



# COMUNE DI ORISTANO

## SETTORE LAVORI PUBBLICI E MANUTENZIONI

### EDILIZIA SCOLASTICA E SPORTIVA

Progetto: "INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA, CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA DI VIA SOLFERINO" - CUP H14I19000160001

Elaborato: PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Allegato: **1** Relazione tecnica illustrativa

Data: Luglio 2022

Il Dirigente del Settore LL.PP.:  
Dott. Ing. Alberto SODDU

Il R.U.P.:  
Dott. Ing. Stefano LOCHI

Il progettista:  
Dott. Ing. Stefano LOCHI



## 1 Premessa

Il presente documento costituisce elaborato del progetto di fattibilità tecnica economica per l'intervento denominato **"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA, CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA DI VIA SOLFERINO" - CUP H14I19000160001** nel Comune di Oristano.

Il presente progetto di adeguamento sismico è riferito alla sola porzione in ampliamento datata 1986, non terrà dunque conto dell'interazione dell'adiacente porzione di fabbricato più recente in quanto ben giuntata.

La struttura interessata dall'intervento si sviluppa su una pianta pressochè rettangolare di dimensioni globali 32,60 m x 12,15 m circa, risulta composta da un solo piano fuori terra, a struttura portante in cemento armato, costituito da un'intelaiatura tridimensionale di travi e pilastri.

L'edificio - attualmente ospita gli uffici amministrativi, la bidelleria e l'ufficio del dirigente - non risulta aver subito nessun intervento strutturale significativo nel corso degli anni, che ne abbia modificato l'organismo edilizio e migliorato il comportamento strutturale concepito originariamente,

Alla luce delle risultanze dell'analisi di vulnerabilità sismica, condotte con livello di conoscenza LC2, ha restituito indici di vulnerabilità sismica non compatibili con le norme tecniche per le costruzioni, pertanto è stata presa in considerazione un'ipotesi progettuale di adeguamento sismico in classe d'uso III, così come specificata al par.2.4.2 delle NTC2018.

Nelle tavole grafiche allegate è riportata integralmente la struttura rilevata.

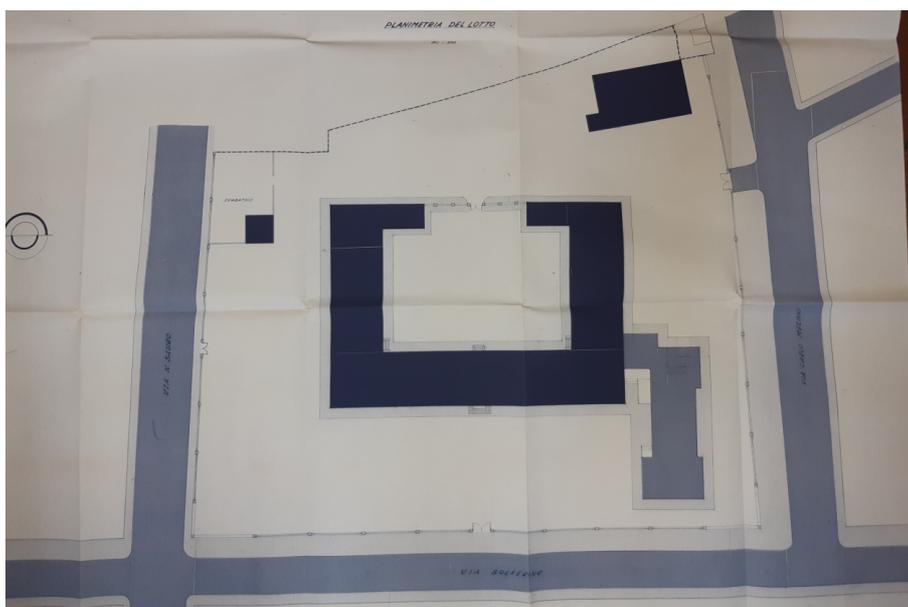


Foto n.1



COMUNE DI ORISTANO

"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA, CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001

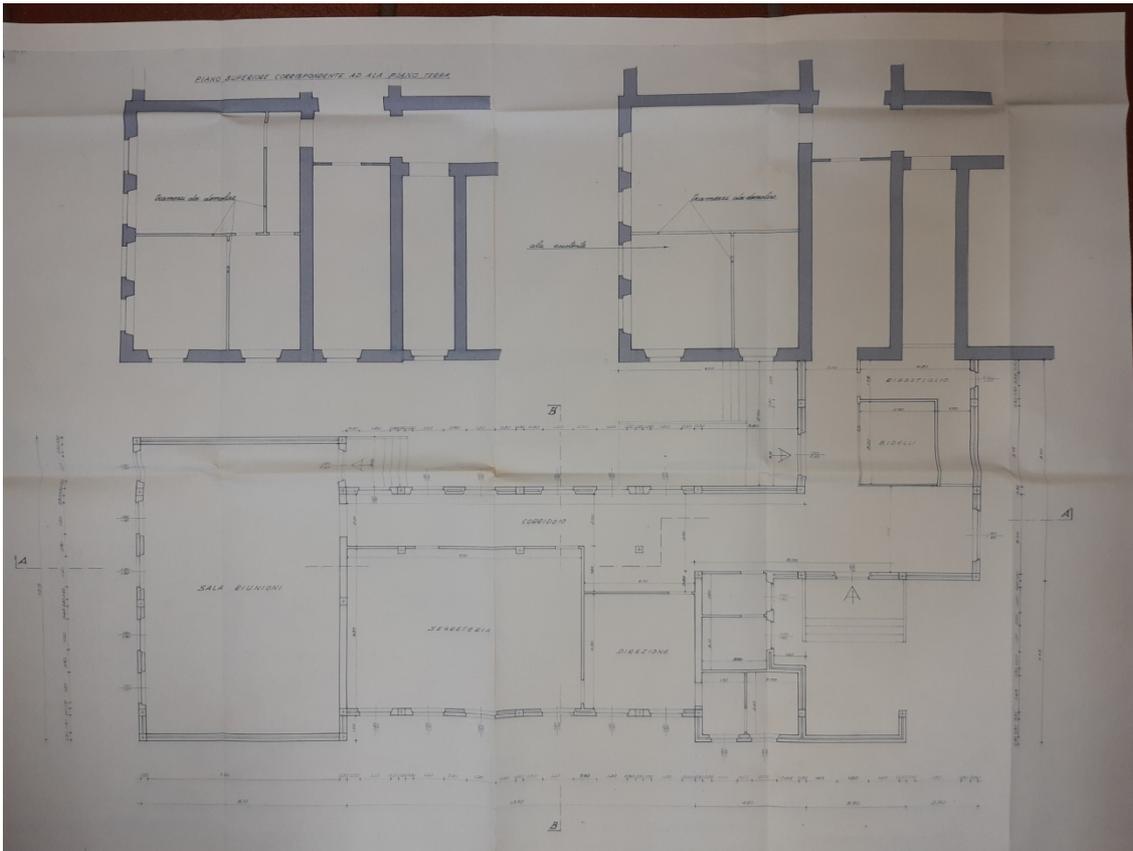


Foto n.2

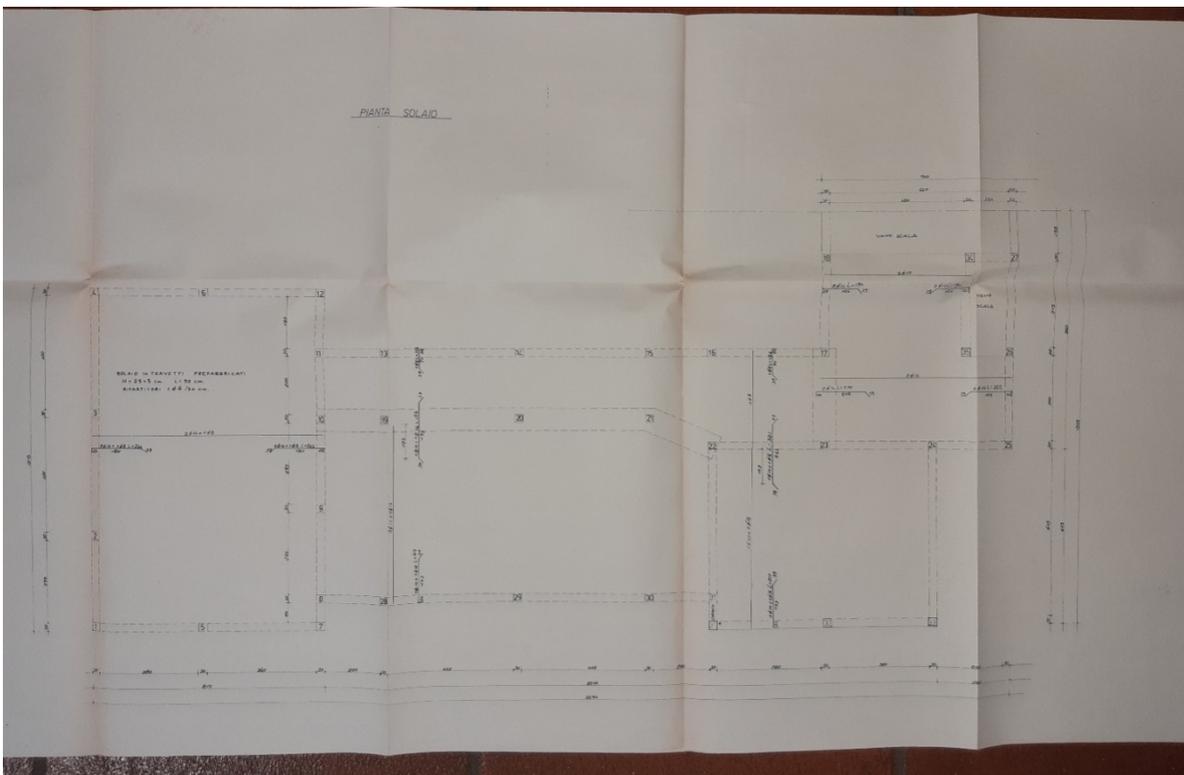


Foto n.3



COMUNE DI ORISTANO

"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA, CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001

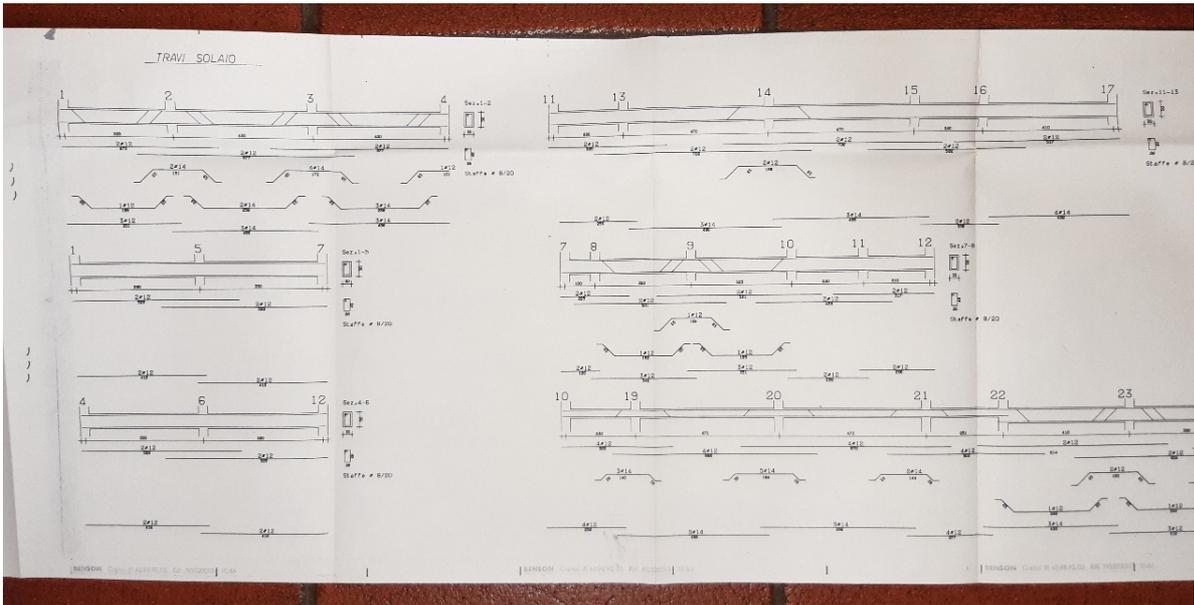


Foto n.4

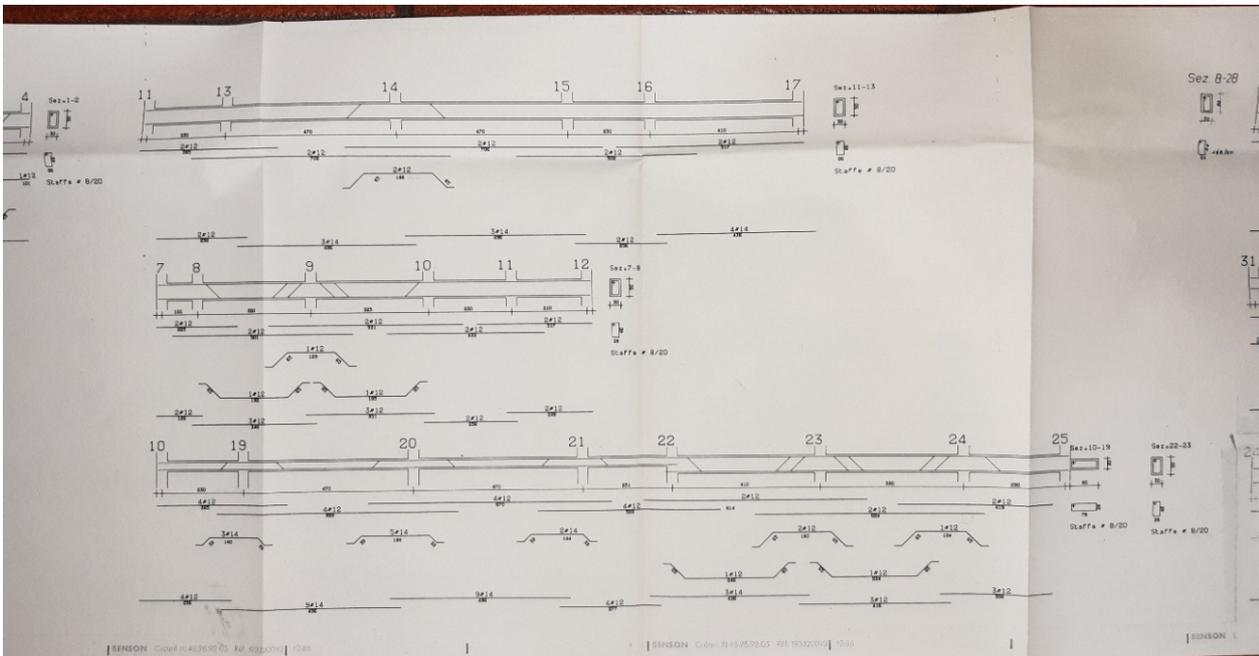


Foto n.5

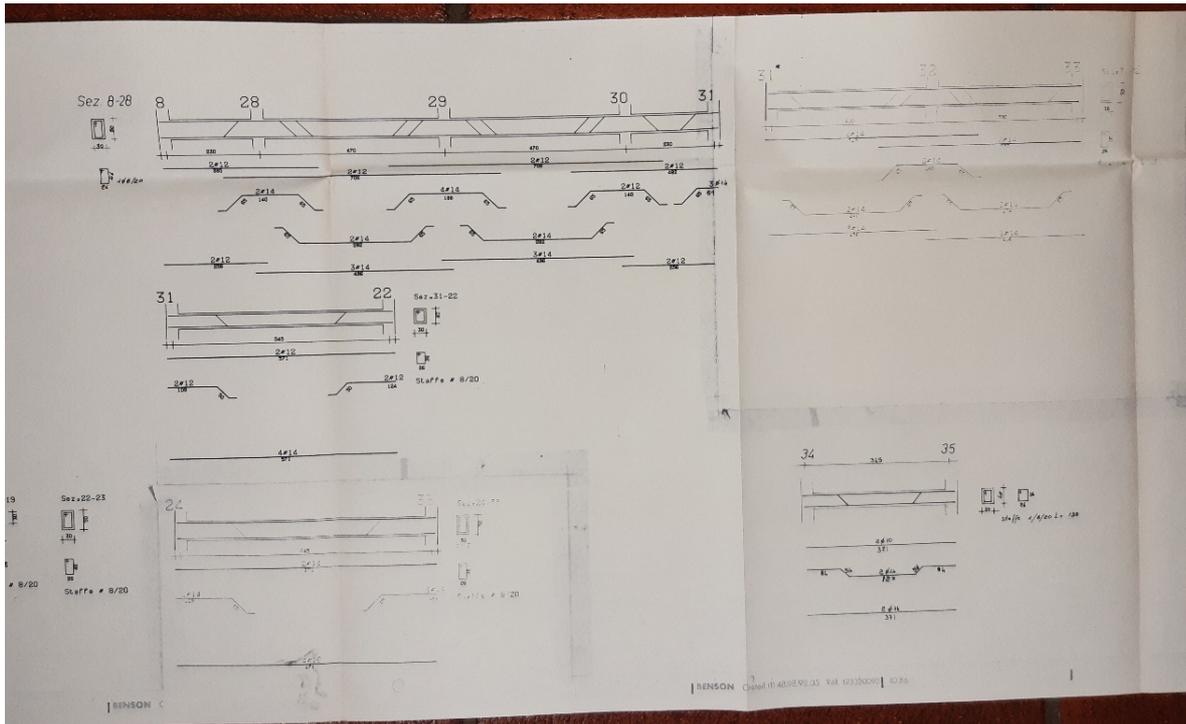


Foto n.6

## 2 Stato attuale

L'edificio oggetto della presente relazione è localizzato in via Solferino a Oristano, non molto distante dal centro storico della città. Il complesso scolastico interessato dal presente studio ospita attualmente la scuola Primaria.



Inquadramento territoriale (fuori scala)



L'oggetto dell'analisi riguarda solo una porzione dell'intero plesso scolastico in aderenza su distacco con giunto sismico rispetto ad un secondo edificio con ambienti comunicanti. Al manufatto originario (inizio anni 30) infatti, che presenta una struttura portante in muratura, è stato addossato un ampliamento, realizzato in epoca più recente (anni 80-90) e che presenta una struttura verticale composta da pilastri e travi in calcestruzzo armato.

Il presente progetto di adeguamento sismico è riferito alla sola porzione in ampliamento datata 1986 e non terrà dunque conto dell'interazione dell'adiacente porzione di fabbricato più recente in quanto ben giuntata.



UNITA' STRUTTURALE "NUOVA" OGGETTO DI INTERVENTO



UNITA' STRUTTURALE "VECCHIA" NON OGGETTO DI INTERVENTO





COMUNE DI ORISTANO

*"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA, CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001*

La struttura è stata realizzata con fondazioni del tipo continuo – superficiale – a travi rovesce del tipo a graticcio, con pilastri di dimensioni 30x30cm che si sviluppano per 3.50 m di e travi di dimensione 30x50 cm e 80x30 cm. Il solaio di copertura è monodirezionale, a struttura portante in latero-cemento, dello spessore totale di 30cm (25+5cm con travetti di base pari a 12 cm, interasse 48 cm), dotato di soletta collaborante superiore armata, quest'ultima di spessore 5cm. Questo tipo di solaio non è da considerarsi praticabile ma solo accessibile dall'esterno per eventuale manutenzione. Gli orizzontamenti possono quindi considerarsi rigidi.

Relativamente all'edificio oggetto di analisi, si riscontra la totale assenza di un quadro fessurativo, anche minimo e di segni di cedimenti fondativi; per questo motivo, non saranno prodotti gli elaborati specifici del rilievo grafico e fotografico dello stesso e non sarà indagato il sistema fondale dell'edificio in esame, svincolandoci così da eventuali verifiche geotecniche (in tal caso del tutto superflue), ai sensi del §8.3 delle NTC2018..

L'edificio in esame non presenta dei segni di degrado diffuso dovuto al deperimento del materiale strutturale, né tantomeno un quadro fessurativo documentabile.



Foto n.7



COMUNE DI ORISTANO

"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA, CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001



Foto n.8



Foto n.9



COMUNE DI ORISTANO

"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA, CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001



Foto n.10



Foto n.11



COMUNE DI ORISTANO

"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA, CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001



Foto n.12



Foto n.13



COMUNE DI ORISTANO

"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA, CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001



Foto n.14

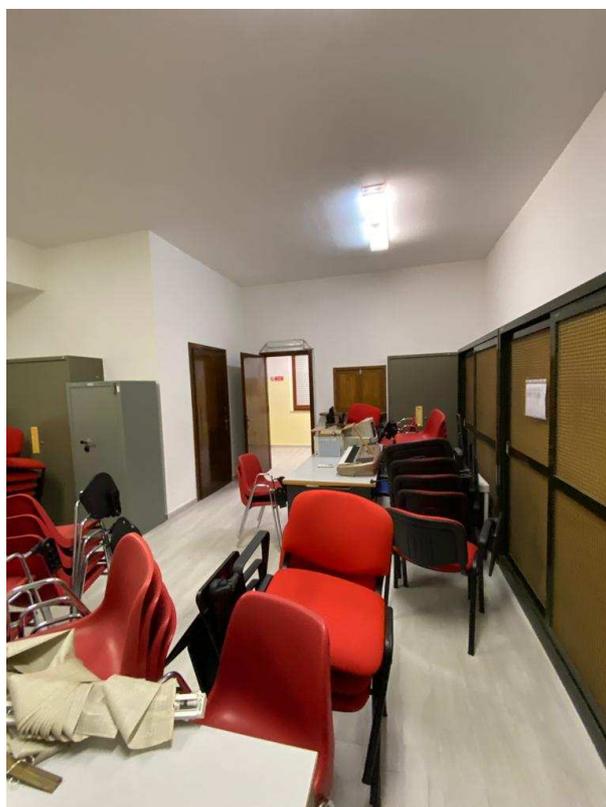


Foto n.15



COMUNE DI ORISTANO

"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA, CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001



Foto n.16



Foto n.17



### 3 Opere in progetto

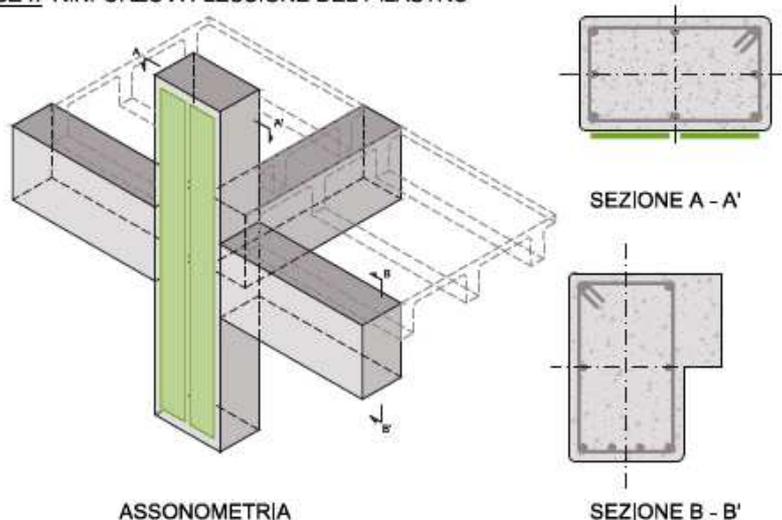
#### a. Adeguamento alla vigente normativa sismica

L'ipotesi progettuale per l'edificio in oggetto è quella dell'adeguamento sismico-strutturale nelle classe d'uso III delle Norme Tecniche per le Costruzioni, così come specificata al par.2.4.2 delle NTC2018. Alla luce dei numerosi studi condotti su edifici non dissimili da quello oggetto della presente relazione, vengono proposti di seguito gli interventi strutturali mirati all'eliminazione delle carenze più gravi del *fabbricato in oggetto*.

#### b. Ipotesi di intervento unica

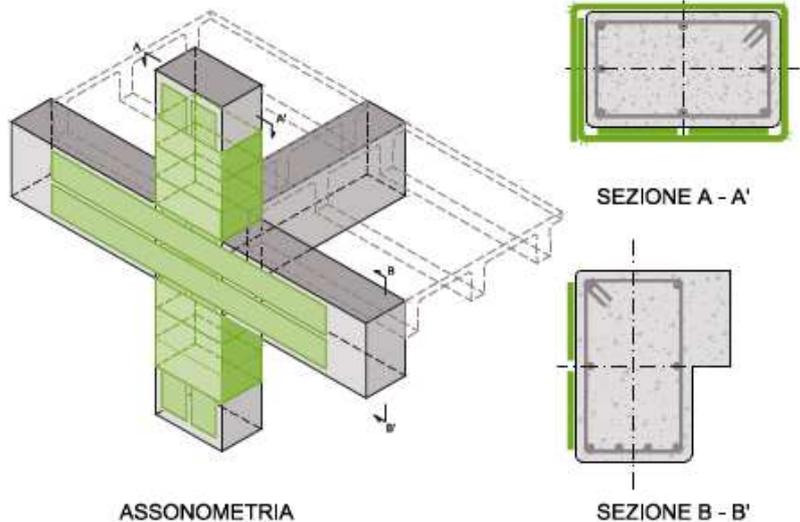
Si ipotizza, al fine di ottenere una condizione di adeguamento strutturale dei nodi travi-pilastro, di rinforzare sismicamente i nodi non confinati del corpo di fabbrica: sostanzialmente gli incroci nodali, esterni, che hanno i pilastri non confinati su tutte e quattro le facce da travi calate. Il rinforzo consisterà nell'applicazione di un tessuto quadriassiale bilanciato in fibra di carbonio e resina epossidica di incollaggio, al fine di rendere le relative verifiche di sicurezza non inferiori all'unità (situazione corrispondente a quella di un adeguamento sismico delle resistenze nodali).

#### FASE I: RINFORZO A FLESSIONE DEL PILASTRO

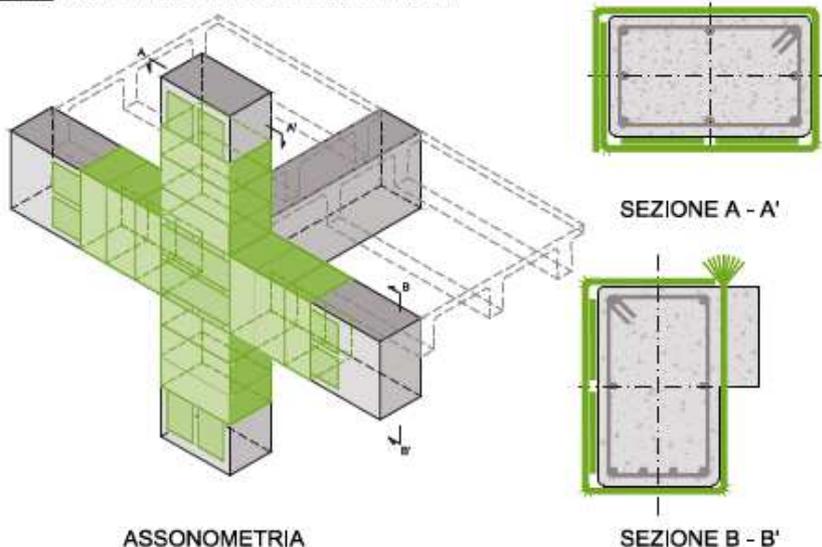




**FASE II: RINFORZO LONGITUDINALE DELLA TRAVE E CONFINAMENTO DEL PILASTRO**



**FASE III: RINFORZO A TAGLIO DELLA TRAVE**



Particolari adeguamento nodi travi-pilastro

Per tali tessuti quadriassiali dovrà essere garantito un corretto ancoraggio sul nodo stesso, ad esempio messo in atto mediante l'utilizzo di fiocchi di ancoraggio in FRP alle estremità dei tessuti. L'intervento sarà considerato efficace solo se alle estremità del rinforzo verranno disposti dei sistemi di ancoraggio che permetteranno al tessuto di lavorare pervenendo la frattura per trazione.

Si dovranno verificare le condizioni di sollecitazione diagonale, di compressione e di trazione, che si generano sul nodo non confinato a seguito dell'evento sismico. Il rinforzo è pensato efficace solo lungo la biella tesa. Nessun affidamento può porsi sull'FRP disposto lungo la biella compressa. Le espressioni da utilizzare per le verifiche



di sicurezza sono le seguenti (quella relativa alla resistenza a trazione della biella tesa è stata modificata per tener conto della presenza del tessuto):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{nt} = \left| \frac{N}{2A_g} - \sqrt{\left(\frac{N}{2A_g}\right)^2 + \left(\frac{V_n}{A_g}\right)^2} \right| \leq \max\{0.3\sqrt{f_c}; 0.004 \cdot E_f\} \text{ per la biella tesa} \\ \sigma_{nc} = \frac{N}{2A_g} + \sqrt{\left(\frac{N}{2A_g}\right)^2 + \left(\frac{V_n}{A_g}\right)^2} \leq 0.5f_c \text{ per la biella compressa} \end{array} \right.$$

Nelle formulazioni precedenti N indica l'azione assiale presente nel pilastro superiore,  $V_n$  indica il taglio agente totale sul nodo, considerando sia il taglio derivante dall'azione presente nel pilastro superiore, sia quello dovuto alla sollecitazione di trazione presente nell'armatura longitudinale superiore della trave,  $A_g$  indica la sezione orizzontale del nodo. La resistenza  $f_c$  del calcestruzzo è ottenuta come media delle prove eseguite in situ, divisa per il fattore di confidenza e per il coefficiente parziale,  $f_c = 8.04[\text{MPa}]$ , mentre per quanto riguarda il modulo di elasticità a trazione del composito, si assume  $E_f = 23000[\text{Mpa}]$  per il tessuto quadriassiale. Si ipotizza inoltre che le travi abbiano raggiunto le condizioni di snervamento in entrambe le armature.

Per le verifiche, verrà utilizzato al calcolo del rinforzo secondo la Modalità 1 esposta nella LG2009, che prevede l'utilizzo di due coefficienti riduttivi che penalizzano la resistenza,  $\alpha_{ff} = 0.9$ , e la rigidezza,  $\alpha_{fE} = 0.9$ , delle fibre. Nella tabella seguente vengono riassunti i principali parametri meccanici del rinforzo.

Caratteristiche tessuto composito	Valori adoperati nel calcolo
Modalità 1 con $\alpha_{ff} = \alpha_{fE}$	= 0.9
Coefficiente di conversione ambientale $\eta_a$	= 0.95
Modulo di elasticità nella direzione delle fibre $\alpha_{fE} \cdot E_f$	= $0.9 \cdot 190000[\text{MPa}]$ = 171000[MPa]
Resistenza caratteristica $\alpha_{ff} \cdot f_{fk}$	= $0.9 \cdot 3100[\text{MPa}] = 2790[\text{MPa}]$
Deformazione caratteristica a rottura $\epsilon_{fk}$	= $(2790/171000) = 0.0163$ = 1.63%
Spessore dello strato equivalente $t_{f,1}$	= 1.40[mm]

La frattura per trazione delle fibre del composito, dunque, si avrà quando la deformazione raggiunge il valore limite seguente:

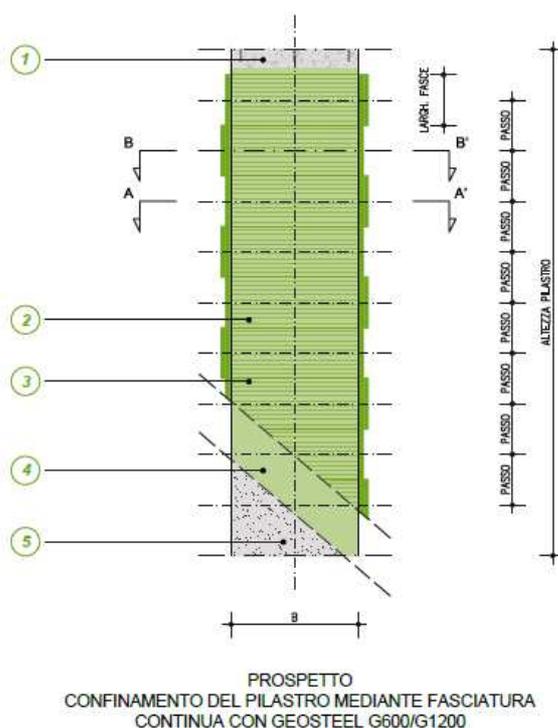


$$\varepsilon_{fd} = \eta_a \cdot \frac{\varepsilon_{fk}}{\gamma_f} = 0.95 \cdot \frac{0.0163}{1.1} = 0.014 = 1.40\%$$

La tensione di rottura del composito (il cui legame costitutivo è considerato elastico lineare fino a rottura) ottenibile moltiplicando il valore di progetto della deformazione a rottura per il modulo di elasticità delle fibre risulta essere:

$$\alpha_{FE} \cdot E_f \cdot \varepsilon_{fd} = 171000 \cdot 0.0140 = 2394[\text{MPa}]$$

Per completare l'intervento si prevederà altresì di rinforzare a taglio tutti i pilastri centrali del corpo di fabbrica, con tessuti unidirezionali in fibra di carbonio incollati con resina trasversalmente, in maniera continua ed a completo avvolgimento, per tutta l'altezza dei pilastri stessi.



Particolare rinforzo a taglio Pilastri

#### 4 Recapito del materiale in esubero

Il materiale da demolizione in esubero, rifiuti rimossi saranno conferiti a discarica controllata.



COMUNE DI ORISTANO

"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA, CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED EFFICIENTAMENTO NELLA SCUOLA PRIMARIA DI VIA SOLFERINO"- CUP H14I19000160001

## 5 Disponibilità delle aree

Tutte le zone facenti parte del progetto sono tutte di proprietà comunale. Questo comporta che, le aree relative ai lavori, sono di proprietà dell'Amministrazione Comunale.

## 6 Interferenze

Dall'analisi dello stato di fatto, la natura degli interventi previsti e le tipologie di lavorazioni adottate non determineranno problemi di interferenze con i sottoservizi esistenti.

## 7 Durata dei lavori

Per la realizzazione degli interventi previsti in progetto, si prevede una durata complessiva dei lavori di circa 70 giorni naturali consecutivi.

## 8 Quadro economico dell'intervento in progetto

<b>COMUNE DI ORISTANO</b>		
<b>"INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA, CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEI SOLAI ED EFFICIENTAMENTO SCUOLA VIA SOLFERINO"</b>		
<b>QUADRO ECONOMICO</b>		
	<b>DESCRIZIONE</b>	<b>IMPORTO €</b>
A	Importo lavori a misura	141 036,39 €
B	Oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso d'asta	8 963,61 €
<b>Sommano A+B</b>		<b>150 000,00 €</b>
C	<b>SOMME A DISPOSIZIONE</b>	
C.1	IVA lavori (22% A+B)	33 000,00 €
C.2	Incentivo art. 113 D.Lgs 50/2016 (2% A+B)	3 000,00 €
C.3	Spese tecniche per D.L. - C.S.E. (inclusa Cassa 4% e IVA 22 %)	19 107,77 €
C.4	Contributo ANAC	225,00 €
C.5	Fondo accordi bonari (art. 205, D.Lgs 50/2016)	4 500,00 €
C.6	Imprevisti	5 167,23 €
<b>Sommano C.1+C.2+C.3+C.4+C.5+C.6</b>		<b>65 000,00 €</b>
<b>TOTALE</b>		<b>215 000,00 €</b>

**IL PROGETTISTA**

Dott. Ing. Stefano Lochi