

**Studio Ing. Ivan Grazini**

Via Monte Rosso, 5  
01100 VITERBO

tel: 0761 – 326207

cell. 329-6377022

Email: ivangrazini@alice.it



**COMUNE DI  
BARBARANO ROMANO**



**PROVINCIA DI VITERBO**

**Committente:**

**Parco Naturale Regionale Marturanum**

**Comune di Barbarano Romano**

**Progetto:**

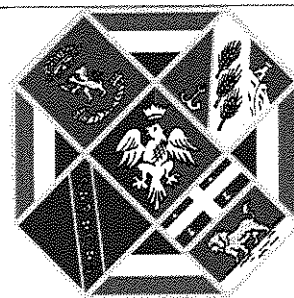
**POR FERS LAZIO 2007-2013**

**Attività II.4 Valorizzazione delle strutture di fruizione delle aree protette**

**Civiltà etrusca nel territorio di Barbarano**

**(CUP G7710800030002)**

**MIGLIORAMENTO SISMICO CHIESA DI SAN GIULIANO**



**RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA**



## INDICE

<b>1. RELAZIONE TECNICO INTRODUTTIVA .....</b>	<b>5</b>
1.1. Descrizione generale delle opere .....	5
1.2. Caratteristiche delle costruzioni.....	6
1.2.1. Localizzazione .....	6
1.2.2. Destinazione, tipologia e dimensioni principali .....	8
1.2.3. Tipologia e scopo degli interventi previsti .....	10
1.2.3. Interferenze con il territorio circostante .....	15
1.2.4. Interferenze con le costruzioni esistenti .....	15
<b>2. MATERIALI STRUTTURALI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>16</b>
2.1. Concetti generali .....	16
2.2. Calcestruzzi.....	17
2.2.1. Calcestruzzo per magro natura .....	17
2.2.2. Calcestruzzo per fondazioni .....	17
2.2.3. Calcestruzzo per l'elevazione .....	18
2.3 Acciaio .....	19
2.3.1 Acciaio per cemento armato .....	19
2.3.2 Acciaio in profilati a caldo .....	19
2.3.3. Bulloneria .....	20
2.3.4 Saldature .....	20
2.4 Muratura .....	21
<b>3. CONCEZIONE STRUTTURALE .....</b>	<b>24</b>
3.1. Criteri utilizzati .....	24
<b>4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>26</b>
4.1. Codici utilizzati.....	26
<b>5. UNITA' DI MISURA E SIMBOLOGIA .....</b>	<b>27</b>
5.1 Unità di misura utilizzate.....	27
<b>6. DOCUMENTI E TESTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>28</b>
6.1 Bibliografia .....	28
<b>7. MISURA DELLA SICUREZZA .....</b>	<b>29</b>
7.1. Criteri di calcolo .....	29
7.1.1. Coefficienti parziali dei carichi (D.M. 14/01/2008) .....	29

7.1.2. Coefficienti parziali dei materiali .....	29
7.1.3. Coefficienti di combinazione dei carichi permanenti, variabili.....	29
8.2.1. Il modello della struttura per il 1° blocco .....	31
<b>9. AZIONI E VERIFICHE.....</b>	<b>33</b>
9.1. Permanenti e variabili di lunga durata .....	33
9.1.1. Peso proprio delle strutture principali.....	33
9.1.2. Carichi permanenti e variabili agenti sulle coperture .....	33
9.1.3. Forze indotte dalla pressione del terreno .....	34
9.1.4. Forze indotte dalla pressione dell'acqua .....	34
9.1.5. Spostamenti e deformazioni imposti .....	34
9.1.6. Ritiro e viscosità .....	34
9.2. Azioni variabili di breve durata .....	35
9.2.1. Carichi di esercizio .....	35
9.2.2. Azione della neve .....	36
9.2.3. Azione del vento .....	39
9.2.4. Azioni Accidentali .....	43
9.2.5. Ripartizione dei carichi unitari dei solai .....	43
9.3. Azione da sisma.....	44
9.3.1. Sistema di masse corrispondenti alle azioni sismiche .....	44
9.3.2. Localizzazione geografica .....	44
9.3.3. Categoria del sottosuolo .....	44
9.3.4. Categoria topografica.....	44
9.3.5. Classe di duttilità .....	44
9.3.6. Regolarità della struttura.....	45
9.3.7. Analisi spettrale .....	45
9.3.8. Azione sismica di calcolo .....	45
9.4. Combinazione delle azioni .....	53
9.4.1. Combinazioni allo stato limite ultimo .....	53
9.4.2. Combinazioni allo stato limite per condizione eccezionale sismiche .....	53
9.4.3. Combinazioni per lo stato limite ultimo .....	54
9.4.4. Combinazione per lo stato limite di danno .....	54
9.4.5. Stato limite di esercizio .....	54
9.4.6. Le combinazioni di carico .....	55
9.4.7. Origine e caratteristiche dei codici di calcolo .....	57
9.5. Presentazione dei risultati delle analisi.....	58

---

9.5.1. Diagrammi delle sollecitazioni .....	58
9.5.2. Risultati dell'analisi modale .....	62
9.6 Conclusioni .....	64

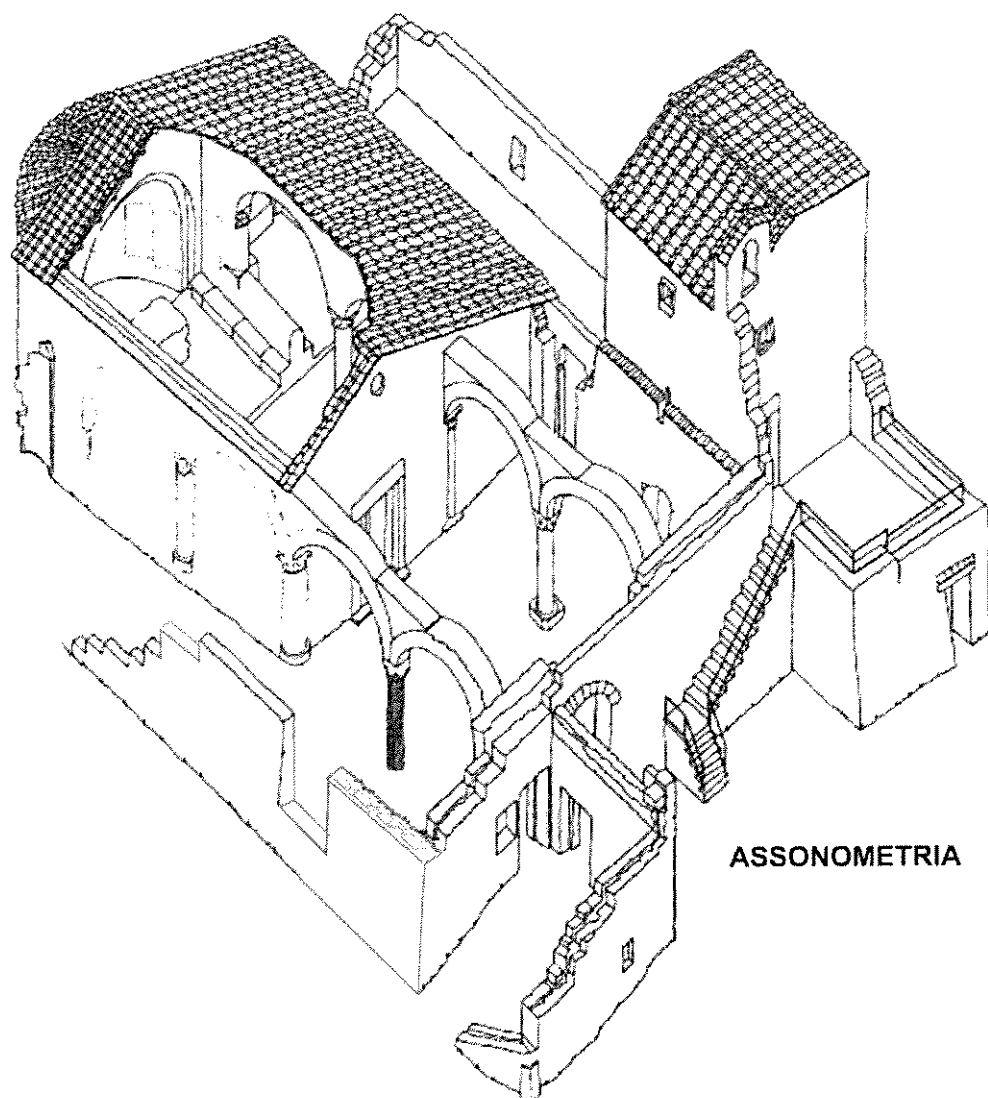


## 1. RELAZIONE TECNICO INTRODUTTIVA

### 1.1. Descrizione generale delle opere

Il presente progetto riguarda il miglioramento sismico della Chiesa di S.Giuliano, sita all'interno del Parco Naturale Regionale Marturanum, nel territorio del Comune di Barbarano Romano, Provincia di Viterbo, Regione Lazio.

Per la struttura della Chiesa, di cui oggi ne rimane una parte, dopo un probabile incendio avvenuto nel XV secolo, si provvederà ad un intervento di miglioramento secondo quanto prescritto dalle NTC 2008 (D.M. 14/01/2008, par. 8.4.2). Per completezza si riporta un'immagine rappresentativa del manufatto su cui si andrà ad intervenire.



*Assonometria della Chiesa di S. Giuliano*

## 1.2. Caratteristiche delle costruzioni

### 1.2.1. Localizzazione

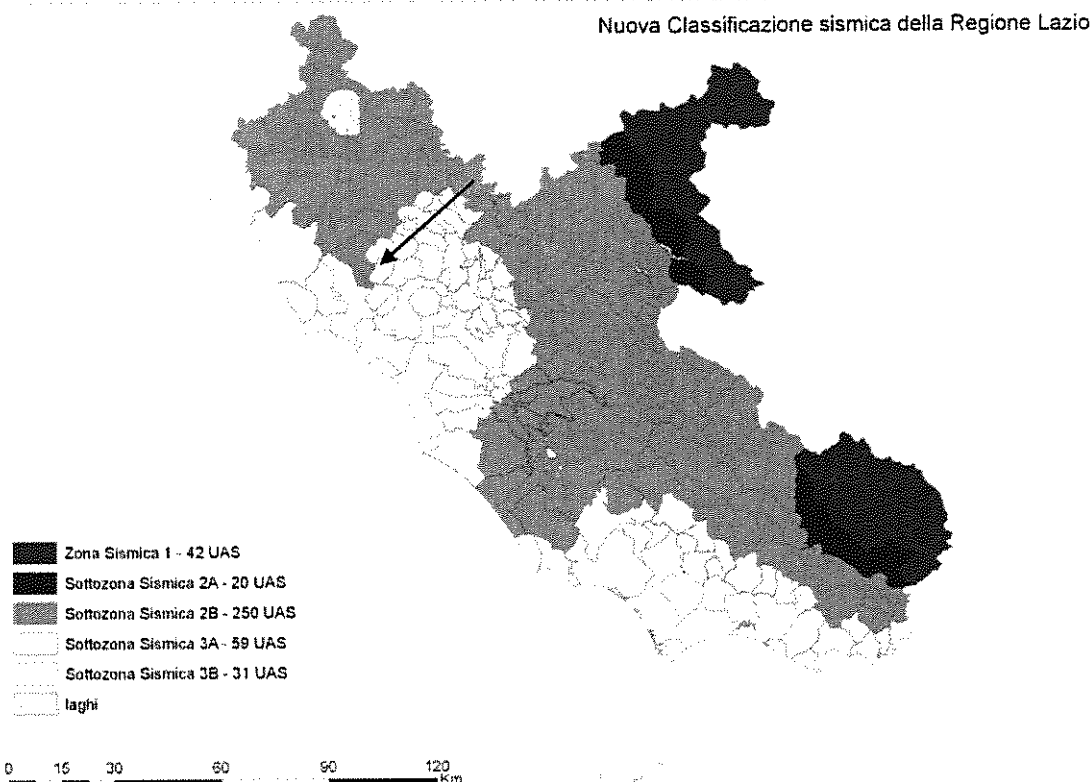
LA Chiesa di San Giuliano si trova all'interno del Parco Marturanum nel Comune di Barbarano Romano, Provincia di Viterbo, Regione Lazio; ed ha le seguenti coordinate geografiche, per quanto riguarda la localizzazione precisa del sito di intervento, 42° 15' 35,70" Latitudine Nord e 12° 04' 26,94" Longitudine Est, ad una altitudine sul livello del mare di circa 333 m e ad una distanza dalla costa di circa 30 Km. Sotto si riporta l'immagine satellitare in cui si evidenzia la reale posizione.



*Immagine satellitare del sito*

Il comune di Barbarano Romano è in “ZONA 3A” secondo l’OPCM 3274 e successive modifiche, come evidenziato nella Carta della Classificazione Sismica (Delibera di Giunta Regionale Lazio n.387 del 22.05.2009), sotto riportata.





### *Nuova classificazione sismica della Regione Lazio*

Dal punto di vista tettonico l'area non sembra essere particolarmente attiva, ma sono segnalate in cartografia, alcune faglie di lunghezza discreta, allineate in direzione appenninica (nord ovest – sud est) ed in direzione nord – sud, alle quali non corrisponde, attualmente, un'attività dinamica e sismica degna di nota. In generale, le aree esaminate possono, quindi, risentire soltanto delle zone sismogenetiche relativamente vicine, come il territorio umbro e sabino. Infatti oltre ad un rischio sismico accertato se pur non molto elevato, ma non trascurabile per la zona di Viterbo e per la Regione Lazio, a fronte di una sismicità registrata dalle reti sismiche nazionali, caratterizzata da scosse frequenti ma di bassa intensità, si ha una vulnerabilità degli edifici esistenti ed un valore esposto (densità di popolazione, patrimonio storico-monumentale, ecc.) molto elevati. Dati di pericolosità sismica prodotti da INGV (MPS04 e successive integrazioni prodotte nell'ambito del progetto INGV-DPC S1, disponibili sui siti web <http://zonesismiche.mi.ingv.it/> e <http://esse1.mi.ingv.it/>) riportate nell'Ordinanza PCM 3519/06 e successive integrazioni, aventi per oggetto i “Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento della medesime zone”.

### 1.2.2. Destinazione, tipologia e dimensioni principali

La Chiesa di San Giuliano si trova su un'alta rupe tufacea isolata da tre corsi d'acqua la cosiddetta rocca (l'antica acropoli).

L'impianto originario della chiesa di San Giuliano era a pianta basilicale con tre navate, terminanti con altrettanti absidi con quattro campate di sviluppo longitudinale; l'edificio fu modificato nel XV secolo in seguito a crolli o distruzioni ed oggi si presenta ridotto a due sole navate a seguito di un crollo in quanto quella di sinistra, è stata tamponata inglobando le colonne per trasformarla in un corridoio di accesso, mentre lo spazio di due campate verso l'ingresso è andato a costituire un atrio; anche la parete frontale appare ricostruita circa a metà della lunghezza, lasciando all'esterno alcune colonne.

Il campanile doveva essere presente fin dalla prima fase ed attualmente si presenta sopraelevato rispetto a quello originario. Il muro posto lungo il lato meridionale della chiesa sembra rivestire una funzione difensiva, mentre l'ambiente ricavato nell'angolo nord-occidentale, la cui muratura è realizzata con materiali di risulta di edifici più antichi, sembra essere stato realizzato successivamente per scopi abitativi: dei saggi di scavo condotti nel suo pavimento hanno rilevato un successivo utilizzo funerario.

E' possibile che l'edificio medioevale sia stato edificato sulle fondamenta di precedenti luoghi di culto: la base delle colonne di sinistra della navata centrale è infatti costituita da blocchi squadrati di tufo dalle dimensioni tipicamente etrusche, assai più bassi del livello delle fondazioni medievali.

L'impianto architettonico oggi visibile della chiesa è riconducibile all'epoca romanica, forse nell'ambito del XII secolo. Interessante l'impiego di vari elementi di riutilizzo, fenomeno tipico del Medioevo, come una colonna di marmo bianco rostrata, d'epoca romana e un elemento di macina utilizzato come base della colonna immediatamente vicina ad essa. Accanto alla chiesa, nell'angolo meridionale, è stata realizzata una casa – torre costituita da due ambienti collegati da una scaletta in legno, con camino e cisterna, sopra la quale è stato edificato un campanile a vela con conci di recupero della fase romanica che, prima dei furti degli anni '60, aveva una graziosa campana in bronzo.

La Chiesa di S. Giuliano si presenta oggi con evidenti problemi statici.

In particolare nell'ormai portico antistante (originariamente parte della navata della chiesa) le colonne manifestano lesioni preoccupanti che inducono a valutare interventi di consolidamento non

solo inerenti le colonne stesse, con iniezioni e tirantini antiespulsivi, ma anche a valutare la necessità di un collegamento trasversale tra le arcate, al fine di migliorare la reazione ad un lieve evento sismico.

Il corpo di fabbrica della Chiesa necessita di diffusi interventi di rigenerazione della muratura, la quale essendo stata realizzata, secondo le tecniche del periodo, con muratura a sacco, presenta una evidente disgregazione e deterioramento del conglomerato interno tra le due fodere di muratura.

Inoltre si ritiene di dover intervenire sui cantonali con operazioni di cucitura, differenziandoli opportunamente sul versante lato absidale si ritiene opportuno intervenire con sistemi di scuci-e-cuci recuperando le pietre di cantonale esistenti e integrandole, considerata la loro originalità. Sul versante opposto lato facciata, trattandosi di un intervento successivo alla costruzione originaria della Chiesa si ritiene di poter intervenire con iniezioni di malta e tiranti in acciaio, lasciando evidente l'accostamento di due differenti tipologie costruttive, realizzate in epoche successive.

La Chiesa conserva ancor, seppur in evidenti condizioni di degrado, parte degli affreschi nella zona absidale. Dove tra l'altro si leggono le varie sovrapposizioni di fasi affrescali. Negli interventi di rigenerazione della muratura particolare attenzione andrà perciò posta proprio in questa zona dell'immobile, dove gli interventi, per altro concordati con la Soprintendenza del patrimonio storico artistico ed etno-antropologico, saranno specifici e mirati al fine di non danneggiare gli intonaci affrescati.

Sulla rimanente parte intonacata interna della Chiesa, dove non sono presenti affreschi si procederà all'eventuale necessario preconsolidamento, pulizia della parete e piccoli interventi di integrazione delle lacune, con un intonaco tradizionale realizzato con tono di colore più basso rispetto all'esistente e leggermente sottosquadro.

Inoltre su tutta la struttura della Chiesa si prevedere la revisione della copertura, prevedendo lo smontaggio di quella esistente, la cernita e l'accatastamento in cantiere del materiale recuperabile, la realizzazione di una camicia di malta, dello spessore di 3 cm, su cui posare l'impermeabilizzazione e il successivo ricollocamento delle tegole. Verranno inoltre posti in opera gronde e i canali nuovi in rame.

### 1.2.3. Tipologia e scopo degli interventi previsti

La progettazione proposta è chiaramente ispirata a:

- la messa in sicurezza del manufatto e delle aree di pertinenza;
- la conservazione materica delle preesistenze;

Allo stato attuale la chiesa di S. Giuliano necessita di lavori di restauro e di consolidamento statico delle strutture portanti verticali e di quelle di copertura, nonché ci si propone l'obiettivo di raggiungere un miglior comportamento nei riguardi delle azioni orizzontali (vento e sisma).

Nello specifico la strategia di intervento si articolerà attraverso: l'individuazione delle cause che hanno portato all'attuale stato di degrado; la mappatura delle patologie di degrado; le soluzioni tecniche capaci di arrestare la progressione del degrado; la previsione di specifiche tecnologie di intervento capaci di interrompere il perdurare dei pericoli di crollo.

In particolare con l'intervento proposto si intende far fronte alle seguenti esigenze:

- messa in sicurezza la Chiesa di San Giuliano con interventi di consolidamento e restauro conservativo, al fine di porre rimedio all'attuale degrado;

I criteri che si sono applicati nello studio e nella redazione del progetto di restauro sono chiaramente quelli riconducibili al Restauro Critico:

- *minimo intervento*
- *omogeneità*
- *distinguibilità*
- laddove possibile *reversibilità*

In sintesi gli interventi da realizzare sulla Chiesa possono essere così riassunti (come specificato nelle tavole del progetto strutturale):

Intervento 1b - decespugliamento area di intervento ed asportazione infestanti parietali, da eseguirsi a mano o con strumenti leggeri, senza arrecare danno alle murature, agli intonaci ed alle riscagliature ancora recuperabili, compreso l'estirpamento interno alle murature ed idoneo trattamento atto ad evitarne la ricrescita.

Intervento 2b e 3b - chiusura cavità presenti su lato nord e sud, regolarizzazione sezioni cavità, apposizione opere di puntellazione e sbatacchiature, realizzazione cordolatura in calcestruzzo armato, muratura di sottofondazione ed ampliamento fondale in blocchetti di tufo, sino alla completa chiusura delle aperture presenti, disponendo, per quella posta sul lato nord, nella parte

sommitale ed all'interno della stessa, in modo non visibile, architrave in acciaio per consentire una eventuale riapertura del passaggio senza causare interferenze con la sovrastante struttura. Definitivo riporto, con idoneo materiale, per la completa chiusura delle cavità fino alla quota di campagna.

Intervento 4b/1 – Consolidamento cantonale Sud-Est per ristabilire idoneo collegamento tra murature contigue tramite ammorsatura dei conci con tecnica di scuci e cucì con idoneo materiale lapideo di recupero, o altrimenti reperito, ma con caratteristiche analoghe all'esistente, realizzata con la stessa tecnica di lavorazione, legata con malta di calce idraulica e pozzolana.

Intervento 4b/2 – Consolidamento cantonale Sud-Ovest mediante cuciture armate localizzate tra le murature d'angolo disposte in perfori a distanze ed inclinazioni prestabiliti in successione dall'alto verso il basso, con utilizzo di barre ad aderenza migliorata in acciaio zincato o inox ed iniezioni di idonea miscela di ancoraggio.

Intervento 5b – Reintegro del paramento murario in pietra, di pezzatura e conformazione idonea per consentire l'occlusione di cavità per esigenze di natura statica o ricompositiva, tramite il riutilizzo degli elementi di crollo precedentemente recuperati e classificati, o con altro materiale altrimenti reperito ma con caratteristiche analoghe all'esistente. La posa sarà eseguita con tecnologia costruttiva, tessitura e materiali analoghi a quelli esistenti ma con un arretramento dei fili del nuovo paramento di circa 5 cm- rispetto a quelli già in opera, per denunciare l'intervento eseguito.

Intervento 6b – Consolidamento di strutture murarie a sacco, caotiche e incoerenti con perforazioni ed iniezioni di miscele di materiali in sospensione, da eseguirsi previa pulizia e messa a vivo dei conci scarnitura profonda dei giunti ove necessario, esecuzione di un reticolo nel paramento, costituito da un numero adeguato di fori per iniezioni, mediamente n. 4 per ogni metro quadrato, utilizzando le cavità presenti nei giunti o praticando con trapano elettrico a sola rotazione, perforazione di diametro 20 mm., fissaggio dei boccagli con idonea malta o legante puro, stuccatura e sigillatura dei giunti del paramento già interessati dalla scarnitura; colatura di acqua al fine di inumidire le cavità, iniezioni a bassa pressione di miscele di materiali in sospensione con pompe manuali asportazione di boccagli di iniezione e della malta di fissaggio e sigillatura e stuccatura dei fori con idonea malta e terre colorate.

Intervento 7b – Restauro conservativo di superfici intonacate ed affrescate mediante ristabilimento della pellicola pittorica con applicazione di resina acrilica; ristabilimento dell'adesione tra supporto murario e intonaco mediante di malta idraulica o malta pozzolanica, o malta premiscelata per affreschi compresa puntellatura provvisoria; spolveratura e rimozione a secco di depositi incoerenti; Disinfezione e/o disinfestazione con applicazione di biocidi; pulitura dell'intonaco originario distaccato dal supporto, e rimozione di depositi superficiali coerenti mediante tensioattivi o soluzioni a sali inorganici e/o miscele di solventi organici, resine a scambio ionico o enzimi e rifinitura meccanica finale; saggi stratigrafici; rimozione di scialbi, incrostazioni, ridipinture, strati aderenti alla pellicola pittorica, mediante bisturi previa applicazione di impacchi di soluzione satura di carbonato d'ammonio e resine a scambio ionico; Rimozione meccanica di stuccature di precedenti interventi su grandi lacune, consolidamento bordi, stuccatura di crepe e cadute intonaco; reintegrazione pittorica sottotono e/o mimetica di piccole lacune ed abrasioni con colori ad acquerello, ripristino della continuità cromatica, strati coprenti e successiva velatura; ricostruzione ad acquerello con tecnica a tratteggio di grandi parti mancanti; ripristino della continuità cromatica dello strato di finitura con scialbi coprenti a base di calce e pigmenti minerali e successiva velatura.

Intervento 8b – Protezione della muratura di coronamento superiore delle murature parzialmente crollate, da eseguirsi mediante applicazione, negli interstizi dei conci, di malte di calce e pietrisco avente granulometria e colore idonei, fino ad ottenere consistenza e aspetto in tutto simile a quello già esistente; al fine di regolarizzare la superficie superiore del muro e di impedire il ristagno di acqua meteorica e consentire il regolare deflusso all'esterno del muro.

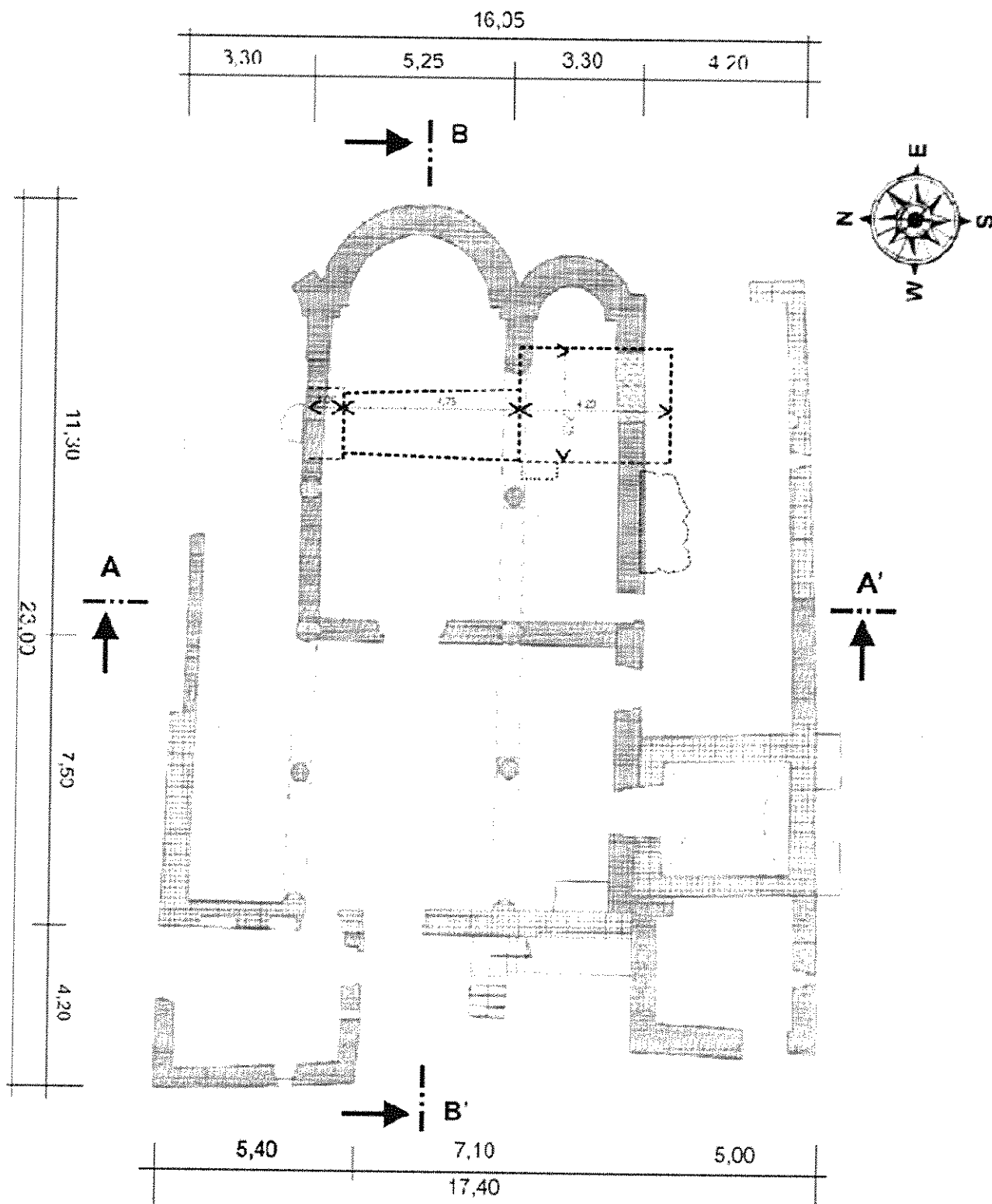
Intervento 9b – Risanamento copertura, tramite completa asportazione del manto, revisione linea di gronda, realizzazione spianata di malta fine di calce e pozzolana armata con rete fibra sintetica, primer di adesione a base di bitume ossidato, posa di membrana ardesiata impermeabilizzata bitume polimero elastoplastomerica a base di bitume distillato, plastomeri ed elastomeri, armata con "non tessuto" di poliestere puro a filo continuo. Ricollocazione in opera dell'originario manto di copertura debitamente integrato degli elementi non più recuperabili. Integrazione di canali e pluviali in rame.

Intervento 10b – collegamento strutturale delle colonne sull'esterno mediante inserimento di travatura metallica, idoneamente ancorata alla struttura muraria, previa integrazione e consolidamento della stessa.

Intervento 11b - Consolidamento di arcate mediante risarciture delle connessioni dei conci, riprese di murature e cuciture armate, a distanza ed inclinazione prestabilita, con barre di acciaio ad aderenza migliorata in preforo ed iniezioni di idonea miscela di ancoraggio (tirantini antiespulsivi)

Intervento 12b- Ricarico della muratura alle reni e alla volta delle arcate esterne; tale nuova muratura, realizzata con un leggero sottosquadro per denunciare l'intervento eseguito, ha lo scopo di aumentare il carico e quindi la stabilità degli archi e per permettere un corretto inserimento del profilo metallico (intervento 10 b) che unendo i due ordini di archi in sommità ne costituisce un sistema resistente unico. La nuova muratura sarà solidarizzata a quella esistente tramite delle chiodature verticali (vedere tavola strutturale S2).

Per maggiore chiarezza si riporta nella pagina successiva la planimetria della Chiesa di San Giuliano.



*Planimetria della Chiesa di S. Giuliano*



### 1.2.3. Interferenze con il territorio circostante

Pur avendo debitamente studiato il problema non sono state riscontrate interferenze significative col territorio circostante. Non si riscontra la presenza di elementi naturali che possano interferire con l'ordinaria funzione della struttura.

### 1.2.4. Interferenze con le costruzioni esistenti

Nell'opera oggetto della presente relazione non si riscontrano particolari interferenze con le costruzioni esistenti che sorgono nelle adiacenze, per la loro totale assenza. Si riporta di seguito una vista aerea dell'area di pertinenza delle costruzioni oggetto della seguente relazione, da cui si può osservare quanto affermato.



*Immagine satellitare del sito in esame*

## **2. MATERIALI STRUTTURALI DI RIFERIMENTO**

### **2.1. Concetti generali**

Nel presente capitolo sono riportati i materiali strutturali utilizzati per la struttura in esame.

L'unità di misura utilizzata nella definizione delle resistenze dei materiali è il  $\text{Mpa} = \text{N/mm}^2$ .

## 2.2. Calcestruzzi

I calcestruzzi utilizzati per la struttura oggetto della presente relazione sono i seguenti.

### 2.2.1. Calcestruzzo per magro natura

#### Calcestruzzo classe C16/20

##### CARATTERISTICHE MECCANICHE

$R_{ck}=20 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica cubica a compressione
$f_{ck}= 12 \text{ N/mm}^2$	Res. Caratt. Cilindrica a compressione
$f_{cm}= 12+8= 20 \text{ N/mm}^2$	Res. Cilindrica media a compressione
$f_{ctm}= 0.3*f_{ck}^{2/3}= 1.57 \text{ N/mm}^2$	Res. media a trazione semplice
$f_{ctk}= 1.2*f_{ctm}= 1.89 \text{ N/mm}^2$	Res. Media a trazione per flessione
$\rho_c= 2400 \text{ kg/m}^3$ densità	
$E_{cm}=22000*[f_{cm}/10]^{2/3}= 22657 \text{ N/mm}^2$	Modulo elastico istantaneo

### 2.2.2. Calcestruzzo per fondazioni

#### Calcestruzzo classe C25/30

350 kg di cemento Portland 425 ;

rapporto a/c=0.5,;

Additivo fluidificante acrilico in rapporto 4 litri

Inerti: Peso totale 1750 kg/mc di cui 40% ghiaia ( $30 < \phi < 15 \text{ mm}$ ), 30% ghiaietto ( $15 < \phi < 5 \text{ mm}$ ), 30% ( $\phi < 5 \text{ mm}$ )

Lavorabilità grado SA3 – SA4

Classe di esposizione XC2

##### CARATTERISTICHE MECCANICHE

$R_{ck}=30 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica cubica a compressione
$f_{ck}= 25 \text{ N/mm}^2$	Res. Caratt. Cilindrica a compressione
$f_{cm}= 25+8= 33 \text{ N/mm}^2$	Res. Cilindrica media a compressione
$f_{ctm}= 0.3*f_{ck}^{2/3}= 2.56 \text{ N/mm}^2$	Res. media a trazione semplice
$f_{ctk}= 1.2*f_{ctm}= 3.08 \text{ N/mm}^2$	Res. Media a trazione per flessione
$\rho_c= 2500 \text{ kg/m}^3$ densità	
$E_{cm}=22000*[f_{cm}/10]^{2/3}= 29962 \text{ N/mm}^2$	Modulo elastico istantaneo

### 2.2.3. Calcestruzzo per l'elevazione

#### Calcestruzzo classe C25/30

350 kg di cemento Portland 425 ;

rapporto a/c=0.5,;

Additivo fluidificante acrilico in rapporto 4 litri

Inerti: Peso totale 1750 kg/mc di cui 40% ghiaia ( $30 < \varphi < 15$  mm), 30% ghiaietto ( $15 < \varphi < 5$  mm)  
, 30% ( $\varphi < 5$  mm)

Lavorabilità grado SA3 – SA4

Classe di esposizione XC2

#### CARATTERISTICHE MECCANICHE

$$R_{ck}=30 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza caratteristica cubica a compressione

$$f_{ck}= 25 \text{ N/mm}^2$$

Res. Caratt. Cilindrica a compressione

$$f_{cm}= 25+8= 33 \text{ N/mm}^2$$

Res. Cilindrica media a compressione

$$f_{ctm}= 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$$

Res. media a trazione semplice

$$f_{ctk}= 1.2 \cdot f_{ctm} = 3.08 \text{ N/mm}^2$$

Res. Media a trazione per flessione

$$\rho_c= 2500 \text{ kg/m}^3 \text{ densità}$$

$$E_{cm}=22000 \cdot [f_{cm}/10]^{2/3}= 29962 \text{ N/mm}^2 \text{ Modulo elastico istantaneo}$$

## 2.3 Acciaio

### 2.3.1 Acciaio per cemento armato

#### Acciaio in barre ad ad. migl. per cemento armato B450C (NTC2008)

$E = 210000 \text{ N/mm}^2$	Modulo di elasticità
$\nu = 0.3$	Coefficiente di Poisson (deformabilità trasversale)
$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$	Coeff. Dilatazione termica
$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$	Massa Volumica
$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$	Tensione caratteristica di rottura
$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$	Tensione caratteristica di snervamento

### 2.3.2 Acciaio in profilati a caldo

#### Acciaio per laminati a caldo tipo S275 (NTC2008 / UNI EN 10025-2)

$E = 210000 \text{ N/mm}^2$	Modulo di elasticità
$G = 80769 \text{ N/mm}^2$	Modulo di elasticità trasversale
$\nu = 0.3$	Coefficiente di Poisson (deformabilità trasversale)
$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$	Coeff. Dilatazione termica
$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$	Massa Volumica
$f_{tk} = 430 \text{ N/mm}^2$	Tensione caratteristica di rottura per $t \leq 40 \text{ mm}$
$f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$	Tensione caratteristica di snervamento per $t \leq 40 \text{ mm}$
$f_{tk} = 340 \text{ N/mm}^2$	Tensione caratteristica di rottura per $40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$
$f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$	Tensione caratteristica di snervamento per $40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$

dove  $t$  = spessore nominale dell'elemento

Per le zone dissipative si applicano le seguenti regole aggiuntive:

- per gli acciai da carpenteria il rapporto fra i valori caratteristici della tensione di rottura  $f_{tk}$  (nominale) e la tensione di snervamento  $f_{yk}$  (nominale) deve essere maggiore di 1,20 e l'allungamento a rottura A5, misurato su provino standard, deve essere non inferiore al 20%;
- la tensione di snervamento massima  $f_{y,max}$  deve risultare  $f_{y,max} \leq 1,2 f_{yk}$ ;

### 2.3.3. Bulloneria

#### Bulloneria ad alta resistenza CLASSE 8.8/6S zincata elettroliticamente

Composta da:

Viti	acciaio 8.8	UNI 3740 e 5712	
Bulloni	acciaio 8		
Tensione di snervamento $t \leq 40\text{mm}$		fyk	649 MPa
Tensione di rottura a trazione $t \leq 40\text{mm}$		ftk	800 MPa
Dadi	6S	UNI 3740 e 5713	
Rosette		acciaio C50	UNI 7845

### 2.3.4 Saldature

#### Saldature a cordone d'angolo

Saldature a cordone d'angolo di lato 0,7 cm (sezione di gola pari a 0,5 cm), dove non diversamente indicato, realizzata con i seguenti elettrodi:

ELETTRODI a rivestimento basico E 44 Cl 4 per acciaio S 235 e S 275  
E 52 Cl 4 per acciaio S 355

Si impiegheranno per la saldatura manuale ad arco elettrodi omologati secondo UNI 5132 del tipo E 44 di classi di qualità 2, 3 o 4; per temperatura di esercizio minore di 0 °C saranno ammessi solo elettrodi di classe 4 B

## 2.4 Muratura

Vengono qui riportati i valori delle caratteristiche meccaniche di progetto per una muratura a spacco con buona tessitura consigliati e desunti dalla tabella C8B1 della circolare esplicativa delle NTC2008, prendendo in favore di sicurezza i valori minimi indicati. Si riportano sia i valori della muratura nello stato attuale sia i valori della muratura post interventi di bonifica e consolidamento previsti nel progetto dell’edificio. Tali valori vengono ricavati sempre secondo quanto indicato in tabella C8B2 della stessa circolare.

### ***- Muratura esistente in pietra a spacco con buona tessitura***

$f_m = (260/1,35) = 192,59 \text{ N/cm}^2$	Res. Media a compressione
$\tau_0 = (5,6/1,35) = 4,15 \text{ N/cm}^2$	Res. Media a taglio
$E = (1500/1,35) = 1111,11 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo elastico normale
$G = (500/1,35) = 370,37 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo elastico tangenziale
$W = 21 \text{ kN/m}^3$	Peso specifico

### ***- Muratura esistente in pietra a spacco con buona tessitura con scarnitura profonda dei giunti e bonifica (intervento base)***

$f_m = 192,59 * 1,3 = 250,37 \text{ N/cm}^2$	Res. Media a compressione
$\tau_0 = 4,15 * 1,3 = 5,39 \text{ N/cm}^2$	Res. Media a taglio
$E = 1111,11 * 1,3 = 1444,44 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo elastico normale
$G = 370,37 * 1,3 = 481,48 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo elastico tangenziale
$W = 21 \text{ kN/m}^3$	Peso specifico

### ***- Muratura esistente in pietra a spacco con buona tessitura, scarnitura profonda dei giunti e iniezione di miscele (intervento con iniezioni cementizie)***

$f_m = 250,37 * 1,5 = 375,56 \text{ N/cm}^2$	Res. Media a compressione
$\tau_0 = 5,39 * 1,5 = 8,09 \text{ N/cm}^2$	Res. Media a taglio
$E = 1444,44 * 1,5 = 2166,67 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo elastico normale
$G = 481,48 * 1,5 = 722,22 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo elastico tangenziale
$W = 21 \text{ kN/m}^3$	Peso specifico

**- Muratura esistente a conci di pietra tenera (tufo)**

$f_m = (140/1,35) = 103,70 \text{ N/cm}^2$	Res. Media a compressione
$\tau_0 = (2,8/1,35) = 2,07 \text{ N/cm}^2$	Res. Media a taglio
$E = (900/1,35) = 666,67 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo elastico normale
$G = (300/1,35) = 222,22 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo elastico tangenziale
$W = 16 \text{ kN/m}^3$	Peso specifico

**- Muratura esistente a conci di pietra tenera con scarnitura profonda dei giunti e bonifica (intervento base)**

$f_m = 103,70 * 1,3 = 134,81 \text{ N/cm}^2$	Res. Media a compressione
$\tau_0 = 2,07 * 1,3 = 2,70 \text{ N/cm}^2$	Res. Media a taglio
$E = 666,67 * 1,3 = 866,67 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo elastico normale
$G = 222,22 * 1,3 = 288,89 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo elastico tangenziale
$W = 16 \text{ kN/m}^3$	Peso specifico

**- Muratura esistente a conci di pietra tenera con scarnitura profonda dei giunti e iniezione di miscele (intervento con iniezioni cementizie)**

$f_m = 134,81 * 1,5 = 202,22 \text{ N/cm}^2$	Res. Media a compressione
$\tau_0 = 2,70 * 1,5 = 4,04 \text{ N/cm}^2$	Res. Media a taglio
$E = 866,67 * 1,5 = 1300,00 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo elastico normale
$G = 288,89 * 1,5 = 433,33 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo elastico tangenziale
$W = 16 \text{ kN/m}^3$	Peso specifico



**- Colonne esistenti in blocchi lapidei**

$f_m = (600/1,35) = 444,44 \text{ N/cm}^2$	Res. Media a compressione
$\tau_0 = (9,0/1,35) = 6,67 \text{ N/cm}^2$	Res. Media a taglio
$E = (2400/1,35) = 1777,78 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo elastico normale
$G = (780/1,35) = 577,78 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo elastico tangenziale
$W = 22 \text{ kN/m}^3$	Peso specifico

**- Colonne esistenti in blocchi lapidei con connessioni trasversali (tirantini anti-espulsivi)**

$f_m = 444,44 * 1,2 = 533,33 \text{ N/cm}^2$	Res. Media a compressione
$\tau_0 = 6,67 * 1,2 = 8,00 \text{ N/cm}^2$	Res. Media a taglio
$E = 1777,78 * 1,2 = 2133,33 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo elastico normale
$G = 577,78 * 1,2 = 693,33 \text{ N/mm}^2$	Valore medio del modulo elastico tangenziale
$W = 22 \text{ kN/m}^3$	Peso specifico

### 3. CONCEZIONE STRUTTURALE

#### 3.1. Criteri utilizzati

In questo capitolo sono indicati i criteri che sono alla base della concezione strutturale.

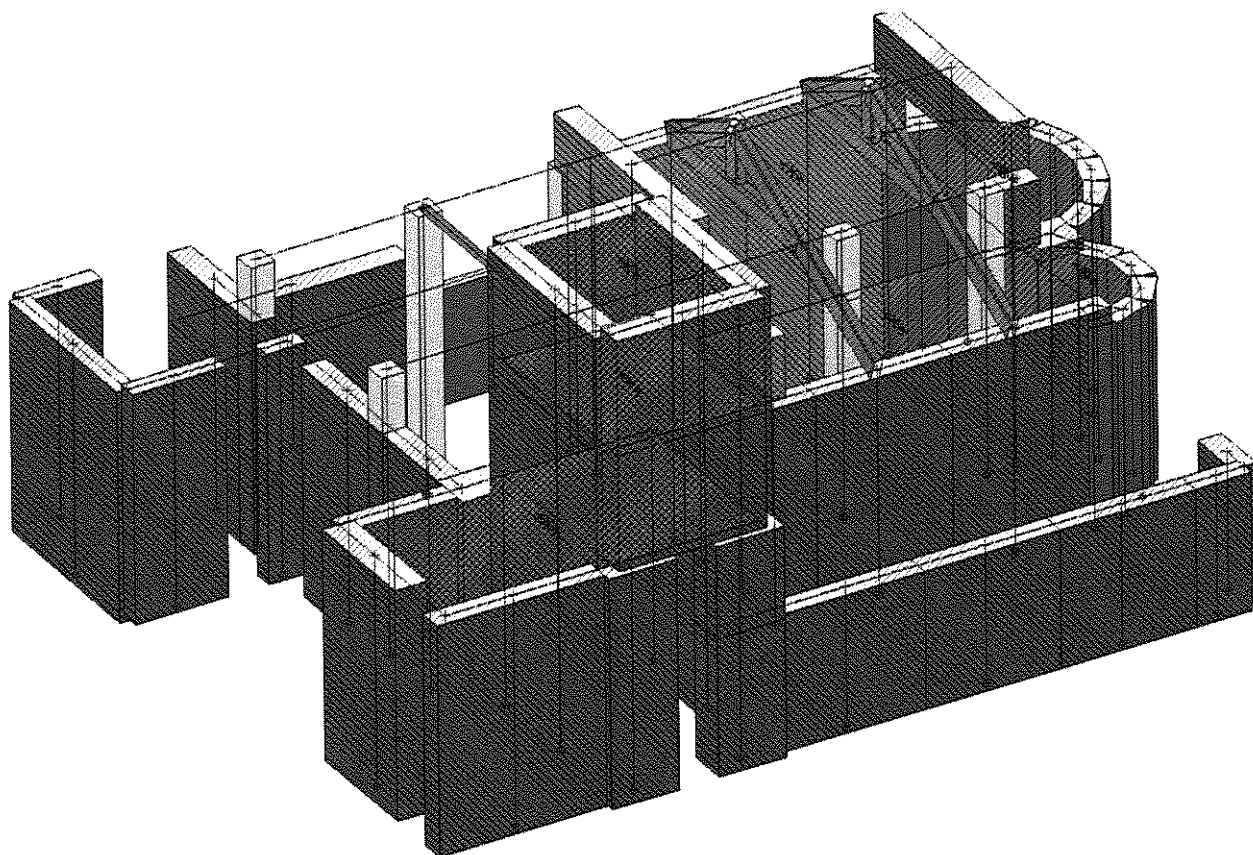
L'impianto architettonico oggi visibile della chiesa è riconducibile all'epoca romanica, presumibilmente intorno al XII secolo, ma nel corso degli anni ha subito notevoli mutazioni sia per quanto riguarda lo schema statico che per quanto concerne i materiali impiegati; comportando la presenza di materiali caratterizzati da differenti proprietà meccaniche, oltre a quelle già proprie della costruzione, fenomeno tipico del Medioevo il riutilizzo di elementi reperiti in loco, ad esempio troviamo una macina utilizzata come un capitello. Questo ha indotto nella modellazione l'uso di differenti materiali come precedentemente descritti nel capitolo secondo della presente relazione.

Le fondamenta sono costituite da blocchi squadrati di tufo delle dimensioni tipicamente etrusche, poste ad una quota di circa 1 metro dal piano campagna, e sovrastate dalle attuali fondazioni medioevali con imposta a circa 40 cm dal piano campagna. Questa conformazione, seppure costituita da materiali non omogenei tra loro, costituisce un buon apparato fondale, come dimostrato dalla totale assenza di cedimenti generali o differenziali; circostanza ancora più favorita dalle buone caratteristiche del terreno di fondazione (piroclastiti mediamente addensate)

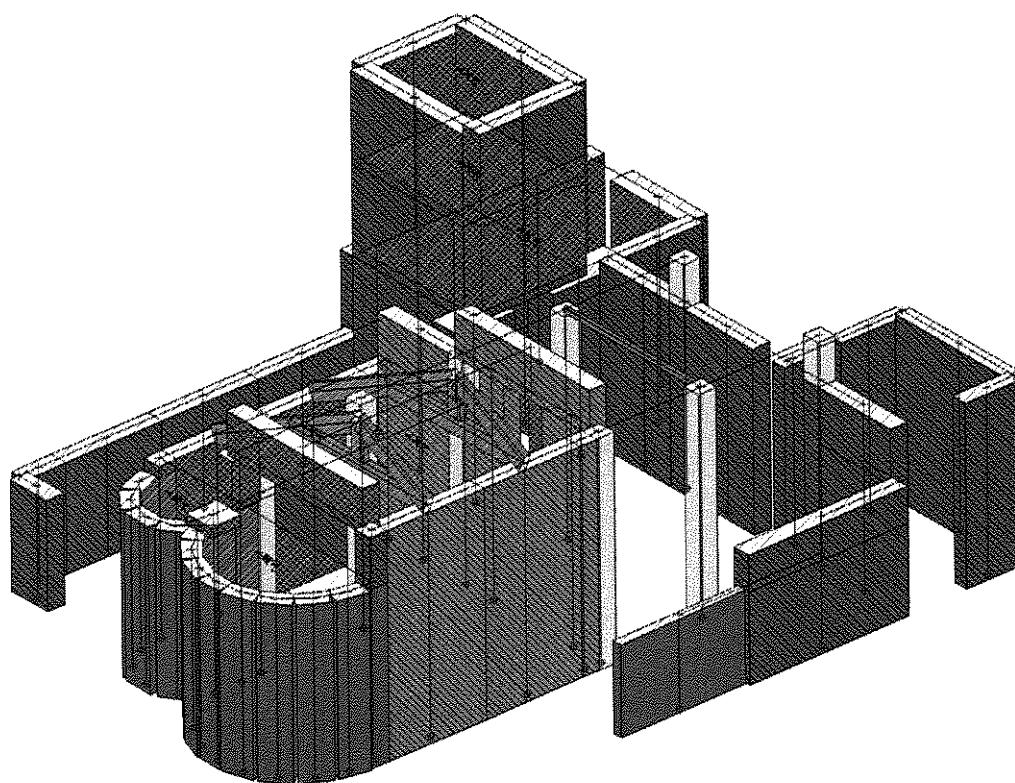
In elevazione si hanno murature portanti interrotte saltuariamente dalle colonne che costituivano l'originale pianta romanica della chiesa, queste ad eccezione della torretta, circa 2,5 metri più alta, che fu sopraelevata probabilmente all'inizio del XX secolo, hanno un'altezza di circa 5,5 metri, solo gli absidi hanno un'altezza inferiore di circa 1 metro rispetto alle murature circostanti.

In testa alle murature sono appoggiate due capriate palladiane che insieme ai timpani di estremità costituiscono gli appoggi dell'orditura secondaria in travicelli, sopra cui poggiano le tavelline, e a completamento una camicia di malta usurata che dovrà essere rimossa e sostituita con una di egual peso ma migliori caratteristiche meccaniche.

Si riportano nella pagina seguente due assonometrie ricavate dal programma di calcolo utilizzato.



*Vista assonometrica dal lato Sud*



*Vista assonometrica dal lato Nord*

## **4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

### **4.1. Codici utilizzati**

Il calcolo delle opere è stato svolto nel rispetto della seguente normativa vigente:

- D.M 14.01.2008 - Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

## 5. UNITA' DI MISURA E SIMBOLOGIA

### 5.1 Unità di misura utilizzate

Nei calcoli della relazione si farà uso delle seguenti unità di misura:

per i carichi:	$\text{kg/cm}$ ; $\text{kg/cm}^2$
per i momenti:	$\text{kgxcm}$
per i tagli e sforzi	$\text{kg}$
normali:	
per le tensioni:	$\text{kg/cm}^2$
per gli spostamenti	$\text{cm}$

Nel programma utilizzato, Nòlian della Softing S.r.l., si usano le seguenti unità di misura:

per i carichi:	$\text{kg/cm}$
per i momenti:	$\text{kgxcm}$
per i tagli e sforzi	$\text{kg}$
normali:	
per le tensioni:	$\text{kg/cm}^2$
per gli spostamenti	$\text{cm}$

## 6. DOCUMENTI E TESTI DI RIFERIMENTO

### 6.1 Bibliografia

Nella stesura della presente relazione si è tenuto conto documenti e testi di riferimento:

- 1) Joseph Bowles "fondazioni" Mc Graw & Hill
- 2) OPCM 3274 e successive modificazioni
- 3) Eurocodice 6
- 4) Eurocodice 8

## 7. MISURA DELLA SICUREZZA

### 7.1. Criteri di calcolo

In questo capitolo sono indicati i criteri adottati per le misure della sicurezza.

I calcoli e le verifiche sono condotti con il *criterio semiprobabilistico degli stati limite* secondo i metodi indicati nelle norme indicate nel capitolo 4, "Normative di riferimento".

#### 7.1.1. Coefficienti parziali dei carichi (D.M. 14/01/2008)

Si riporta la tabella 2.5.1 dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	$\psi_{0j}$	$\psi_{1j}$	$\psi_{2j}$
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

#### 7.1.2. Coefficienti parziali dei materiali

Coefficiente di riduzione della resistenza del cls  $\gamma_c = 1.50$

Coefficiente di riduzione della resistenza dell'acciaio  $\gamma_s = 1.15$

#### 7.1.3. Coefficienti di combinazione dei carichi permanenti, variabili

Si riporta la Tab. 2.6.1 delle Norme tecniche delle costruzioni. In essa sono contenuti i *Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU*

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9 1,1	1,0 1,3	1,0 1,0
Carichi permanenti non strutturali(1)	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0 1,5	0,0 1,5	0,0 1,3
Carichi variabili	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0 1,5	0,0 1,5	0,0 1,3
(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.					

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua, quando pertinenti;
- $\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- $\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili.

Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno, per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Cap. 6.

Il coefficiente parziale della precompressione si assume pari a  $\gamma_P = 1,0$ .



### 8.2.1. Il modello della struttura per il 1° blocco

Il modello di calcolo per gli edifici in linea e' costituito da 194 nodi e da 186 elementi.

Nel modello vi sono:

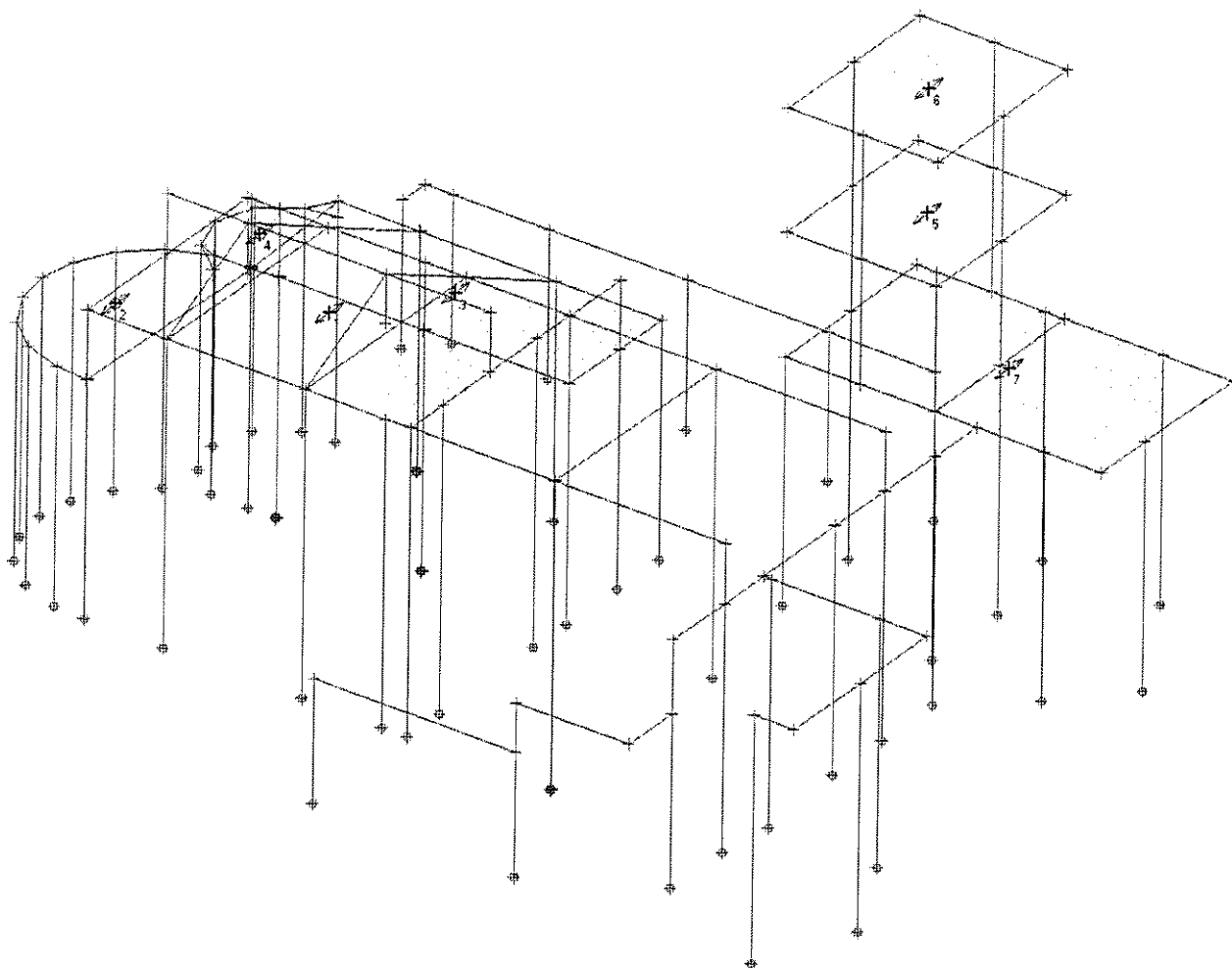
196 elementi lineari a due nodi

Il tipo di elementi impiegati è il seguente:

105 elementi shall

91 elementi rigel

I vincoli esterni imposti alla struttura sono riportati nel seguente schema di vincolamento della struttura.



Nella struttura non è stato impiegato il metodo Master-Slave per modellare impalcati rigidi, non essendoci orizzontamenti in grado di assicurare una ripartizione dei carichi orizzontali, ma è stata adottata un'analisi di tipo nodale dove le masse si considerano concentrate ai nodi, senza imporre alcun vincolo di tipo cinematico, secondo quanto prescritto dal D.M.2008

## 9. AZIONI E VERIFICHE

### 9.1. Permanenti e variabili di lunga durata

#### 9.1.1. Peso proprio delle strutture principali

Si riportano i pesi propri dei materiali strutturali utilizzati nella struttura in oggetto

Calcestruzzo	2500 kg/m <sup>3</sup>
Acciaio	7850 kg/m <sup>3</sup>
Muratura in forati	1000 kg/m <sup>3</sup>

#### 9.1.2. Carichi permanenti e variabili agenti sulle coperture

##### ANALISI DEI CARICHI PER COPERTURA IN LEGNO

Carichi accidentali	[Kg/mq] 61	.... [Kg/mq] =61.00
Manto di copertura	[Kg/mq] 60	.... [Kg/mq] =60.00
Coibentazione o massetto di cls all. retinato [1400 Kg/mc]	Spessore [cm] 73	.... [Kg/mq] =42.00
Assito o pianellato	[Kg/mc] 1300	
	Spessore [cm] 72	.... [Kg/mq] =36.00
Guaina e isolati	[Kg/mq] 20	.... [Kg/mq] =20.00
	Totale assito -	.... [Kg/mq] =219.00
Correnti γ	[Kg/mc] 1550	
Sezione	18x8	
	Interasse [cm] 720	.... [Kg/mq] =17.60
0.0	[Kg/mq] 70.0	.... [Kg/mq] =0.0
	Totale correnti	.... [Kg/mq] =236.60
Arcarecci γ	[Kg/mc] 1550	
Sezione	120x20	
	Interasse [cm] 7300	.... [Kg/mq] =7.33
Controsoffitto	[Kg/mq] 10.0	.... [Kg/mq] =0.0
0.0	[Kg/mq] 0.0	.... [Kg/mq] =0.0
	Totale	.... [Kg/mq] =243.93

#### **9.1.3. Forze indotte dalla pressione del terreno**

Non sono presenti spinte del terreno direttamente agenti sulle strutture in esame.

#### **9.1.4. Forze indotte dalla pressione dell'acqua**

La struttura in oggetto non è soggetta a spinte dovute all'acqua.

#### **9.1.5. Spostamenti e deformazioni imposti**

La struttura in oggetto non è soggetta a spostamenti e deformazioni imposti previsti dal progetto e realizzati all'atto della costruzione

#### **9.1.6. Ritiro e viscosità**

Visti i tempi di costruzione e i materiali usati si ritiene che i fenomeni di ritiro e viscosità siano poco significativi

## 9.2. Azioni variabili di breve durata

### 9.2.1. Carichi di esercizio

Nella tabella seguente si riportano i carichi variabili di esercizio (tab. 3.1.II) .

Cat.	Ambienti	qk [kN/m <sup>2</sup> ]	Qk [kN]	Hk [kN/m]
A	<b>Ambienti ad uso residenziale.</b> Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	<b>Uffici.</b> Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	<b>Ambienti suscettibili di affollamento</b> Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	3,00 4,00 5,00	2,00 4,00 5,00	1,00 2,00 3,00
D	<b>Ambienti ad uso commerciale.</b> Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00
E	<b>Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale.</b> Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	≥ 6,00 -	6,00 -	1,00 -
F-G	<b>Rimesse e parcheggi.</b> Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	2,50 -	2x10,00 -	1,00** -
H	<b>Coperture e sottotetti</b> Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 Sec. Cat. di app- arte- nenza -	1,20 Sec. Cat. di app- arte- nenza -	1,00 Sec. Cat. di app- arte- nenza -

E' stato trascurato il carico di "accessibilità per sola manutenzione", pari a 50 Kg/m<sup>2</sup>, avendo ricavato per il carico neve un valore leggermente superiore, pari a 60 Kg/m<sup>2</sup>, e risultando inoltre più gravoso per la struttura sotto input sismico, avendo quest'ultimo un coefficiente di correlazione sismico maggiore, si utilizza solo quest'ultimo trascurando il carico di servizio per sola manutenzione; si tratta di carichi che non si considerano agenti contemporaneamente.

I carichi di esercizio valutati in accordo con la presente tabella sono stati applicati considerando le condizioni di carico riportate nella seguente tabella:

Nome carico	Tipo carico associato
(1) Vento +Y	Vento
(1) Vento -Y	Vento
(1) Vento -X	Vento
(1) Vento +X	Vento
(1) Accidentale	Neve (q<1000)
(1) Permanenti	Permanente
(1) Peso proprio	Permanente
(1) Dinamica SLD X	Sismico SLD
(1) Dinamica SLD Y	Sismico SLD
(1) Dinamica SLV X	Sismico SLU
(1) Dinamica SLV Y	Sismico SLU

### 9.2.2. Azione della neve

#### Calcolo "carico neve"

Caratteristiche del sito:

Viterbo rientra nella	Zona III
Altitudine sul livello del mare	324 m
Classe topografica	Normale
Angolo di inclinazione	7 - 8 °

$$Q_s = \mu_i \times Q_{sk} \times C_e \times C_t$$

dove:

Carico provocato dalla neve sulla copertura

$Q_s$	0,609123	Carico neve sulla copertura	[KN/mq]
$\mu_i$	0,8	Coefficiente di forma della copertura	
$Q_{sk}$	0,741404	Valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo	[KN/mq]
$C_e$	1	Coefficiente di esposizione	
$C_t$	1	Coefficiente termico	

Si ipotizza che il carico agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della

superficie della copertura

Non sono presenti zone di compluvio e/o l'inclinazione delle falde è tale da poter assumere, in via semplificativa, che la corrugazione della copertura sia influente per la formazione di accumuli nelle zone di compluvio.

Valore caratteristico del carico neve al suolo

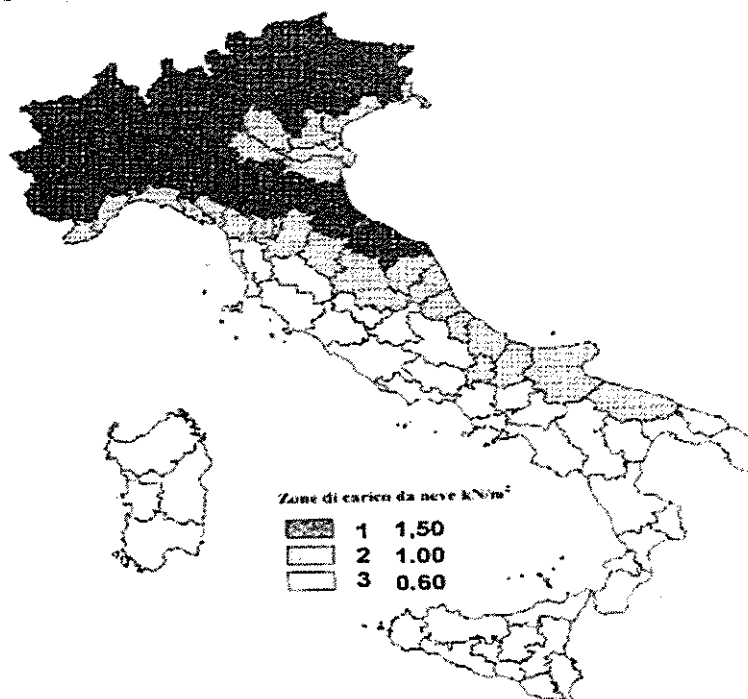


Figura 3.4.1 – Zone di carico da neve

Per una località posta a quota inferiore a 1500 m s.l.m. e per un periodo di ritorno di 50 anni:

				per as	
Zona III	$q_{sk} =$	0,6	[KN/mq]	$\leq$	200 m
	$q_{sk} =$	$0.51 [1+(a_s/481)^2] = 0,741404$ [KN/mq]		per as >	200 m

Valore del coefficiente di esposizione

Coefficiente utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Si possono avere le seguenti "classi di topografia":

Battuta dai venti :	aree pianeggianti non ostruite, esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale :	aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1
Riparata :	aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno circondata da costruzioni o alberi più alti.	1,1

## Valore del coefficiente termico

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato:

$$C_t = 1$$

## Valore del coefficiente di forma

Indicando con  $\alpha$  l'angolo formato dalla falda con l'orizzontale, in gradi sessagesimali:

$$0^\circ < \alpha < 30^\circ \quad 30^\circ < \alpha < 60^\circ$$

$$\mu_i \quad 0,8 \quad 1,413333$$

Se all'estremità più bassa della falda termina con un parapetto od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo  $\alpha$ .

Per coperture a più falde di una o due, con forme diverse, così come per coperture contigue a edifici più alti o per accumulo di neve contro parapetti o più in generale per altre situazioni ritenute significative dal progettista si deve fare riferimento a normative di comprovata validità.

## Carico neve sulle coperture

Devono essere considerate le due seguenti principali disposizioni di carico:

- carico da neve depositata in assenza di vento
- carico da neve depositata in presenza di vento

Per il caso di carico da neve senza vento si deve considerare la condizione denominata *Caso I* riportata in Fig. 3.4.3.

Per il caso di carico da neve con vento si deve considerare la peggiore tra le condizioni denominate *Caso II* e *Caso III* riportate in Fig. 3.4.3.

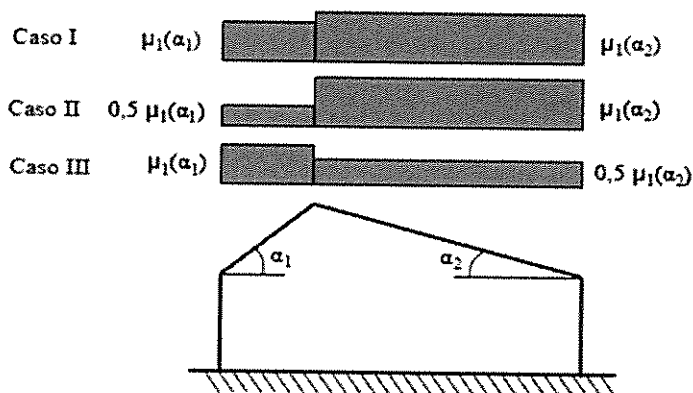


Figura 3.4.3 – Condizioni di carico per coperture a due falde

N.B. Da tale condizione deriva la semplificazione del caso di copertura ad una falda  
 Effetti locali



- Poiché  $as < 800$  m s.l.m. non si considera la possibilità di neve aggettante dalle gronde.
- Non vi è la presenza di barriere paraneve.

### 9.2.3. Azione del vento

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio, provocando, in generale, effetti dinamici.  
 Per le costruzioni usuali, come in questo caso, tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti, costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, determinate, per un tempo di ritorno di 50 anni, con le seguenti espressioni

La "pressione del vento" è data dall'espressione:  $p = q_b \times C_e \times C_p \times C_d = C_p \times 744,59$  [N/mq]

dove:

- $q_b$  è la pressione cinetica di riferimento
- $C_e$  è il coefficiente di esposizione
- $C_p$  è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico)
- $C_d$  è il coefficiente dinamico

L' "azione tangenziale del vento" è data dall'espressione:  $p = q_b \times C_e \times C_f = 29,78$  [N/mq]

dove:

- $q_b$  è la pressione cinetica di riferimento
- $C_e$  è il coefficiente di esposizione
- $C_f$  è il coefficiente di attrito

- La pressione cinetica di riferimento è data dall'espressione:  $q_b = 1/2 \times \rho \times V_b^2 = 455,625$  [N/mq]

- $V_b$  è la velocità di riferimento del vento, con  $T_R$  di 50 anni, pari a: 27 [m/s]
- $\rho$  è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 [Kg/mc]

La velocità di riferimento per un diverso valore del tempo di ritorno  $T_R$  va aumentata del coefficiente  $\alpha_R$ , pari a:

$$\alpha_R = 0.75 \times \text{RadQuadr}(1 - 0.2 \ln(-\ln(1 - 1/T_R))) = 1,00073378$$

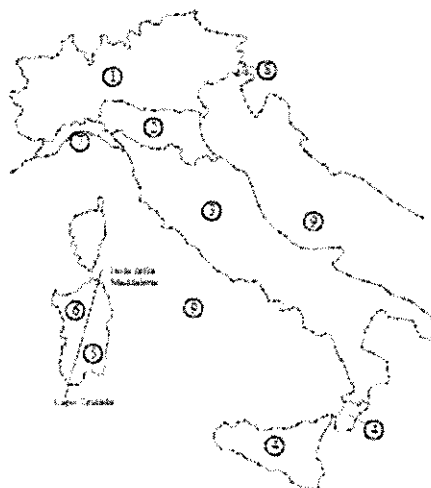


Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Tabella 3.3.I - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_1$

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_1$ [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0.010
2	Emilia Romagna	25	750	0.015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0.020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0.020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0.015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0.020
7	Liguria	28	1000	0.015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0.010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0.020

Per altitudini superiori a 1500 m sul livello del mare si potrà fare riferimento alle condizioni locali di clima e di esposizione. I valori della velocità di riferimento possono essere ricavati da dati supportati da opportuna documentazione o da indagini statistiche adeguatamente comprovate. Fatte salve tali valutazioni, comunque raccomandate in prossimità di vette e crinali, i valori utilizzati non dovranno essere minori di quelli previsti per 1500 m di altitudine.

- Il coefficiente di esposizione dipende dall'altezza "Z" sul suolo del punto considerato, dalla topografia di esposizione del sito ove sorge la costruzione, e si ricava dalle seguenti espressioni:

$$C_e(Z) = k_{r2} \times C_r \times \ln(Z/Z_0) \times [7 + C_r \times \ln(Z/Z_0)] = 1,336283 \quad \text{per } Z \geq Z_{\min}$$

$$C_e(Z) = C_e(Z_{\min}) = 1,634212 \quad \text{per } Z < Z_{\min}$$

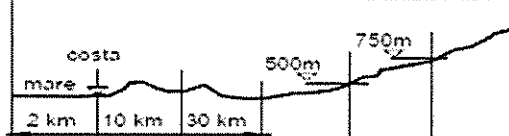
Tabella 3.3.II – Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

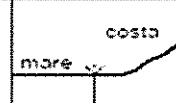
Categoria di esposizione del sito	$k_r$	$Z_0$ [m]	$Z_{\min}$ [m]
I	0.17	0.01	2
II	0.19	0.05	4
III	0.20	0.10	5
IV	0.22	0.30	8
V	0.23	0.70	12

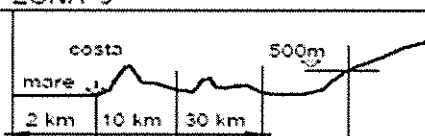
Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

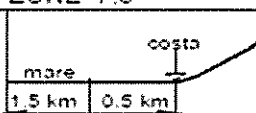
Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni.....): aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi.....)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

ZONE 1,2,3,4,5						
						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 9		
		
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

ZONA 6					
					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
			
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

In funzione della zona in cui ricade il sito l'esame secondo la figura 3.3.1 sopra riportata:

3	zona
A	classe
55	[Km]
5	[m]

quindi si rientra nella V categoria di esposizione della tabella 3.3 II, con i valori:

$k_r$	0,22
$Z_0$	0,3 [m]
$Z_{min}$	8 [m]

N.B. Il coefficiente di topografia,  $c_t$ , è posto generalmente pari a 1, sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose o montuose; nel caso di costruzioni ubicate presso la sommità di colline o pendii isolati tale coefficiente può essere valutato diversamente dal progettista, ma non è questo il caso.

- Il coefficiente di forma si ricava dalle seguenti espressioni, con l'avvertenza di considerare positive le pressioni dirette verso l'interno delle costruzioni:

- Per edifici a pianta rettangolare con aperture piane, a falde inclinate o curve

#### Pressione esterna

per elementi sopravento:	$C_{pe} =$	0,8	se l'inclinazione sull'orizzontale, $\alpha$ , è $> 60^\circ$
	$C_{pe} =$	$0.03 \times \alpha - 1$	se l'inclinazione sull'orizzontale è $20^\circ < \alpha < 60^\circ$
	$C_{pe} =$	-0,4	se l'inclinazione sull'orizzontale, $\alpha$ , è $< 20^\circ$
per elementi sottovento:	$C_{pe} =$	-0,4	(incluso come tali anche quelli non direttamente investiti dal vento o quelli investiti dal vento radente)

#### Pressione interna

per costruzioni che hanno (anche occasionalmente) una parete con aperture di superficie  $< 1/3$  di quella totale:

$$C_{pi} = 0,2 \text{ ( + o - per di avere la condizione più sfavorevole)}$$

per costruzioni che hanno (anche occasionalmente) una parete con aperture di superficie  $> 1/3$  di quella totale:

$$C_{pi} = 0,8 \text{ ( quando la parete aperta è sopravento)}$$

$$C_{pi} = 0,2 \text{ ( quando la parete aperta è sottovento)}$$

per costruzioni che presentano su due pareti opposte, normali al vento. Aperture di superficie  $> 1/3$  di quella totale:

$$C_{pe} + C_{pi} = 1,2 \text{ ( + o - per di avere la condizione più sfavorevole)}$$

(per gli elementi normali alla direzione del vento)

$$C_{pe} + C_{pi} = 0,2 \text{ ( + o - per di avere la condizione più sfavorevole)}$$

(per i rimanenti elementi)

- Per **tettoie e pensiline isolate** (in cui rapporto tra altezza dal suolo e massima dimensione in pianta è  $< 1$ , prendendo il segno + o - al fine di ottenere la condizione più sfavorevole)

a due spioventi:

$$C_p = 0,8 \times (1 + \sin \alpha) \quad \text{sopravento}$$

$$C_p = 0,6 \quad \text{sottovento}$$

ad un solo spiovente:

$$C_p = 1,2 \times (1 + \sin \alpha)$$

spioventi piani ( $\alpha=0$ )

$$C_p = 1,2$$

- Il coefficiente dinamico tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura. Esso può essere assunto cautelativamente unitario nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali.

per la costruzione in esame, in favore di sicurezza, si assume:

$$C_d = 1$$

- Il coefficiente di attrito è funzione della tipologia della superficie esposta al vento secondo lo schema sotto riportato:

**Tabella C3.3.I Valori del coefficiente d'attrito**

Superficie	Coefficiente d'attrito $c_f$
Liscia (acciaio. cemento a faccia liscia..)	0.01
Scabra (cemento a faccia scabra. catrame..)	0.02
Molto scabra (ondulata. costolata. piegata..)	0.04

N.B. Non sono da prevedersi fenomeni particolari dovuti a fenomeni torsionali, distacco di vortici o altri fenomeni di natura aeroelastica.

#### 9.2.4. Azioni Accidentali

Non vi sono carichi accidentali da urto, esplosione e incendio che agiscano sulla struttura.

#### 9.2.5. Ripartizione dei carichi unitari dei solai

In questa struttura i solai non sono modellati come elementi strutturali. Pertanto i carichi agenti sui solai devono essere attribuiti agli elementi strutturali di competenza. I carichi agenti sui solai sono quindi ripartiti sulle travi sui quali insistono secondo un modello a trave continua per avere al massima accuratezza nella ripartizione. Si evita, cioè, la ripartizione per aree di influenza che darebbe risultati molto inaccurati soprattutto nel caso di campate di luce molto diversa.

### 9.3. Azione da sisma

#### 9.3.1. Sistema di masse corrispondenti alle azioni sismiche

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_k + \sum(\psi_{Ei} \cdot Q_{ki})$$

$\psi_{Ei}$  è il coefficiente di combinazione dell'azione variabile  $Q_i$  che tiene conto che tutti i carichi  $\psi_{Ei} \cdot Q_{ki}$  siano presenti sull'intera struttura in occasione del sisma e si ottiene moltiplicando  $\psi_{2i}$  per  $\phi$ . I valori di  $\psi_{2i}$ ,  $\phi$  sono riportati nel capitolo della Misura della Sicurezza.

Si è condotta un'analisi di tipo nodale (masse concentrate ai nodi) per la copertura di entrambi i corpi di fabbrica, assumere valida l'ipotesi di un sistema Master-Slave a impalcato rigido avrebbe potuto sottosistemare i fenomeni torcenti legati all'analisi modale con spettro di risposta per le azioni sismiche.

#### 9.3.2. Localizzazione geografica

L'edificio sorge nel Comune di Nepi, nel comune di Viterbo, regione Lazio, ed ha le seguenti coordinate geografiche:

Latitudine	Longitudine
42.2602	12.0755

#### 9.3.3. Categoria del sottosuolo

Il sottosuolo è stato classificato di categoria B: addensamenti di tufo che offrono valide garanzie dal punto di vista geotecnico.

#### 9.3.4. Categoria topografica

Il sottosuolo è stato classificato di categoria T1: superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i = 15^\circ$ .

#### 9.3.5. Classe di duttilità

La struttura portante è stata progettata con i criteri specifici della classe di duttilità bassa.

### 9.3.6. Regolarità della struttura

Le strutture in esame per le loro peculiarità sono state considerate dal progettista, regolari in pianta e regolari in elevazione, data la loro geometria, ottenendo un fattore di struttura pari a 2,80. Questo è il coefficiente che divide lo spettro di progetto elastico dell'azione sismica, per la verifica degli elementi.

### 9.3.7. Analisi spettrale

L'analisi spettrale è condotta per le seguenti condizioni dinamiche:

Nome della condizione dinamica	Nome dello spettro	Acc. X	Acc. Y	Acc. Z	
Dinamica SLD X	SLD	36.525	0.000	0.000	
Dinamica SLD Y	SLD	0.000	36.525	0.000	
Dinamica SLV X	SLV	80.741	0.000	0.000	
Dinamica SLV Y	SLV	0.000	80.741	0.000	

### 9.3.8. Azione sismica di calcolo

A conferma dell'azione sismica utilizzata dal programma di calcolo, in base alle coordinate geografiche e alle proprietà intrinseche della struttura, rappresentata dai valori sopra esposti, si è proceduto al confronto tramite il foglio di calcolo del C.S.LL.PP., vers.1.03, delle NTC DM 14 gennaio 2008. Quest'ultimo in base ai parametri immessi:

- **Nominale :  $V_N = 50$  anni;**
- **Classe d'Uso : II ( $C_U = 1,0$ );**
- **Periodo di riferimento per l'azione sismica :  $V_R = V_N * C_U = 50$  anni;**
- **Categoria del suolo : B;**
- **Coefficiente Topografico: 1.0;**
- **Latitudine e longitudine del sito oggetto di edificazione :**
- **N 42° 15' 36.72''                      E 12° 04' 31, 80'';**

Si ottengono i seguenti risultati:

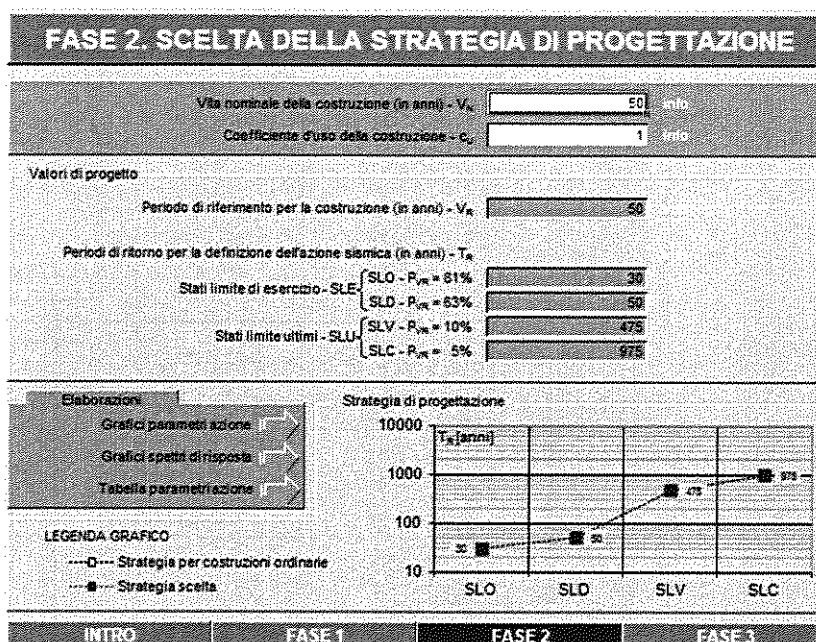
#### 1.- Fase 1-Individuazione della Pericolosità del sito,

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO			
<input checked="" type="radio"/> Ricerca per coordinate		LONGITUDINE <input type="text" value="12.07550"/>	LATITUDINE <input type="text" value="42.26020"/>
<input type="radio"/> Ricerca per comune		REGIONE <input type="text" value="Lazio"/>	PROVINCIA <input type="text" value="Viterbo"/>
		COMUNE <input type="text" value="Barbarano Romano"/>	
Elaborazioni grafiche <input type="text" value="Grafici spettri di risposta"/> <input type="text" value="Variabilità dei parametri"/>		Reticolo di riferimento	
Elaborazioni numeriche <input type="text" value="Tabella parametri"/>		Controllo sul reticolo <input type="radio"/> Sito esterno al reticolo <input type="radio"/> Interpolazione su 3 nodi <input type="radio"/> Interpolazione completa	
Nodi del reticolo intorno al sito 		Interpolazione <input type="text" value="superficie rigata"/>	
		<p>La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".</p>	
INTRO	FASE 1	FASE 2	FASE 3

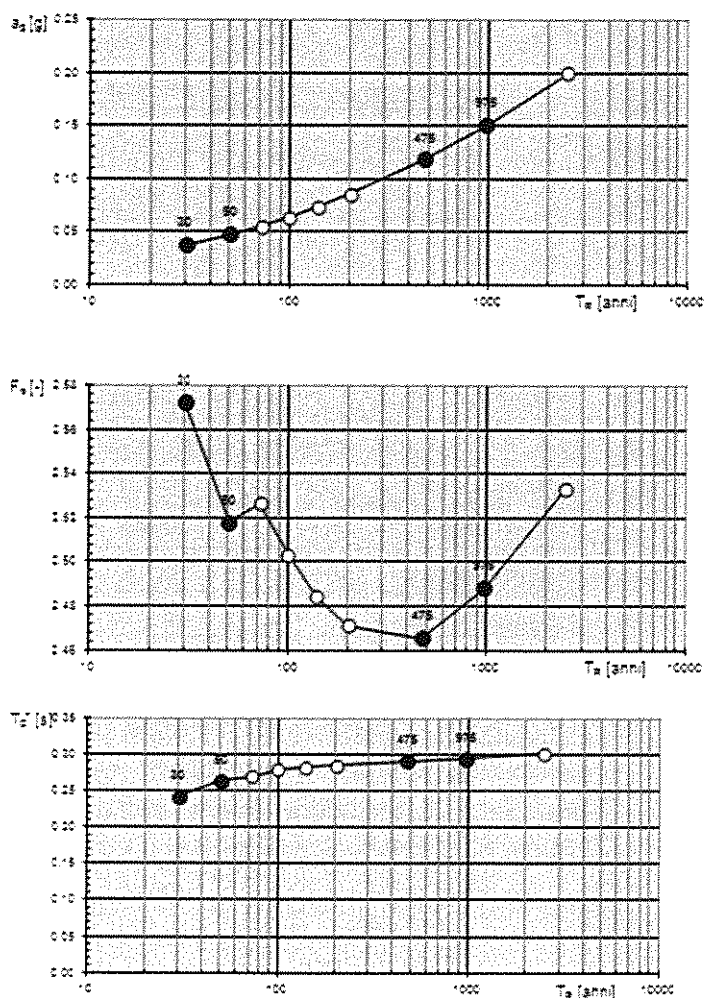


2.- Fase 2-Scelta della strategia di progettazione, stampando sia il foglio generale della fase 2 che i 3 sottofogli in esso contenuti;

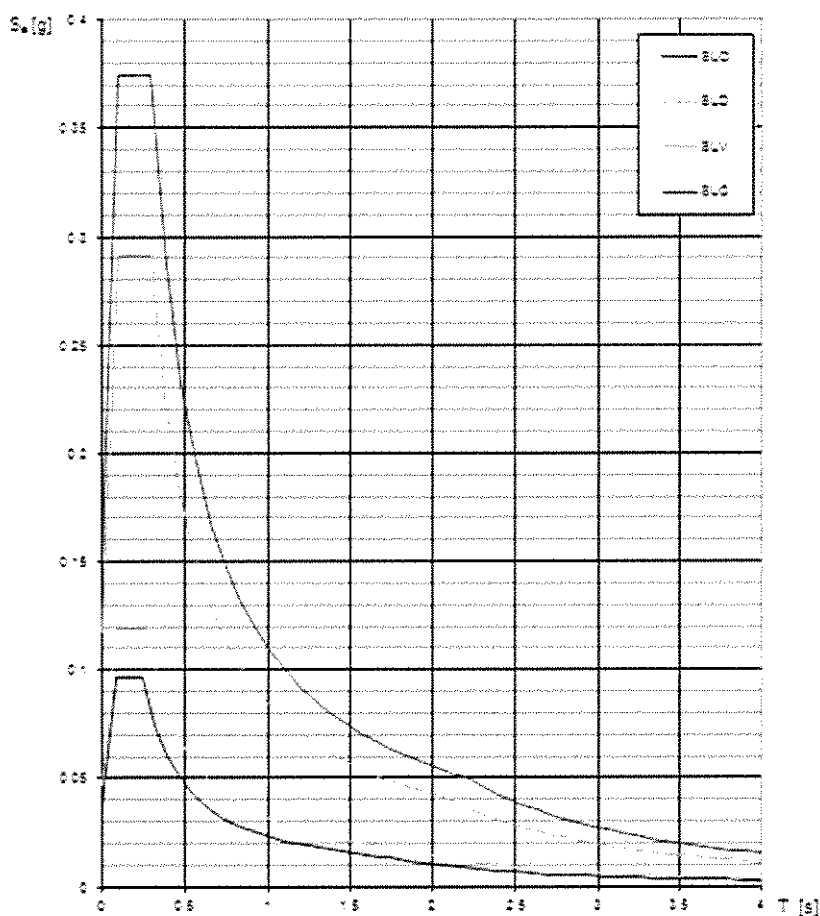




Valori di progetto dei parametri  $a_2$ ,  $F_a$ ,  $T_c^*$  in funzione del periodo di ritorno



**Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite**



**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0.037	2.573	0.242
SLD	50	0.047	2.518	0.264
SLV	475	0.118	2.466	0.292
SLC	975	0.151	2.489	0.295

3.- Fase 3-Determinazione dell'azione di progetto, stampando, per ciascuno degli SL considerati, sia il foglio generale della fase 3 che i 2 sottofogli in esso contenuti, avendo disaggregato  $q_0$  nei dati componenti, ossia avendo precisato la direzione x o y dell'azione sismica a cui ci si riferisce, la classe di duttilità A o B scelta, il rapporto  $\alpha_u/\alpha_1$ .

**FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO**

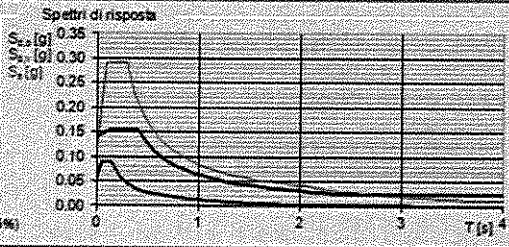
Stato Limite  
 Stato Limite considerato: **SLV** info

Risposta sismica locale  
 Categoria di sottosuolo: **B** info  $S_k = 1.200$   $C_w = 1.407$  info  
 Categoria topografica: **T1** info  $h/ht = 0.000$   $S_w = 1.000$  info  
(Per quota elev. > altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale  
☐ Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento  $\xi$  (%): **5**  $\eta_1 = 1.000$  info  
☒ Spettro di progetto inelastico (SLI) Fattore  $q_s$ : **2.8** Regol. in altezza: **no** info

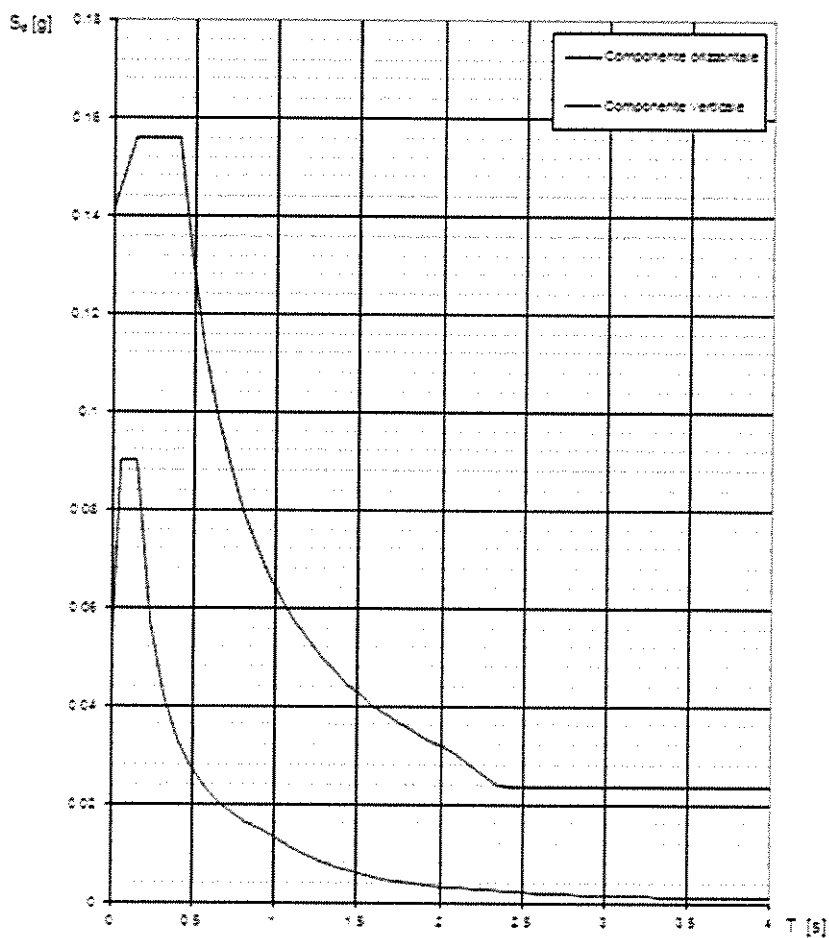
Compon. verticale  
 Spettro di progetto Fattore  $q_v$ : **1.5**  $\eta_2 = 0.667$  info

Elaborazioni  
☒ Grafici spettri di risposta  
☐ Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta  
  
 — Spettro di progetto - componente orizzontale  
 — Spettro di progetto - componente verticale  
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO FASE 1 FASE 2 FASE 3

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV**



## Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_s$	0.118 g
$F_s$	2.466
$T_s$	0.292 s
$S_s$	1.200
$C_s$	1.407
$S_s$	1.000
$q$	2.240

### Parametri dipendenti

$S$	1.200
$\eta$	0.446
$T_s$	0.137 s
$T_c$	0.410 s
$T_b$	2.072 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (S - S_s)} \geq 0.55; \quad \eta = 1 \quad q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_s = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_s \cdot T_s^2 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_b = 4,0 \cdot a_s / g - 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_s \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_s \cdot \left[ \frac{T}{T_s} + \frac{1}{\eta \cdot F_s} \left( 1 - \frac{T}{T_s} \right) \right]$$

$$T_s \leq T < T_c \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_s$$

$$T_c \leq T < T_b \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_s \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_b \leq T \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_s \cdot \left( \frac{T_c \cdot T_b}{T} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.142
$T_s$	0.137	0.156
$T_c$	0.410	0.156
	0.490	0.131
	0.569	0.112
	0.648	0.099
	0.727	0.088
	0.806	0.079
	0.885	0.072
	0.964	0.066
	1.043	0.061
	1.122	0.057
	1.202	0.053
	1.281	0.050
	1.360	0.047
	1.439	0.044
	1.518	0.042
	1.597	0.040
	1.676	0.038
	1.755	0.036
	1.835	0.035
	1.914	0.033
	1.993	0.032
$T_b$	2.072	0.031
	2.164	0.028
	2.256	0.026
	2.347	0.024
	2.439	0.024
	2.531	0.024
	2.623	0.024
	2.715	0.024
	2.806	0.024
	2.898	0.024
	2.990	0.024
	3.082	0.024
	3.174	0.024
	3.265	0.024
	3.357	0.024
	3.449	0.024
	3.541	0.024
	3.633	0.024
	3.725	0.024
	3.816	0.024
	3.908	0.024
	4.000	0.024

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**  
 Stato Limite considerato: **SLD** info

**Risposta sismica locale**  
 Categoria di sottosuolo: **B** info  $S_a = 1.200$   $C_p = 1.438$  info  
 Categoria topografica: **T1** info  $h/H = 1.000$   $S_w = 1.000$  info  
(h=altezza edificio, H=altezza rilievo topografico)

**Compon. orizzontale**  
☒ Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento  $\xi$  (%) **5**  $\eta = 1.000$  info  
☐ Spettro di progetto inelastico (SLI) Fattore  $q_s$  **1** Regol. in altezza **no** info

**Compon. verticale**  
 Spettro di progetto Fattore  $q_s$  **1.5**  $\eta = 0.667$  info

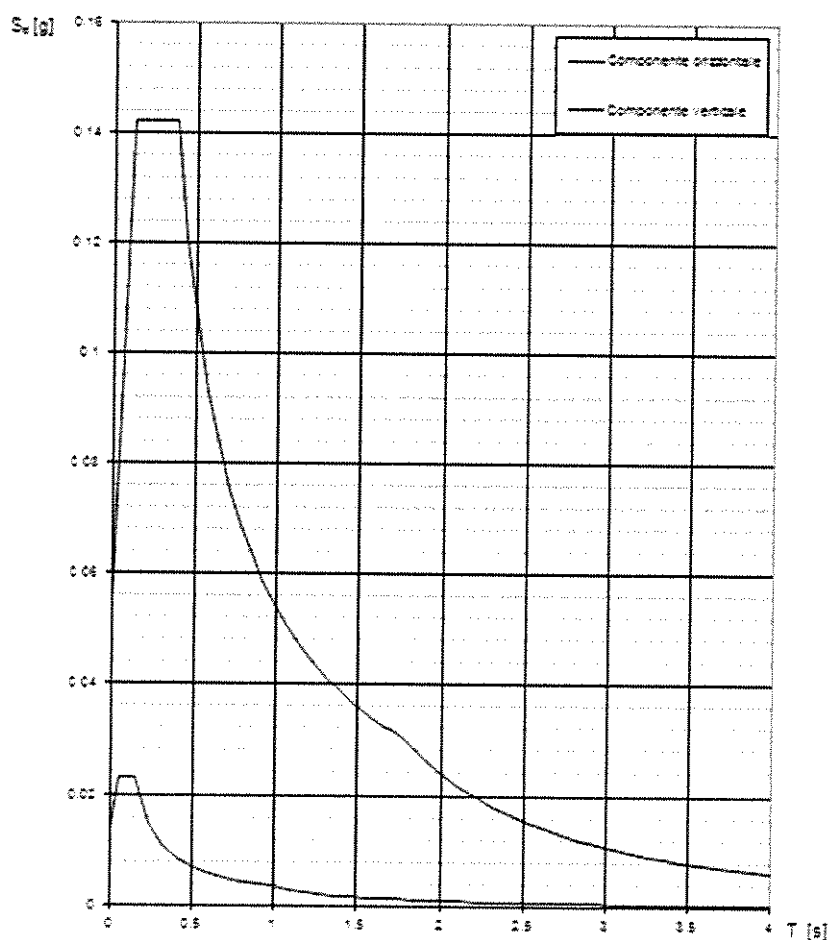
**Elaborazioni**  
☒ Grafici spettri di risposta  
☒ Parametri e punti spettri di risposta

**Spettri di risposta**

— Spettro di progetto - componente orizzontale  
 — Spettro di progetto - componente verticale  
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO      FASE 1      FASE 2      FASE 3

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLD**



## Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLD

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.047 g
$F_a$	2.518
$T_a$	0.264 s
$S_a$	1.200
$C_a$	1.436
$S_c$	1.000
$q$	1.000

### Parametri dipendenti

$S$	1.200
$\eta$	1.000
$T_a$	0.126 s
$T_c$	0.373 s
$T_b$	1.788 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_g \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (S + \xi)} \geq 0.55, \eta = 1 \cdot q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_b = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_a \cdot T_a \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_b = 4,0 \cdot a_g \cdot \xi \geq 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_b \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left[ \frac{T}{T_b} + \frac{1}{\eta \cdot F_a} \left( 1 - \frac{T}{T_b} \right) \right]$$

$$T_b \leq T < T_c \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

$$T_c \leq T < T_b \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_b \leq T \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left( \frac{T_c \cdot T_b}{T} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

### Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.056
0.126	0.142
0.373	0.142
0.446	0.121
0.513	0.105
0.580	0.093
0.647	0.083
0.714	0.075
0.782	0.069
0.849	0.063
0.916	0.059
0.983	0.055
1.050	0.051
1.117	0.048
1.184	0.046
1.251	0.043
1.318	0.041
1.386	0.039
1.453	0.037
1.520	0.035
1.587	0.034
1.654	0.033
1.721	0.031
1.788	0.030
1.894	0.027
1.999	0.024
2.104	0.022
2.210	0.020
2.315	0.018
2.420	0.016
2.526	0.015
2.631	0.014
2.736	0.013
2.841	0.012
2.947	0.011
3.052	0.010
3.157	0.010
3.263	0.009
3.368	0.008
3.473	0.008
3.579	0.008
3.684	0.007
3.789	0.007
3.895	0.006
4.000	0.006

Tali valori sono stati ricavati dal programma fornito dal Ministero Infrastrutture “Spettri-NTCver.1.03” in ragione del periodo di riferimento di 50 anni e delle probabilità di superamento  $P_{VR}$ , e comunque confermati da apposita procedura informatizzata sviluppata dalla Softing s.r.l. che, a partire dalle coordinate del sito oggetto di intervento, forniscono i parametri di pericolosità sismica da considerare ai fini del calcolo strutturale, riportati nei tabulati di calcolo.

## 9.4. Combinazione delle azioni

### 9.4.1. Combinazioni allo stato limite ultimo

Per la situazione permanente e transitoria si verifica che l'azione sollecitante di calcolo  $S_d$  sia inferiore alla resistenza ultima di calcolo  $R_d$ .

Le azioni sollecitanti di calcolo vanno calcolate secondo la seguente formulazione:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

dove:

$G$  è il valore caratteristico delle azioni permanenti;

$P$  è il valore caratteristico delle azioni di precompressione;

$Q_{k1}$  è il valore caratteristico dell'azione base di ogni combinazione;

$Q_{ki}$  i valori caratteristici delle azioni variabili tra loro indipendenti;

$\gamma_{G1}$  = Coefficiente di combinazione delle azioni permanenti;

$\gamma_{G2}$  = Coefficiente di combinazione delle azioni permanenti non strutturali;

$\gamma_P$  = Coefficiente di combinazione delle azioni di precompressione;

$\gamma_Q$  = Coefficiente di combinazione delle azioni variabili;

$\psi_{0i}$  = coefficiente di combinazione allo stato limite ultimo che tiene conto di valutazioni in senso statistico della contemporaneità della presenza dei carichi variabili.

Tutti i valori dei coefficienti moltiplicativi sono riportati nel capitolo Misura della Sicurezza.

### 9.4.2. Combinazioni allo stato limite per condizione eccezionale sismiche

Nella condizione eccezionale per sisma le condizioni da esaminare sono:

- *stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) (sisma con 10% di probabilità di accadimento nel periodo di vita della struttura)*

a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

- *stato limite ultimo di danno (SLD) (sisma 63% di probabilità di accadimento nel periodo di vita della struttura)*

a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza

nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature

#### 9.4.3. Combinazioni per lo stato limite ultimo

Le azioni sollecitanti di calcolo vanno calcolate secondo la formulazione (punto 2.5.3. DM 14/01/2008):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \times Q_{k1} + \psi_{22} \times Q_{k2} + \dots$$

dove:

E è il valore dell'azione sismica per lo stato limite in esame;

$G_1$  è il valore caratteristico delle azioni permanenti degli elementi strutturali;

$G_2$  è il valore caratteristico delle azioni permanenti degli elementi non strutturali;

$P_k$  è il valore caratteristico delle azioni di precompressione;

$Q_{ki}$  i valori caratteristici delle azioni  $Q_i$ ;

$\psi_{2i}$  = coefficiente che fornisce il valore quasi permanente dell'azione variabile  $Q_i$

I coefficienti  $\psi_{2i}$  per le diverse destinazioni d'uso e il fattore di importanza sono riportati nel capitolo “Misura della Sicurezza.”

#### 9.4.4. Combinazione per lo stato limite di danno

Le azioni sollecitanti di calcolo vanno calcolate e combinate secondo la formulazione del precedente paragrafo in accordo al punto 2.5.3 del DM 14/01/2008

#### 9.4.5. Stato limite di esercizio

Per le verifiche di stati limite di esercizio si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

- combinazione rara:

$$F_r = G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum(\psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

- combinazione frequente:

$$F_f = G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum(\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

- combinazione quasi permanente:

$$F_p = G_1 + G_2 + P + \sum(\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

Dove:

$G_1$  è il valore caratteristico delle azioni permanenti degli elementi strutturali;

$G_2$  è il valore caratteristico delle azioni permanenti degli elementi non strutturali;

$P$  è il valore caratteristico della precompressione;

$\psi_{1i}$  = coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;

$\psi_{2i}$  = coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

I coefficienti  $\psi_0$ ,  $\psi_1$ ,  $\psi_2$  sono riportati nel capitolo “Misura della sicurezza”.



## 9.4.6. Le combinazioni di carico

### Combinazione di Condizioni di Carico n°1

Car.vert.max con vento +X, dominante: residenziale

Verifica statica a SLU per la muratura = sì

Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 1.50, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.30

Coefficienti  $\psi_{i,0}$  per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.70, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 0.60, 9) 1.00

Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.05, 4) 0.75, 5) 0.90, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.30

### Combinazione di Condizioni di Carico n°2

Car.vert.max con vento +Y, dominante: residenziale

Verifica statica a SLU per la muratura = sì

Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 0.00, 6) 1.50, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.30

Coefficienti  $\psi_{i,0}$  per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.70, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 0.60, 9) 1.00

Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.05, 4) 0.75, 5) 0.00, 6) 0.90, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.30

### Combinazione di Condizioni di Carico n°3

Car.vert.max con vento -X, dominante: residenziale

Verifica statica a SLU per la muratura = sì

Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 1.50, 8) 0.00, 9) 1.30

Coefficienti  $\psi_{i,0}$  per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.70, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 0.60, 9) 1.00

Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.05, 4) 0.75, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 0.90, 8) 0.00, 9) 1.30

### Combinazione di Condizioni di Carico n°4

Car.vert.max con vento -Y, dominante: residenziale

Verifica statica a SLU per la muratura = sì

Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 1.50, 9) 1.30

Coefficienti  $\psi_{i,0}$  per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.70, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 0.60, 9) 1.00

Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.05, 4) 0.75, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 0.90, 9) 1.30

### Combinazione di Condizioni di Carico n°5

Car.vert.max, dominante: residenziale

Verifica statica a SLU per la muratura = sì

Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.30

Coefficienti  $\psi_{i,0}$  per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.70, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 0.60, 9) 1.00

Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.05, 4) 0.75, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.30

### Combinazione di Condizioni di Carico n°6

Car.vert.max, dominante: vento +X

Verifica statica a SLU per la muratura = sì

Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 1.50, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.30

Coefficienti  $\psi_{i,0}$  per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.70, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 0.60, 9) 1.00

Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.05, 4) 0.75, 5) 0.90, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.30

### Combinazione di Condizioni di Carico n°7

Car.vert.max, dominante: vento +Y

Verifica statica a SLU per la muratura = sì

Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 0.00, 6) 1.50, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.30

Coefficienti  $\psi_{i,0}$  per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.70, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 0.60, 9) 1.00

Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.05, 4) 0.75, 5) 0.00, 6) 0.90, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.30

### Combinazione di Condizioni di Carico n°8

Car.vert.max, dominante: vento -X

Verifica statica a SLU per la muratura = sì

Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 1.50, 8) 0.00, 9) 1.30

Coefficienti  $\psi_{i,0}$  per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.70, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 0.60, 9) 1.00

Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.05, 4) 0.75, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 0.90, 8) 0.00, 9) 1.30

**Combinazione di Condizioni di Carico n°9**

Car.vert.max, dominante: vento -Y  
Verifica statica a SLU per la muratura = sì  
Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 1.50, 9) 1.30  
Coefficienti psi,0 per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.70, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 0.60, 9) 1.00  
Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.05, 4) 0.75, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 0.90, 9) 1.30

**Combinazione di Condizioni di Carico n°10**

Car.vert.max con vento +X, dominante: neve <=1000m  
Verifica statica a SLU per la muratura = sì  
Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 1.50, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.30  
Coefficienti psi,0 per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.70, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 0.60, 9) 1.00  
Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.05, 4) 0.75, 5) 0.90, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.30

**Combinazione di Condizioni di Carico n°11**

Car.vert.max con vento +Y, dominante: neve <=1000m  
Verifica statica a SLU per la muratura = sì  
Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 0.00, 6) 1.50, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.30  
Coefficienti psi,0 per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.70, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 0.60, 9) 1.00  
Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.05, 4) 0.75, 5) 0.00, 6) 0.90, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.30

**Combinazione di Condizioni di Carico n°12**

Car.vert.max con vento -X, dominante: neve <=1000m  
Verifica statica a SLU per la muratura = sì  
Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 1.50, 8) 0.00, 9) 1.30  
Coefficienti psi,0 per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.70, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 0.60, 9) 1.00  
Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.05, 4) 0.75, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 0.90, 8) 0.00, 9) 1.30

**Combinazione di Condizioni di Carico n°13**

Car.vert.max con vento -Y, dominante: neve <=1000m  
Verifica statica a SLU per la muratura = sì  
Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 1.50, 9) 1.30  
Coefficienti psi,0 per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.70, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 0.60, 9) 1.00  
Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.05, 4) 0.75, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 0.90, 9) 1.30

**Combinazione di Condizioni di Carico n°14**

Car.vert.max, dominante: neve <=1000m  
Verifica statica a SLU per la muratura = sì  
Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.50, 4) 1.50, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.30  
Coefficienti psi,0 per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.70, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 0.60, 9) 1.00  
Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.30, 2) 1.50, 3) 1.05, 4) 0.75, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.30

**Combinazione di Condizioni di Carico n°15**

Ecc.max, con vento +X  
Verifica statica a SLU per la muratura = sì  
Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.00, 2) 0.00, 3) 0.00, 4) 0.00, 5) 1.50, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.00  
Coefficienti psi,0 per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.70, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 0.60, 9) 1.00  
Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.00, 2) 0.00, 3) 0.00, 4) 0.00, 5) 0.90, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.00

**Combinazione di Condizioni di Carico n°16**

Ecc.max, con vento +Y  
Verifica statica a SLU per la muratura = sì  
Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.00, 2) 0.00, 3) 0.00, 4) 0.00, 5) 0.00, 6) 1.50, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.00  
Coefficienti psi,0 per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.70, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 0.60, 9) 1.00  
Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.00, 2) 0.00, 3) 0.00, 4) 0.00, 5) 0.00, 6) 0.90, 7) 0.00, 8) 0.00, 9) 1.00

**Combinazione di Condizioni di Carico n°17**

Ecc.max, con vento -X  
Verifica statica a SLU per la muratura = sì

Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.00, 2) 0.00, 3) 0.00, 4) 0.00, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 1.50, 8) 0.00, 9) 1.00  
 Coefficienti  $\psi_{i,0}$  per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.70, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 0.60, 9) 1.00  
 Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.00, 2) 0.00, 3) 0.00, 4) 0.00, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 0.90, 8) 0.00, 9) 1.00

Combinazione di Condizioni di Carico n°18

Ecc.max, con vento -Y

Verifica statica a SLU per la muratura = sì

Coefficienti gamma (moltiplicatori) per le CCE = 1) 1.00, 2) 0.00, 3) 0.00, 4) 0.00, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 1.50, 9) 1.00

Coefficienti  $\psi_{i,0}$  per le CCE = 1) 1.00, 2) 1.00, 3) 0.70, 4) 0.50, 5) 0.60, 6) 0.60, 7) 0.60, 8) 0.60, 9) 1.00

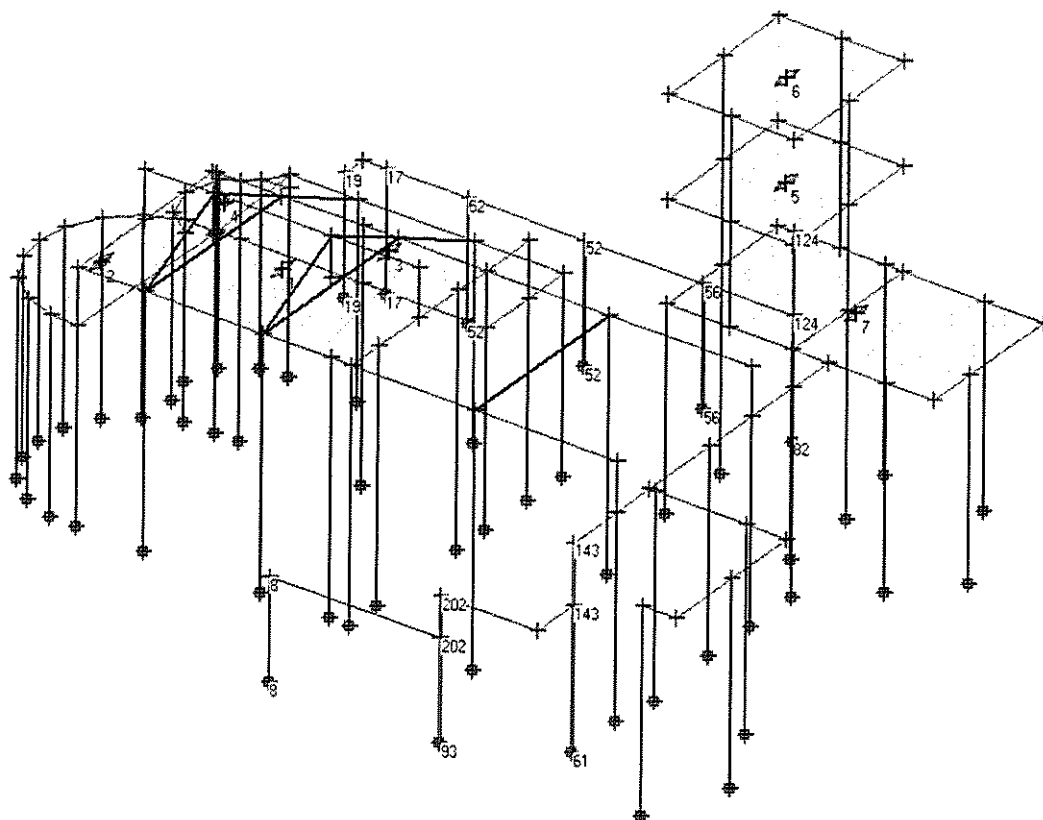
Moltiplicatori di calcolo per le CCE = 1) 1.00, 2) 0.00, 3) 0.00, 4) 0.00, 5) 0.00, 6) 0.00, 7) 0.00, 8) 0.90, 9) 1.00

#### 9.4.7. Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

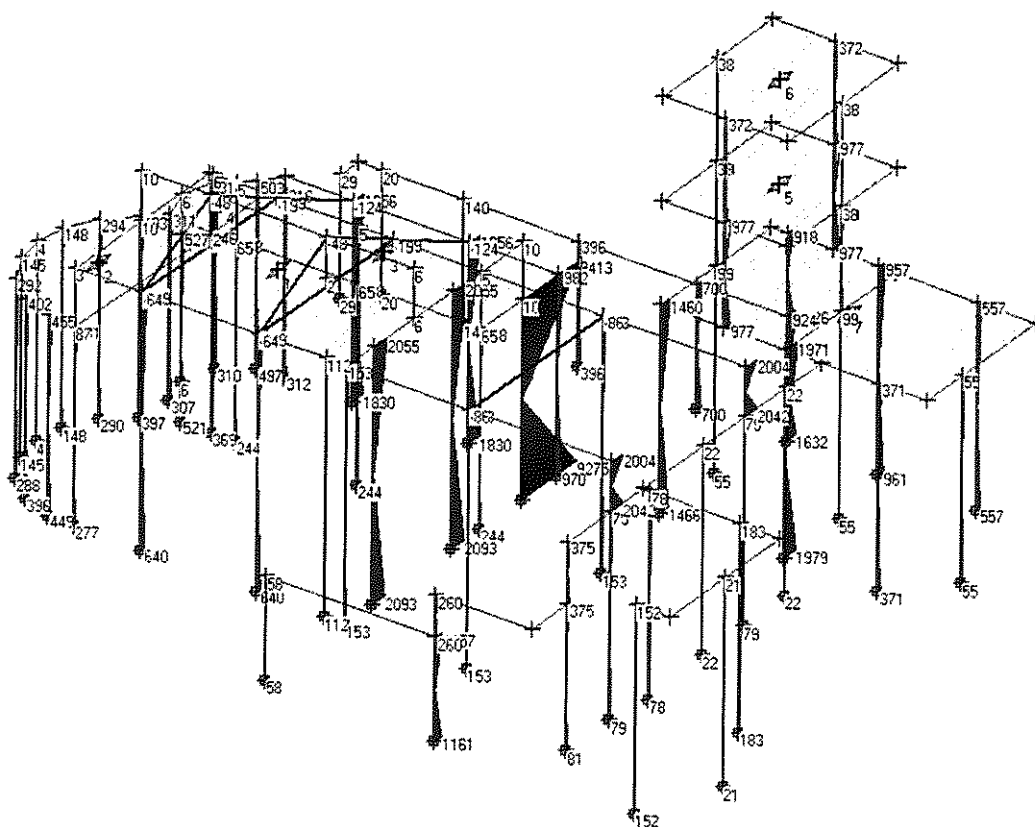
Programma di calcolo e post processori	PC.E.
Produttore	Aedes s.r.l.
Versione	2012
Licenza	45126

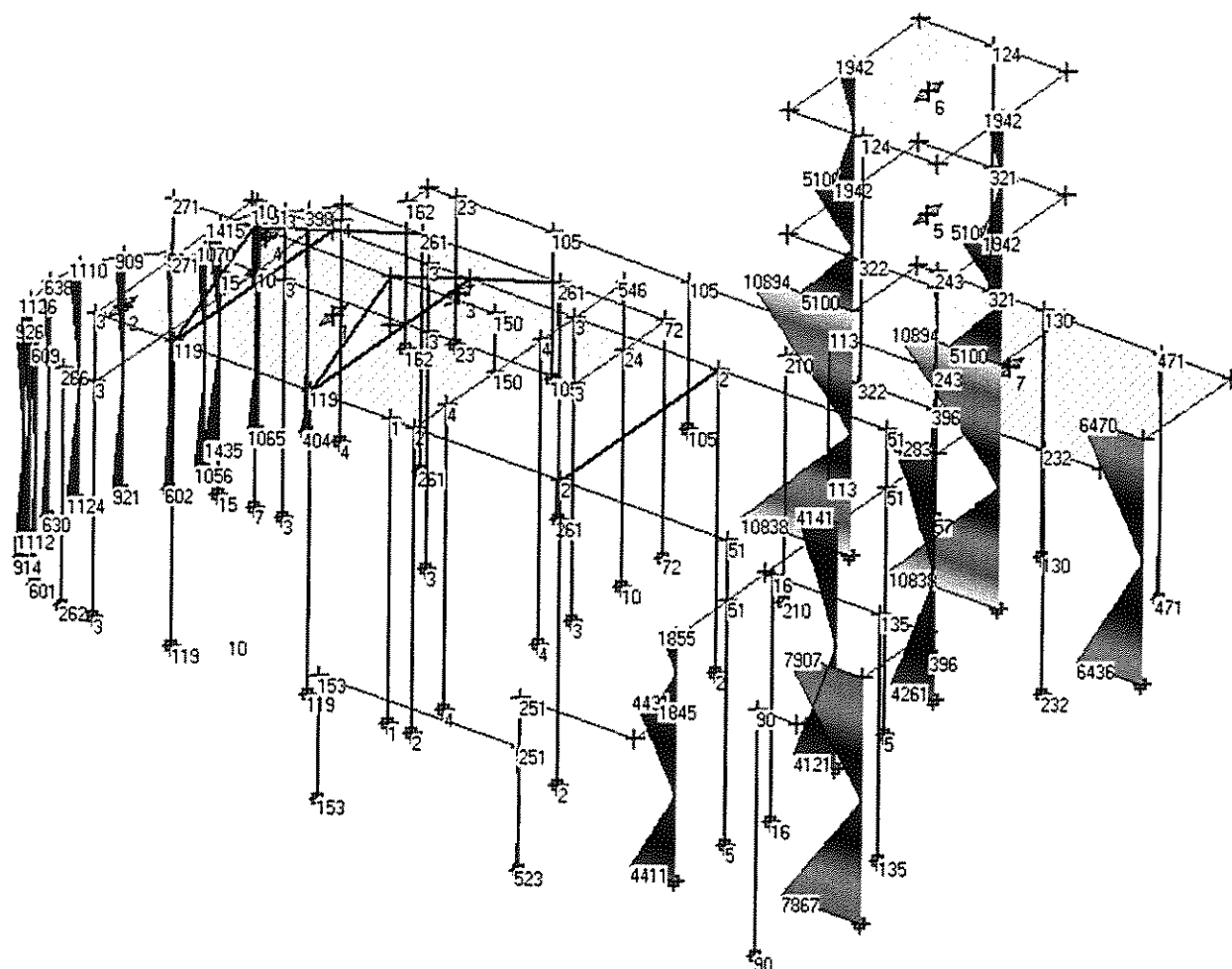






Momento flettente ( $M_x$ )





Momento flettente (Mz)

## 9.5.2. Risultati dell'analisi modale

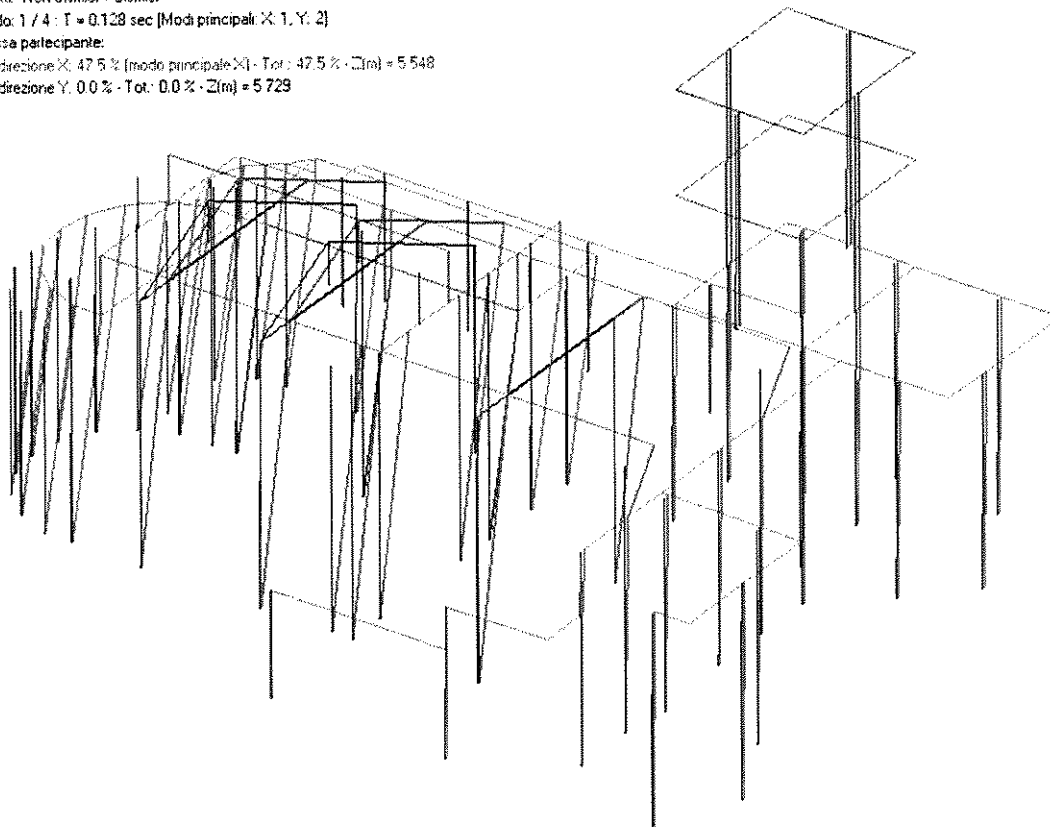
Effetti: Non Sismici + Sismici

Modo: 1 / 4 :  $T = 0.128$  sec [Modi principali X: 1, Y: 2]

Massa partecipante:

- in direzione X: 47.5 % (modo principale X) - Tot: 47.5 % -  $Z(m) = 5.548$

- in direzione Y: 0.0 % - Tot: 0.0 % -  $Z(m) = 5.729$

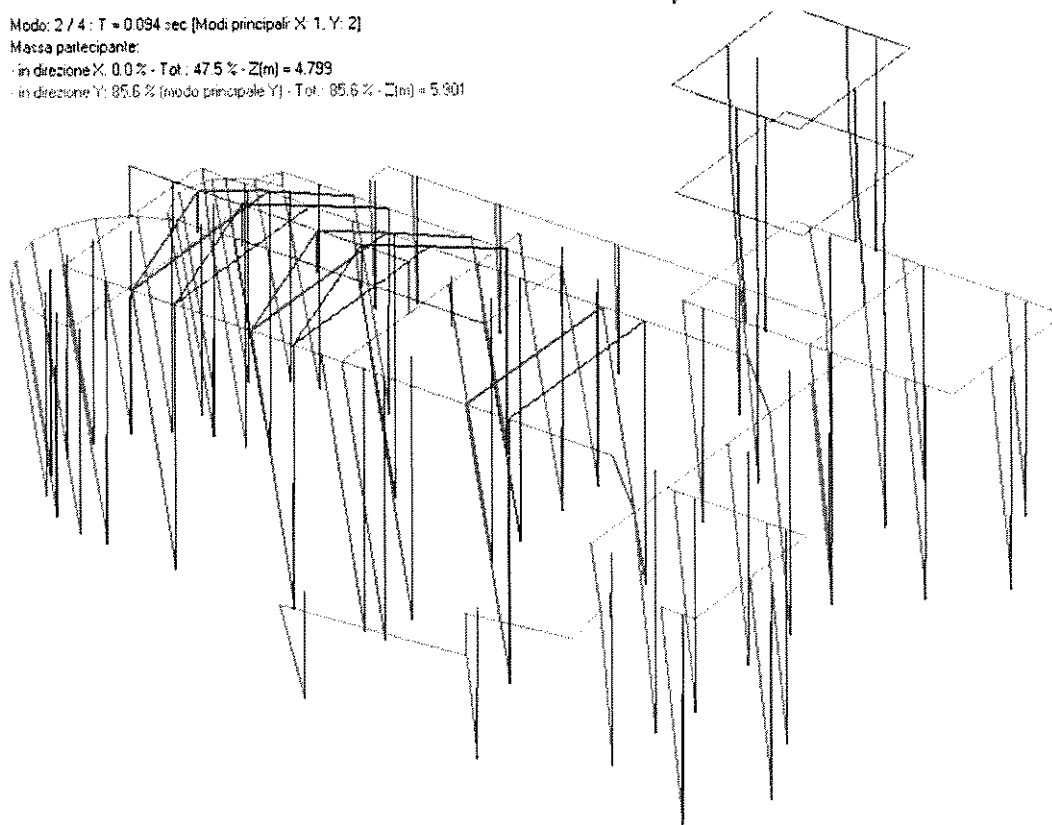


Modo: 2 / 4 :  $T = 0.094$  sec [Modi principali X: 1, Y: 2]

Massa partecipante:

- in direzione X: 0.0 % - Tot: 47.5 % -  $Z(m) = 4.799$

- in direzione Y: 85.6 % (modo principale Y) - Tot: 85.6 % -  $Z(m) = 5.901$



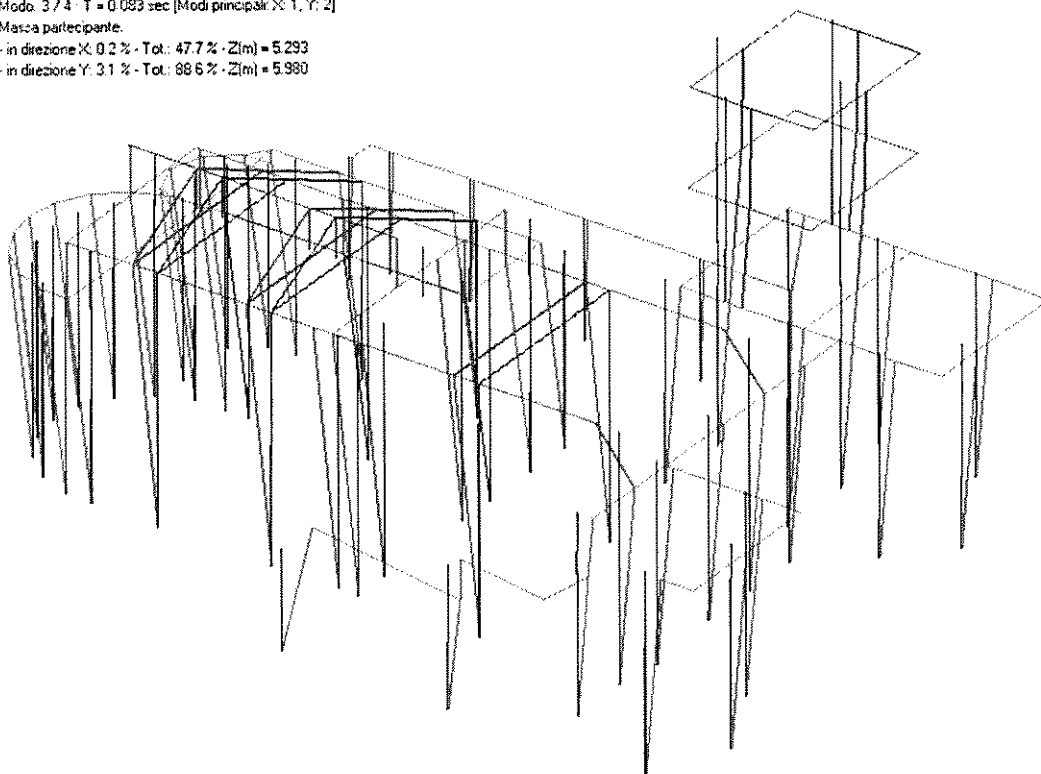


Modo: 3 / 4 -  $T = 0.083$  sec [Modi principali X: 1, Y: 2]

Massa partecipante:

- in direzione X: 0.2 % - Tot.: 47.7 % -  $Z(m) = 5.293$

- in direzione Y: 3.1 % - Tot.: 88.6 % -  $Z(m) = 5.980$



Modo: 4 / 4 -  $T = 0.079$  sec [Modi principali X: 1, Y: 2]

Massa partecipante:

- in direzione X: 45.6 % - Tot.: 93.3 % -  $Z(m) = 6.086$

- in direzione Y: 0.2 % - Tot.: 88.9 % -  $Z(m) = 6.089$



## 9.6 Conclusioni

A conclusione si riportano i coefficienti riepilogativi delle verifiche eseguite prima e dopo l'intervento di miglioramento eseguito:

D.M. 14.1.2008: Coefficienti di sicurezza [San_...				D.M. 14.1.2008: Coefficienti di sicurezza [San_...			
Analisi Statica Lineare NON Sismica [§4.5.5] Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura				Analisi Statica Lineare NON Sismica [§4.5.5] Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura			
SLU di salvaguardia della Vita (SLV) Verifiche di Resistenza				SLU di salvaguardia della Vita (SLV) Verifiche di Resistenza			
Inviluppo CCC				Inviluppo CCC			
[§4.5.5]				[§4.5.5]			
PressoFlessione Complanare [§4.5.6]	0.000	87.5%		PressoFlessione Complanare [§4.5.6]	0.000	90.0%	
Taglio per Scorrimento [§4.5.6]	7.977	100%		Taglio per Scorrimento [§4.5.6]	9.495	100%	
Taglio per Fessuraz. Diagonale [§4.5.6]	9.546	100%		Taglio per Fessuraz. Diagonale [§4.5.6]	>> 1	100%	
PressoFlessione Ortogonale (da modello 3D)	0.000	95.0%		PressoFlessione Ortogonale (da modello 3D)	0.000	98.8%	
PressoFlessione Ortogonale [§4.5.6.2]	4.262	100%		PressoFlessione Ortogonale [§4.5.6.2]	6.313	100%	
Ante-operam				Post-operam			

D.M. 14.1.2008: Coefficienti di sicurezza [San_Giuliano_...				D.M. 14.1.2008: Coefficienti di sicurezza [San_...			
Analisi Sismica Statica Lineare [§7.8.1.5.2] Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura				Analisi Sismica Statica Lineare [§7.8.1.5.2] Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura			
SLU di salvaguardia della Vita (SLV) Verifiche di Resistenza				SLU di salvaguardia della Vita (SLV) Verifiche di Resistenza			
Costruzione esistente, solo SLU [§8.3]: obbligatoria [§7.3.6.1, §7.8.2.2]				Costruzione esistente, solo SLU [§8.3]: obbligatoria [§7.3.6.1, §7.8.2.2]			
PressoFlessione Complanare [§7.8.2.2.1]	0.000	87.5%		PressoFlessione Complanare [§7.8.2.2.1]	0.000	86.3%	
Taglio per Scorrimento [§7.8.2.2.2]	0.944	97.2%		Taglio per Scorrimento [§7.8.2.2.2]	1.381	100%	
Taglio per Fessuraz. Diagonale [§8.7.1.5]	0.944	97.2%		Taglio per Fessuraz. Diagonale [§8.7.1.5]	1.649	100%	
PressoFlessione Ortogonale (da modello 3D)	0.000	85.0%		PressoFlessione Ortogonale (da modello 3D)	0.000	96.3%	
PressoFlessione Ortogonale [§7.2.3]				PressoFlessione Ortogonale [§7.2.3]			
Ante-operam				Post-operam			

D.M. 14.1.2008: Coefficienti di sicurezza [San\_Giuliano... D.M. 14.1.2008: Coefficienti di sicurezza [San...

### Analisi Sismica Dinamica Modale [§7.8.1.5.3] Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura

SLU di salvaguardia della Vita (SLV)

Verifiche di Resistenza

Costruzione esistente, solo SLU [§8.3]: obbligatoria  
 [§7.3.6.1, §7.8.2.2]

PressoFlessione Complanare [§7.8.2.2.1] **0.000** 85.0%

Taglio per Scorrimento [§7.8.2.2.2] **0.358** 97.4%

Taglio per Fessuraz. Diagonale [§8.7.1.5] **0.358** 97.4%

PressoFlessione Ortogonale  
 (da modello 3D) **0.000** 87.5%

PressoFlessione Ortogonale [§7.2.3]

Ante-operam

### Analisi Sismica Dinamica Modale [§7.8.1.5.3] Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura

SLU di salvaguardia della Vita (SLV)

Verifiche di Resistenza

Costruzione esistente, solo SLU [§8.3]: obbligatoria  
 [§7.3.6.1, §7.8.2.2]

PressoFlessione Complanare [§7.8.2.2.1] **0.000** 82.5%

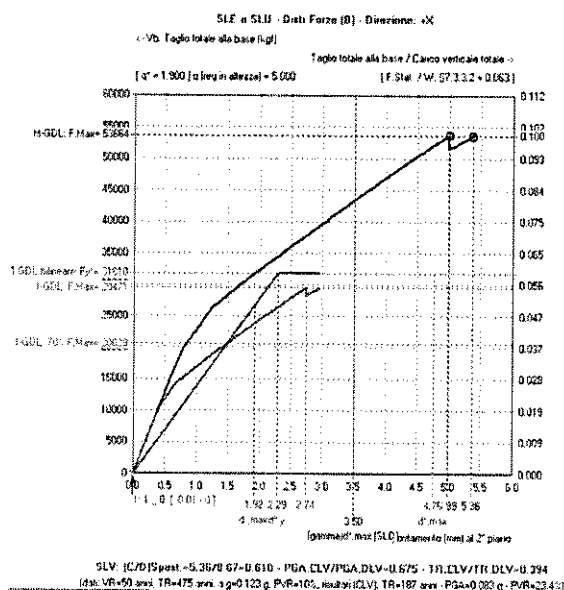
Taglio per Scorrimento [§7.8.2.2.2] **0.627** 97.4%

Taglio per Fessuraz. Diagonale [§8.7.1.5] **0.749** 97.4%

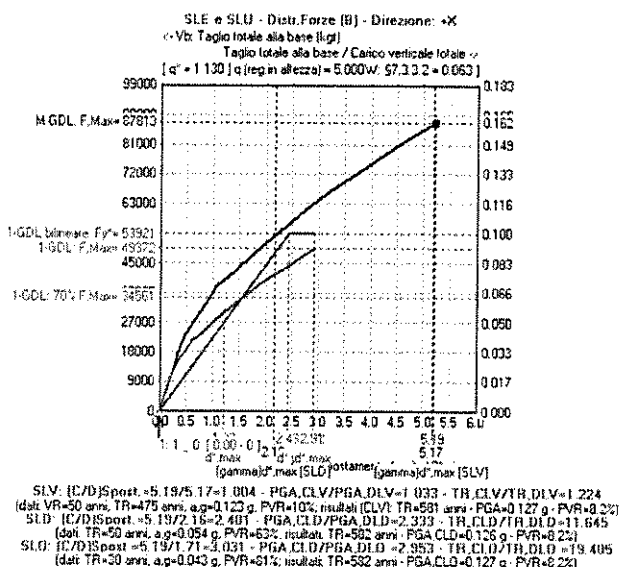
PressoFlessione Ortogonale  
 (da modello 3D) **0.000** 92.5%

PressoFlessione Ortogonale [§7.2.3]

Post-operam



Ante-operam



Post-operam

