziamento concesso di Lire 100.000.000 - Lavori completati nel settembre 1999.

Progetto depositato presso il Comune di Novafeltria e presso l'Unità Operativa di Fabriano a firma dell'Ing. Cristina Stacchini riguardanti interventi di miglioramento sismico realizzati nel piano seminterrato dell'edificio.

<b>AII. 20</b>	Relazione Tecnica
<b>AII. 21-a</b> <b>AII. 21-b</b>	Elaborati di progetto: - Stato di fatto - Stato di fatto fondazioni e progetto d'intervento in fondazione, scala 1:100
<b>AII. 22</b>	Libretto delle Misure desunto dallo Stato finale dei lavori
<b>AII. 23</b>	Certificato di regolare esecuzione
<b>AII. 24</b>	Certificato di prova dell'Istituto Giordano S.p.a. N.134037/105881/00 sul cls di travi e solai realizzati nel piano seminterrato dell'edificio
<b>AII. 25</b>	Certificato di prova dell'Istituto Giordano S.p.a. N.133905/105781/00 sulle barre d'acciaio
<b>AII. 26</b>	Certificato d'origine della TRIGNO Prog. N. T0699A/99 dei travetti per i solai realizzati nel piano seminterrato dell'edificio
<b>AII. 27</b>	Rilievo fotografico (degli interventi eseguiti in fondazione)
<b>AII. 28</b>	Verifica sismica

**G** Prove di carico e indagini diagnostiche realizzate nel luglio 1999 dall'Istituto Giordano S.p.a. (Centro Politecnico di ricerche di Bellaria (RN)).  
Prove richieste per il successivo rilascio del Certificato di idoneità statica del 20/10/2000.

<b>AII. 29</b>	Certificato di prova dell'Istituto Giordano S.p.a. N.129059/102352/99 del 30/07/1999 prove di carico su solai e rampa scala
<b>AII. 30</b>	Certificato di prova dell'Istituto Giordano S.p.a. N.128961/102309 del 30/07/1999 indagini diagnostiche su pilastri in c.a.

**H** Certificazione di idoneità statica del 20/10/2000 depositata presso il Comune di Novafeltria a firma dell'Ing. Cristina Stacchini.

<b>AII. 31</b>	Certificazione di idoneità statica
----------------	------------------------------------

**I** Intervento per il superamento delle barriere architettoniche realizzato nel 2006.  
Progetto depositato presso il Genio Civile di Pesaro a firma dell'Ing. Cristina Stacchini.

<b>AII. 32</b>	Relazione tecnica illustrativa Relazione sulle fondazioni e geotecnica Relazione di calcolo delle strutture
<b>AII. 33</b>	Elaborati esecutivi strutturali
<b>AII. 34</b>	Certificato di collaudo statico a firma dell'Ing. Claudio Sisa

**M** Indagini conoscitive realizzate nel luglio 2009 dall'Istituto Giordano S.p.a. (Centro Politecnico di ricerche di Bellaria (RN)).  
Prove conoscitive su pilastri e travi in c.a..

<b>AII. 38</b>	Certificato di prova dell'Istituto Giordano S.p.a. N.258841 del 25/08/2009 Verifiche strutturali in opera su strutture in cemento armato
----------------	---

## 6 COSTO DELLE INDAGINI

Allo studio presentato sono allegati i costi delle indagini eseguiti nell'anno 2006 e 2009.  
In ordine si elenca:

**L** Costi per indagini diagnostiche strutturali per la "verifica estesa" realizzate nel 2006 dall'Istituto Giordano S.p.a. (Centro politecnico di ricerche di Bellaria (RN)).  
Costi per indagine geologico-tecnica e prove penetrometriche statiche e dinamiche realizzate nel 2006 dal Geologo Gabriele Stefani.  
Costi per indagine sismica realizzata nel 2006 dallo Studio Geosystem di Scaparrotti dott. Roberto.

<b>AII. 35</b>	- Fattura N.7883 del 19/10/2006 emessa dall'Istituto Giordano S.p.A. di <b>importo al netto di € 5.868,32</b> - Preventivo del 26/07/2006 dell'Istituto Giordano S.p.A. per indagini diagnostiche strutturali per la "verifica
----------------	---

	estesa"
<b>AII. 36</b>	- Fattura N.21 del 11/12/2006 emessa dal Geologo Gabriele Stefani di <i>importo al netto di € 1.100,00</i>
<b>AII. 37</b>	- Fattura N.87 del 19/12/2006 emessa dallo Studio Geosystem di Scaparrotti dott. Roberto di <i>importo al netto di € 673,08</i>

Costi per indagini conoscitive realizzate nel luglio 2009 dall'Istituto Giordano S.p.a. (Centro politecnico di ricerche di Bellaria (RN)).

<b>AII. 39</b>	- Fattura N.7357 del 14/09/2009 emessa dall'Istituto Giordano S.p.A. di <i>importo al netto di € 4.350,00</i>
----------------	---

## 7 IDENTIFICAZIONE DELL'ORGANISMO STRUTTURALE IN ELEVAZIONE

Sulla base dei documenti reperiti e facendo seguito ai sopralluoghi e ai rilievi eseguiti presso la struttura scolastica è stato possibile identificare la geometria della struttura, la stratigrafia dei solai, la caratterizzazione dei muri portanti del piano cantinato, delle tamponature esterne e dei tramezzi interni.

Come già anticipato, l'edificio scolastico in pianta è caratterizzato da una forma irregolare costituita da diversi corpi rettangolari non allineati fra loro formando così una figura geometrica priva di simmetria rispetto gli assi principali, inscritta in un rettangolo di lati (24,89 x 41,96) mt circa.

La pianta dell'edificio si mantiene costante dalla fondazione alla copertura con variazioni planimetriche dal piano seminterrato al piano terra e dal piano primo al piano sottotetto, presentando sporgenze più o meno pronunciate.

Il fabbricato si sviluppa su 3 piani:

- di altezza variabile al piano seminterrato - *piano cantinato*;
- di altezza media di interpiano di 3,67 mt al piano terra;
- di altezza media di interpiano di 3,69 mt al piano primo nelle porzioni destinate alle attività didattiche mentre nella zona dell'atrio raggiunge un'altezza media di interpiano di 6,16 mt;
- il piano sottotetto, che non si estende su tutta la planimetria del fabbricato, presenta un'altezza netta media pari a 1,70 mt.

Strutturalmente l'edificio presenta un'ossatura in conglomerato cementizio armato con elementi tipo travi e pilastri collegati tra loro e con solai a struttura mista in laterocemento e c.a. con sbalzi anch'essi in struttura mista (vedi il portico di ingresso).

Dall'analisi dei documenti reperiti presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale, presso l'archivio dell'Ufficio del Genio Civile di Pesaro e dalle verifiche in sito, si è potuto evidenziare la presenza di un reticolo di travi che collegano tutti i pilastri tra loro. Sono presenti setti di c.c.a. a spessori variabili e debolmente armati solamente al piano seminterrato o piano cantinato (vedi Tav.F2 - *Restituzione grafica degli elementi strutturali dedotti dagli elaborati esecutivi a disposizione e dal rilievo geometrico*).

Le fondazioni, e le relative sottofondazioni, sono state impostate su tre quote di dislivello pari a circa 1,00 mt per ottimizzare gli scavi in relazione alla quota minima raggiungibile per l'ottenimento delle resistenze necessarie alla stabilità della fondazione.

Dai rilievi effettuati e dall'analisi dei documenti reperiti si può affermare che tali fondazioni sono state realizzate in conglomerato a matrice cementizia, aventi discrete caratteristiche di resistenza.

I solai di piano sono caratterizzati da luci fino ai 6,82 mt e sono realizzati in latero-cemento con soletta in conglomerato cementizio a spessore variabile da 2 a 4 cm, non armata secondo i canoni del tempo ma avente buona resistenza alla rottura e alla perforazione.

Lo spessore dell'impalcato del solaio del piano terra e del piano primo si attese sui 24 cm (20+4).

La copertura è a due falde regolari ad unica pendenza con colmo nella parte centrale, in parte anche sfalsato, e con linea di massima pendenza ortogonale all'asse longitudinale del fabbricato. Il solaio di copertura è stato realizzato con travi tipo "Varese" e tavelloni, appoggiato direttamente sui muretti in laterizio costruiti a partire dalle travi di sottotetto e quindi non collegato alla struttura principale sottostante.

Il solaio di copertura nella zona dell'atrio presenta una luce rilevante di 9,78 mt.

Lo spessore dell'impalcato del solaio di copertura si attese sui 30 cm.

I tamponamenti sono realizzati a cassetta, con la parete esterna di muratura di mattoni pieni e parete interna di forati in parte, e per il resto o con muratura di blocchi di laterizio o con muratura piena di mattoni a due teste. Le tramezze interne sono realizzate con forati a 4 fori.



L'intonaco esterno è di tipo bastardo a matrice prevalentemente cementizia e presenta discrete caratteristiche di coesione alla struttura.

E' presente un portico sul fronte del fabbricato che appoggia su un pilastro non legato in fondazione al fabbricato principale su entrambe le direzioni, ma legato solo lungo la direzione trasversale.

Sono stati riscontrati architravi ad ogni apertura (prevalentemente coincidenti con le travi del piano superiore).

## **8 DESCRIZIONE DEL LAVORO SVOLTO**

Il lavoro svolto si articola nelle seguenti fasi:

- a) Valutazione della categoria dell'edificio
- b) Definizione del livello di approfondimento per le indagini in sito
- c) Analisi degli elaborati d'archivio storico
- d) Analisi dello stato di fatto
- e) Rilievo geometrico e fotografico dell'edificio
- f) Rilievo dei dettagli costruttivi
- g) Rilievo dello stato fessurativo
- h) Programma delle indagini distruttive sulle strutture portanti verticali ed orizzontali
- i) Programma delle indagini geognostiche
- j) Definizione del livello di conoscenza
- k) Acquisizione dei parametri di resistenza e rigidezza mediati e correzione degli stessi
- l) Definizione del modello di calcolo e del metodo di verifica
- m) Verifica dell'edificio mediante software di calcolo. Criteri adottati per la schematizzazione della struttura
- n) Definizione del nuovo modello di calcolo ad interventi ultimati e nuova verifica dell'edificio mediante software di calcolo
- o) Redazione degli elaborati grafici esecutivi sulle strutture
- p) Relazioni specialistiche.

Si passa in dettaglio al commento di ogni punto.

### **a) Valutazione della categoria dell'edificio:**

Secondo il Decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile del 21 ottobre 2003, vengono definite due categorie di edifici pubblici di notevole importanza:

- *edifici ed opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza statale, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile*
- *edifici ed opere infrastrutturali di competenza statale che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso.*

L'edificio scolastico Scuola Media "A. Battelli" appartiene alla categoria 1 dell'elenco B (edifici) di cui all'allegato 1 del Decreto e può essere considerato a rischio se viene messo in relazione al periodo di costruzione, periodo nel quale non esistevano criteri di ingegneria sismica né tanto meno esperienza consolidata sulla buona e corretta esecuzione delle strutture in muratura resistenti alle azioni orizzontali. Infatti fino a prima dell'entrata in vigore della prima normativa sismica (1974) e prima dell'entrata in vigore della normativa madre sugli edifici in muratura, le strutture verticali erano realizzate solamente per sorreggere gli orizzontamenti di piano e la copertura e per fare fronte all'azione del vento che in alcune località di montagna esercitava notevoli spinte in direzione ortogonale al piano della muratura stessa.

### **b) Definizione del livello di approfondimento per le indagini in sito:**

il livello di approfondimento delle indagini sull'edificio viene definito in relazione alle NTC 2008 e alla Circolare applicativa ed in base ai requisiti di regolarità geometrica dell'edificio; se l'edificio presenta regolarità in pianta ed in altezza, il grado di approfondimento delle indagini tende ad abbassarsi per le modalità di risposta dello stesso in quanto tende ad ottimizzare il lavoro di ogni elemento strutturale che entra in gioco. La mancata regolarità comporta degli squilibri sulle risposte di ogni elemento strutturale. Una volta definito il livello di verifica, si definisce il Livello di Conoscenza dell'opera che dovrà sopportare una serie di prove sui materiali ed un'analisi dei dettagli costruttivi più o meno spinta. Da ciò si perviene alla definizione del Fattori di Confidenza cioè fattore riduttore della resistenza del materiale.

### **c) Analisi degli elaborati d'archivio storico:**

Vengono reperiti tutti i documenti inerenti l'opera oggetto di studio al fine di trarre spunti ed informazioni atti alla redazione del progetto d'adeguamento sismico, nonché definire i punti dell'edificio in cui è possibile saggiare i diversi materiali, essendo ad oggi la struttura intonacata quindi non ben visibili nelle sue parti strutturali.

- d) **Analisi dello stato di fatto:**  
analisi dell'edificio per materiali, geometria ed eventuali problemi presenti, definizione del livello di approfondimento delle indagini in sito, in particolare dovranno essere reperiti informazioni di cui al punto C8A.1.B delle NTC 2008 e della Circolare applicativa.
- e) **Rilievo geometrico e fotografico dell'edificio:**  
rilievo in sito delle caratteristiche geometriche dell'edificio e di ogni sua parte, rilievo fotografico dell'intero edificio e di ogni sua singolarità (fessure, crepe e cedimenti).
- f) **Rilievo dei dettagli costruttivi:**  
rilievo in sito realizzato con operatori idonei alle demolizioni di parti non strutturali senza intaccare le parti strutturali, al fine di leggere i dettagli costruttivi circa la presenza di architravi, solette di irrigidimento e strutture spingenti, elementi complementari potenzialmente vulnerabili.
- g) **Rilievo dello stato fessurativo:**  
rilievo sulle condizioni attuali delle parti strutturali e dei tamponamenti per mettere in relazione le cause dei dissesti in atto con gli effetti prodotti da un potenziale evento sismico.
- h) **Programma delle indagini distruttive sulle strutture portanti verticali ed orizzontali:**  
la programmazione delle prove sulle strutture in c.c.a. sono state concordate con l'operatore in relazione alla possibilità o meno di realizzare un tipo specifico di prova e l'attendibilità dei suoi risultati. Le prove effettuate in sito comprendono prove distruttive e semidistruttive, a seconda dell'approfondimento dei risultati e dell'attendibilità dei risultati.
- i) **Programma delle indagini geognostiche:**  
la programmazione dei sondaggi in sito, necessaria alla definizione della tipologia di sottosuolo, è stata condotta secondo quanto previsto al punto 3.2.2. delle NTC 2008 e della Circolare applicativa. La quota di prova viene determinata dalla litologia presente e dalla potenza degli strati appartenenti al *Free Field*, secondo la moderna teoria della geotecnica dei terreni in zona sismica. Le prove da realizzarsi possono essere del tipo '*Standard Penetration Test*' ovvero prove sismiche.
- j) **Definizione del livello di conoscenza:**  
il livello di conoscenza viene definito dal livello di verifica e dalla tipologia strutturale dell'opera; nelle NTC 2008 e nella Circolare applicativa vengono definiti tre Livelli di Conoscenza a cui corrispondono Fattori di Confidenza da utilizzarsi nell'elaborazione del modello strutturale teorico.
- k) **Acquisizione dei parametri di resistenza e rigidezza mediati e correzione degli stessi:**  
dalle prove realizzate in sito si acquisiscono i dati relativi alla resistenza media e rigidezza media, in particolare la definizione della curva di resistenza dell'elemento strutturale del tipo tensione-deformazione. I parametri di resistenza e rigidezza ottenuti vengono successivamente inseriti nelle banche dati materiali per l'elaborazione del modello strutturale.
- l) **Definizione del modello di calcolo e del metodo di verifica:**  
dall'analisi del rilievo eseguito in sito e dall'acquisizione dei risultati delle prove distruttive e semidistruttive, si costruisce il modello di calcolo che meglio rappresenta il fabbricato oggetto di studio. Il modello deve rappresentare l'opera sia per geometria che per caratteristiche di rigidezza, per dettagli costruttivi e per punti singolari, scartando gli elementi complementari che non vengono coinvolti nel lavoro di deformazione dell'intera struttura soggetta ad evento sismico. A seconda del livello di verifica da eseguirsi ed a seconda della tipologia strutturale presente, si opera secondo un'analisi che può essere del tipo elastica lineare ovvero plastica non lineare, modale o statica equivalente.
- m) **Verifica dell'edificio mediante software di calcolo. Criteri adottati per la schematizzazione della struttura:**  
Il metodo di verifica della sicurezza accertata è quello degli Stati Limite (SL) che considera per l'edificio esistente in oggetto un insieme di verifiche rispettivamente per gli Stati Limite ultimi (SLU).  
La sicurezza viene quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore delle corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.  
Il programma di calcolo provvederà comunque ad estrarre anche le verifiche agli stati limite di esercizio SLE.

La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali.

In particolare le travi ed i pilastri sono schematizzati con elementi trave a due nodi deformabili assialmente, a flessione e taglio utilizzando funzioni di forma cubiche di Hermite.

Tale modello finito ha la caratteristica di fornire la soluzione esatta in campo elastico lineare per cui non necessita di ulteriori suddivisioni interne degli elementi strutturali.

Gli elementi finiti a due nodi possono essere utilizzati in analisi di tipo non lineare potendo modellare non linearità sia di tipo geometrico che meccanico con il seguente modello:

1. Matrice geometrica per gli effetti del II° ordine
2. Non linearità meccanica per comportamento assiale solo resistente a trazione o compressione
3. Non linearità meccanica di tipo elasto-plastica con modellazione a plasticità concentrata e duttilità limitata con controllo della capacità rotazionale ultima delle cerniere plastiche. Tale modellazione viene utilizzata per effettuare le analisi sismiche di tipo PUSHOVER con le modalità previste dal D.M. 14/01/2008 e s.m.i.

Per gli elementi strutturali bidimensionali quali pareti a taglio, setti, nuclei irrigidenti, piastre o superfici generiche viene utilizzato un modello finito a 3 o 4 nodi di tipo *shell* che modella sia il comportamento membranale (lastra) che flessionale (piastra).

Tale elemento finito di tipo isoparametrico viene modellato con funzioni di forma di tipo polinomiale che rappresentano una soluzione congruente ma non esatta nello spirito del metodo FEM.

Per questo tipo di elementi finiti la precisione dei risultati ottenuti dipenderà quindi dalla forma e densità della MESH, si ricorda che il calcolo agli elementi finiti è per sua natura un calcolo approssimato.

Il metodo è efficiente per il calcolo degli spostamenti nodali ed è sempre rispettoso dell'equilibrio a livello nodale con le azioni esterne.

La precisione nel calcolo delle tensioni è inferiore a quella ottenuta nel calcolo degli spostamenti, inoltre è fortemente dipendente dalla mesh.

Le verifiche saranno effettuate sia direttamente sullo stato tensionale ottenuto, per le azioni di tipo statico e di esercizio, mentre per le azioni dovute al sisma ed in genere per le azioni che provocano elevata domanda di deformazione anelastica, sulle risultanti (forze e momenti) agenti globalmente su una sezione dell'oggetto strutturale (muro a taglio, trave accoppiamento, etc..)

Nel modello vengono tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi.

La presenza di eventuali orizzontamenti sono tenuti in conto o con vincoli cinematici rigidi o modellando la soletta con elementi SHELL.

L'analisi delle sollecitazioni viene condotta in fase elastica lineare tenendo conto eventualmente degli effetti del secondo ordine.

Le sollecitazioni derivanti dalle azioni sismiche possono essere ottenute sia da analisi statiche equivalenti che da analisi dinamiche modali.

Nel caso si debba verificare la capacità della struttura progettata od di una esistente a resistere al sisma, o si debba verificare l'effettiva duttilità strutturale si provvederà ad effettuare una analisi statica di tipo non lineare (PUSHOVER).

I vincoli tra i vari elementi strutturali e con il terreno sono modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale, in particolare per le connessioni tra aste in acciaio o legno.

I legami costitutivi utilizzati nelle analisi non lineari di tipo PUSHOVER possono essere di tipo elastoplastico - inelastico a duttilità limitata, elasto-fragile, elastoplastico a compressione e fragile a trazione.

**n) Definizione del nuovo modello di calcolo ad interventi ultimati:**

definito il tipo d'intervento si costruisce un nuovo modello che meglio rappresenta l'edificio nella sua nuova configurazione, quindi si verifica che il nuovo modello abbia raggiunto il grado di sicurezza richiesto. Il nuovo modello si contraddistingue da quello rappresentativo dello stato di fatto per il maggiore valore di parametri di resistenza e rigidezza essenziali al fine di una resistenza dell'edificio all'evento sismico, per l'eliminazione di quelle parti complementari che comunque definiscono una vulnerabilità sismica dell'intero edificio.

**o) Redazione degli elaborati grafici esecutivi sulle strutture:**

restituzione grafica dei risultati e rappresentazione dell'intervento mediante dettagli costruttivi specifici per intervento, descrizione degli stessi; il tutto completo di relazione di calcolo per elementi strutturali non soggetti a verifica sismica mediante software di calcolo come solai o travi in c.c.a.

**p) Relazioni specialistiche:**

integrazione del progetto con relazioni specifiche d'indagine sismica quali relazioni geologiche, relazione sulle prove sui materiali e relazione d'indagine sui dettagli costruttivi e relazione .

## 9 DISPOSIZIONI ATTUATIVE: il DPCM 21 ottobre 2003

Secondo quanto riportato nel Decreto 21 ottobre 2003 si definiscono 3 livelli di verifica:

- 1) Livello 0: livello di conoscenza sommaria dell'edificio e della sua ubicazione, conoscenza delle sue caratteristiche geometriche generali e descrizione sommaria dei materiali.
- 2) Livello 1: livello di analisi che comporta una conoscenza della geometria e dei dettagli costruttivi in modo abbastanza approfondito, conoscenza dei materiali mediante dati storici e da piccoli saggi effettuati sulla struttura quindi esame visivo e sulla compattezza del materiale. Tutto ciò porta alla definizione di un modello elaborato e verificato per 3 livelli di accelerazione al suolo.
- 3) Livello 2: livello di analisi dettagliato con saggi sui materiali profondi ed estesi, analisi dei dettagli costruttivi approfondito mediante rottura delle finiture superficiali e scavi in fondazione, sondaggi in sito e quanto altro occorre per avere un esame d'insieme pressoché ottimale e risultati meglio rappresentativi per l'edificio.

### Regolarità dell'edificio in pianta:

- Configurazione in pianta compatta ed approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidezze. NO

BARICENTRI MASSE E RIGIDENZE									
PIANO	QUOTA	PESO	XG	YG	XR	YR	DX	DY	
N.ro	(m)	(kN)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
1	3,67	7227,91	22,20	13,13	22,37	13,15	0,18	0,01	
2	7,36	4057,79	21,45	13,05	22,23	13,42	0,78	0,37	

- Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui l'edificio risulta inscritto (max 4). SI (=1,68 < 4)
- Massimo valore di rientri o sporgenze espressi in percentuale della dimensione totale dell'edificio nella direzione del rientro o della sporgenza (max 25). NO (6.77/24.89)= 27% > 25%
- Solai infinitamente rigidi. SI

I solai possono essere considerati infinitamente rigidi nel piano orizzontale in quanto sono realizzati in latero-cemento con soletta in conglomerato cementizio a spessore variabile da 2 a 4 cm, non armata secondo i canoni del tempo ma avente buona resistenza alla rottura e alla perforazione.

### Regolarità dell'edificio in altezza:

- Minima estensione verticale di un elemento resistente dell'edificio (travi o pareti) espressa in percentuale dell'altezza dell'edificio (min 100%) SI (=100%)
- Massime variazioni da un piano all'altro di massa e rigidezza espresse in percentuale della massa e della rigidezza del piano contiguo con i valori più elevati (max 20%) NO

VARIAZIONI MASSE E RIGIDENZE DI PIANO													
DIREZIONE X							DIREZIONE Y						
Piano	Quota	Peso	Variaz.	Tagliante	Spost.	Klat.	Variaz.	Teta	Tagliante	Spost.	Klat.	Variaz.	Teta
N.ro	(m)	(kN)	(%)	(kN)	(mm)	(kN/m)	(%)		(kN)	(mm)	(kN/m)	(%)	
1	3,67	7227,91	0,0	2496,22	7,47	334027	0,0	0,027	1868,88	10,94	170765	0,0	0,050
2	7,36	4057,79	-43,9	1389,48	9,26	150094	-55,1	0,022	1070,93	15,06	71095	-58,4	0,043

- Massimi restringimenti della sezione dell'edificio, in percentuale alla dimensione corrispondente al primo piano, ed a quella corrispondente al piano immediatamente sottostante (max 30% - min 10%) SI
- Presenza di elementi strutturali particolarmente vulnerabili o in grado di influire negativamente sulla risposta della struttura (es. tamponamenti rigidi distribuiti irregolarmente in pianta ed in elevazione, camini o parapetti di grandi dimensioni, corpi scale decentrati,...) SI

Quale elemento strutturale particolarmente vulnerabile si rileva la presenza del porticato d'ingresso che appoggia su un pilastro isolato (sotto evento sismico la base del pilastro potrebbe spostarsi portando la struttura a fenomeni di instabilità).

### Conclusioni:

- Il fabbricato non presenta regolarità né in pianta né in altezza.
- Il fabbricato pertanto verrà analizzato con analisi di tipo non lineare. La verifica sarà effettuata agli stati limite ultimi (si suggerisce la verifica allo stato limite di danno) e pertanto richiesto un Livello di Conoscenza LC2 per ottenere un Fattore di Confidenza pari a 1,2.

- Il fabbricato è costruito interamente in conglomerato cementizio armato quindi si applica quanto riportato al Capitolo 8 e all'appendice al Capitolo 8 delle NTC 2008 e della Circolare applicativa.

Saranno effettuate prove in sito estese e di dettaglio così descritte: per la definizione delle caratteristiche di materiali si spingeranno i sondaggi sino ad avere un'indagine precisa di tipo "estesa" secondo quanto riportato al punto C8A.1.B delle NTC 2008 e della Circolare applicativa: saranno svolte analisi di dettaglio per ogni tipologia di elemento strutturale in c.c.a. in particolare sul calcestruzzo e sull'acciaio in esso presente andranno prelevati campioni da testare in laboratorio con l'eventuale integrazione di prove non distruttive/semi-distruttive sulle strutture in sito.

Le indagini vengono descritte con dettaglio nel capitolo seguente.

Saranno effettuate prove geognostiche per la caratterizzazione sismica del terreno e la definizione dei parametri di rigidità dello stesso per la successiva progettazione degli interventi.

Si compiranno tutte quelle operazioni necessarie ad una valutazione estesa dello stato di fatto del fabbricato e la sua conoscenza nel dettaglio strutturale.

Le caratteristiche di tutti i materiali non sono deducibili dai documenti reperiti quindi si adotteranno esclusivamente quelli testati dall'operatore incaricato alla redazione dei saggi.

La disposizione strutturale di travi, cordoli, pilastri e setti vengono dedotti sia dagli allegati grafici sia dal rilievo geometrico e di dettaglio descritti nella fase successiva nei limiti in cui ciò è permesso.

## 10 RELAZIONE D'INDAGINE

La Circolare C.S.LL.PP. 2.02.2009 N.617 definisce i criteri per la valutazione della geometria, delle proprietà dei materiali e dei dettagli costruttivi del fabbricato indagato. Sul fabbricato, in accordo con il Committente, è richiesto almeno un Livello di Conoscenza LC2. I Livelli di Conoscenza utilizzabili sono quindi LC2 (conoscenza adeguata) ed LC3 (conoscenza accurata); ma facendo riferimento alla Tabella C8A.1.2 della Circolare, non vengono soddisfatti, per il fabbricato in oggetto, tutti i requisiti per la determinazione delle proprietà dei materiali quindi non è possibile arrivare ad un Livello di Conoscenza LC3.

L'analisi suggerita sarà svolta per un **Livello di Conoscenza LC2** con verifiche in situ limitate dei dettagli strutturali, con prove in situ limitate per le proprietà dei materiali e un rilievo geometrico di dettaglio.

Livello di Conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	FC
LC1	Da disegni di carpenteria originali ....	Limitate verifiche in situ	Limitate indagini in situ	1.35
LC2		Disegni costruttivi incompleti con limitate verifiche in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con limitate prove in situ	1.2
LC3		Esaustive verifiche in situ	Esaustive prove in situ	1

E' stato eseguito un rilievo geometrico visivo a campione integrato con un rilievo fotografico dello stato di fatto e dello stato fessurativo presente, in particolare sono stati recepiti tutti i dati richiesti dalla Tabella C8A.1.2 della Circolare.

In accordo con il Comune, con un operaio specializzato si potrà procedere alla verifica dei dettagli costruttivi andando a demolire l'intonaco, il copriferro di travi e pilastri, e a forare i solai e preparare le superfici su cui verranno eseguite poi indagini di tipo distruttivo da un Laboratorio specializzato per la caratterizzazione dei materiali e da ultimo saranno eseguite anche prove sclerometriche di supporto.

## 11 RELAZIONE D'INDAGINE SUI MATERIALI

Su incarico affidato all'Istituto Giordano di Bellaria (RN), quale Ditta specializzata nell'esecuzione di prove semi-distruttive e distruttive sui materiali, in sito ed in laboratorio, si sono organizzate le prove da eseguirsi nell'edificio oggetto di studio.

Dalla definizione della tipologia strutturale prevalente ed in relazione all'importanza, alla ripetitività ed il grado di conoscenza da acquisire, si è definito un numero minimo di prove da eseguirsi nelle modalità prescritte dalla Circolare, in particolare si è identificato il numero di elementi sul quale eseguire i saggi ed i prelievi per ogni piano e per ogni tipologia di elemento strutturale.

Di seguito si riporta la tabella di analisi riportata dalla Tabella C8A.1.3a della Circolare:

	Rilievo dei dettagli costruttivi	Prove sui materiali
	Per ogni tipo di elemento 'primario' (trave, pilastro, ...)	
Verifiche limitate	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls per ogni 300 mq di piano dell'edificio , 1 campione di armatura per piano dell'edificio
Verifiche estese	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 30% degli elementi	2 provino di cls per ogni 300 mq di piano dell'edificio , 2 campione di armatura per piano dell'edificio
Verifiche esaustive	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provino di cls per ogni 300 mq di piano dell'edificio , 3 campione di armatura per piano dell'edificio

Da un'analisi di quanto appena esposto, si sono scelte le seguenti prove:

1. Prelievo di carota su elementi di calcestruzzo quali travi e pilastri e cordoli di fondazione del piano interrato
2. Prelievo di barre in acciaio
3. Scandaglio di armature con Pachometro
4. Prove di Pull-Out

1) La carota prelevata è stata saggiata in laboratorio ed è stato possibile ricavare la resistenza del calcestruzzo per schiacciamento della stessa, dietro rettifica delle superfici. Il numero delle carote è in accordo al numero minimo in relazione alla ripetitività delle travi.

2) Le barre di acciaio sono state saggiate in laboratorio ed è stato possibile ricavare la resistenza a snervamento e rottura per trazione, quindi risalire alla categoria utilizzata nel periodo di costruzione.

3) Per gli elementi strutturali in c.c.a. non saggiati direttamente è stato possibile ricavare il numero, posizione e diametro delle barre di acciaio, delle staffe e la misura del copriferro, per lettura magnetica di ogni scandaglio. Lo strumento ha offerto un buon grado di precisione ma anche fornito risultati non sempre comparabili a quanto riportato negli elaborati grafici. Tutto ciò per una verifica delle strutture secondarie alle azioni statiche e sismiche.

Per la specifica delle prove e le modalità d'esecuzione si rimanda alle relazioni presentate dall'Istituto Giordano.

4) Ove non possibile prelevare carote in elementi di calcestruzzo, si possono ottenere risultati sulla resistenza caratteristica a compressione dall'estrazione di un ugello d'acciaio infisso a pressione nell'elemento da saggiare.

Dalla forza d'estrazione si ricavano dati necessari all'integrazione di quelli ottenuti con carotaggio e relativa prova di schiacciamento.

Tale tipo di prova non si rende necessario per il rispetto degli articoli di cui all'OPCM 3274/03 ma per ottenere un numero esauriente di dati (integrazione) tali da poter poi costruire le relazioni che definiscono i valori di resistenza e rigidezza di Input.

I risultati ottenuti dai saggi, quindi i parametri di rigidezza di calcestruzzo ed acciaio, vengono analizzati in relazione alle modalità di esecuzione del saggio specifico, considerando le capacità dell'operatore, le condizioni esterne che interagiscono direttamente con l'operatore e l'attrezzatura, lo stato di conservazione del materiale saggiato, l'affidabilità della prova, il disturbo creato al campione prelevato (durante il carotaggio la macchina crea delle piccole vibrazioni che modificano in parte la reale condizione in cui si trova il cls) e l'affidabilità dall'apparecchio utilizzato.

## **12 RELAZIONE D'INDAGINE NON DISTRUTTIVA E DI RILIEVO DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI**

Dall'analisi dei dettagli costruttivi eseguita con l'ausilio di operatori specializzati ed attrezzature messe a disposizione dalla Committenza, si sono saggiati gli elementi strutturali ed in particolare:

- Sui solai è presente una soletta di spessore variabile da 2 a 4 cm di calcestruzzo non armato secondo i canoni del tempo e avente buona resistenza alla rottura e alla perforazione.
- Le fondazioni sono in c.c.a. e posate secondo lo schema riportato negli elaborati grafici allegati.

### **13 RELAZIONE SUGLI SCAVI IN FONDAZIONE**

Non si è ritenuto indispensabile realizzare scavi in fondazione estesi su tutto il fabbricato in quanto con l'intervento del 1999 era già stato messa a nudo la fondazione della zona centrale dell'edificio al piano cantinato (vedi Tav. F.3a - *Rilievo fotografico integrato dai sondaggi*).

Nel gennaio 2009, successivamente al sopralluogo dei tecnici della Regione Marche, sono stati effettuati scavi in corrispondenza delle fondazioni situate in corrispondenza del piazzale di ingresso alla Scuola Media. Lo scopo era quello di verificare la presenza o meno di cedimenti fondali ed eventualmente verificarne la loro correlazione con lo stato fessurativo presente sulla facciata dei piani sovrastanti.

Dalle risultanze degli scavi eseguiti non sono stati individuati cedimenti fondali significativi, ma è stato possibile verificare la presenza di perdite di acqua dovute alla cattiva manutenzione degli impianti di scarico delle acque di copertura e dalla cattiva regimazione delle acque superficiali provenienti da Via della Maternità e dallo stesso piazzale realizzato con betonella drenante (vedi Tav. F.3a - *Rilievo fotografico integrato dai sondaggi*).

### **14 RELAZIONE SULLO STATO FESSURATIVO**

Sono state rilevate fessure consistenti lungo la muratura di tamponamento a monte del fabbricato, sul prospetto prospiciente il piazzale e leggere fessure in testa ai pilastri dovute presumibilmente agli effetti derivanti da una traslazione, con componente verticale e orizzontale, delle estremità della trave fondale verso Via della Maternità.

Si evidenzia inoltre che il fenomeno può essere ricondotto anche alla problematica dei salti di quota del terreno e al non sempre efficace collegamento delle fondazioni particolarmente sentito nel ritiro dei livelli argillosi sottostanti.

### **15 INTERVENTI PROPOSTI**

Gli interventi proposti migliorano le condizioni generali dell'edificio e sotto un'azione sismica migliorano la risposta in termini di vulnerabilità sismica.

#### **STRUTTURE DI FONDAZIONE**

**Nel piano seminterrato è previsto un intervento di consolidamento in fondazione nelle porzioni di edificio non interessate dall'intervento di ricostruzione post-terremoto del 1999.**

L'intervento nello specifico prevede:

- per la zona archivio, la realizzazione di una platea in c.a. con collegamento alla struttura esistente
- per le aule dedicate alla sala insegnanti, ai laboratori e alla biblioteca, la realizzazione di travi di fondazione con collegamento alla struttura di fondazione esistente con perfori e iniezioni di resina epossidica, solaio con casseri a perdere e soletta con doppia rete elettrosaldata.

**Intervento di consolidamento in fondazione del piano terra.**

L'intervento nello specifico prevede:

- per le aule indicate nell'architettonico come aula 2 e aula 3 la realizzazione di travi di fondazione con collegamento alla struttura esistente con perfori e iniezioni di resina epossidica, solaio con casseri a perdere e soletta con doppia rete elettrosaldata.

#### **STRUTTURE IN ELEVAZIONE**

**Nel piano terra e nel piano primo è previsto un intervento di irrigidimento dei solai di piano.**

L'intervento nello specifico prevede:

- Irrigidimento dei solai con realizzazione di perfori e iniezioni di resina epossidica e successiva realizzazione di massetto con rete elettrosaldata.

**Nel piano terra e nel piano primo è previsto un intervento di adeguamento delle travi e dei pilastri.**

L'intervento nello specifico prevede:

- irrigidimento strutturale delle travi e dei pilastri, degli interpiani esistenti, risultanti carenti alle azioni sismiche individuati nella modellazione strutturale.

Nel piano di copertura e di sottotetto è previsto un intervento di totale demolizione dell'esistente (attualmente in travi di tipo Varese) con la sostituzione di una struttura di copertura in legno lamellare con l'abbassamento della linea di colmo di tutta la struttura di copertura medesima.

L'intervento nello specifico prevede:

Demolizione della copertura, attualmente in travi di tipo Varese, fino alla quota prevista in progetto compresa la demolizione di tutte le travi di appoggio della struttura.

Demolizione dei solai di sottotetto, attualmente in travi di tipo Varese, fino alla quota prevista in progetto, compresa la demolizione di tutte le travi di appoggio della struttura.

Realizzazione delle travi in c.a. a sostegno della nuova struttura di copertura.

Prolungamento e collegamento dei pilastri sottostanti con le travi perimetrale di nuova realizzazione.

Realizzazione di copertura in legno lamellare, compreso l'isolamento e l'impermeabilizzazione, il manto di copertura, i canali di gronda e i pluviali in rame.

### **RICOSTRUZIONI E FINITURE**

Ricostruzione di divisori precedentemente demoliti.

Realizzazione degli intonaci interni.

Tinteggiatura interna.

Posa di pavimenti e rivestimenti.

Rifacimento e adeguamento di impianti tecnologici.

Recupero di impianto elettrico.

Cappotto esterno.

Tinteggiatura esterna.

R.S.M. lì, 15.02.2010

Il Tecnico  
Ing. Cristina Stacchini