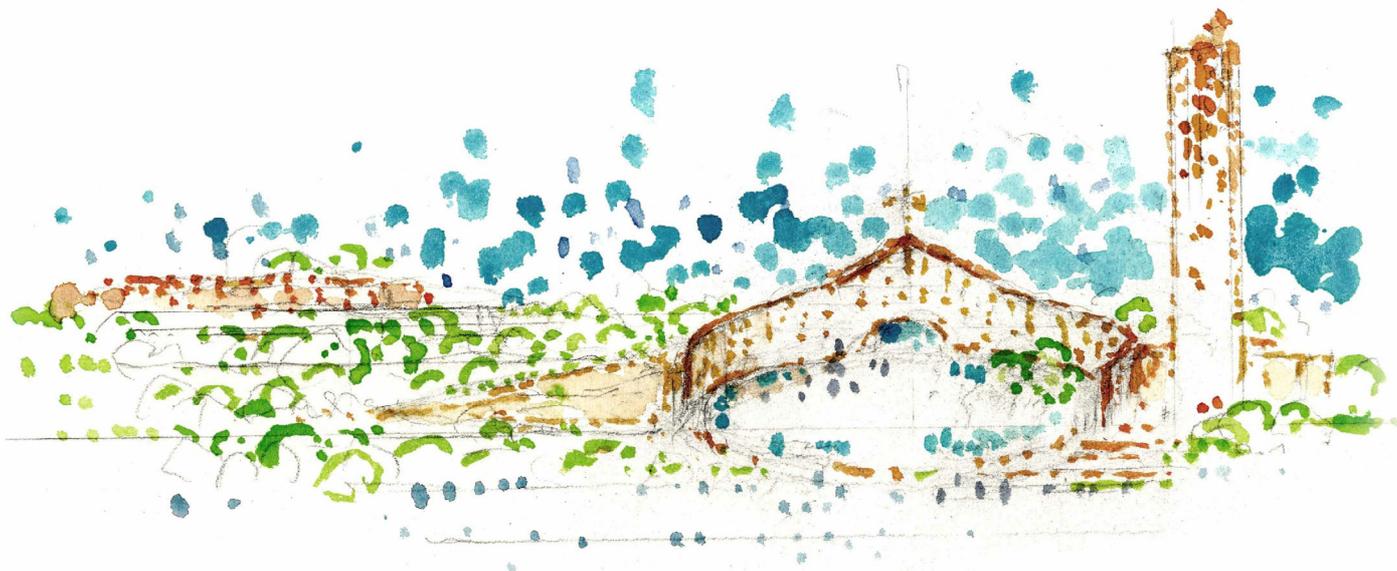


Comune di Oppido Lucano
Provincia di Potenza
Arcidiocesi di Acerenza

CHIESA PARROCCHIALE "SANTI PIETRO E PAOLO APOSTOLI"



PROGETTO ESECUTIVO

COMMITTENTE:

Parrocchia SS. Pietro e Paolo
Via Palermo 12, Oppido Lucano (Pz)
Parroco: Don Domenico Santomauro

PROGETTO:

ISOLARCHITETTI Srl (capogruppo)
Prof. Arch. Aimaro Oreglia d' Isola
Arch. Saverio oreglia d'Isola
Arch. Flavio Bruna
Arch. Michele Battaglia
Arch. Andrea Bondonio
Arch. Stefano Peyretti
LSB ARCHITETTI ASSOCIATI
Arch. Giuseppe Dell'Aquila
Arch. Luca Pugno
Arch. Simone Pugno
ARCH. DOMENICO CHIUMMENTO (CSP e CSE d.lgs. 81/08)

PROGETTO STRUTTURE:
PROGETTO IMPIANTI:

Ing. Michele Masciavè
Per. Ind. Gerardo Cannella
Ing. Vito Oliveto

tavola	oggetto	data
STR - 1	Relazione tecnica specialistica	GIUGNO 2020
		Rev. 00

PREMESSA.

La presente relazione si riferisce alla costruzione di un nuovo edificio religioso a sorgere nel Comune di Oppido Lucano (PZ) e precisamente della nuova parrocchiale “Santi Pietro e Paolo Apostoli” – Arcidiocesi di Acerenza.

La costruzione della nuova chiesa è posizionata su fronte strada su una zona pianeggiante, che sarà oggetto di operazioni di scavo per portare la attuale paino di campagna a livello stradale.

Propedeutico alle verifiche strutturali è stato lo studio del complesso architettonico a integrare con il contesto urbano e delle preesistenze limitrofe, mediante un accurato rilievo ed alla caratterizzazione, anche tramite sondaggi ed indagini geofisiche, dell’area oggetto di intervento.

Il fabbricato a sorgere è ubicato nel comune di Oppido Lucano (PZ) (Codice ISTAT 076056 e codice catastale G081).





La posizione geografica del sito è individuata attraverso le seguenti coordinate geografiche (ED50):

Latitudine ED50 40,7646° (40° 45' 53");
Longitudine ED50 15,9908° (15° 59' 27");
Altitudine s.l.m. 707,99 m.

Ad oggi, il sito oggetto di intervento si presenta su un rilevato in massicciata drenante, realizzato successivamente alla demolizione di edificio scolastico.



NORMATIVE E LINEE GUIDA DI RIFERIMENTO.

Si riportano i massimi riferimenti normativi nazionali validi nell'ambito della valutazione della sicurezza statica e sismica delle costruzioni:

- **D.M. 17.1.2018:** *Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»* – G. U. n. 42 del 20.02.2018;
- **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** *“Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.”* G.U. supplemento ordinario n° 5 del 11.02.2019;
- **Nota del CSLPP N° 3187 del 21.03.2018:** *Prima applicazione del DM 17.01.2018, riportante l'aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”, alle procedure autorizzative e di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale;*

Per quanto non diversamente specificato nel D.M.17.01.2018, si intendono coerenti con i principi alla base del Decreto le indicazioni riportate nei seguenti EuroCodici strutturali applicati per validare i criteri generali di progettazione strutturale e di analisi utilizzati nel presente lavoro:

UNI EN 1991 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture;

UNI EN 1992 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo;

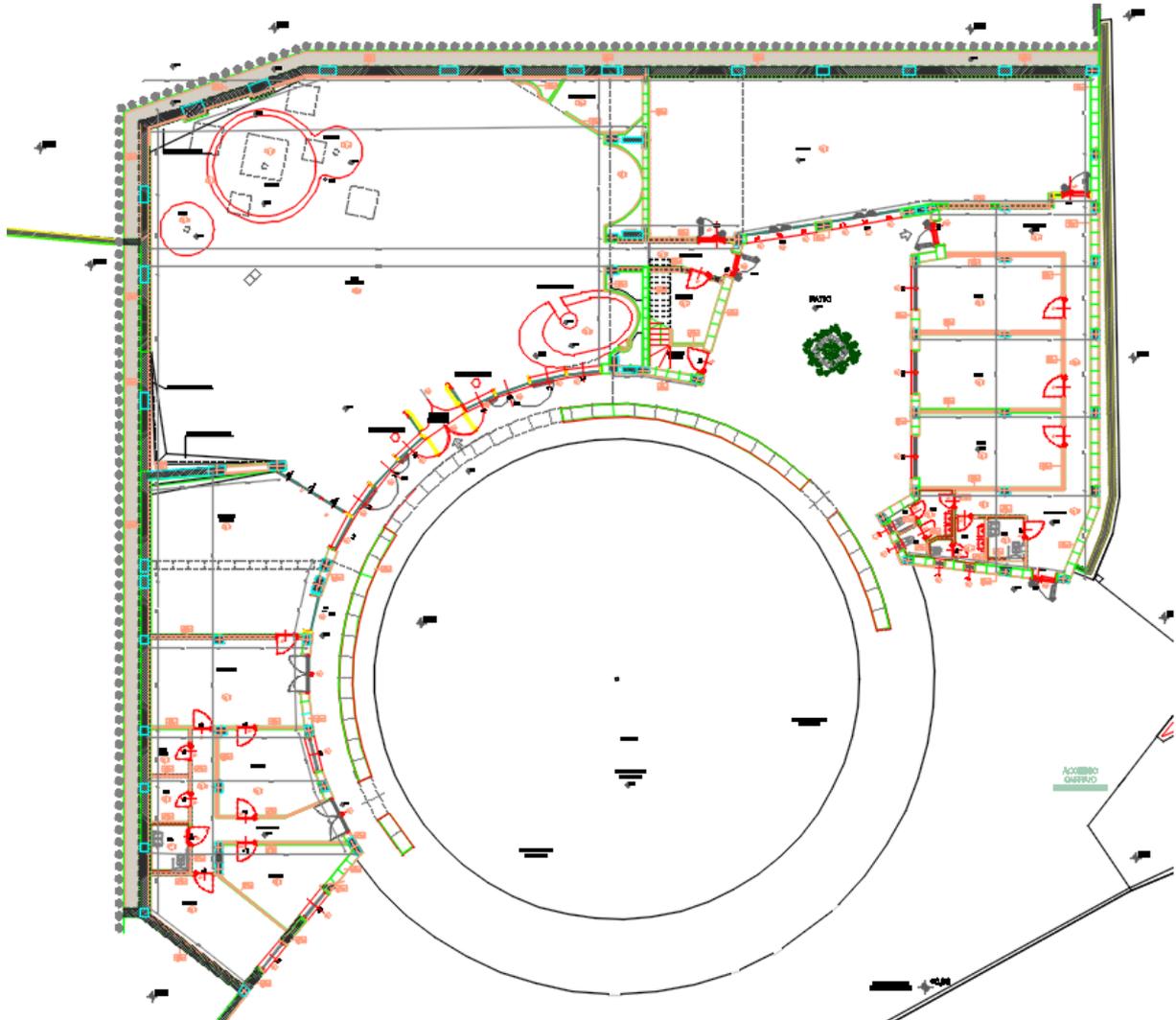
DESCRIZIONE DELLE OPERE.

La costruzione del nuovo edificio di culto, consta di tre interventi differenziati per tipologia e funzione. In particolare, per la particolarità del sito e dei lavori da eseguire, si rende necessaria la realizzazione di una paratia a pali disgiunti su due lati del lotto, come meglio esplicitato nel prosieguo della trattazione. Ci sono poi l'edificio di culto propriamente detto, denominato “Lotto 1” e il Campanile indipendente dalle strutture circostanti.

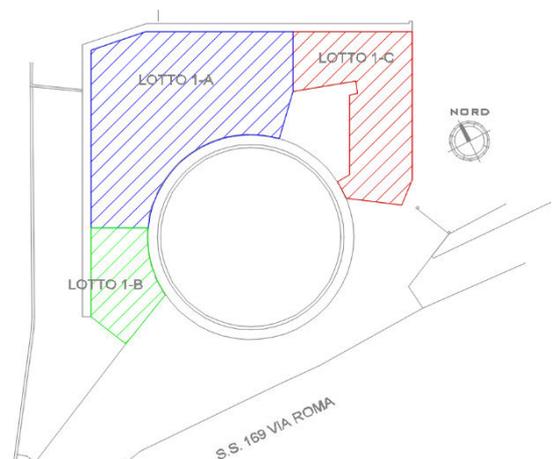
L'edificio di culto ha pianta a “C” ed è inscrivibile in un quadrato di lato di 45 m circa. Esternamente e con accesso diretto dalla sede stradale pubblica si trova il sagrato a pianta circolare.

La struttura si compone di diversi ambiti per destinazione funzionale e religiosa. Sulla sinistra (lato ovest) si trovano gli uffici della sacrestia e la Cappella feriale, al centro l'aula

liturgica con adiacente un salone per attività collettive, e sul lato destro (lato est) si posizionano le aule per l'esercizio delle attività pastorali e di catechesi.



In particolare si è proceduto ad una suddivisione funzionale del Lotto 1 in tre sotto-lotti, denominati *lotto1-A* (aula liturgica), *Lotto1-B* (sacrestia e cappella feriale) e *Lotto 1-C* (aree per attività pastorali) e alla quinta di *Facciata esterna* che rappresenta l'elemento architettonico di pregio e di riconoscibilità urbana del costruito.



Tutte le strutture sono in calcestruzzo armato in opera e in particolare il lotto 1-B e lotto 1-C presentano le coperture a falda inclinata con solai in laterocemento, al contrario del lotto 1-A che ha una struttura in legno lamellare a vista. Sulla copertura del lotto 1-B si prevede la realizzazione di un sistema di tetto giardino.

Maggiori dettagli sulle finiture e scelte architettoniche sono reperibili negli elaborati specifici a corredo del progetto.

Di seguito si porgono alcune viste di ricostruzione 3D.



La facciata esterna è realizzata con una parete in calcestruzzo armato in opera di spessore di 60 cm e si sviluppa secondo una circonferenza di 13 m di raggio. La sua altezza varia da 4.5 a 11.5 m circa nel colmo centrale. Nella parete si aprono delle aperture quadrate con allineamento sfalsato secondo filo verticale e al centro si trova il grande arco di apertura di 9 m per altezza di 3.5 m di ingresso all'aula liturgica. La finitura di tale struttura è in pietra in foglio di piccolo spessore e le aperture avranno chiusure con cristalli termici e di sicurezza.

Su tale parete si innestano le travi della copertura in legno lamellare dell'aula liturgica (lotto 1-A).

Il campanile si trova distanziato dal corpo del lotto 1 in direzione ovest. Si tratta di un elemento in calcestruzzo armato di 2.5 m di lunghezza e 1.5 di larghezza, per una altezza complessiva di 19 m circa. All'interno si trovano dei livelli che hanno funzione sia statica di irrigidimento delle pareti in calcestruzzo armato, sia anche come ripiani di sosta per l'accesso al piano delle campane che si trova a circa 14 da terra.

Anche su Campanile sono inserite delle aperture a sezione quadrata allineate nel senso verticale.

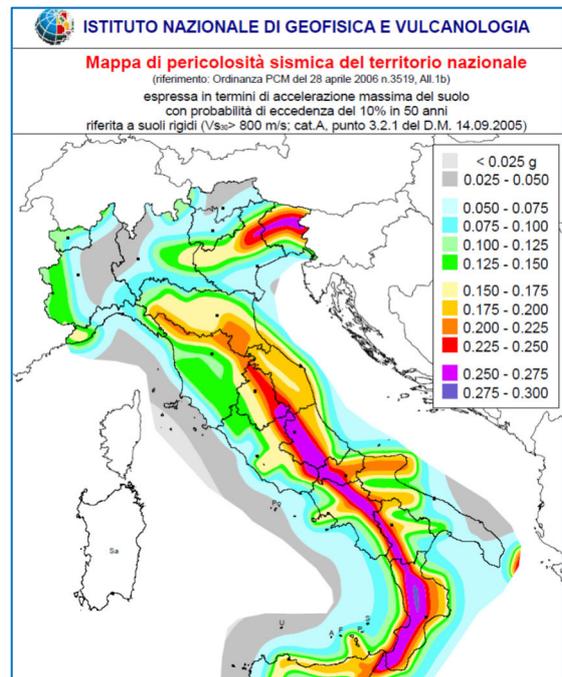
Le campane saranno sostenute dalla struttura in calcestruzzo mediante sistemi propri di sostegno che saranno forniti dal produttore delle stesse.

SISMICITÀ DELL'AREA.

In base all'attuale classificazione sismica, emanata dalla Protezione Civile con l'OPCM n. 3274 il 20 marzo 2003, il territorio nazionale è stato classificato come sismico e suddiviso in 4 zone, caratterizzate da pericolosità sismica decrescente. Tali zone sono individuate da 4 classi di accelerazione massima del suolo (PGA) con probabilità di accadimento del 10% in 50 anni: Zona 1: sismicità alta, $PGA > 0.25g$; Zona 2: sismicità media, $0.25g < PGA < 0.15g$; Zona 3: sismicità bassa, $0.15g < PGA < 0.05g$; Zona 4: sismicità molto bassa, $PGA < 0.05g$. Il Comune di Oppido Lucano rientra nella **Zona 2D¹**, zona a bassa sismicità.

¹ Classificazione sismica LR 7 giugno 2011, n. 9.

ZONA 1	È la zona più pericolosa, dove in passato si sono avuti danni gravissimi a causa di forti terremoti
ZONA 2	Nei comuni inseriti in questa zona in passato si sono avuti danni rilevanti a causa di terremoti abbastanza forti.
ZONA 3	I comuni inseriti in questa zona hanno avuto in passato pochi danni. Si possono avere scuotimenti comunque in grado di produrre danni significativi.
ZONA 4	È la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.



GEOMETRIA E CONFORMAZIONE STRUTTURALE.

La scelta progettuale di eseguire il costruito con struttura in calcestruzzo armato, è derivata dallo studio delle geometrie e della conformazione del sito in cui sorgerà l'edificio di culto. Infatti per portare la quota del sagrato a livello stradale, si dovrà necessariamente eseguire uno scavo e sbancamento di tutta l'area per una profondità di circa 4-4.5 m. pertanto la scelta di eseguire pareti in calcestruzzo armato sui lati lato monte del sito è premiante in termini di efficienza e durabilità dell'intervento. Inoltre, si dispone l'esecuzione di una paratia a pali trivellati disgiunti sui lati nord e ovest per consentire l'esecuzione delle fasi di costruzione in pianta sicurezza per gli operatori. Tale scelta è altresì premiante dal punto di vista delle economie strutturali in quanto si elimina la azione passiva del terreno sulle pareti interrato del lotto 1 con conseguente beneficio redistribuito su tutta la struttura.

Al fine di gestire al meglio le regolarità geometriche e meccaniche della struttura si è suddiviso il lotto 1 in tre sotto lotti mediante l'esecuzione di **giunti sismici** di misura pari a 20 cm sul lato contro terra e pari a 15 cm sulla facciata esterna. Tale strategia ha consentito di gestire le strutture in maniera più snella senza aggravio di costi di costruzione data la sua conformazione planimetrica e altimetrica.

Sistema fondazioni.

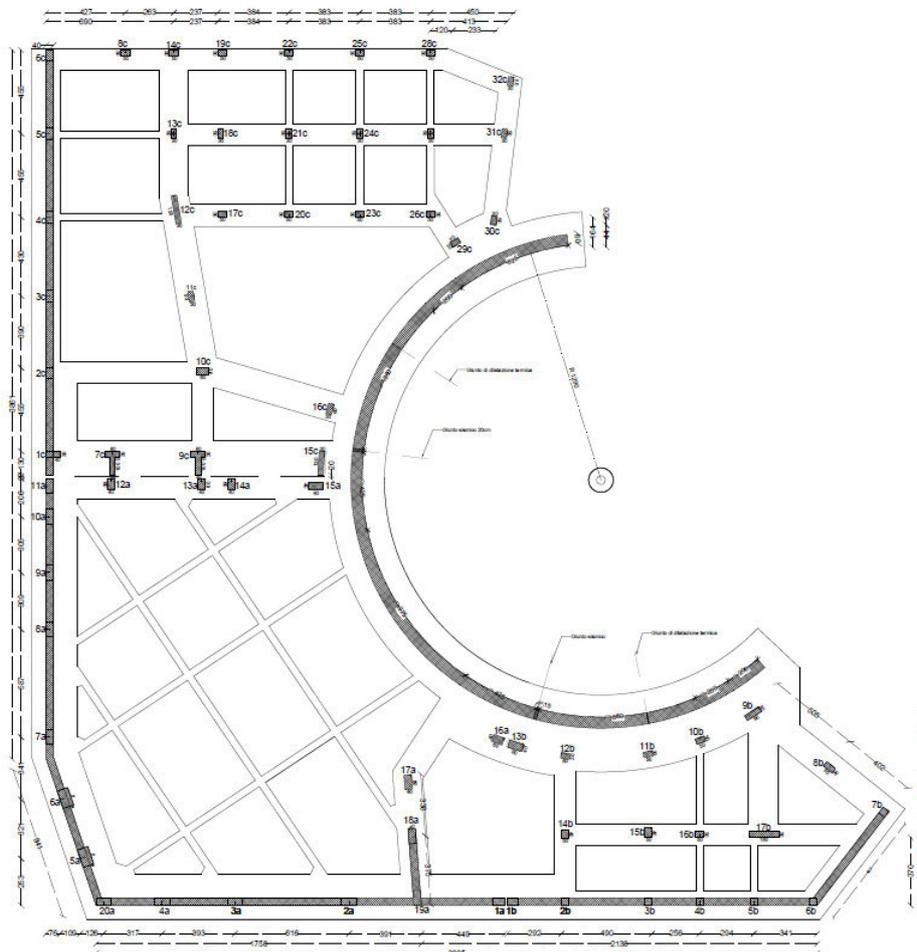
La struttura di fondazione del lotto 1 è stata concepita per trasferire i carichi rinvenienti dalla parte in elevazione direttamente e al terreno di fondazione. In particolare, poiché è presente una **falda** ad una quota al di sotto dell'attuale piano campagna con escursione variabile tra -5.0 e -5.6 m, si è optato per un sistema continuo a platea nervata.

Per questo motivo e per garantire maggiore durabilità al costruito e scongiurare eventuali risalite di umidità che potrebbero ammalorare pavimenti o arredi, la fondazione del lotto 1 è unica e continua per tutto lo sviluppo in pianta della struttura.

Per il lotto 1 non si prevedono esecuzioni di fondazioni profonde. Per il campanile invece, data la sua elevata snellezza e particolarità strutturale, si sono disposte fondazioni profonde su pali connesse da una platea di opportuno spessore.

La facciata è innestata su una trave di fondazione di idonea sezione con andamento pseudo anulare in pianta.

Maggiori dettagli sono reperibili nella Relazione geotecnica e sulle fondazioni allegata al presente progetto.



Sistema telai in calcestruzzo armato.

La struttura presenta connotazione schematica con elementi in calcestruzzo armato in pareti e pilastri. In particolare il lotto 1-C e lotto 1-B hanno una conformazione a telaio in quanto presenti pilastri e travi che si articolano in un sistema di reticolo strutturale a maglia quadrangolare e che sostengono poi i solai a falda inclinata in latero cemento.

Nel lotto 1-C è presente anche un livello per alloggiamento impianti e servizi raggiungibile mediante una scala in calcestruzzo in opera.

Sistema pareti in CA e murature.

Le pareti in calcestruzzo sono solo e quelle che si sviluppano lungo il confine del lotto a nord e a ovest. In particolare le stesse sono state definite mediante un sistema discontinuo per inserire i giunti sismici. Le pareti sono distanziate dal fronte di scavo della paratia sul lato nord (il cavedio si colmerà con materiale arido o ghiaia) mentre sul lato ovest sono interessate dalle spinte del terreno di ricoprimento vegetale per ricostruire un sistema continuo di verde dal lato monte sino al tetto verde del lotto 1-B. tale spinta attiva è stata tenuta in debita considerazione nelle analisi strutturali globali del modello di calcolo adottato per le verifiche.

Lo spessore delle pareti risulta essere di 40 cm per tutto lo sviluppo in altezza. Inoltre in sommità delle stesse si dispone un cordolo di coronamento.

I tamponi esterni sono invece realizzati con blocchi termici non portanti ad alta prestazione per garantire confort e qualità ambientale dei vani. In particolare si tratta di elementi molto leggeri del tipo

Scheda Tecnica di prodotto

Rev. 0.5

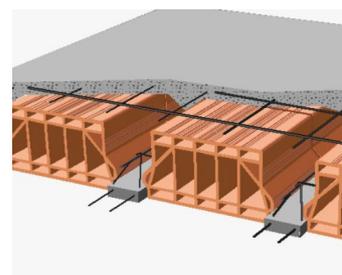
Nome del prodotto	Blocco	CLIMAGOLD 300			
Dimensioni Stabilimento di POE (l)	Lunghezza Altezza Spessore	mm	624		EN 772-16
			199		
			400	450	
Configurazione blocco	/	Maschiato			
Massa volumica lorda a secco	kg/m ³	300			EN 771-4
Calore specifico	kJ/(kg K)	1,00			EN 1745

I tramezzi interni di separazione dei vari ambienti sono invece realizzati con elementi in laterizio o equivalenti.

Il campanile ha pareti in calcestruzzo armato a spessore variabile, con riduzione dal basso verso l'alto. Nelle pareti ci sono le aperture per l'alloggiamento delle campane e finestrate quadrate.

Sistema solaio.

I piani delle coperture del lotto 1-B e lotto 1-C, nonché la porzione di copertura della cappella feriale e il primo livello del vano impianti, sono realizzati mediante solaio in latero cemento con travetti semi prefabbricati e pignatte di alleggerimento. Lo spessore dei solai, tenuto conto delle luci nette di calcolo, sono tutti di 25 cm, ad eccezione del solaio del lotto 1-B che ha spessore 30 cm (tetto verde).



Negli esecutivi sono riportate le modalità costruttive, le armature in aggiunta e di confezionamento dei travetti.

Il campanile presenta solette in calcestruzzo armato a forma piena.

Sistema scale interne.

Le scale uniche scale previste sono quelle per raggiungere il primo livello del vano impianti nel lotto 1-C e sono realizzate in calcestruzzo in opera, di larghezza rampa di 1 m.

Nel campanile non sono previste scale.

Sistema coperture.

Le coperture sono tutte a falda inclinata e si differenziano per la loro composizione e funzione. In particolare la copertura del lotto 1-A è realizzata a quattro falde e ha struttura in legno lamellare. Nella copertura, che ha una finitura in lamiera verniciata, si aprono alcuni lucernari che hanno funzione di illuminare l'aula liturgica. I lucernari sono posizionati in corrispondenza dell'altare.

La copertura del lotto 1-C è a falda inclinata unica e ha finitura in lamiera verniciata, ad eccezione del solaio di copertura del vano impianti che è piano e presenta un lucernario per accedere al tetto per la manutenzione e pulizia.

La copertura del lotto 1-B è realizzata mediante un sistema a tetto giardino opportunamente dimensionato e drenato.

INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE

Per ricostruire l'esatta successione stratigrafica delle formazioni e per acquisire le caratteristiche geognostiche, è stato fatto riferimento a quanto ottenuto effettuando una campagna di indagini geognostiche e sismiche coordinate e dirette insieme al *Dott.ssa Geol. Katia Straziuso*² che ha determinato un valore delle velocità, cui corrisponde una categoria del suolo di fondazione di tipo B.

Tali elementi, sono stati ritenuti sufficienti per la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito di intervento nonché per determinare la pericolosità sismica di base del sito, caratterizzare le V_{s30} e determinare la "categoria di sottosuolo" secondo quanto previsto nella tabella 3.2.II delle NTC2018.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

I dettagli e le ulteriori risultati interpretazioni di indagine sono riportate nel *Fascicolo indagini geofisiche* allegato alla Relazione geologica redatta dalla *Dott.ssa Geol. Katia Straziuso*

Sono state predisposte ed eseguite indagini geofisiche che hanno permesso di caratterizzare e quindi "conoscere" gli strati interessati dalle opere di fondazione.

Per maggiori dettagli e approfondimenti si rinvia alla relazione Geotecnica e sulle fondazioni.

² Geologa iscritta all'Ordine dei Geologi di Basilicata al n. 427, incaricato dalla Committenza di redigere lo studio geologico del sito e di coordinare e dirigere le indagini geofisiche congiuntamente al Progettista incaricato delle verifiche strutturali.

Dalla rielaborazione delle indagini e rilievi compiuti si è costruito un modello geologico stratigrafico, un modello della distribuzione delle velocità sismiche, all'interno dei terreni fino alla profondità di 30 m, e un modello geomeccanico e geotecnico.

Una tale ricostruzione ha portato, con ragionevole certezza a fare una serie di assunzioni e considerazioni:

- Le strutture fondali si attestano su formazioni Alternanza di Sabbie Fini e limi argillosi, denominati nel modello come strato Oppido ST_2
- Lo strato di fondazione presenta livello di falda e quindi si è proceduto ad una valutazione del rischi di liquefazione, che data la granulometria dei fini e le caratteristiche geomeccaniche del sito si può affermare che **non si possono produrre fenomeni di liquefazione;**
- La modellazione stratigrafica ha riconosciuto due strati interessati dal volume significativo delle strutture;
- Le pressioni di esercizio delle fondazioni, si esaurisce ad una profondità stimata di 8.00 - 10.00 m dal piano di posa;
- L'ipotesi fatta è di una fondazione superficiale per il lotto 1 e profonda per il Campanile, con una profondità di posa posta a circa -4.50 dal p.c. attuale.

Il livello di antropizzazione e/o urbanizzazione lascia intendere che il livello superiore del sito, sia stato nel tempo asportato (demolizione del vecchio edificio scolastico) per essere sostituito da materiali vari per la realizzazione della sede del piazzale e del parcheggio.

ANALISI DEI CARICHI.

Le azioni sulle costruzioni, così come indicato nelle NTC 2018, possono essere classificate secondo la variazione della loro intensità nel tempo. Tra queste vi sono le **azioni permanenti G** che agiscono durante tutta la vita nominale di progetto della costruzione, e si suddividono in **G1** (peso proprio di tutti gli elementi strutturali) e **G2** (peso proprio di tutti gli elementi non strutturali portati). Seguono poi le **azioni variabili Q** che agiscono con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel corso della vita nominale della struttura. Generalmente tali azioni prendono il nome di sovraccarichi accidentali. Tra le azioni variabili si annoverano anche le **azioni del vento**, le **azioni della neve** e le **azioni della temperatura**. Ci sono anche le **azioni eccezionali** che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura (incendi, esplosioni, urti ed impatti). Le azioni che

maggiormente producono il dimensionamento delle strutture sono le **azioni sismiche E** che sono derivanti dai terremoti.

La compresenza delle azioni permanenti con quelle variabili e sismiche, viene valutata mediante combinazioni di carico che sono ottenute mediante alternanza di carico in compartecipazione con gli altri mediante fattori di combinazione.

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{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 – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 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

Da questi parametri si determinano inoltre le combinazioni di carico per le valutazioni delle sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali.

– Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

– Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

– Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

– Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

– Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

– Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

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

$$G_1 + G_2 + \sum_j \Psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Per la determinazione dei **pesi propri**, degli elementi strutturali e dei materiali da costruzione impiegati, tipologia e ordine di tessitura dei solai, si è fatto utile riferimento alla tabella 3.1.I delle NTC2018.

Altre informazioni sono state reperite anche in UNI ENV 1991 Eurocodice 1 – Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Parte 2-1: Massa volumica, pesi propri e carichi imposti.

Tab. 3.1.I - Pesi dell'unità di volume dei principali materiali

MATERIALI	PESO UNITÀ DI VOLUME [kN/m ³]
Calcestruzzi cementizi e malte	
Calcestruzzo ordinario	24,0
Calcestruzzo armato (e/o precompresso)	25,0
Calcestruzzi "leggeri": da determinarsi caso per caso	14,0 ÷ 20,0
Calcestruzzi "pesanti": da determinarsi caso per caso	28,0 ÷ 50,0
Malta di calce	18,0
Malta di cemento	21,0
Calce in polvere	10,0
Cemento in polvere	14,0
Sabbia	17,0
Metalli e leghe	
Acciaio	78,5
Ghisa	72,5
Alluminio	27,0
Materiale lapideo	
Tufo vulcanico	17,0
Calcere compatto	26,0
Calcere tenero	22,0
Gesso	13,0
Granito	27,0
Laterizio (pieno)	18,0

Il software di calcolo attribuisce il valore del peso specifico del materiale agli elementi strutturali del modello di calcolo in modo automatico.

Per le azioni variabili esterne e i **sovraccarichi variabili** si è fatto riferimento alla tabella 3.1.II delle NTC2018.

In particolare per tenere in debita considerazione le azioni sul piano di fondazione si sono determinati i carichi variabili a pavimento dei vari ambienti.

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magna	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atrii di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
	≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00	

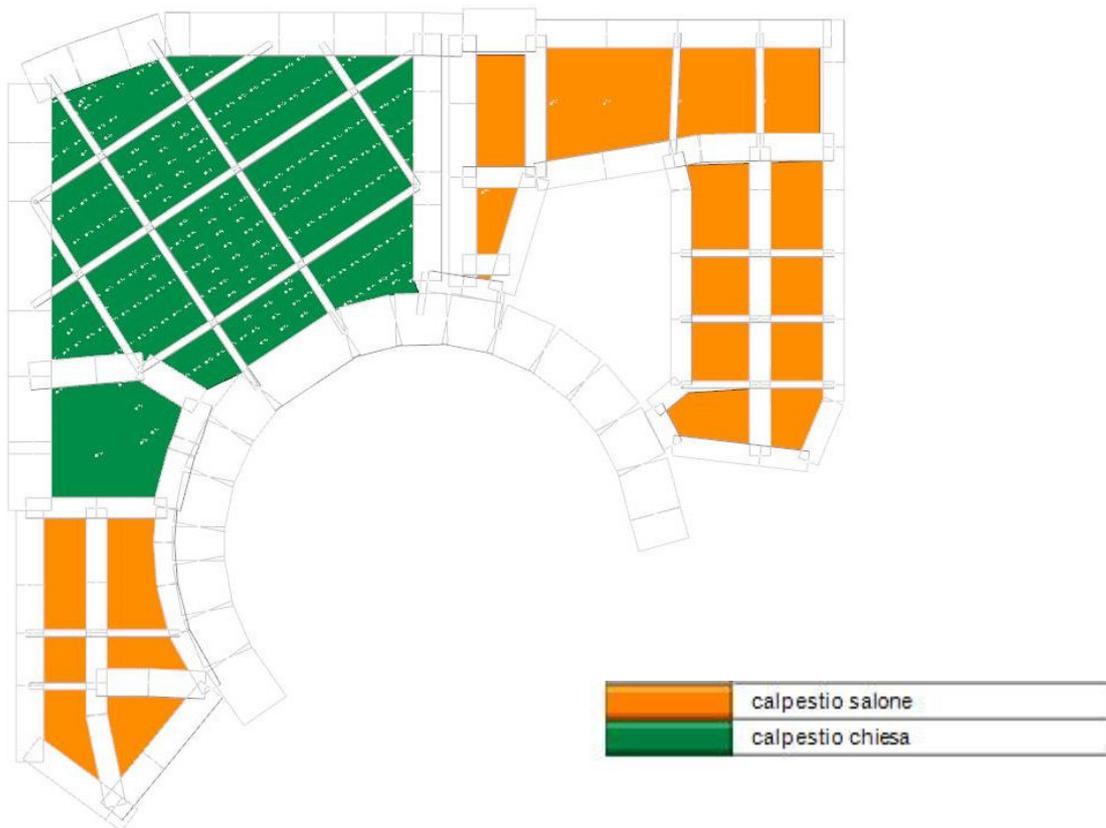
Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

Di seguito i carichi variabili applicati differenziati per colore e area con la nomenclatura imputata nel modello.



Per il **carico da neve**, si sono rispettate le prescrizioni di cui al punto 3.4 delle NTC2018.

Carico per neve in copertura Comune di Oppido Lucano		
	Zona	III
	Altitudine slm a_s	700 m
	Valore caratteristico neve al suolo q_{sk}	1.61 kN/m ²
	Coefficiente di forma μ	0.8
	Coefficiente di esposizione c_e	1
	Coefficiente termico c_t	1
	Carico per neve sulla copertura q	1.29 kN/m²

Analogamente per il **carico da vento**, si fa riferimento al punto 3.3 delle NTC2018, da cui si ricavano i seguenti dati:

Carico per vento Comune di Oppido Lucano		
	Zona	3
	Velocità di riferimento	27 m/sec
	Classe di rugosità	C
	Categoria di esposizione	IV
	Coefficiente di esposizione c_e	1.69
	Coefficiente di topografia	1.0
	Coefficiente dinamico	1.0
	Carico per vento	0.77 kN/m²

Tab. 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 15 m
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	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate,)

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa	10 km	30 km	500m	750m	
	mare					
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						

Tab. 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

Le azioni da carico da vento, date le masse strutturali e la tipologia di costruzione, sono ininfluenti sulle coperture in solaio e pareti in ca e quindi nella analisi delle azioni sulla struttura non si considera tale azione agente. Tuttavia si considera la azione sulla copertura in legno lamellare dell'aula liturgica e sul prospetto del campanile.

Le azioni di carico da vento valgono -100 daN/m² per l'aula liturgica e 185 daN/m² per il prospetto del Campanile.

Di seguito si riporta prospetto riepilogativo delle azioni di progetto:

copertura aula liturgica	
lamiera 8/10 e poliuretano da 100 mm tipo stiferite	12 daN/mq
orditura munita in legno- barriera vapore	10 daN/mq
pannello OSB	15 daN/mq
perlina 3 cm	15 daN/mq
totale	52 daN/mq
si dispone un carico pari a	55 daN/mq
sovraccarico variabile H	50 daN/mq
copertura vano impianti	
impermeabilizzazione	10 daN/mq
intonaco	25 daN/mq
totale	35 daN/mq
si dispone un carico pari a	40 daN/mq
sovraccarico variabile A	200 daN/mq
copertura salone e aule - cappella feriale	
lamiera 8/10 e poliuretano da 60 mm	12 daN/mq
impermeabilizzazione	13 daN/mq
intonaci	25 daN/mq
totale	50 daN/mq
sovraccarico variabile H	50 daN/mq
copertura verde sagrestia	
strato terreno 15 cm	300 daN/mq
strati impermeabilizzazione e coibenti	40 daN/mq
intonaco	25 daN/mq
totale	365 daN/mq
sovraccarico variabile H	50 daN/mq
calpestio aula liturgica - salone	
pavimento pietra	50 daN/mq
malta e massetto pesante 10 alleg.	250 daN/mq
camera d'aria igloo e impermeabilizzazione	30 daN/mq
totale	330 daN/mq
sovraccarico variabile C3	500 daN/mq
calpestio aula - sagrestia - vano impianti pt	
pavimento gres	50 daN/mq
malta e massetto pesante 10	250 daN/mq
camera d'aria igloo e impermeabilizzazione	30 daN/mq
totale	330 daN/mq
sovraccarico variabile C1,A	300 daN/mq
solaio impianti	
pavimento gres	40 daN/mq
malta e massetto alleggerito 8 cm	120 daN/mq
intonaco	25 daN/mq
totale	185 daN/mq
sovraccarico variabile A	200 daN/mq

carico per pompagni esterni

mattoni 300 daN/mc per 3 m di altezza media sp. 40 cm	360 daN/ml
intonaco e rivestimenti 30 daN/mq per 3 m di altezza	90 daN/ml
totale	450 daN/ml

ANALISI E MODELLAZIONE STRUTTURALE SECONDO NTC 2018.

Come già espresso in premessa, la verifica di sicurezza di un edificio deve seguire le direttive impartite dalle NTC2018, le quali definiscono quali siano i minimi requisiti di sicurezza da rispettare e le modalità di analisi da applicare.

Per la valutazione della sicurezza secondo le NTC2018 si adottano i criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite basati sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza.

Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza R_{ki} e l'effetto delle azioni F_{kj} , moltiplicate per coefficienti opportuni determinati dalla normativa e per cui la verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di resistenza si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale $R_d \geq E_d$ dove R_d rappresenta la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate e E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni.

I coefficienti parziali di sicurezza, γ_M e γ_F , associati rispettivamente al materiale e all'azione, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e alla affidabilità del modello di calcolo. I valori di detti coefficienti sono tabellati nelle normative tecniche in generale e nelle NTC 2018.

La norma impone che nella valutazione della sicurezza delle costruzioni si effettui la verifica degli stati limite definiti al § 3.2.1 delle NTC e in ottemperanza a quanto previsto al § 3.2.1, ai fini della valutazione della sicurezza nei riguardi dell'azione sismica occorre, verificare la costruzione per i seguenti stati limiti:

➤ *Stato limite di salvaguardia della vita (SLV)*: 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 rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- *Stato limite di danno (SLD)*: 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 rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature;
- *Stato limite di operatività (SLO)*: a seguito del terremoto, la costruzione nel suo complesso (includendo elementi strutturali, elementi non strutturali, ecc.) non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi. In particolare per la struttura in esame, essendo quest'ultima di primaria rilevanza per la gestione delle emergenze della protezione civile, il danneggiamento per sismi di elevata intensità deve essere tale da non interrompere i servizi erogati.

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM ^(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT ^(**)			DUT ^(**)		

^(*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

^(**) Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

Le verifiche allo stato limite di prevenzione del collasso (SLC), a meno di specifiche indicazioni, si svolgono soltanto in termini di duttilità e solo qualora le verifiche in duttilità siano espressamente richieste (v.§7.3.6.1)

Le verifiche di duttilità, secondo la precedente tabella, non sono dovute nel caso di progettazione con $q \leq 1,5$. Le verifiche di resistenza, quindi, sono state eseguite in SLV considerando che per gli edifici si assume che la verifica a SLV implichi anche la verifica allo stato limite ultimo SLC³ e che le verifiche di resistenza a SLD e SLO (stato limite di esercizio) sono state analizzate.

Poiché il sisma è un evento che si può manifestare con intensità e durata variabili e non prevedibili o conoscibili ai fini progettuali è possibile stabilire solo in termini *statistici* le accelerazioni massime legate alle azioni sismiche. Pertanto la **pericolosità sismica di base** di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità pari o superiore ad un valore prefissato di intensità caratterizzato

³ Stato Limite di Collasso SLC punto 7.3.6 della NTC2018.

da un determinato **periodo di ritorno** T_R (il tempo in anni che intercorre tra eventi successivi della medesima intensità).

Nelle NTC, tale lasso di tempo è denominato **periodo di riferimento** V_R e la probabilità che tale intensità venga superata nel tempo V_R è denominata *probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento* P_{VR} .

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Fondamentale è la determinazione della **Vita Nominale** dell'opera, ossia il periodo di tempo entro il quale la struttura può essere considerata sicura nei confronti una data azione sismica.

Non essendoci indicazioni prescrittive da parte del Committente si determina la vita nominale della struttura pari a $V_N = 50$ anni in modo da poter determinare le azioni sismiche di progetto ad essa riferita, così come prescritto al Capitolo 2 delle NTC2018

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Ai fini della determinazione dell'azione sismica verrà preliminarmente valutato il periodo di riferimento V_R della costruzione (espresso in anni), ottenuto come prodotto tra la **vita nominale** V_N fissata all'atto della progettazione ed il **coefficiente d'uso** C_U che compete alla classe d'uso nella quale la costruzione ricade.

Si ricaverà poi, per lo stato limite scelto e relativa probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , il periodo di ritorno T_R del sisma e l'accelerazione del suolo a_g , le forme dello spettro di risposta di progetto.

2.4.2. CLASSI D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

In particolare per quanto concerne la Classe d'uso, dalle NTC 2018 e di concerto con il Committente si è determinata la **classe d'uso III** e conseguente valore del coefficiente d'uso $C_U=1.5$ poiché trattasi di edificio con *affollamenti significativi*. Questa scelta impone una azione sismica di progetto più severa e pertanto più conservativa per quanto attiene ai requisiti di sicurezza strutturale.

Pertanto per lo studio condotto si determina il periodo di riferimento $V_R = 75$ anni, da cui derivano:

Stato limite	V_N	V_R	T_R	P_{VR}
SLO	50	75	45	81%
SLD	50	75	75	63%
SLV	50	75	712	10%

Con riferimento alla **risposta sismica locale (RSL)**, invece, occorre valutare fattori locali specifici del sito che possono interagire con le azioni sismiche amplificandone la portata e quindi l'azione complessiva sulla costruzione.

Lo studio della RSL è stato condotto mediante indagini geofisiche che hanno evidenziato che lo spettro di risposta elastico di un terreno di categoria B presenta una accelerazione attesa al suolo che sottostima l'azione sismica di progetto effettiva del sito.

Gli elementi geologici che possono produrre amplificazione sismica sono descritti dalle NTC 2018 e prendono in considerazione l'amplificazione legata agli effetti delle *condizioni stratigrafiche* del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle *condizioni*

topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale.

In particolare:

- **effetti stratigrafici**, legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- **effetti topografici**, legati alla configurazione topografica del piano campagna.

In generale, la valutazione della risposta sismica locale consiste nella modifica dello spettro di risposta in accelerazione del moto sismico di riferimento, relativo alla categoria di sottosuolo su un rilievo con inclinazione definita e nota. Tali fattori, sono stati determinati mediante valutazioni dirette e in particolare si riscontra il terreno di **categoria A** (coefficiente $S_s > 1.0$) e la **categoria topografica T1** ($S_T=1.0$), ovvero rilievo con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

Note tutte le variabili, sarà possibile definire le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei parametri tabellati in normativa e reperibili sul sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici <http://cslp.mit.gov.it>, da cui determinare:

a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale è definito mediante le seguenti:

$$\begin{array}{ll}
 0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{array}$$

Il software di calcolo **SismiCad**[®] ver. 12.15 prodotto dalla Concrete srl⁴ impiegato per le analisi del modello statico lineare e non lineare, genera in automatico gli spettri di risposta elastica e, a meno del fattore di struttura, gli equivalenti spettri di progetto.

Per il lotto 1 si hanno i seguenti parametri:

Stato limite	S _s (RSL)	T _B [sec.]	T _C [sec.]	T _D [sec.]
SLO	1.326	0.083	0.250	1.888
SLD	1.273	0.084	0.250	1.952
SLV	1.347	0.167	0.498	2.448

Nella tabella sono riportati i parametri caratteristici per la costruzione degli spettri di risposta elastica impiegati per la valutazione della azione sismica di progetto, al netto del fattore di comportamento q.

Per quanto attiene alla scelta del **fattore di comportamento q**, tale parametro numerico dipende dalla duttilità della struttura ossia dalla sua capacità di superare il limite di comportamento elastico lineare e di entrare in campo plastico, tale capacità è strettamente legata alla tipologia strutturale e alla presenza di particolari accorgimenti in fase di costruzione.

Il comportamento duttile è tenuto in conto svolgendo un'analisi lineare basata su uno spettro di risposta ridotto, detto perciò "spettro di progetto", introducendo appunto il coefficiente q.

Il valore del fattore di struttura viene definito in funzione del materiale, degli schemi strutturali, regolarità della costruzione, etc. ed è posto pari a **q=1.5** ovvero struttura non dissipativa.

Fattore di comportamento per sisma SLD X	1
Fattore di comportamento per sisma SLD Y	1
Fattore di comportamento per sisma SLD Z	1
Fattore di comportamento per sisma SLV X	1.5
Fattore di comportamento per sisma SLV Y	1.5
Fattore di comportamento per sisma SLV Z	1.5

⁴ Il codice di calcolo SismiCad[®], è prodotto e distribuito dalla casa di software Concrete s.r.l. - Via della Pieve, 19 - 35121 Padova (Tel. 049-8754720 Fax 049-8755234) e il prodotto utilizzato per questa elaborazione è SismiCad[®] ver. 12.15 - Licenza N° 4279523 assegnata a Studio Tecnico Associato Masciavè' e Mangialardi - Via Mangione, 21 -CORATO (BA).

Data la presenza di travi in copertura con luce superiore a 20 m, si è anche effettuata la verifica sismica per sisma in direzione z, da due si ricavano i seguenti periodi propri:

$$T_{1,x} = 0.11812 \text{ [s]}$$

$$T_{1,y} = 0.0237 \text{ [s]}$$

$$T_{1,z} = 0.72 \text{ [s]}$$

Nel modello matematico, del lotto 1, generato dal software di calcolo saranno presi in considerazione i seguenti parametri:

$$Ag/g \text{ SLO} = 0.0529$$

$$Ag/g \text{ SLD} = 0.0665$$

$$Ag/g \text{ SLV} = 0.1549$$

Nei grafici allegati nei rispettivi tabulati di calcolo, del Loto 1 e del Campanile, sono riportati in ordinate il parametro Acc./g che rappresenta la Accelerazione spettrale normalizzata ottenuta dividendo l'accelerazione spettrale per l'accelerazione di gravità, mentre sulle ascisse è riportato il Periodo di vibrazione T.

CODICE DI CALCOLO E CRITERI DI MODELLAZIONE.

L'aspetto più delicato nello studio di un edificio è quello della modellazione dello schema resistente, procedura che viene effettuata mediante impiego di opportuni software che sono in grado di discretizzare la struttura imputata in elementi semplici (aste, nodi e mesh) dotati di determinate caratteristiche geometriche e dinamiche.

Il software impiegato per la modellazione della costruzione in esame è denominato **SismiCad®**, prodotto e distribuito dalla casa di software Concrete s.r.l. di Padova e si tratta di un programma per il calcolo strutturale con modellazione agli elementi finiti, dotato di input grafico proprio o mediante CAD esterno, con un solutore tridimensionale di tipo SAP e con strumenti di progettazione specifici per strutture in c.a., acciaio, muratura e legno.

Il codice di calcolo, dopo una attenta valutazione e disamina dei risultati ottenuti e della documentazione a supporto dello stesso fornita dal produttore, risulta affidabile e idoneo per questo caso specifico di impiego. Maggiori dettagli sono reperibili nell'allegato relativo al codice di calcolo.

La modellazione ad elementi finiti mono e bidimensionali permette almeno apparentemente una migliore schematizzazione della struttura, ma si può rilevare un

comportamento molto diverso da quello effettivo dovuto alla discretizzazione ad elementi finiti.

La risoluzione del modello globale con il **metodo agli elementi finiti** impone la suddivisione della struttura in parti discrete, chiamati elementi, interconnessi tra loro in un numero finito di punti o nodi dotati di gradi di libertà che possono essere variamente vincolati a seconda delle necessità strutturali. Imponendo l'equilibrio ad ogni nodo, le matrici di rigidezza dei singoli elementi sono assemblate in un unico sistema di equazioni lineari che, risolto rispetto agli spostamenti nodali incogniti, fornisce le deformazioni e le sollecitazioni relative ad ogni singolo elemento.

Da un punto di vista normativo circa l'inquadramento strutturale si definisce la struttura **non regolare in pianta**, in quanto ciascun orizzontamento non ha una "*rigidezza nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidezza degli elementi strutturali verticali da potersi assumere che la sua deformazione in pianta influenzi in modo trascurabile la distribuzione delle azioni sismiche tra questi ultimi e ha resistenza sufficiente a garantire l'efficacia di tale distribuzione*"⁵. Inoltre la struttura è **non regolare in altezza** poiché massa e rigidezza variano in maniera non graduale, con bruschi cambiamenti, per evidenti destinazioni d'uso e spazialità delle strutture ai diversi piani.

Approssimazioni fatte in fase di modellazione

La struttura è stata supposta **poggiata al suolo e impedita di traslare orizzontalmente**.

Inoltre si è considerato il solaio in laterizio a falda inclinata e la copertura in legno come **piano non rigido**,

Per completezza si elencano le **semplificazioni** adottate e non pregiudizievoli, a parere del sottoscritto, per la qualità dei risultati ottenuti.

a) regolarizzazione degli allineamenti delle pareti e telai di calcestruzzo con l'inserimento delle stesse secondo una maglia di allineamenti per quanto possibile ortogonali;

b) in corrispondenza dell'appoggio di una trave in testa alla parete in CA si è provveduto all'inserimento all'interno dello spessore delle pareti di elementi pilastro, in modo da definire il locale infittimento delle armature;

⁵ DM 17.01.2018 – Nuove norme tecniche per le costruzioni – punto 7.2.1

c) unicità delle caratteristiche meccaniche dei materiali calcestruzzo e tipologia del legno lamellare;

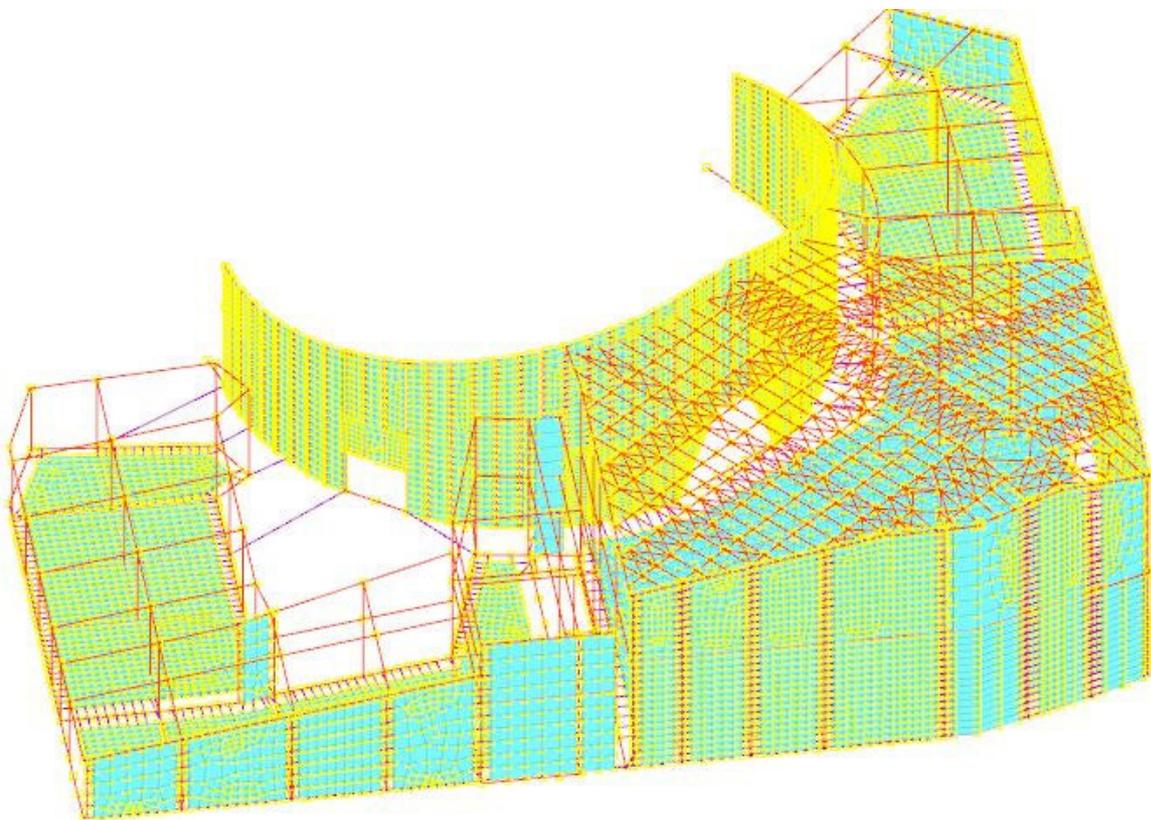
Altre ipotesi relative ai carichi e scelte di modello sono state in precedenza illustrate e motivate.

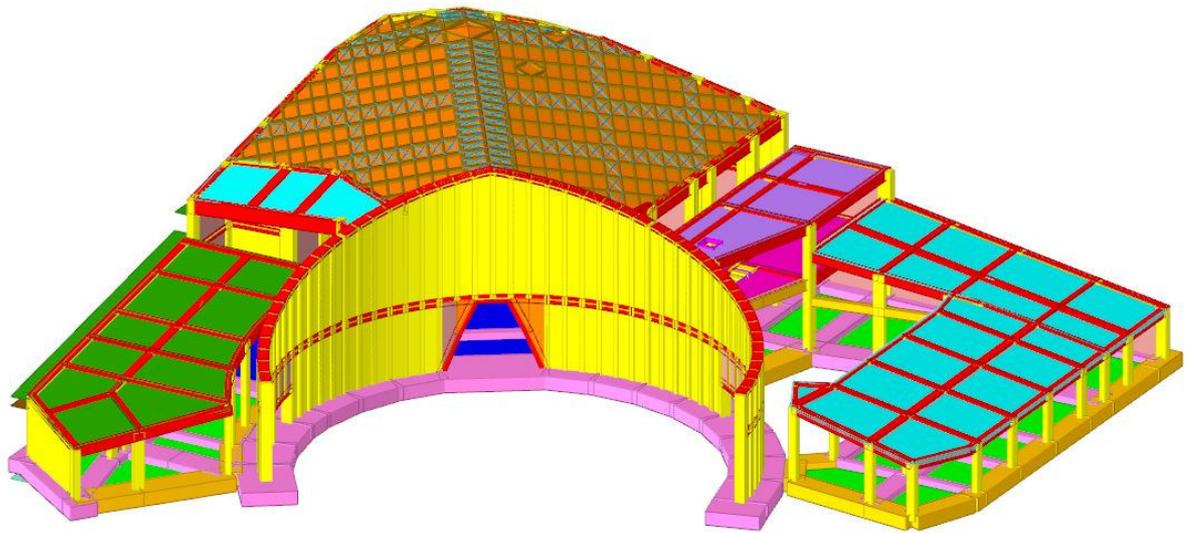
Mediante l'impiego di software dedicato alla modellazione, analisi e verifica delle strutture, si è prodotto lo studio della struttura in esame.

In prima fase si è ricostruito un **modello matematico** della costruzione con i propri materiali, spessori e posizione, cercando di avvicinarsi quanto più possibile al progetto architettonico pur mantenendo le impostazioni di congruità e convergenza di aste e nodi.

Il modello si compone di elementi monodimensionali aste e nodi, bidimensionali gusci, che sono caratterizzati a loro volta da massa e resistenza proprio dell'elemento FEM modellato.

A titolo esemplificativo si riportano le fasi di costruzione del modello.





La modellazione in formato analitico e numerico è riportata nel Tabulato dei calcoli e nella relazione sintetica dei risultati, allegati alla presente.

Bari,

Il calcolatore delle strutture