

## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell’offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università  
Investimento 1.1: Piano per asili nido e scuole dell’infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia



**Riqualificazione funzionale e messa in sicurezza del 12° circolo didattico “NIDO MALAPARTE”**

### PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

(articolo 23 comma 5 D.lgs. n. 50/2016 e s.m.i.)

**Responsabile del Procedimento:**  
arch. Alfonso Ghezzi

**Progettista**  
ing. Pasquale Ciccarelli

Descrizione elaborato

Relazioni Interventi strutturali

COD. ELABORATO :

**B**

SCALA :

-

DATA :

APRILE 2022

## Sommario

1.1. INTRODUZIONE .....	2
1.2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	3
1.3. DESCRIZIONE DEL FABBRICATO .....	3
2. ANALISI STORICO CRITICA .....	8
2.1. INDAGINI E RILIEVI CONDOTTI .....	9
2.2. MODELLAZIONE PER PROGETTO SIMULATO .....	12
2.3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI UTILIZZATI .....	14
2.4. CARATTERISTICHE DEL SOTTOSUOLO .....	16
3. ANALISI DEI CARICHI .....	17
3.1. PESI PROPRI ELEMENTI STRUTTURALI $G_{k1}$ .....	18
3.2. PESI PERMANENTI NON STRUTTURALI $G_{k2}$ .....	18
3.3. SOVRACCARICO ACCIDENTALE .....	18
3.4. CARICO DA NEVE .....	19
3.5. CARICO DA VENTO .....	20
3.6. COMBINAZIONE DELLE AZIONI NON SISMICHE .....	24
4.1. PERICOLOSITA' SISMICA .....	25
4.2. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA .....	27
4.3. SPETTRO DI RISPOSTA .....	28
4.4. SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE .....	30
5. ANALISI STATICA E SISMICA DELLA STRUTTURA .....	31
6. MODELLAZIONE STRUTTURALE ED ANALISI DINAMICA LINEARE .....	32
6.1. VERIFICHE .....	38
6.2. VERIFICA GIUNTO ESISTENTE .....	42
7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E SINTESI DEI RISULTATI .....	44

## ***1.1. INTRODUZIONE***

La presente relazione ha per oggetto la verifica della vulnerabilità sismica del fabbricato “**Asilo Nido Malaparte**” del 12° Circolo Comunale , sito nel Comune di Napoli (NA) alla Curzio Malaparte s.n.c., Quartiere Ponticelli con destinazione d’uso scolastica.

Lo scopo perseguito è quello di determinare il valore dell’indice di rischio sismico dell’edificio secondo le vigenti NTC 2018 al fine di poter valutare, sommariamente, il costo degli Interventi di Adeguamento/Miglioramento necessari alla riqualificazione sismica del fabbricato.

Nelle immagini seguenti è riportata la localizzazione geografica del fabbricato oggetto di studio.





*Figura 1 - Localizzazione geografica del fabbricato*

## ***1.2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO***

I principali riferimenti normativi considerati nello svolgimento dell'analisi, per quanto concerne i criteri generali di sicurezza, le assunzioni fondamentali dell'analisi strutturale, la definizione delle azioni previste nella vita nominale delle costruzioni, le caratteristiche dei materiali, nonché le verifiche di sicurezza dell'insieme strutturale ovvero dei singoli elementi di cui esso si compone sono:

- Norme tecniche per le costruzioni (NTC 17/01/2018);
- Circolare del ministero delle infrastrutture e dei trasporti n. 7, del 21 gennaio 2019, "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni";
- D.P.R. 380/01, Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia e s.m.i.
- Deliberazione della Giunta Regionale Campania n. 5447 del 7 novembre 2002 – Aggiornamento della Classificazione Sismica dei Comuni della Campania.
- UNI EN 1998-3: 2005 – Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.

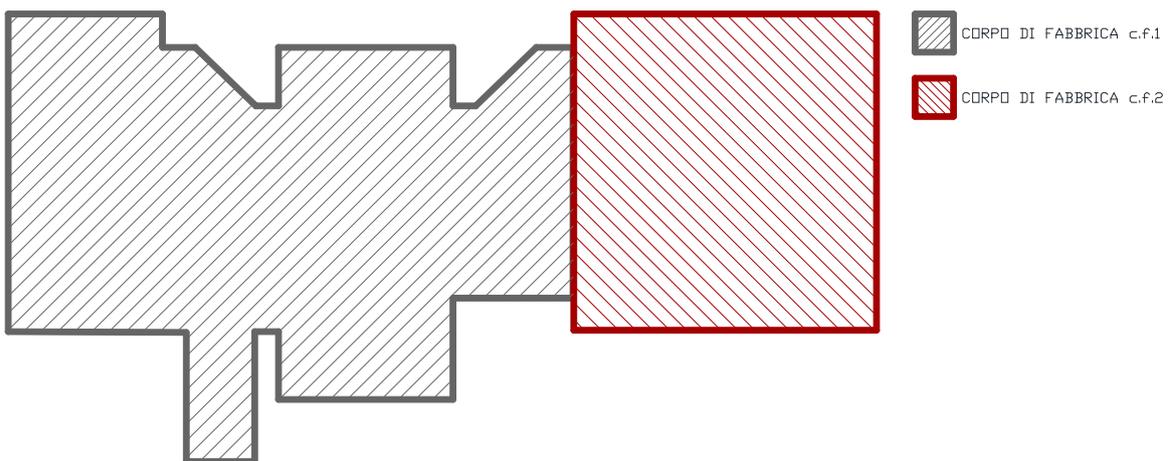
## ***1.3. DESCRIZIONE DEL FABBRICATO***

Il fabbricato oggetto della presente relazione è un edificio intelaiato in c.a. gettato in opera, presumibilmente realizzato nel 1987, così come indicato negli elaborati forniti dal Comune.

L'edificio in oggetto si presenta costituito da n.2 corpi di fabbrica giuntati con giunto di spessore 4.5 cm, entrambi presentano n.1 livello fuori terra con pianta di forma pressochè rettangolare, avente ingombro massimo 44.8x20.15m, ed altezza totale di 3.50m.

I due corpi di fabbrica, d'ora in avanti indicati con la dicitura *c.f.1* e *c.f.2*, presentano le seguenti dimensioni:

- *c.f.1*: di forma irregolare con ingombro massimo in pianta 29.3x20.15m, presenta altezza interpiano minima di 2.80m e massima di 3.20m;
- *c.f.2* di forma rettangolare con ingombro in pianta 15.7x16.5m, presenta altezza interpiano minima di 3.20m e massima di 4.25m.



*Figura 2- Dettaglio della geometria in pianta del fabbricato*

I tamponi esterni sono di spessore totale di 30cm, ipotizzati costituiti da doppia fodera di blocchi di laterizi forati. Il solaio di copertura è del tipo latero-cementizio gettato in opera con travetti, pignatte e soletta e risulta accessibile per la sola manutenzione e soltanto dall'esterno, non essendo presenti botole e/o collegamenti verticali all'interno del fabbricato .

Di seguito si riportano le viste prospettiche del modello strutturale per ciascun corpo di fabbrica:



*Figura 4a - Vista prospettica 1- c.f. 1*



*Figura 3b- Vista prospettica 1- c.f. 2*



*Figura 4a - Vista prospettica 1- c.f. 2*



*Figura 4b - Vista prospettica 2- c.f.2*

L'intero fabbricato attualmente ha destinazione d'uso scolastico.

Per quanto concerne la classificazione della classe d'uso, secondo le NTC 2018 [cap. 2.4.2], il fabbricato ricade nella III, definita come segue:

- *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.*

Nelle immagini seguenti sono riportate alcune foto relative allo stesso, realizzate durante i sopralluoghi effettuati.





Figura 5 - Documentazione fotografica

## 2. ANALISI STORICO CRITICA

Al punto 8.5.1 delle NTC 2018 è definita l'analisi storico critica: *“Ai fini di una corretta individuazione del sistema strutturale e del suo stato di sollecitazione è importante ricostruire il processo di realizzazione e le successive modifiche subite nel tempo dalla costruzione, nonché gli eventi che l'hanno interessata.”*

Come precedentemente anticipato il fabbricato sembrerebbe essere stato realizzato nel 1987 quando il territorio ove è ubicato era stato classificato come sismico di 2° categoria, ma non erano in vigore prescrizioni normative circa la progettazione strutturale per azioni sismiche.



Figura 6 - Classificazione sismica del territorio italiano del 1984

Le strutture risultano dunque concepite per sostenere i soli carichi gravitazionali. La mancanza di documentazioni quali relazioni di calcolo, grafici e notizie utili per comprendere le

caratteristiche strutturali ed i criteri di calcolo adottati dal progettista dell'epoca, hanno indotto a dover valutare i dettagli costruttivi (tipologia e disposizione delle armature) attraverso progetto “simulato” prima ancora di indagare direttamente in loco.

La ricostruzione della geometria delle strutture è stata effettuata attraverso l'osservazione dei grafici architettonici forniti dal Comune e successivamente integrati con l'osservazione diretta ed il rilievo durante i sopralluoghi effettuati. Di seguito si riportano i grafici di partenza forniti dal Comune:

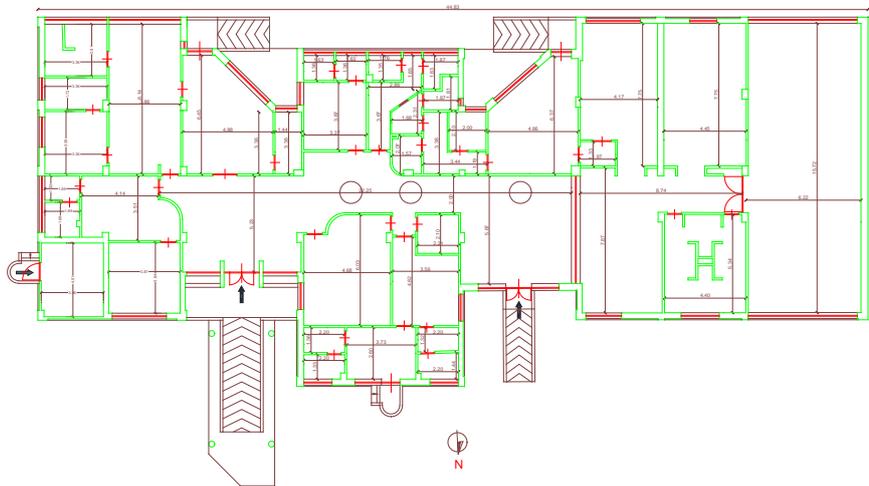


Figura 7 - Documentazione storica architettonica fornita dal Comune di Napoli

### **2.1. INDAGINI E RILIEVI CONDOTTI**

Al punto 8.5.2 delle NTC 2018 si fa riferimento al rilievo geometrico: *“Il rilievo geometrico-strutturale dovrà essere riferito alla geometria complessiva, sia della costruzione, sia degli elementi costruttivi, comprendendo i rapporti con le eventuali strutture in aderenza. Nel rilievo dovranno essere rappresentate le modificazioni intervenute nel tempo, come desunte dall’analisi storico-critica. Il rilievo deve individuare l’organismo resistente della costruzione, tenendo anche presenti la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi. Dovranno altresì essere rilevati i dissesti, in atto o stabilizzati, ponendo particolare attenzione all’individuazione dei quadri fessurativi e dei meccanismi di danno.”*

Inoltre, come cita la stessa norma al punto 8.5.3: *“... per conseguire un’adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si baserà sulla documentazione già disponibile, su verifiche visive in situ e su indagini sperimentali. Le indagini dovranno essere*

*motivate, per tipo e quantità, dal loro effettivo uso nelle verifiche;... .. I valori di progetto delle resistenze meccaniche dei materiali verranno valutati sulla base delle indagini e delle prove effettuate sulla struttura, tenendo motivatamente conto dell'entità delle dispersioni, prescindendo dalle classi discretizzate previste nelle norme per le nuove costruzioni. Per le prove di cui alla Circolare 21 settembre 2010, n. 7617/STC o eventuali successive modifiche o interazioni, il prelievo dei campioni dalla struttura e l'esecuzione delle prove stesse devono essere effettuate a cura di un laboratorio di cui all'articolo 59 del DPR 380/2001.”*

Al punto 8.5.4 la norma definisce i livelli di conoscenza. *“Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive sopra riportate, saranno individuati i “livelli di conoscenza” dei diversi parametri coinvolti nel modello e definiti i correlati fattori di confidenza, da utilizzare nelle verifiche di sicurezza. Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza si distinguono i tre livelli di conoscenza seguenti, ordinati per informazione crescente LC1, LC2 ed LC3.*

*Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono: geometria della struttura, dettagli costruttivi, proprietà dei materiali, connessioni tra i diversi elementi e loro presumibili modalità di collasso.”*

Con l'intento di seguire ciò che la normativa stabilisce, la prima fase del lavoro è stata principalmente documentale e di rilievo.

In particolare tale prima fase si è così articolata:

- Verifica della corrispondenza tra gli elaborati raccolti e lo stato di fatto (dopo una preventiva ricerca su più livelli);
- Individuazione di eventuali cambi di destinazione d'uso;
- Individuazione di eventuali interventi di carattere strutturale;
- Ispezione delle tipologie di orizzontamento;
- Valutazione dello stato di degrado;
- Rilievo fotografico.

La seconda fase, che porta poi all'assegnazione del Livello di Conoscenza e del Fattore di Confidenza, è quella relativa alle prove sui materiali (per la definizione delle caratteristiche meccaniche) e ai saggi sugli elementi (per l'individuazione del quantitativo e dei diametri delle armature).

Da diversi sopralluoghi in sito, stante l'irreperibilità di documentazione storica, è stato comunque possibile ricostruire la geometria dell'intera opera in oggetto. Come da intese con l'amministrazione comunale, la quale ha espresso la volontà di procedere alla valutazione

analitica della vulnerabilità del fabbricato, nel rispetto delle disposizioni normative vigenti si è predisposta una campagna di indagini in situ che ha consentito di raggiungere un livello di conoscenza del tipo **LC2** per ciascun corpo di fabbrica.

Nello specifico: al fine della progettazione della campagna di indagini diagnostiche da eseguire sul fabbricato, in conformità alla regola riportata al paragrafo, 7.3.2 “*Indagini sui materiali e sui particolari costruttivi*” (Regola tecnica), si è partiti dalla definizione del livello di conoscenza 2 (LC2) ai sensi dell’appendice C8A [note esplicative tabella C8A1.3 (a,b) delle NTC].

Successivamente si è proceduto a modificare il numero di prove prescritte in funzione di:

- forma dell’edificio;
- accessibilità dei luoghi;
- presenza di elementi ripetitivi;
- esperienza professionale acquisita e tale, dunque, da non compromettere sia la staticità delle strutture esistenti, concepite con criteri progettuali ormai superati, sia il loro normale utilizzo.

La campagna di prove è stata commissionata alla società GEOVIEW S.r.l.s. di Cava De Tirreni (Sa) ed al Laboratorio autorizzato La.Sp.ed tirreno s.r.l di Cava De Tirreni (Sa).

Nell’ambito dell’attività eseguita sono state effettuate le seguenti indagini:

**1) c.f.1**

- a) n° 4 prelievi di carote in calcestruzzo e successive prove di compressione;
- b) n° 1 prelievo di barre d’armatura;
- c) n° 6 saggi visivi;
- d) n°12 indagini magnetometriche;
- e) n° 5 prove non distruttive con metodo SONREB;
- f) n° 1 prova durometrica;
- g) indagini termografiche a campione.

**2) c.f.2**

- h) n° 3 prelievi di carote in calcestruzzo e successive prove di compressione;
- i) n° 1 prelievo di barre d’armatura;
- j) n° 5 saggi visivi;
- k) n°4 indagini magnetometriche;
- l) n° 4 prove non distruttive con metodo SONREB;
- m) n° 1 prova durometrica;
- n) indagini termografiche a campione.

Per ulteriori informazioni ed approfondimenti si rimanda allo specifico elaborato redatto dalla GEOVIEW S.r.l.s.

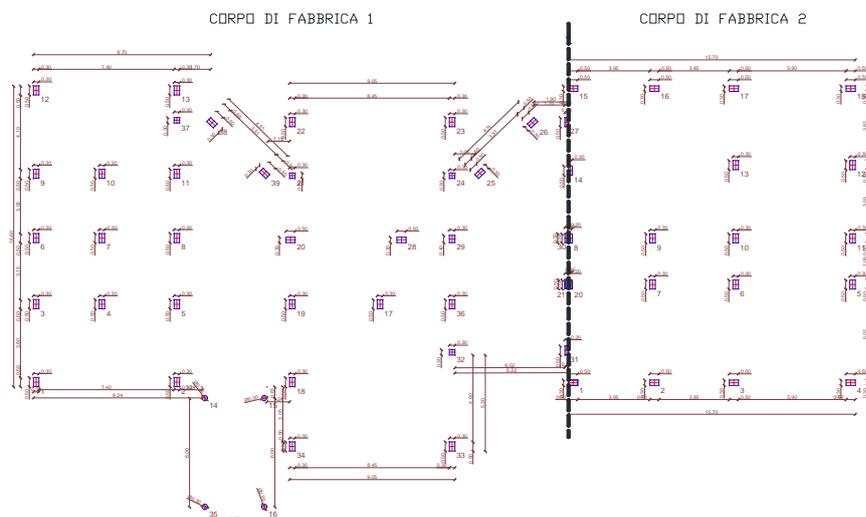
Considerando che la valutazione della sicurezza è eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici e che le informazioni raccolte sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelle riguardanti i dettagli strutturali, devono consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo, prima ancora di procedere alle indagini strutturali in situ, si è proceduto alla modellazione strutturale e alla redazione di un progetto simulato grazie al quale individuare gli elementi più rappresentativi da indagare ed utili per la modellazione finale.

## **2.2. MODELLAZIONE PER PROGETTO SIMULATO**

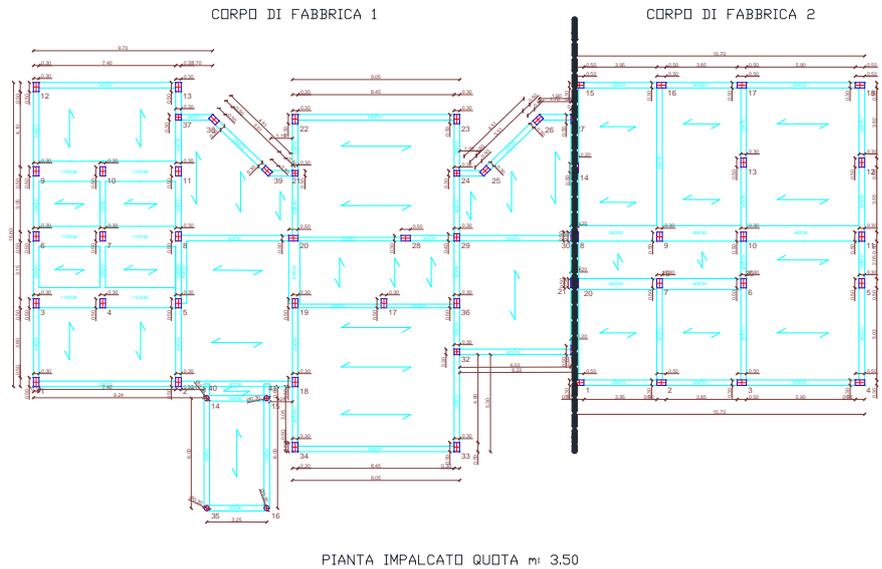
Qualora la documentazione tecnica non sia disponibile o sia insufficiente e le indagini, anche se estese come nel caso in esame, non abbiano consentito la caratterizzazione di alcuni elementi strutturali (come ad esempio, travi di bordo), è possibile definire i dettagli costruttivi (armature) sulla base di un progetto simulato, eseguito secondo la pratica dell'epoca della progettazione. Esso, affiancato da una verifica in situ delle armature e degli ulteriori dettagli costruttivi presenti negli elementi più importanti, dà luogo ad un quadro di dati tali da consentire le verifiche volute.

Il progetto simulato ha seguito allora le seguenti fasi:

1. Individuazione dell'età della progettazione e costruzione: 1987;
2. Individuazione e studio dello schema strutturale: attraverso sopralluoghi, rilievi ed indagini in situ, si sono definiti gli elementi portanti di seguito rappresentati:



PIANTA IMPALCATO QUOTA m+0



*Figura 8 - Impalcati strutturali*

3. Valutazione dei carichi: oltre i pesi propri strutturali e non strutturali, nonché gli accidentali in copertura dovuti alla neve, sono stati considerati, come carichi accidentali variabili, valori di  $q_k = 50 \text{ Kg/m}^2$  per il solaio di copertura (Cat. H, coperture);
4. Progetto delle armature e verifica degli elementi strutturali: si sono progettati e verificati tutti gli elementi strutturali per i soli carichi gravitazionali.

Sulla base dei risultati del progetto simulato, eseguito così come descritto dai su elencati punti, sono stati identificati gli elementi strutturali da indagare.

Di seguito si riportano le planimetrie strutturali degli elementi rilevati con ubicazione delle prove effettuate dalla società GEOVIEW S.r.l.s. esecutrice delle indagini.

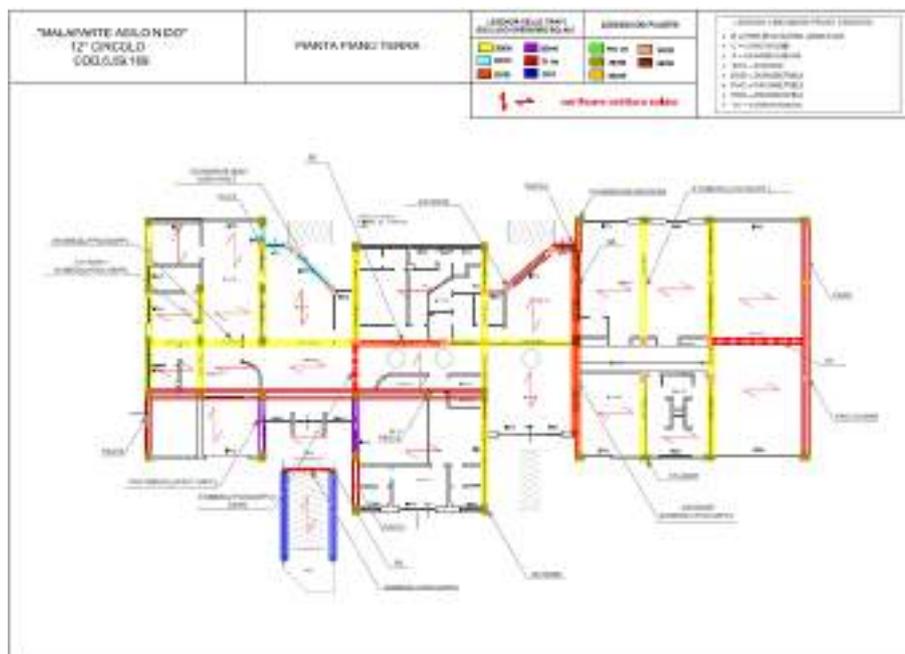


Figura 9 - Ubicazioni indagini strutturali

Dalle verifiche in situ, interamente riportate nell'allegato "Fascicolo di indagini", si è proceduto quindi a:

5. Verificare la corrispondenza delle armature in situ con quelle determinate con il progetto simulato;
6. Affinare il modello strutturale del progetto simulato in base ai risultati delle indagini forniti dalla Geoview.

La struttura così modellata ha rappresentato lo STEP\_0 di progetto sul quale è stata poi eseguita la **Verifica della Vulnerabilità Sismica**.

### 2.3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI UTILIZZATI

Dal report di indagine e dalle prove distruttive e di laboratorio eseguite sui campioni prelevati, è stato possibile dedurre le caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati nel calcolo di verifica strutturale.

Nello specifico si sono esaminati:

- Calcestruzzo, mediante la misura delle caratteristiche meccaniche ottenuta dall'estrazione di campioni ed esecuzione di prove di compressione fino a rottura (prove distruttive) e mediante l'elaborazione dei dati ricavati dalle prove SonReb opportunamente calibrati (prove non distruttive);

- Acciaio, mediante la misura delle caratteristiche meccaniche ottenute grazie all'estrazione di campioni ed esecuzione di prove a trazione fino a rottura con determinazione della resistenza a snervamento e della resistenza e deformazione ultime (prove distruttive) e mediante l'elaborazione dei dati ricavati dalle prove di durezza di Brinell (prove non distruttive);

Come stabilito da norma, alla luce delle risultanze emerse, ai parametri meccanici caratteristici dei materiali esistenti è stato applicato un coefficiente riduttivo funzione del Livello di conoscenza raggiunto LC2 e quindi pari al Fattore di Confidenza normato di **1.20**.

Di seguito si riportano le tabelle con indicazione dei parametri meccanici ottenuti dalle prove in situ sul calcestruzzo:

Scuola	Sigla	Dimensioni [mm]		Massa [kg]	f <sub>carota</sub> [Mpa]	Tipo di Rottura	Elemento	H/D	D/H	NTC 2018 - C11.2.6					
		D	H							F <sub>d</sub>	H/D	Re o fe ?	fc,ls [Mpa]	f <sub>cm</sub> [Mpa]	R <sub>cm</sub> [Mpa]
Asilo Nido Malaparte 6.59.169 c.f. 1	C1	94,00	94,60	1,48	25,05	Soddisfacente	trave P.T.	1,01	0,99	1,08	1,00	Re	22,45	24,80	29,88
	C3	94,00	94,90	1,50	36,75	Soddisfacente	trave P.T.	1,01	0,99	1,04	1,00	Re	31,72		
	C5	94,00	97,20	1,46	25,05	Soddisfacente	pilastro P.T.	1,03	0,97	1,08	1,00	Re	22,45		
	C6	94,00	95,20	1,48	24,95	Soddisfacente	pilastro P.T.	1,01	0,99	1,09	1,00	Re	22,57		

Scuola	Sigla	Dimensioni [mm]		Massa [kg]	f <sub>carota</sub> [Mpa]	Tipo di Rottura	Elemento	H/D	D/H	NTC 2018 - C11.2.6					
		D	H							F <sub>d</sub>	H/D	Re o fe ?	fc,ls [Mpa]	f <sub>cm</sub> [Mpa]	R <sub>cm</sub> [Mpa]
Asilo Nido Malaparte 6.59.169 c.f. 2	C2	94,00	94,20	1,45	24,50	Soddisfacente	trave P.T.	1,00	1,00	1,09	1,00	Re	22,17	24,47	29,49
	C4	94,00	96,50	1,52	27,00	Soddisfacente	trave P.T.	1,03	0,97	1,08	1,00	Re	24,20		
	C7	94,00	95,90	1,51	30,75	Soddisfacente	pilastro P.T.	1,02	0,98	1,06	1,00	Re	27,05		

Figura 10 - Sintesi delle prove di rottura a compressione

Di seguito si riporta quanto ricavato dalle prove a trazione effettuate sulle barre d'armatura:

PROVA A TRAZIONE c.f. 1		Tensione di snervamento F <sub>y</sub> [Mpa]	Tensione di rottura F <sub>t</sub> [Mpa]	Tensione di snervamento F <sub>ym</sub> [Mpa]	Tensione di rottura F <sub>tm</sub> [Mpa]
Sigla/elemento	Diametro				
B1	14	501,1	594,5	501,1	594,5
PROVA A TRAZIONE c.f. 2		Tensione di snervamento F <sub>y</sub> [Mpa]	Tensione di rottura F <sub>t</sub> [Mpa]	Tensione di snervamento F <sub>ym</sub> [Mpa]	Tensione di rottura F <sub>tm</sub> [Mpa]
Sigla/elemento	Diametro				
B2	14	442,1	692,2	442,1	692,2

Figura 11 - Sintesi delle prove a trazione

Le prove distruttive (carotaggi e prelievo barre) effettuate sul calcestruzzo e sulle armature delle varie unità strutturali, i cui risultati sono sintetizzati nelle tabelle precedentemente riportate, hanno mostrato buoni valori di resistenza.

Tali valori sono poi stati mediati con i risultati delle corrispondenti prove indirette (SONREB per il cls e durometriche per l'acciaio), tenendo conto del maggior peso dei risultati delle prove distruttive in termini di affidabilità.

Le resistenze di progetto impiegate per la verifica dei meccanismi/elementi fragili sono ottenute da quelle medie diviso il fattore di confidenza (FC=1,20) e per il coeff. parziale del materiale:

- $f_{cd} = 0,83 \times R_m / (\gamma_M * FC) = f_{cm} / (\gamma_M * FC)$  con  $\gamma_M=1.5$  (CLS)
- $f_{yd} = f_{ym} / (\gamma_M * FC)$  con  $\gamma_M=1.15$  (ACCIAIO)

#### **2.4. CARATTERISTICHE DEL SOTTOSUOLO**

Nella Circolare esplicativa, al Cap C8, si specifica che le informazioni ricavabili dalla storia della costruzione devono essere tenute nel dovuto conto ai fini della scelta degli interventi sulle fondazioni. È in genere possibile omettere interventi sulle strutture di fondazione, nonché le relative verifiche, qualora siano contemporaneamente presenti tutte le condizioni seguenti:

1. nella costruzione non siano presenti importanti dissesti di qualsiasi natura attribuibili a cedimenti delle fondazioni e sia stato accertato che dissesti della stessa natura non si siano prodotti neppure in precedenza;
2. gli interventi progettati non comportino sostanziali alterazioni dello schema strutturale del fabbricato;
3. gli stessi interventi non comportino rilevanti modificazioni delle sollecitazioni trasmesse alle fondazioni;
4. siano esclusi fenomeni di ribaltamento della costruzione per effetto delle azioni sismiche.

Alla luce di quanto esposto, considerando che il presente elaborato è finalizzato ad una prima valutazione della vulnerabilità sismica in relazione a futuri interventi di adeguamento sismico e che non sono stati riscontrati, all'atto dei sopralluoghi, dissesti dovuti a cedimenti di fondazione, si è proceduto allo studio della vulnerabilità delle strutture in elevazione ipotizzando le stesse incastrate alla base.

Per quanto riguarda la caratterizzazione sismica del sito, in ottemperanza alle direttive del D.M. 17 gennaio 2018 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture n°7 del 21 gennaio 2019, nella relazione geologica consegnata, sono stati calcolati i valori di cui alla tabella sottostante utili alla definizione della categoria sismica del sottosuolo:

CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO SECONDO LA NORMATIVA SISMICA ITALIANA O.P.C.M. n.3274/2003 - D.M. 17 GENNAIO 2018		
Suolo	Descrizione generica	$V_{s,30}$ [m/s]
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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.	$V_{s,30} > 800$ m/s
B	<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.</i></b>	<b><math>360 \text{ m/s} \leq V_{s,30} \leq 800 \text{ m/s}</math></b>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.	$180 \text{ m/s} \leq V_{s,30} \leq 360 \text{ m/s}$
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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.	$100 \text{ m/s} \leq V_{s,30} \leq 380 \text{ m/s}$
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.	-
S1	Depositati costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $IP > 40$ ) e contenuto d'acqua	$V_{s,30} \leq 100$ m/s
S2	Depositati di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificato nei tipi precedenti.	

Tabella 1 – Classificazione dei suoli in base alla  $V_{s,30}$  [NTC2018]

#### CLASSIFICAZIONE TIPO DI SUOLO : B

**Categoria topografica T1** = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ; per tale categoria **ST = 1.0**.

### 3. ANALISI DEI CARICHI

Nel seguente paragrafo vengono riportati i carichi agenti sulle strutture sulla base dei saggi eseguiti nel corso del piano indagini e delle condizioni ambientali che caratterizzano il sito. Durante la fase conoscitiva del fabbricato e l'esecuzione della campagna indagini si è avuto modo di stabilire la tipologia dell'impalcato di copertura e acquisire tutti i dati metrici necessari a stimare quantitativamente i carichi gravanti sulle strutture.

Di seguito vengono riportate schematicamente le assunzioni adottate per le azioni agenti sulla struttura e i carichi che sono stati considerati in fase di calcolo:

- Peso proprio degli elementi strutturale e non strutturale;
- Carico accidentale in copertura;
- Carico Neve;
- Azione del Vento;
- Azione sismica.

### 3.1. PESI PROPRI ELEMENTI STRUTTURALI $G_{k1}$

I pesi propri degli elementi strutturali principali sono stati automaticamente portati in conto dal software nella modellazione.

Per quanto concerne i pesi propri dei solai, gli stessi sono stati calcolati nota la geometria da rilievi effettuati.

In particolare, per entrambi i corpi di fabbrica, si sono considerati i seguenti carichi permanenti strutturali:

- Solaio copertura:

Solaio Copertura					
h_solaio	spess. soletta [m]	b_travetto [m]	h_travetto [m]	$\gamma_{cls}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	
0,25	0,05	0,10	0,20	25,00	
G <sub>1</sub> - CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI SOLAIO [kN/m <sup>2</sup> ]					
Elemento	b [m]	h [m]	spessore [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>1</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
soletta	1,00	0,05	1,00	25,00	1,25
travetti	0,10	0,20	1,00	25,00	1,00
laterizi	0,40		1,00	8,00	1,28
<b>G<sub>1</sub>_Solaio [kN/m<sup>2</sup>]</b>					<b>3,53</b>

Tabella 2 - Carichi permanenti non strutturali (G<sub>1</sub>) del solaio di copertura

### 3.2. PESI PERMANENTI NON STRUTTURALI $G_{k2}$

Relativamente ai carichi permanenti non strutturali, per entrambi i corpi di fabbrica, si sono considerati quelli riportati di seguito:

- Solaio piano copertura:

G <sub>2</sub> - CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI SOLAIO [kN/m <sup>2</sup> ]					
Elemento	b [m]	h [m]	spessore [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
intonaco	-	-	0,01	18,00	0,18
massetto	-	-	0,08	15,00	1,20
guaina	-	-	-	-	0,04
<b>G<sub>2</sub>_Solaio [kN/m<sup>2</sup>]</b>					<b>1,42</b>

Tabella 3 - Carichi permanenti non strutturali (G<sub>2</sub>) del solaio di copertura

### 3.3. SOVRACCARICO ACCIDENTALE

Per i carichi accidentali, relativamente al solaio, sono stati considerati quelli da norma [NTC 2018 tab.3.1. II]. Nello specifico, si è assunto:

- $q_k = 0.5 \text{ kN/m}^2$  per le coperture, accessibili per la sola manutenzione e riparazione (cat. H).

### 3.4. CARICO DA NEVE

Il carico da neve è stato calcolato in accordo alle NTC 2018, par. 3.4. Il carico provocato dalla neve sulle coperture è stato valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

- $q_{sk}$  è il valore di riferimento del carico della neve al suolo, di cui al § 3.4.2 delle NTC;
- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura, di cui al § 3.4.3 delle NTC;
- $C_E$  è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.4.4 delle NTC;
- $C_t$  è il coefficiente termico di cui al § 3.4.5 delle NTC.

Per quanto riguarda i solai ad una falda si è calcolato il carico da neve nel seguente modo:

Provincia:	NAPOLI
Zona:	3
Altitudine $a_s$ :	< 200 m s.l.m.
Esposizione:	Normale
Periodo di ritorno:	50 anni
$C_E = 1.0$	Coefficiente di esposizione
$C_t = 1.0$	Coefficiente termico
$q_{sk} = 0.60 \text{ kN/m}^2$	Carico neve al suolo

Nel caso in esame (copertura ad una falda), con  $\alpha = 0.00^\circ$  il coefficiente di forma vale:

$$\mu_i = 0.80 \Rightarrow q_s = 0.48 \text{ kN/m}^2$$

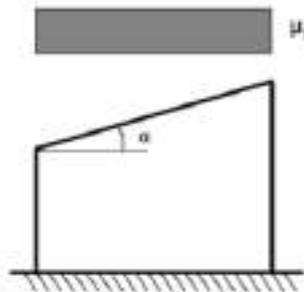


Figura 12 – Condizioni di carico per coperture ad una falda

### 3.5. CARICO DA 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 tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti. La velocità base di riferimento  $v_b$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (Tab. 3.3.II delle NTC), riferito ad un periodo di ritorno  $T_R = 50$  anni. In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche,  $v_b$  è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

- $v_{b,0}$  è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab. 3.3.I delle NTC, in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Fig. 3.3.1 delle NTC);
- $c_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s \left( \frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

- $a_0, k_s$  sono parametri forniti nella Tab. 3.3.I delle NTC, in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Fig. 3.3.1 delle NTC);
- $a_s$  è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri  $v_{b,0}, a_0, k_s$

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ (m/s)	$a_0$ (m)	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a ridosso della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,34
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Figura 13 - Valori dei parametri  $v_b, a_0, k_s$

La velocità di riferimento  $v_r$  è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II delle NTC), riferito al periodo di ritorno di progetto  $T_R$ . Tale velocità è definita dalla relazione:

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

dove

- $v_b$  è la velocità base di riferimento, di cui al § 3.3.1 delle NTC;
- $c_r$  è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto  $T_R$ .

In mancanza di specifiche e adeguate indagini statistiche, il coefficiente di ritorno è fornito dalla relazione:

$$c_r = 0.75 \sqrt{1 - 0.2 \times l_n \left[ -l_n \left( 1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

dove  $T_R$  è il periodo di ritorno espresso in anni.

Ove non specificato diversamente, si assumerà  $T_R = 50$  anni, cui corrisponde  $c_r = 1$ .

Le azioni del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione (§ 3.3.4 delle NTC). L'azione del vento sui singoli elementi che compongono la costruzione va determinata considerando la combinazione più gravosa delle pressioni agenti sulle due facce di ogni elemento. Nel caso di costruzioni di grande estensione, si deve inoltre tenere conto delle azioni tangenti esercitate dal vento (§ 3.3.4 delle NTC). L'azione d'insieme esercitata dal vento su una costruzione è data dalla risultante delle azioni sui singoli elementi, considerando come direzione del vento quella corrispondente ad uno degli assi principali della pianta della costruzione. La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove

- $q_r$  è la pressione cinetica di riferimento di cui al § 3.3.6 delle NTC;
- $c_e$  è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7 delle NTC;
- $c_p$  è il coefficiente di pressione di cui al § 3.3.8 delle NTC;
- $c_d$  è il coefficiente dinamico di cui al § 3.3.9 delle NTC.

La pressione cinetica di riferimento  $q_r$  è data dall'espressione:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2$$

dove:

- $v_r$  è la velocità di riferimento del vento di cui al § 3.3.2 delle NTC;
- $\rho$  è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1.25 kg/m<sup>3</sup>.

Il coefficiente di esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di  $z = 200$  m, esso è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_t^2 c_t l_n(z/z_0) [7 + c_t l_n(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

- $k_t$ ,  $z_0$  e  $z_{min}$  sono assegnati in Tab. 3.3.II delle NTC in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;
- $c_t$  è il coefficiente topografico, generalmente pari ad 1 sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane.

La categoria di esposizione è assegnata nella Fig. 3.3.2 delle NTC in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno definita in Tab. 3.3.III delle NTC. Nelle fasce entro 40 km dalla costa, la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito. Il coefficiente di topografia  $c_t$  è posto generalmente pari a 1, sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane.

In questo caso, la Fig. 3.3.3 delle NTC riporta le leggi di variazione di  $c_e$  per le diverse categorie di esposizione.

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, ...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può occasionalmente che il sito appartenga alla Classe A o B, quando la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 25 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento entro almeno 90°. Si deve osservare che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nella area indicata con le lettere a) e b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore entro 90° dove il 50% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

Figura 14 - Classe di rugosità del terreno (Tab. 3.3.III NTC2018)

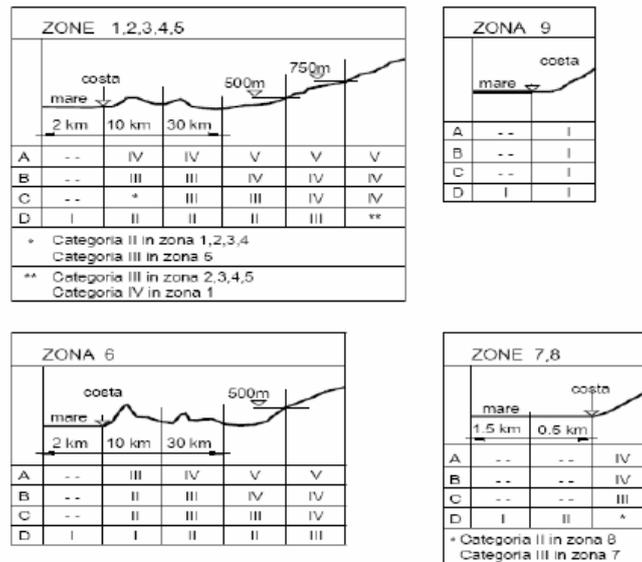


Figura 15- Definizione delle categorie di esposizione

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	$K_s$	$s_z$ (m)	$z_{eff}$ (m)
I	0,17	0,03	2
II	0,18	0,05	4
III	0,20	0,10	8
IV	0,23	0,16	12
V	0,25	0,20	15

Figura 16 - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

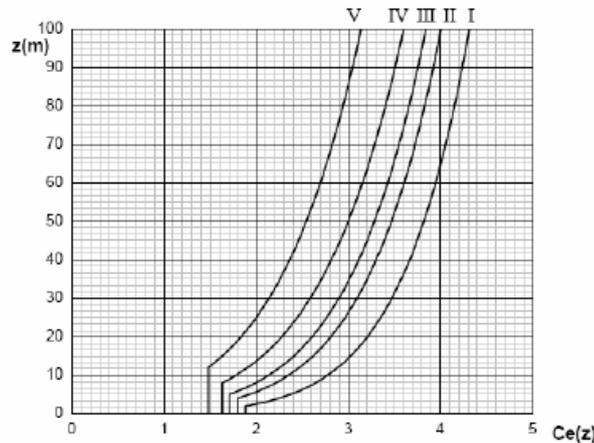


Figura 17 - Andamento del coefficiente di esposizione  $c_e$  in funzione dell'altezza sul suolo (per  $c_t=1$ )

Il coefficiente di pressione  $c_p$  dipende dalla tipologia e dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento. 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 pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

### 3.6. COMBINAZIONE DELLE AZIONI NON SISMICHE

Nell'ambito del metodo semiprobabilistico agli stati limite, la combinazione di progetto dei carichi verticali caratteristici, relativa alle verifiche agli stati limite ultimi (SLU), è la seguente "fondamentale":

$$F_d = \gamma_{g1} \cdot G_1 + \gamma_{g2} \cdot G_2 + \gamma_q \cdot Q_{1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_q \cdot (\psi_{0i} \cdot Q_{ik})$$

in cui:

- $G_1$  è il valore caratteristico delle azioni permanenti dovute al peso proprio degli elementi strutturali;
- $G_2$  è il valore caratteristico delle azioni permanenti dovute al peso proprio degli elementi non strutturali;
- $Q_{1k}$  è il valore caratteristico dell'azione di variabile di base
- $Q_{ik}$  è il valore caratteristico dell'i-esima azione di variabile
- $\gamma_{g1}$  è uguale a 1,3 (1,0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);
- $\gamma_{g2}$  è uguale a 1,5 (0,8 se il suo contributo aumenta la sicurezza);
- $\gamma_q$  è uguale a 1,5 (0 se il suo contributo aumenta la sicurezza);

- $\Psi_{0i}$  sono i coefficienti di combinazione che tengono conto della ridotta probabilità che più azioni di diversa origine si realizzino simultaneamente con il loro valore caratteristico.

Le azioni variabili prese in considerazione nel caso in esame sono rappresentate dai sovraccarichi accidentali, carico da neve e carico da vento. Nell'ambito del metodo semiprobabilistico agli stati limite, le combinazioni di progetto dei carichi verticali caratteristici, relativa alle verifiche agli stati limite ultimi (SLE), sono le seguenti:

$$c.rare \rightarrow F_d = G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\Psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

$$c.frequenti \rightarrow F_d = G_1 + G_2 + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\Psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

$$c.quasi.permanenti \rightarrow F_d = G_1 + G_2 + \sum_{i=1}^n (\Psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

in cui:

- $\Psi_{1i}$  coefficiente atto a definire i valori delle azioni variabili assimilabili ai frattali di ordine 0.95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- $\Psi_{2i}$  coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni variabili assimilabili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

Categoria/Azione variabile	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,5
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti accessibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per ammagliamento, uso commerciale e uso industriale (Biboteche, archivi, magazzini e armieri ad uso industriale)	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rampe, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rampe, 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 valutare caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impunità, eliporti, ...)	da valutare caso per caso		
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
Vibrazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Figura 18 - Valori dei coefficienti di combinazione

## 4. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

### 4.1. PERICOLOSITA' SISMICA

Con riferimento al cap. 3.2 delle NTC 2018 - AZIONE SISMICA, le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa è definita in termini di accelerazione massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero, suolo rigido e superficie orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in

accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$  ottenuto dalla vita nominale dell'opera tramite il coefficiente d'uso  $C_u$ .

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$ , è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere utilizzata per lo scopo al quale è destinata.

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

Figura 19 - Valori minimi della vita nominale  $V_N$

Per quanto concerne la classificazione della classe d'uso, l'opera in oggetto ricade nella terza. Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, dalla seguente tabella:

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_u$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_u$	0,7	1,0	1,5	2,0

Figura 20 - Valori dei coefficienti d'uso  $C_u$

Risulta quindi  $V_N=50$  anni.

La sicurezza e le prestazioni sono garantite verificando opportuni stati limiti riferiti alla costruzione nel suo complesso includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti (paragrafo 3.2.1. del D.M. 2018). Nello specifico, nel caso in esame, trattandosi di fabbricato esistente, saranno valutati i seguenti Stati Limite:

- **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;

In accordo al punto 7.3.6 delle NTC2018 occorre effettuare le seguenti verifiche:

Tab. 7.1.11 - Stato limite di progetto (prospetto) per stati limite non strutturali e umani

STATO LIMITE	SLO I		SLO II			SLO III		
	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
SLO	SE1					SE1		SE1
	SE2	SE2	SE2	SE2	SE2	SE2		SE2
SLO	SE3	SE3	SE3	SE3	SE3	SE3	SE3	SE3
	SE4					SE4		SE4
SLO	SE5					SE5		SE5
	SE6					SE6		SE6

\*) Per lo stato SLO III, nelle categorie SLO I e SLO II, si considerano gli stati SE1 e SE2.  
\*\*) Per lo stato SLO III, nelle categorie SLO I e SLO II, si considerano gli stati SE3 e SE4.

Per quanto riguarda lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), la verifica si effettua in termini di resistenza.

I valori dei parametri relativi alla pericolosità sismica sono:

- $a_g$  = accelerazione di picco al suolo (accelerazione orizzontale massima al sito);
- $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione delle componenti orizzontali;
- $T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione delle componenti orizzontali.

Utilizzando come domanda sismica gli spettri elastici di cui al D.M. 14.01.2018 con i seguenti parametri:

Coordinate del sito: Lat. 40,849680 Long. 14,337638;

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	45	0,057	2,336	0,307
SLD	75	0,075	2,327	0,323
SLV	712	0,193	2,421	0,343
SLC	1462	0,241	2,507	0,345

Tabella 4 - Valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per i differenti periodi di ritorno riferiti alla classe d'uso III.

#### 4.2. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA

Così come esplicitato nell'elaborato geologico fornito alla committenza, si considera un terreno di tipo B.

Tab. 3.2.11 - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Areole di rocce affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 300 m/s, presentando un'omogeneità in profondità almeno di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 5 m.
B	Areole di rocce e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto omogenei, caratterizzati da un ingrossamento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 300 m/s e 300 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa moderatamente addensati e terreni a grana fine moderatamente omogenei con profondità del sottosuolo superiori a 30 m, caratterizzati da un ingrossamento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 200 m/s e 300 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa moderatamente addensati o terreni a grana fine moderatamente omogenei con profondità del sottosuolo superiori a 30 m, caratterizzati da un ingrossamento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 100 m/s e 200 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalenti riconoscibili e quindi definiti per le categorie C o D, con profondità del sottosuolo non superiori a 30 m.

Figura 21 - Categoria di sottosuolo

Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_s \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C)^{-0,25}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_s \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C)^{-0,20}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_s \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C)^{-0,25}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_s \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C)^{-0,25}$

Figura 22 - Espressioni di  $S_s$  e  $C_c$

dove:

- $C_c$  è un coefficiente che consente di passare da suolo rigido a suolo non rigido;
- $S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica;

Si considera una categoria topografica di tipo T1.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 23 - Categorie topografiche

### 4.3. SPETTRO DI RISPOSTA

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 - \quad 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 - \quad T_B \leq T \leq T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 - \quad T_C \leq T \leq T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 - \quad T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

nelle quali  $T$  e  $S_e$  sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale, inoltre  $S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_S * S_T$$

essendo  $S_S$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica, ottenuti precedentemente.

$\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la seguente relazione:

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55$$

dove  $\xi$  (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione; per  $\xi=5\%$ ,  $\eta=1$ .

Noti i parametri rappresentativi del sito in esame, è possibile valutare i periodi  $T$  dell'oscillatore:

- $T_C = C_C T_C^*$ , è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro;

- $T_B = T_C/3$ , è il periodo corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante;

- $T_D = 4 * \frac{a_g}{10} + 1,6$ , è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro.

Di seguito si riportano gli spettri elastici per i diversi stati limite.

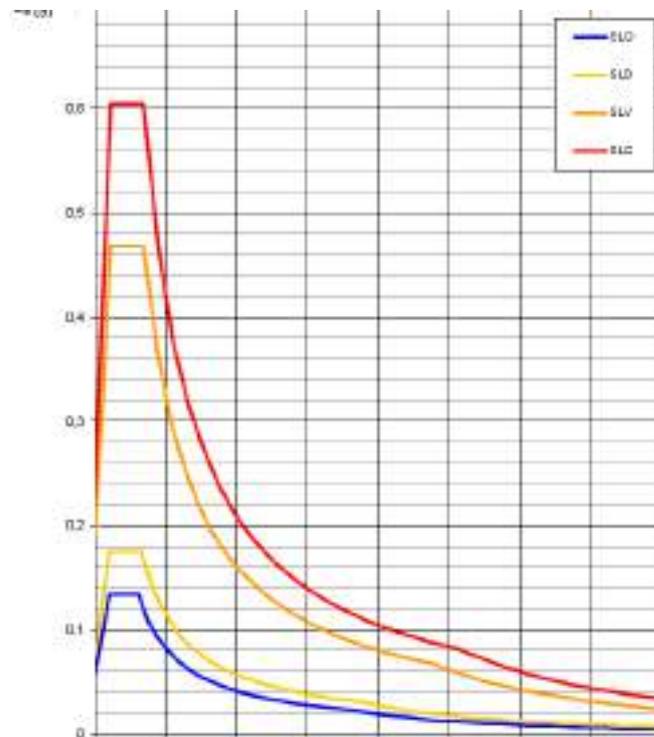


Figura 24 - Spettri elastici per i diversi stati limite

#### 4.4. SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto, di cui al § 2.4 delle NTC 2018. Si definisce stato limite una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata in corrispondenza di un dato stato limite.

Le opere strutturali devono essere verificate:

a) per gli stati limite ultimi che possono presentarsi;

b) per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese.

Nella fattispecie l'opera in oggetto è stata verificata al solo Stato Limite di Salvaguardia della Vita.

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

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

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

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

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

Dove:

- $G_1$  e  $G_2$  sono i valori caratteristici dei carichi permanenti strutturali e non strutturali;
- $Q_k$  è il valore caratteristico dell'azione variabile prevalente;
- E è l'azione sismica.

Con:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti  $G_1$ ;
- $\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali  $G_2$ ;
- $\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili  $Q_k$ .

I valori dei coefficienti  $\psi_{0j}$ ,  $\psi_{1j}$ ,  $\psi_{2j}$ , sono dati nella Tab. 2.5.I delle NTC 2018.

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{G1}$ ,  $\gamma_{G2}$  e  $\gamma_{Qi}$  sono dati nella Tab. 2.6.I delle NTC 2018.

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		$\gamma_r$			
Carichi permanenti $G_i$	Favorevoli	$\gamma_{Gi}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_{e(i)}$	Favorevoli	$\gamma_{Ge}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili $Q$	Favorevoli	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Tabella 5 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU (Tab. 2.6.1 - NTC2018)

## 5. ANALISI STATICA E SISMICA DELLA STRUTTURA

Per la verifica della vulnerabilità del fabbricato, si è optato per l'analisi dinamica con fattore di comportamento  $q$ . Tale approccio è stato utilizzato per la verifica allo SLV della struttura.

L'analisi dinamica con fattore di comportamento  $q$  è, di fatto, un approccio force-based, in analogia a quanto si fa in fase di progettazione ex novo, e utilizza lo spettro di progetto ottenuto dall'adozione di un fattore di comportamento adatto agli edifici esistenti, ma che per impiego e significato è del tutto analogo a quello utilizzato per le strutture di nuova progettazione.

In base alle prescrizioni della Circolare n.7 del 2019 (così come anche per la n. 617 del 2009), il fattore di comportamento va scelto nell'intervallo tra 1.5 e 3.0, sulla base della regolarità nonché dei tassi di lavoro dei materiali sotto le azioni statiche; per adottare valori più elevati è necessario giustificarli in base alla duttilità disponibile a livello locale e globale. Tale approccio non prevede che sia soddisfatta alcuna condizione di applicabilità.

Al C8.7.2.2.1 la circolare recita: *“Le verifiche devono essere eseguite in termini di resistenza, controllando che, per ciascun elemento strutturale, la domanda in termini di sollecitazioni sia inferiore o uguale alla corrispondente capacità”*.

Nel caso in esame, a partire dai singoli modelli agli elementi finiti sono state eseguite iterativamente più analisi dinamiche lineari con fattore di struttura  $q$  (assunto pari a 1,5 sia per gli elementi fragili che, cautelativamente, per gli elementi duttili), incrementando l'accelerazione partendo un valore 0 fino ad arrivare al primo collasso di un elemento pilastro/trave.

Facendo riferimento alle NTC 2018 e all'Eurocodice 8 parte 3, nella tabella seguente è riportata in maniera sintetica, il procedimento per il calcolo della capacità e della domanda l'edificio in oggetto.

		Approccio con fattore q	
		Domanda	Capacità
Tipo di elemento o meccanismo (e/m)	Duttile	Dall'analisi. (con q=1,5-3,0)	In termini di resistenza. Usare i valori medi divisi per il FC.
	Fragile	Dall'analisi. (con q=1,5)	In termini di resistenza. Usare i valori medi divisi per il FC e per il coefficiente parziale.

Figura 25 - Valori delle proprietà dei materiali e criteri di analisi e di verifica della sicurezza.

## 6. MODELLAZIONE STRUTTURALE ED ANALISI DINAMICA LINEARE

Il modello strutturale da analizzare rappresenta in modo adeguato la reale geometria, la distribuzione delle masse e delle rigidità effettive, pur nelle necessarie schematizzazioni ed esemplificazioni e restituisce il comportamento reale delle strutture sotto le azioni a cui è soggetta. La schematizzazione delle strutture, riportata sia nei grafici che nella restante parte della relazione è frutto di analisi e di ipotesi più probabili nel loro complesso; ipotesi basate sui criteri dell'epoca di progettazione e realizzazione degli elementi strutturali, sulla consultazione della documentazione rinvenuta e sulla valutazione dei risultati dei rilievi e delle indagini diagnostiche.

Come software di calcolo strutturale, si è utilizzato s.t.s. CDS WIN release 2020 ( licenza n. 37037).

Trattandosi di una struttura con telai in calcestruzzo armato, il modello numerico ad elementi finiti è del tipo tridimensionale. Nel caso specifico, si sono realizzati due modelli strutturali essendo in presenza di due corpi di fabbrica giuntati e si sono adottati modelli cosiddetti “ad ossatura nuda”, cioè senza tenere in conto degli eventuali contributi in termini di resistenza e rigidità offerti dalle tamponature.

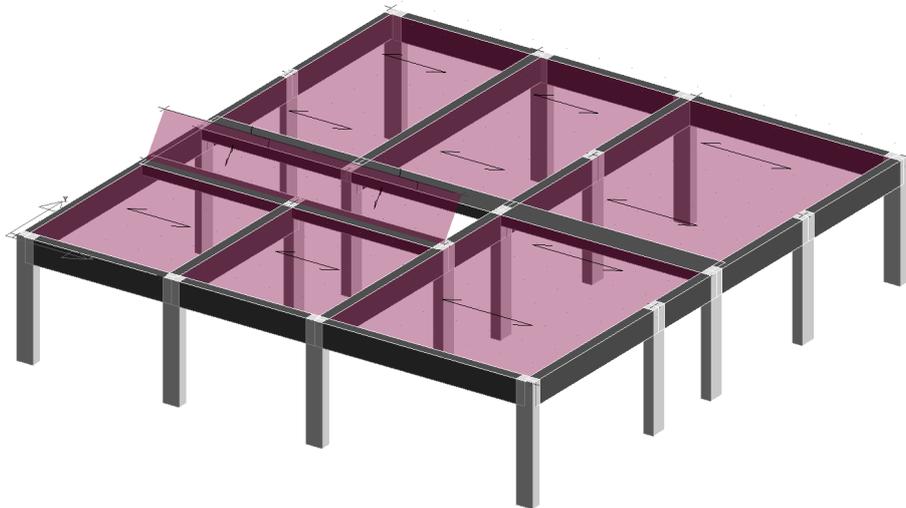
Travi e pilastri, componenti in cui una dimensione prevale sulle altre due, sono stati modellati con elementi “beam”, il cui comportamento può essere opportunamente perfezionato attraverso alcune opzioni quali quelle in grado di definire le modalità di connessione all'estremità.

Per quanto riguarda le fondazioni, non essendo stati rilevati dei dissesti ad esse attribuibili, considerate le finalità dell'analisi commissionata, le stesse non sono state modellate assumendo dunque gli elementi portanti verticali incastrati alla base.

La presenza di diaframmi orizzontali rigidi nel proprio piano viene gestita attraverso l'impostazione di un'apposita relazione fra i nodi strutturali coinvolti, che ne condiziona il movimento relativo; tale ipotesi è ritenuta valida in quanto i solai hanno mostrato la presenza di soletta di adeguato spessore ( $s \geq 4$  cm). Nelle immagini di seguito si riportano le due viste principali dei modelli strutturali adottati:



*Figura 26a - Vista Anteriore prospettica modello strutturale c.f.1*



*Figura 26b - Vista Anteriore prospettica modello strutturale c.f.2*

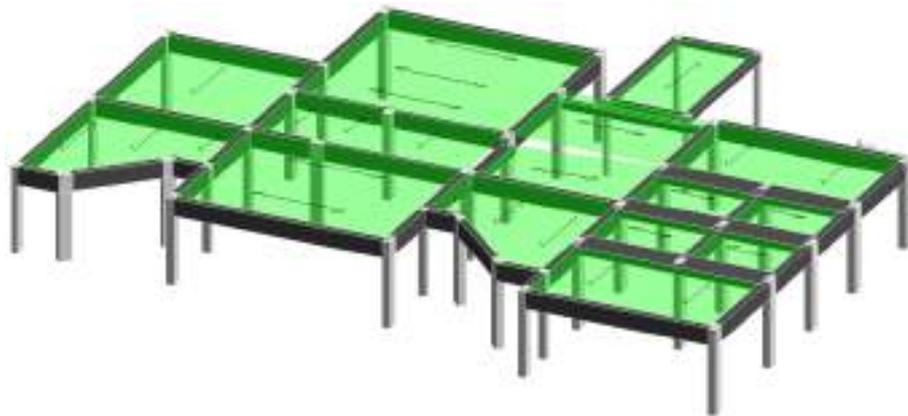


Figura 27a - Vista Posteriore prospettica modello strutturale c.f.1



Figura 27b - Vista Posteriore prospettica modello strutturale c.f.2

Nei grafici successivi vengono riportate le deformate relative alle combinazioni SLU, SLV (+x) ed SLV (+y) nonché le sollecitazioni N, M e T per la combinazione SLU, al fine di comprovare la validità del modello adottato:

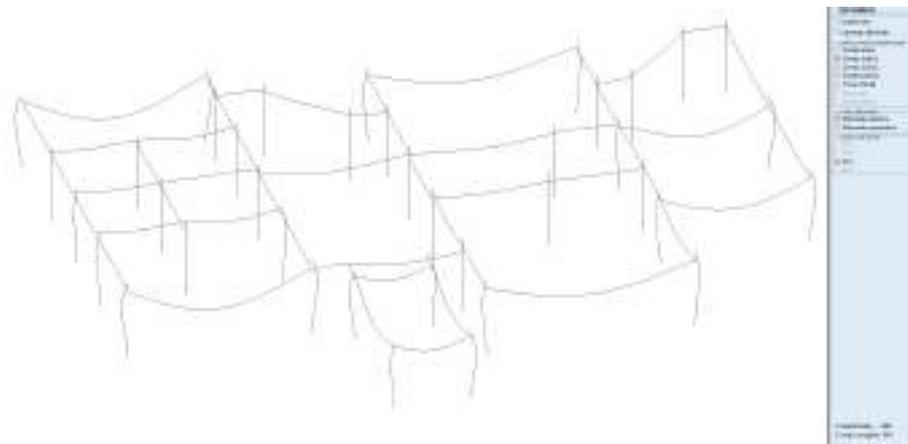


Figura 28a - Deformata SLU c.f.1

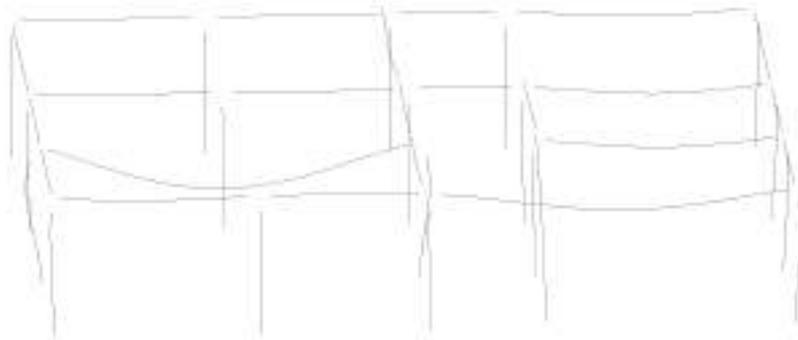


Figura 28b - Deformata SLU c.f.2



Figura 29a - Deformata SLV (+x) c.f.1



Figura 29b - Deformata SLV (+x) c.f.2



Figura 30a - Deformata SLV (+y) c.f.1

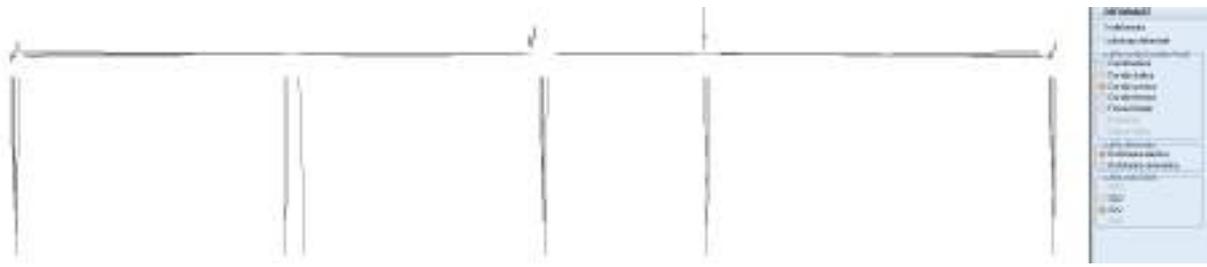


Figura 30b - Deformata SLV (+y) c.f.2

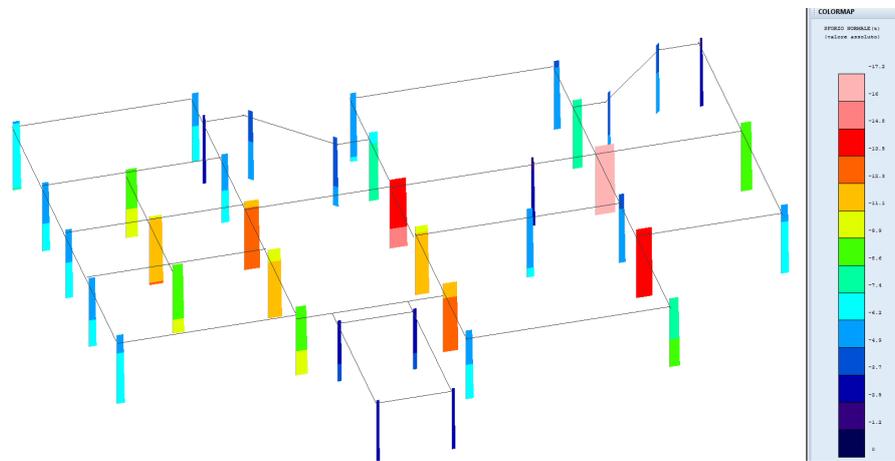


Figura 31a - Diagramma N combinazione SLU c.f.1

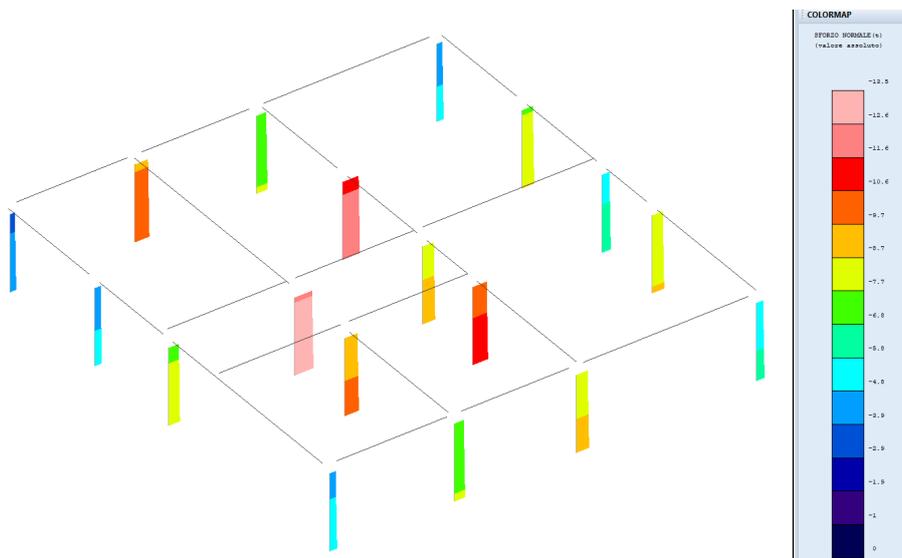


Figura 31b - Diagramma N combinazione SLU c.f.2

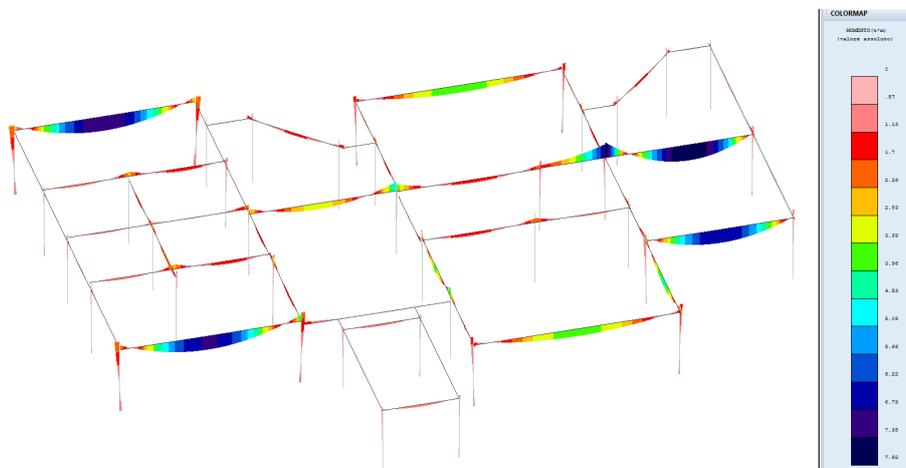
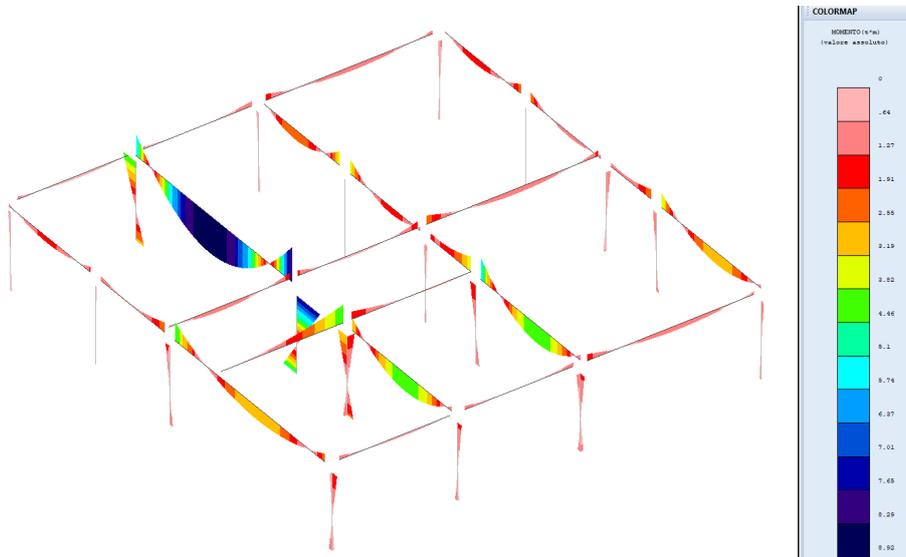


Figura 32a - Diagramma M combinazione SLU c.f.1



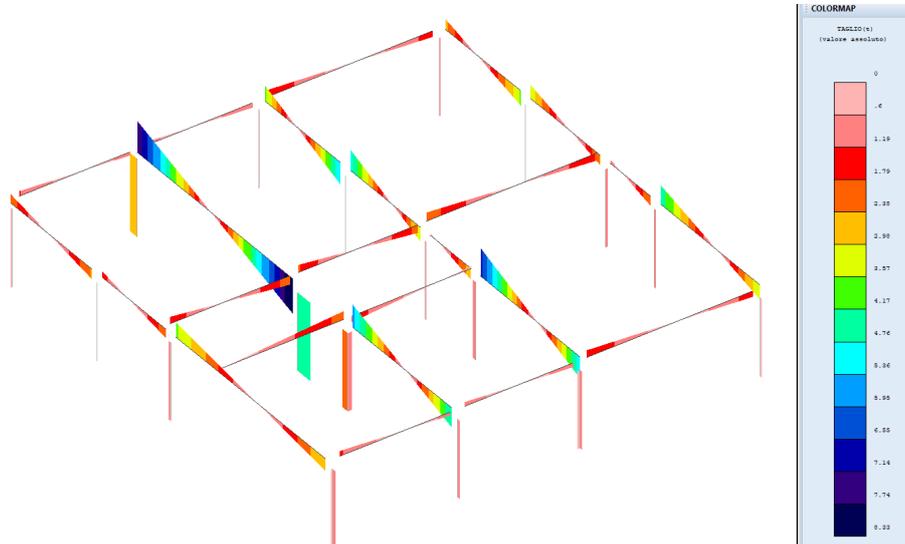


Figura 33b - Diagramma T combinazione SLU c.f.2

### 6.1. VERIFICHE

Le verifiche a taglio e pressoflessione degli elementi strutturali soggetti ai soli carichi gravitazionali risultano essere soddisfatte per le combinazioni di calcolo allo SLU, sia per le combinazioni favorevoli che sfavorevoli e per entrambi i corpi di fabbrica.

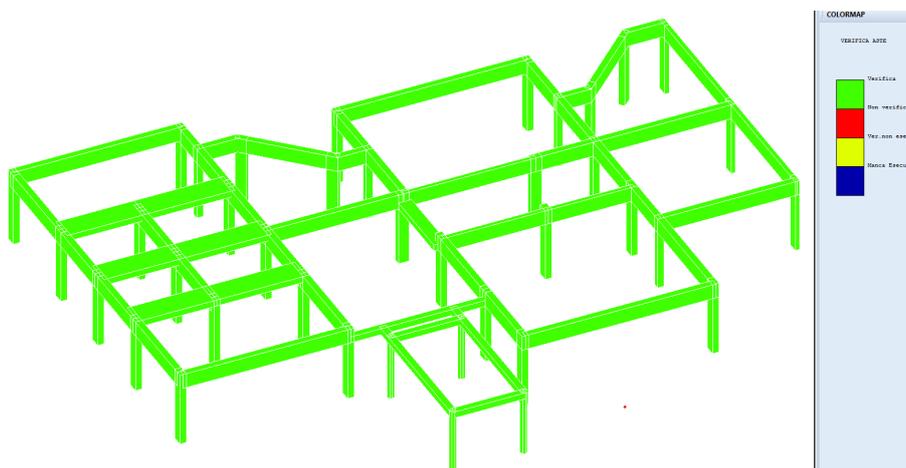


Figura 34a- Color Map verifiche SLU taglio e pressoflessione c.f.1

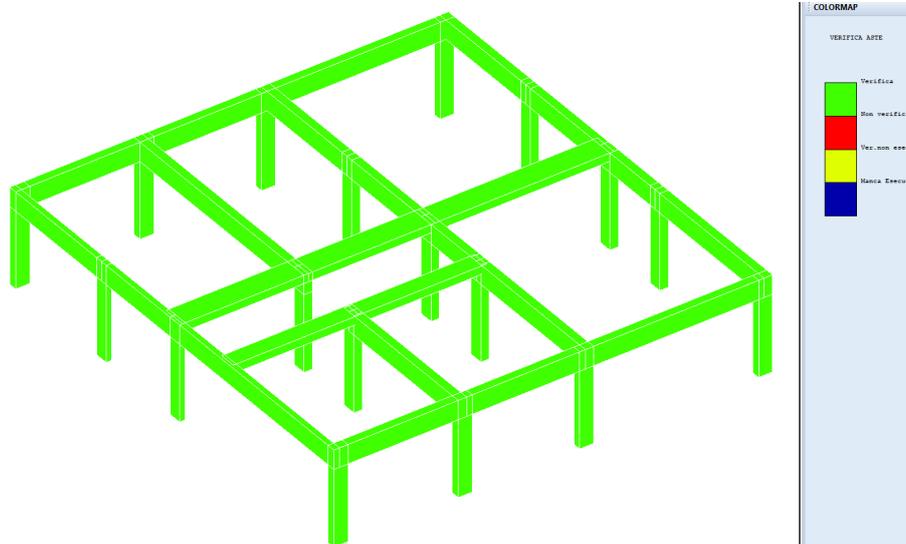


Figura 34b- Color Map verifiche SLU taglio e pressoflessione c.f.2

Per quanto riguarda la verifica di resistenza degli elementi strutturali ed una conseguente prima valutazione della vulnerabilità del fabbricato nei confronti terremoto atteso per il sito in esame, si è proceduto alle verifiche a pressoflessione e taglio degli elementi resistenti.

Di seguito si riporta la color map scaturita dall'analisi e dalle verifiche eseguite su ciascun modello ed indicativa dei risultati sia per le verifiche di pressoflessione che di taglio:

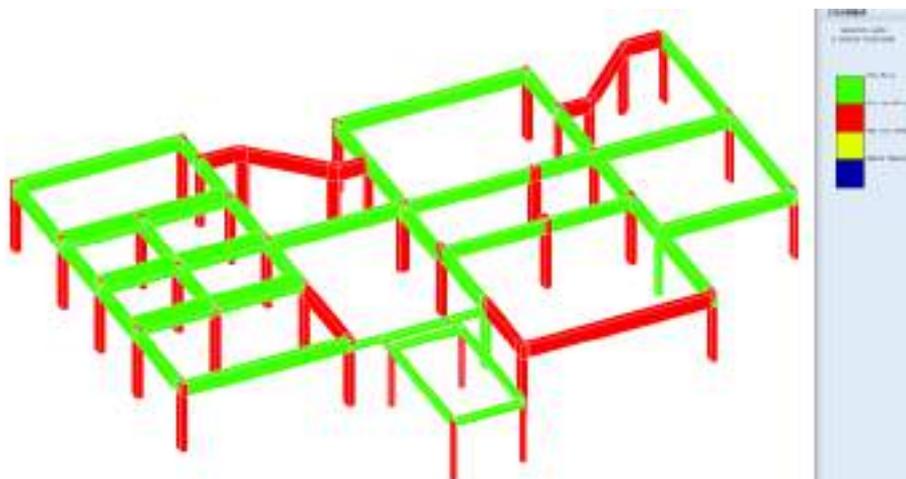


Figura 35a- Color Map verifiche pressoflessione  $a_g/g=100\%$  c.f.1

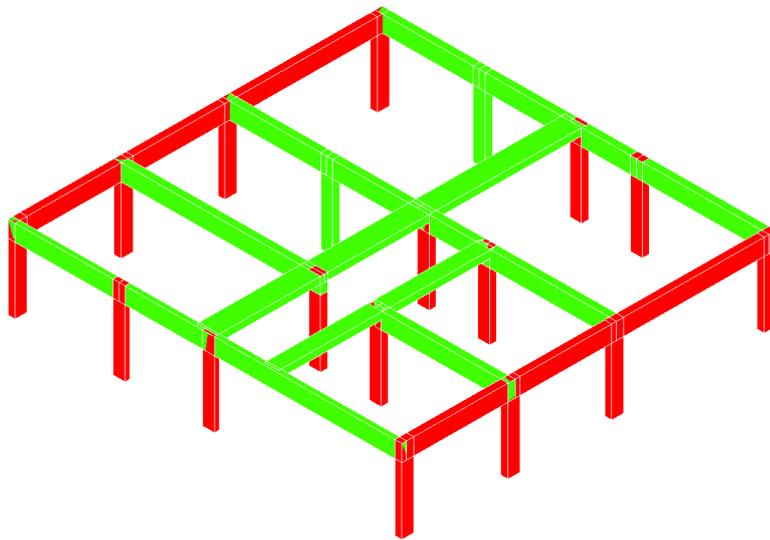


Figura 35b- Color Map verifiche pressoflessione  $ag/g=100\%$  c.f.2

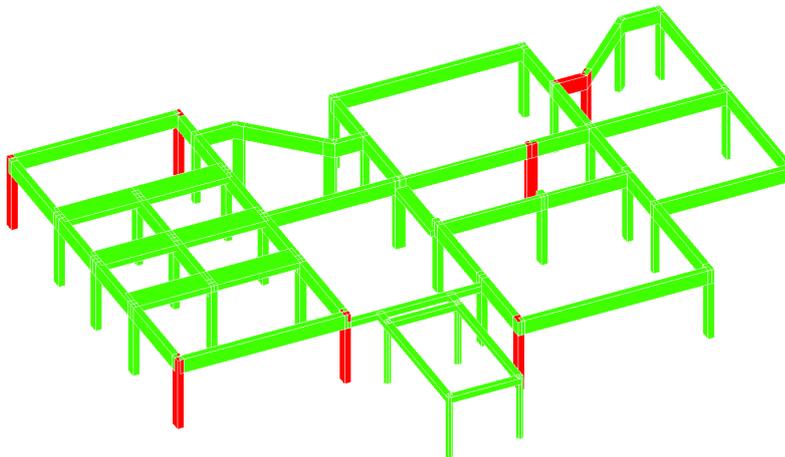


Figura 36a - Color Map verifiche taglio  $ag/g=100\%$  c.f.1

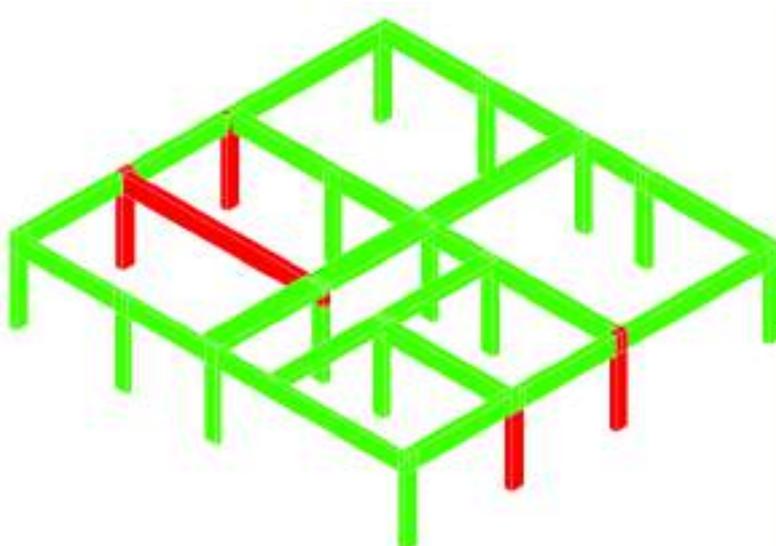


Figura 36b - Color Map verifiche taglio  $ag/g=100\%$  c.f.2

Come si osserva dalle immagini su riportate, per una significativa percentuale degli elementi strutturali di entrambi i corpi di fabbrica non risulta soddisfatta la verifica a pressoflessione, mentre per quanto concerne la sollecitazione tagliante, solo alcuni elementi trave/pilastro non soddisfano la verifica, sia per il *c.f.1* che per il *c.f.2* .

Di seguito allora si riportano i diagrammi degli indici di sicurezza delle aste in c.a. per gli elementi portanti travi e pilastri di ciascuno corpo di fabbrica:

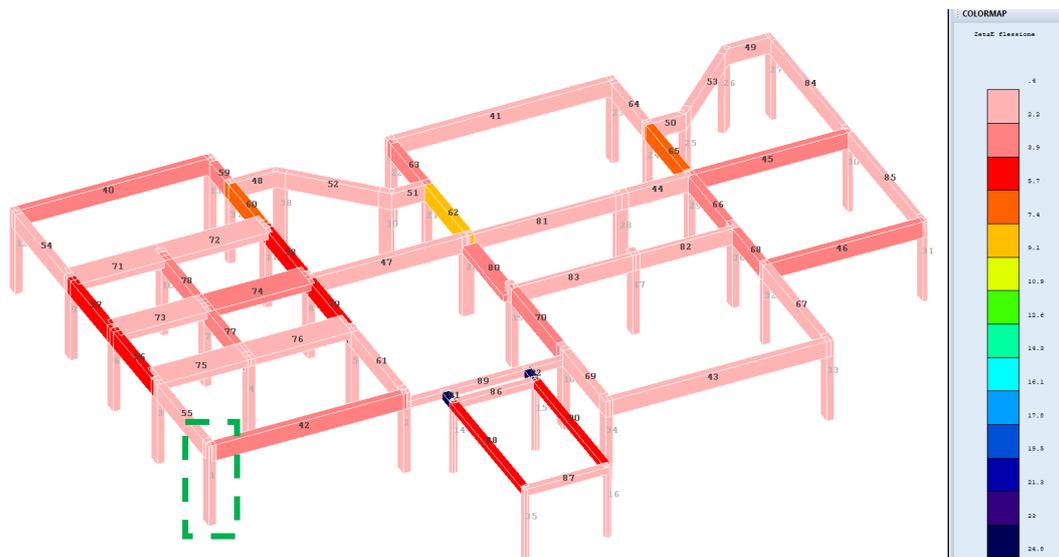


Figura 37a - Indice di rischio sismico c.f.1 – Analisi dinamica lineare

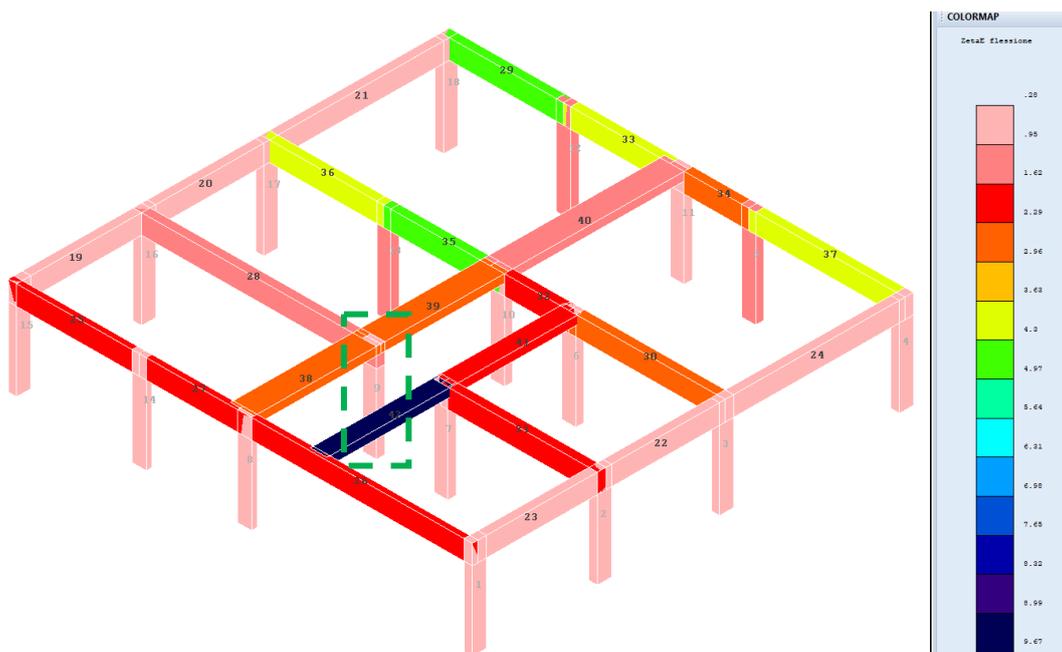


Figura 37b - Indice di rischio sismico c.f.2 – Analisi dinamica lineare

Per il corpo di fabbrica 1, si osserva il collasso a pressoflessione di un pilastro di bordo (asta 1). Per il corpo di fabbrica 2, si osserva il collasso a pressoflessione di un pilastro centrale (asta 9).

Si fa presente che i risultati ottenuti dall'analisi dinamica lineare sono piuttosto conservativi, in quanto con questo tipo di metodo non viene considerata la plasticità concentrata all'estremo delle aste, ma risulta essere in ogni caso un valido strumento per una prima valutazione della vulnerabilità sismica del fabbricato in oggetto.

## **6.2. VERIFICA GIUNTO ESISTENTE**

Dalle analisi dinamiche lineari svolte sui due corpi di fabbrica, si sono rilevate vulnerabilità legate non solo alla capacità resistente degli elementi strutturali come illustrato nel precedente paragrafo, ma anche agli spostamenti degli stessi e ad eventuali problematiche di martellamento. Tali vulnerabilità, sebbene non tenute in conto nella valutazione dell'indice di rischio sismico, vanno certamente considerate nell'ottica di successivi interventi di adeguamento/miglioramento.

Al fine fornire indicazioni più dettagliate su tutte le vulnerabilità della struttura in oggetto, si è proceduto alla verifica del giunto esistente tra i due corpi di fabbrica, in accordo a quanto prescritto dalle NTC 2018 e relativa Circolare Applicativa al cap. 7.2.1 :***“Distanza tra costruzioni contigue: la distanza tra costruzioni contigue deve essere tale da evitare fenomeni di martellamento e comunque non può essere inferiore alla somma degli spostamenti massimi determinati per lo SLV, calcolati per ciascuna costruzione secondo il § 7.3.3 (analisi lineare) o il § 7.3.4 (analisi non lineare) e tenendo conto, laddove significativo, dello spostamento relativo delle fondazioni delle due costruzioni contigue, secondo quanto indicato ai §§ 3.2.4.1, 3.2.4.2 e 7.3.5; La distanza tra due punti di costruzioni che si fronteggiano non potrà in ogni caso essere inferiore a 1/100 della quota dei punti considerati, misurata dallo spiccatto della fondazione o dalla sommità della struttura scatolare rigida di cui al § 7.2.1, moltiplicata per  $2a_g S/g \leq 1$ . Qualora non si possano eseguire calcoli specifici, lo spostamento massimo di una costruzione non isolata alla base può essere stimato in 1/100 della sua altezza, misurata come sopra, moltiplicata per  $a_g S/g$ ; in questo caso, la distanza tra costruzioni contigue non potrà essere inferiore alla somma degli spostamenti massimi di ciascuna di esse.”***

Si riporta di seguito una tabella di sintesi della verifica del giunto esistente, misurato durante le indagini in situ:

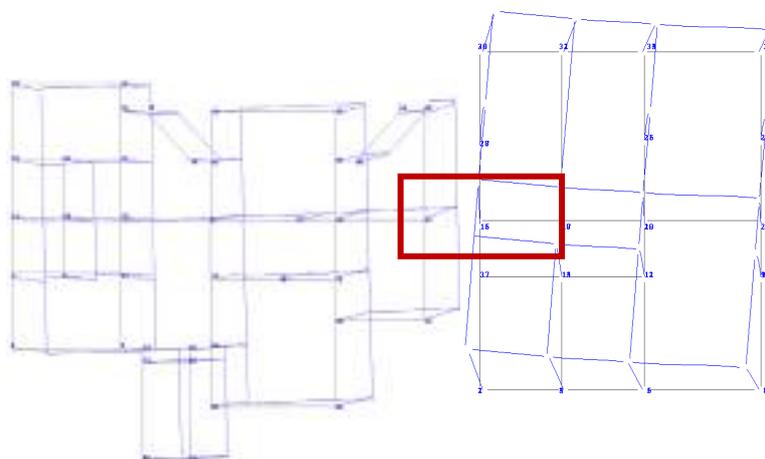


Figura 38 – Spostamenti SLV (x,y) c.f.1 e c.f.2 in opposizione di fase

- **Dati generali:**

Stato limite di riferimento	SLV	
Accelerazione orizzontale massima al suolo	$a_g/g$	0.020
Valore max del fattore di amplificazione dello spettro in acceler. orizzontale	$F_0$	2.421
Periodo di inizio del tratto a velocità cost. dello spettro in acceler. orizz.	$T_c^*$	0.343s
Categoria di sottosuolo	B	
Coeff. di amplificazione stratigrafica	$S_s$	1.2
Coeff. funzione della Cat. sottosuolo	$C_c$	1.362
Categoria topografica	T1	
Coeff. di amplificazione topografica	$S_T$	1

- **Dati corpo di fabbrica 1:**

Nodo della struttura considerato	$n^\circ$	60
Spostamento max. del nodo considerato in direzione x	$U_x$	0.97cm
Spostamento max. del nodo considerato in direzione y	$U_y$	1.26 cm
Spostamento max. allo SLV ottenuto dalle analisi	$d_{E,e}$	1.59 cm
Fattore di comportamento	$q$	1.5
Periodo proprio di vibrazione	$T_1$	0.127
Fattore moltiplicativo degli spostamenti	$\mu_d$	2.84
Spostamento max. di progetto	$d_{E,max}$	4.52 cm

- **Dati corpo di fabbrica 2:**

Nodo della struttura considerato	n°	16
Spostamento max. del nodo considerato in direzione x	U <sub>x</sub>	0.69 cm
Spostamento max. del nodo considerato in direzione y	U <sub>y</sub>	0.49 cm
Spostamento max. allo SLV ottenuto dalle analisi	d <sub>E,e</sub>	0.85 cm
Fattore di comportamento	q	1.5
Periodo proprio di vibrazione	T <sub>1</sub>	0.127
Fattore moltiplicativo degli spostamenti	μ <sub>d</sub>	2.84
Spostamento max. di progetto	d <sub>E,max</sub>	2.40 cm

- **Verifica del giunto esistente:**

Spostamento max. totale tra le strutture in opposizione di fase	6.92 cm
Giunto sismico di progetto minimo	7 cm
Giunto sismico esistente	4.5 cm
<b>4.5 cm &lt; 7 cm</b>	<b>Verifica non soddisfatta → martellamento</b>

Il giunto esistente non soddisfa la verifica di normativa vigente per il fenomeno del martellamento in caso di azione sismica, per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita considerato.

## **7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E SINTESI DEI RISULTATI**

L'edificio oggetto di studio è stato dettagliatamente analizzato, per quanto riguarda la capacità di resistenza sia ai carichi statici sia ai carichi sismici, nonché in termini di spostamenti indotti dall'azione sismica per la verifica del giunto esistente, in accordo con le prescrizioni della normativa vigente.

L'analisi numerica effettuata nella condizione dei soli carichi gravitazionali ha mostrato un esito soddisfacente in relazione alle attuali NTC2018, per entrambi i corpi di fabbrica. Il giudizio positivo sulle condizioni di sicurezza del fabbricato in presenza dei soli carichi gravitazionali, quindi in assenza di sisma, tiene conto dei buoni risultati ottenuti dalle prove sui materiali e dall'assenza di un quadro fessurativo di rilievo.

I metodi adottati per l'analisi del fabbricato sono di tipo semi-probabilistico, legati cioè ad una certa probabilità di accadimento, questo perchè le grandezze coinvolte non sono di tipo deterministico (sisma, resistenze materiali, carichi accidentali etc).

Quanto sopra per sottolineare che il risultato numerico, affetto dalle incertezze ed approssimazioni anzidette, deve essere assunto solo quale ausilio per una decisione ragionata sui provvedimenti da adottare in esito alle verifiche effettuate.

Per quanto concerne il comportamento del fabbricato in presenza di azioni sismiche il giudizio è tutt'altro che positivo e a tal proposito occorre tenere presente che l'edificio non è stato concepito con criteri antisismici; invero, all'epoca di progettazione, le strutture venivano dimensionate per sostenere i soli carichi verticali e pertanto la struttura non era stata ideata per resistere agli elevati valori di sollecitazione indotti dalle azioni sismiche.

Per la valutazione della sicurezza nei confronti delle azioni orizzontali sismiche, considerata la struttura in esame, l'epoca di realizzazione e la tipologia costruttiva della stessa, la verifica svolta avrebbe dovuto tener in considerazione anche dei seguenti dettagli costruttivi:

1. Nodi non confinati, caratterizzati da staffe non chiuse a  $135^\circ$ ;
2. Nodi non confinati, per presenza di telai monodirezionali.

I suddetti elementi, se tenuti in considerazione nella verifica globale della struttura, avrebbero condizionato in modo ancora più gravoso la valutazione. Per tale motivo, al fine di poter valutare la capacità sismica degli elementi trave/pilastro costituenti l'intera struttura, mediante una semplificazione del modello, gli stessi sono stati esclusi dalla verifica. Tale scelta ha consentito l'individuazione dell'indicatore di rischio sismico del sistema globale con accettabile approssimazione.

Preme sottolineare che, in caso di progetto di adeguamento sismico, gli stessi elementi in precedenza esclusi dovranno essere nuovamente considerati nella verifica ed opportunamente trattati con interventi specifici al fine di conferire agli stessi la capacità sismo resistente richiesta.

Alla luce di quanto sopra, considerato il tipo di analisi svolta (dinamica lineare), la valutazione della sicurezza dell'edificio in esame è stata svolta prendendo in considerazione i due nuovi parametri, definiti dalla NTC2018, che costituiscono i fattori indicativi per un rapido confronto tra **l'azione massima sopportabile da una struttura esistente e l'azione massima che si utilizzerebbe in caso di progetto ex-novo.**

Tali parametri sono così definiti:

- $\zeta_E$ , definito come il rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura esistente e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione sul medesimo suolo e con le medesime caratteristiche (periodo proprio, fattore di comportamento ecc.). Il parametro di confronto dell'azione sismica da adottare per la definizione di  $\zeta_E$  è, salvo casi particolari, l'accelerazione al suolo  $a_g$  S.
- $\zeta_{v,i}$ , definito come il rapporto tra il valore massimo del sovraccarico verticale variabile sopportabile dalla parte i-esima della costruzione e il valore del sovraccarico verticale variabile che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione.

La verifica svolta e l'individuazione dell'indice di rischio sismico dell'edificio analizzato, rappresentato dal minimo valore del coefficiente  $\zeta_E$  per i due corpi di fabbrica contigui ha consentito di individuare il primo elemento strutturale da cui dipende la sicurezza sismica delle due strutture contigue.

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva con i valori calcolati:

	<b>ELEMENTO STRUTTURALE</b>	<b>TIPO DI ANALISI</b>	<b>STATO LIMITE SLV</b>	<b>TIPOLOGIA CRISI/RUTTURA</b>
c.f. 1	pilastro n.1 - BORDO	Dinamica Lineare	$\zeta_E = 0.44$	PRESSOFLESSIONE
c.f. 2	pilastro n.9 -CENTRALE	Dinamica Lineare	$\zeta_E = 0.27$	PRESSOFLESSIONE

Tabella 6- Sintesi indice di rischio sismico SLV

Dai risultati evinti dalle verifiche strutturali eseguite e dai valori degli indici di rischio sismico sopra tabellati, si può senza dubbio confermare quanto segue:

- in termini di capacità rispetto alle azioni gravitazionali, gli elementi strutturali (travi e pilastri) evidenziano un soddisfacente grado di sicurezza;
- in termini di azioni sismiche, una rilevante percentuale degli elementi travi e pilastri che compongono la struttura evidenzia un grado di sicurezza insoddisfacente rispetto alla capacità sismo resistente richiesta.

Inoltre, dalla verifica del giunto esistente, si è constatata una distanza insufficiente a scongiurare il fenomeno del martellamento tra i due corpi di fabbrica contigui.

Considerata l'intenzione dell'amministrazione comunale di procedere alla riqualificazione sismica della struttura, che ricordiamo essere di classe III ad uso scolastico, e tenuto conto dei

risultati sopra descritti, **risulta necessario prevedere un insieme sistematico di interventi mirati ad ottenere un notevole incremento della capacità sismica degli elementi analizzati, tale da raggiungere l'adeguamento sismico richiesto.**



## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università  
Investimento 1.1: Piano per asili nido e scuole dell'infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia



Riqualificazione funzionale e messa in sicurezza del 12° circolo didattico  
"NIDO MALAPARTE"

### PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

(articolo 23 comma 5 D.lgs. n. 50/2016 e s.m.i.)

Responsabile del Procedimento:  
arch. Alfonso Ghezzi

Progettista  
ing. Pasquale Ciccarelli

Descrizione elaborato

Relazione Tecnica

COD. ELABORATO :

**A**

SCALA :

-

DATA :

APRILE 2022

**TITOLO DEL PROGETTO: RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE E MESSA IN SICUREZZA  
DEL 12° CIRCOLO DIDATTICO "NIDO MALAPARTE"**

**CUP B68I22000300006**

**1. SOGGETTO PROPONENTE**

Ente locale	<i>Comune di Napoli</i>
Responsabile del procedimento	<i>Alfonso Ghezzi</i>
Indirizzo sede Ente	<i>Piazza Municipio 1, 80133 Napoli</i>
Riferimenti utili per contatti	<i>Email: edilizia.scolastica@comune.napoli.it</i>

**2. TIPOLOGIA DI INTERVENTO**

Demolizione e ricostruzione	<input type="checkbox"/>
Nuova costruzione	<input type="checkbox"/>
Ampliamento	<input type="checkbox"/>
Riqualificazione funzionale e messa in sicurezza	<input checked="" type="checkbox"/>
Riconversione di edifici pubblici esistenti	<input type="checkbox"/>

**3. LIVELLO ATTUALE DEL SERVIZIO**

**3.1 Edifici pubblici esistenti sul territorio**

Numero di edifici adibiti ad asili nido e servizi integrativi presenti nel territorio comunale		<b>Numero</b>  <b>60</b>
--	--	--------------------------------

**4. DESCRIZIONE PROPOSTA D'INTERVENTO**

L'edificio di cui ha sede l'istituto scolastico "Malaparte", la cui costruzione presumibilmente risale al 1987, è ubicato in una zona periferica del comune di Napoli e fa parte della municipalità VI.

L'area esistente, che contiene l'attuale plesso, si sviluppa su una superficie complessiva di circa mq. 710 confinante su tre lati (Nord-Ovest-Est) con Via Curzio Malaparte ed a Sud con IC 70° Circolo Marino Santa Rosa Plesso Lotto G.



**Figura 1: Ubicazione Planimetrica**

Il progetto ha come obiettivo l'adeguamento sismico, impiantistico ed energetico dell'edificio.

Dati sintesi dell'edificio:

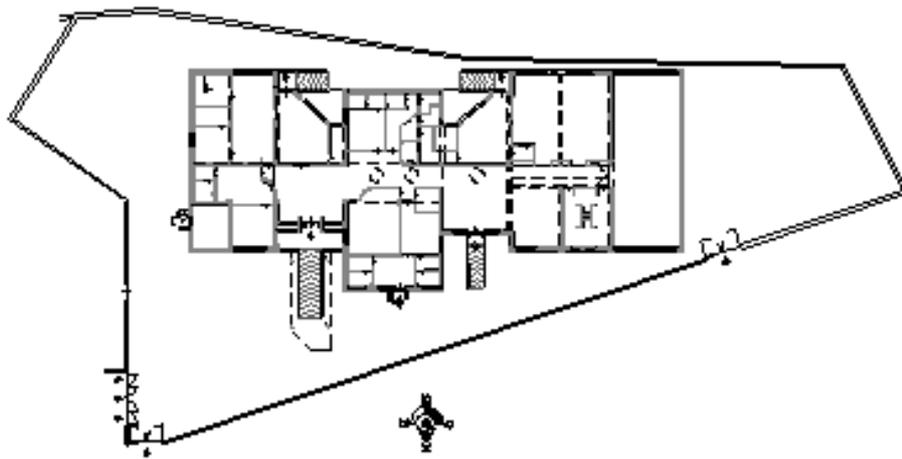
Istituzione scolastica	Istituto Statale Nido 0-2 anni
Denominazione	Malaparte
Codice	6.59.169
Indirizzo – Civico	Via C. Malaparte
Comune	80147 Napoli

Dati generali della popolazione scolastica:

n° alunni iscritti per l'anno scolastico 2021/2022	59
n° personale docente e amministrativo in servizio nell' anno scolastico 2021/2022	13
n° totale utenti interni (alunni + personale)	73
popolazione scolastica potenziale (alunni +personale) triennio successivo	<b>73</b>

Il progetto ha come obiettivo l'adeguamento sismico, impiantistico ed energetico dell'edificio.

Il corpo di fabbrica di Via C. Malaparte, da documentazione reperita presso gli uffici comunali e verificata durante i sopralluoghi, si compone di n°1 piano fuori terra e struttura portante in cemento armato. Si riporta di seguito la planimetria architettonica fornita dal comune:



**Figura 2: Piano Terra**

Relativamente alle caratteristiche strutturali da rilievo ed indagini in sito, è emerso che la copertura del fabbricato è piana e composta da un'orditura di travi in acciaio, che, poggiano direttamente sui pilastri; i tamponamenti esterni sono costituiti in calcestruzzo.

Gli impianti esistenti sono stati costruiti presumibilmente contestualmente all'edificazione del fabbricato. Da rilievi in sito è emersa la presenza di un impianto di riscaldamento con radiatori, corpi illuminanti ed impianti idrici.

L'edificio da diversi anni non è oggetto di interventi di manutenzione straordinaria né tantomeno, durante i sopralluoghi di rilievo e diagnostica, si sono riscontrati interventi di adeguamento/miglioramento strutturale ed impiantistico.

L'obiettivo primario che si pone il presente progetto è relativo alla riqualificazione funzionale e messa in sicurezza del fabbricato che comprenderà interventi di adeguamento sismico e funzionale degli impianti.

In particolare, relativamente agli interventi di natura strutturale, si procederà con l'adeguamento sismico. Adeguare sismicamente una costruzione vuol dire incrementare la sua capacità di fronteggiare un terremoto fino a raggiungere quella richiesta ad una nuova costruzione.

Nel caso in esame, dovendo stimare interventi volti ad aumentare il grado di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche attese, previa verifica progettuale esecutiva, si procederà con la messa in opera di uno o più dei seguenti macro interventi:

- realizzazione di ringrossi degli elementi trave/pilastro;
- realizzazione di setti in cemento armato irrigidenti e tali da bilanciare le eccentricità presenti;
- rinforzo locale mediante l'applicazione di tessuti fibrorinforzati FRP;
- inserimento di isolatori elastomerici;
- inserimento di sistemi di dissipatori sismici;
- ammorsamento delle tamponature;

Relativamente invece ai provvedimenti di natura impiantistica ed edilizia, si procederà con interventi volti all'efficientamento energetico finalizzato alla sostenibilità dell'organismo architettonico.

In particolare gli interventi da prevedere potranno riguardare:

- Impianto di termo-climatizzazione: realizzazione per tutti i piani dell'edificio di un sistema di riscaldamento radiante a pavimento, mentre il raffrescamento, la realizzazione di un sistema misto a ventilconvettori (VRF) abbinato ad un sistema di ventilazione gestito tramite Unità di trattamento aria con recuperatore di calore. Per quanto attiene i servizi igienici, realizzazione di estrattori d'aria al fine di gestire i volumi d'aria dei servizi stessi in depressione rispetto agli adiacenti locali e connettivi scolastici. I sistemi di riscaldamento e climatizzazione dovranno poi essere dotati per tutti gli ambienti di sensori e termostati per la regolazione locale dei parametri termo-igrometrici dell'aria;
- Impianto di illuminazione: rifacimento di tutti gli impianti elettrici e speciali a servizio del plesso scolastico oggetto di intervento. In particolare tutti i connettivi dovranno essere dotati di lampade lineari a LED, mentre per le aule e i locali di servizio si prevede l'installazione di corpi illuminanti a LED al fine di garantire nelle aule il livello di illuminazione minimo previsto dalla normativa. I servizi igienici ad uso del personale potranno essere dotati di sensori di presenza al fine di garantire il contenimento dei consumi energetici;
- Utilizzo di fonti rinnovabili: al fine di rispettare i dettami delle normative vigenti in tema di abbattimento dei consumi energetici e di utilizzo di combustibili fossili, i sistemi di riscaldamento e raffrescamento potranno essere integrati da un sistema ibrido che interfaccia l'uso dell'energia prodotta tramite pannelli solari termici e pannelli fotovoltaici con quella ausiliaria prodotta in centrale termica.

## 5. SCHEDA DI ANALISI AMBIENTALE

Obiettivo della Municipalità di Napoli è quello di adeguare e predisporre interventi al fine di conseguire un edificio a energia quasi zero (NZEB), per cui verranno rispettati contemporaneamente:

- tutti i requisiti previsti dalla lettera b) del comma 2, paragrafo 3.3 dell'allegato 1 del Decreto Ministeriale 26/06/2015 (Requisiti minimi);
- gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei principi minimi di cui all'Allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n° 28.

A tal fine, per la produzione dell'acqua calda sanitaria, si può prevedere l'installazione di un impianto solare termico che coprirà l'80% del fabbisogno, costituito da collettori solari, centralina solare, bollitore da 2000 lt ed integrazione attraverso pompa di calore aria/acqua a servizio anche dell'impianto di riscaldamento.

Per quanto riguarda la somma dei consumi previsti per l'ACS, il riscaldamento ed il raffrescamento, si garantirà almeno il 70% di produzione attraverso l'installazione di un impianto fotovoltaico da 50kW che alimenterà anche l'impianto di climatizzazione estate/inverno a pompa di calore aria/acqua che trasferisce il

calore dell'aria esterna all'acqua dell'impianto di riscaldamento.

La potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, pari a 50 kW, dovrà rispettare l'obbligo di cui al comma 3 dell'allegato 3 del D. Lgs. 28/2011, in quanto la superficie in pianta complessiva è pari a 710 mq e il coefficiente K da assumere è pari a 50 m<sup>2</sup>/kW, per cui si avrà:

$$P_{\min} = 1/K * S = 1/50 * 710 = 14,2 \text{ kW}$$

Si riportano di seguito i criteri di sostenibilità energetica e ambientale CAM – Criteri Ambientali minimi di cui si è tenuto conto nell'ambito della valutazione della progettazione, ai sensi ed in ottemperanza dell'art. 34 del D. Lgs 507/2016.

Nello specifico si è tenuto conto di quanto riportato nel D.M. 11.10.2017 “Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici” (GU Serie Generale n.259 del 06.11.2017).

I criteri ambientali individuati in questo documento corrispondono a caratteristiche e prestazioni ambientali superiori a quelle previste dalle leggi nazionali e regionali vigenti, da norme e standard tecnici obbligatori e dal Regolamento UE sui Prodotti da Costruzione.

Sinteticamente i CAM di cui si terrà in conto, caso per caso, così come dettagliato nell'allegato al citato D.M., sono i seguenti:

- Specifiche tecniche per gruppi di edifici:
  - Sistemazione aree a verde;
  - Riduzione del consumo di suolo e mantenimento della permeabilità dei suoli;
  - Approvvigionamento energetico;
  - Riduzione dell'impatto sul microclima e dell'inquinamento atmosferico
  - Infrastrutturazione primaria
- Specifiche tecniche dell'edificio:
  - Prestazione energetica;
  - Approvvigionamento energetico;
  - Risparmio idrico;
- Qualità ambientale interna:
  - Piano di manutenzione dell'opera;
  - Fine vita;
- Specifiche tecniche dei componenti edilizi:
  - Criteri comuni a tutti i componenti edilizi;
  - Criteri specifici per i componenti edilizi;
- Specifiche tecniche del cantiere:
  - Demolizioni e rimozione dei materiali;
  - Materiali usati nel cantiere;

- Prestazioni ambientali;
- Personale di cantiere;
- Scavi e rinterrii;
- Criteri di aggiudicazione (criteri premianti):
  - Capacità tecnica dei progettisti;
  - Miglioramento prestazionale del progetto;
  - Sistema di monitoraggio dei consumi energetici;
  - Materiali rinnovabili;
  - Distanza di approvvigionamento dei prodotti da costruzione;
  - Bilancio materico.

Si evidenzia che tali CAM saranno tenuti in considerazione anche ai fini della stesura dei documenti di gara nel caso si scegliesse l'applicazione del criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa.

Il progetto posseduto soddisfa tutti i criteri di tutela ambientale, prestazione energetica previsti nelle linee guida operative per il rispetto del principio di non arrecare danno significativo all'ambiente (cd. DNSH)?	<input checked="" type="checkbox"/> <b>si</b>  <input type="checkbox"/> <b>no</b>	<b>Relativamente alla parte edilizia il progetto rispetta:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• tutti i requisiti previsti dalla lettera b) del comma 2, paragrafo 3.3 dell'allegato 1 del Decreto Ministeriale 26/06/2015 (Requisiti minimi);</li> <li>• gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei principi minimi di cui all'Allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n° 28.</li> </ul>
In caso di risposta <b>negativa</b> indicare le modifiche/aggiornamenti necessari per rendere il progetto conforme e adeguato a tali criteri		<b>Testo</b>

## 6. FINANZIAMENTO

<i>FONTE</i>		<i>IMPORTO</i>
Risorse Pubbliche	Risorse Comunitarie – PNRR	1 800 166,48 €
	Eventuali altre risorse pubbliche	0,00
<b>TOTALE</b>		<b>1 800 166,48 €</b>

## 7. CRONOPROGRAMMA DI SPESA PER ANNO E PER ATTIVITA'

Anno	attività previste	Importo
2022	progettazione definitiva, progettazione esecutiva, validazione e approvazione	138 224,79
2023	reclutamento, indizione, aggiudicazione, consegna lavori	220 361,53
2024	esecuzione lavori	700 409,32

2025	esecuzione lavori, ultimazione	700 409,32
2026	collaudo	40 761,53
<b>TOTALE</b>		<b>1 800 166,48</b>

## 8. METODO DEL CALCOLO DEI COSTI

Per quanto riguarda la determinazione del costo dell'intervento si precisa che per la quantificazione dei lavori, sono stati applicati alle quantità riportate nel paragrafo attinente la descrizione dei lavori alcuni macro prezzi derivanti dall'assemblaggio di prezzi della Tariffa delle OO.PP. vigente della Regione Campania che tengono conto delle diverse categorie di lavoro elementari che compongono le voci riportate nel progetto, oppure applicando parametri desunti da interventi simili realizzati dall'Amministrazione. In sede di progettazione esecutiva si procederà a sviluppare il computo metrico estimativo delle opere, procedendo, altresì, a sviluppare tutte quelle analisi relative ai nuovi prezzi che si rendesse necessario elaborare per la completa definizione del progetto.

## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università  
Investimento 1.1: Piano per asili nido e scuole dell'infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia



Riqualificazione funzionale e messa in sicurezza del 12° circolo didattico  
"NIDO MALAPARTE"

### PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

(articolo 23 comma 5 D.lgs. n. 50/2016 e s.m.i.)

Responsabile del Procedimento:  
arch. Alfonso Ghezzi

Progettista  
ing. Pasquale Ciccarelli

Descrizione elaborato

### Calcolo Sommario della Spesa

COD. ELABORATO :

**D**

SCALA :

-

DATA :

APRILE 2022

	DESCRIZIONE OPERA	COSTO INTERVENTO
<b>Demolizioni</b>		
1	Spicconatura di intonaco a vivo di muro compreso l'onere di esecuzione anche a piccole zone e spazzolatura delle superfici	71 763,25
2	Rimozione di manto impermeabile e massetto di allettamento	111 950,67
3	Rimozione di impianti termici comprensivo di tubazioni	45 928,48
4	Demolizioni di tramezzature e avvicinamento al luogo di carico	25 834,77
5	Trasporto a rifiuto e movimentazione delle macerie edilizie prodotte in cantiere	31 575,83
	<b>A</b>	<b>287 053,00</b>
<b>Edilizia</b>		
5	Ricostruzione tramezzature con blocchi di laterizio forato	55 114,18
7	Intonaco grezzo o rustico su pareti e soffitti anche a volta, interno ed esterno, costituito da un primo strato di rinzaffo steso fra predisposte guide (comprese nel prezzo) e da un secondo strato della medesima malta tirato in piano a frattazzo rustico, steso con frattazzo e cazzuola, dello spessore complessivo non inferiore a 15 mm. Rasatura delle superfici e pitturazione mediante prodotti lavabili	68 892,72
8	Realizzazione di cappotto termico con insufflaggio di isolante in lana di vetro sp. 8 cm nell'intercapedine tra fodera esterna e fodera interna in laterizio	22 964,24
9	Intonaci e pitturazione esterne con prodotti silossanici	22 964,24
10	Realizzazione di cappotto termico con pannelli in lana di vetro sp. minimo 10 cm per la copertura	13 778,54
11	Impermeabilizzazione solaio di copertura con guaina bituminosa in doppio strato spessore 4mm e 3mm	137 785,44
12	Sostituzione degli infissi esistenti con nuovi infissi con telaio metallico a taglio termico con triplo vetro e doppia camera con gas argon	137 785,44
	<b>B</b>	<b>459 284,80</b>
<b>Strutture</b>		
13	Incremento di resistenza dei pilastri non verificati a taglio/pressoflessione con incamiciatura in c.a. mediante posa in opera di cassero, getto integrativo opportunamente armato e connessione agli elementi preesistenti.	172 231,80
14	Incremento di resistenza dei nodi, travi e pilastri in c.a. mediante fasciatura in FRP. L'intervento progettato prevede l'utilizzo di un tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato Hardwire ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio fissati su una micro rete in fibra di vetro	57 410,60
	<b>C</b>	<b>229 642,40</b>
<b>Impianti</b>		
15	Ristrutturazione impianto di riscaldamento con sostituzione del generatore esistente con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche sui radiatori esistenti	77 504,31
16	Sostituzione dei boiler elettrici esistenti per produzione ACS con nuovo boiler a pompa di calore	20 667,82
17	Realizzazione di impianto fotovoltaico di potenza 10 kW da installare in copertura	32 724,04
18	Sostituzione dei corpi illuminanti con nuovi a LED	41 335,63
	<b>D</b>	<b>172 231,80</b>
	<b>Totale A+B+C+D</b>	<b>1 148 212,00</b>

## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università  
Investimento 1.1: Piano per asili nido e scuole dell'infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia



**Riqualificazione funzionale e messa in sicurezza del 12° circolo didattico "NIDO MALAPARTE"**

### PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

(articolo 23 comma 5 D.lgs. n. 50/2016 e s.m.i.)

Responsabile del Procedimento:  
arch. Alfonso Ghezzi

Progettista  
ing. Pasquale Ciccarelli

Descrizione elaborato

Prime indicazioni e misure per la stesura dei piani di sicurezza

COD. ELABORATO :

**E**

SCALA :

-

DATA :

APRILE 2022

## PRIME INDICAZIONI PER LA STESURA DEI PIANI DI SICUREZZA

Spetta all'Appaltatore l'osservanza di tutte le norme relative alla prevenzione degli infortuni sul lavoro, all'igiene del lavoro, alle assicurazioni contro gli infortuni sul lavoro, alle previdenze varie per la disoccupazione involontaria, invalidità e vecchiaia e malattie professionali ed ogni altra disposizione in vigore o che potrà intervenire in corso di appalto, per la tutela materiale dei lavoratori ed in particolare le disposizioni previste dalle seguenti norme:

- Decreto Legislativo n. 81/2008 (Decreto Legislativo 9 aprile 2008 n. 81 "Attuazione dell'articolo 1 della Legge 08/08/2007 n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro");
- D.P.R. n. 303/56 "Norme generali per l'igiene del lavoro" all'articolo 64;
- D.P.R. n. 320/56 "Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sotterraneo";
- D.P.R. n. 459/96 "Regolamento per l'attuazione delle direttive 89/392/CEE, 91/368/CEE e 93/68/CEE concernenti il riavvicinamento delle legislazioni degli stati membri relative alle macchine";
- Decreto Legislativo 475/92 "Attuazione della direttiva 89/686/CEE relativa ai dispositivi di protezione individuale";
- D.M. 22/01/2008 n. 37 "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della Legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia d'attività d'installazione degli impianti all'interno degli edifici".

In via generale il Piano di Sicurezza e di Coordinamento dovrà contenere l'individuazione, l'analisi e la valutazione dei rischi e le conseguenti procedure esecutive, gli apprestamenti e le attrezzature atti a garantire, per tutta la durata dei lavori, il rispetto delle norme per la prevenzione degli infortuni e la tutela della salute dei lavoratori, nonché le modalità delle azioni di coordinamento tra le imprese esecutrici e delle verifiche periodiche sul cantiere.

Nel suo complesso il Piano di Sicurezza e di Coordinamento conterrà i seguenti elementi:

- stima dei costi relativi agli apprestamenti, attrezzature e dispositivi di protezione, che non dovranno essere soggetti a ribasso nelle offerte delle imprese esecutrici;
- misure di prevenzione dei rischi risultanti dalla eventuale presenza simultanea o successiva di più imprese o di lavoratori autonomi;
- prescrizioni operative correlate alla complessità dell'opera da realizzarsi ed alle eventuali fasi critiche del processo di costruzione;
- modalità di esecuzione della recinzione di cantiere, accessi, segnalazioni e servizi igienico-assistenziali;
- individuazione delle protezioni e misure di sicurezza contro i rischi da e verso l'ambiente esterno;
- individuazione delle protezioni verso linee aeree e condutture sotterranee;
- individuazione dei vincoli derivati dalla viabilità esterna ed interna al cantiere;
- analisi degli impianti di alimentazione di qualunque genere;
- indicazioni sulle modalità realizzative degli impianti di terra e di protezione contro le scariche atmosferiche;
- analisi dei macchinari ed attrezzature di cantiere;
- misure generali di protezione contro il rischio di caduta dall'alto e di seppellimento durante gli scavi;
- disposizioni per attuare il coordinamento delle attività tra le imprese e i lavoratori autonomi;
- disposizioni circa l'attuazione dell' art. 14, riguardante la consultazione di ciascuno dei datori di lavoro con i propri Rappresentanti per la Sicurezza.

Inoltre il Piano indicherà le varie fasi dei lavori ed il relativo Cronoprogramma, che dovrà essere conforme a quello presentato in sede di gara.

Nel caso specifico si possono, in via preliminare, individuare come segue:

- Allestimento e impianti di cantiere
- Demolizione alberature
- Scavi di sbancamento ed a sezione obbligata
- Getti in calcestruzzo
- Strutture in legno
- Tamponamenti e divisori
- Intonaci interni ed esterni
- Opere da lattoniere
- Esecuzione impianti (elettrico, termo-idraulico, ecc...)
- Sottofondi e impermeabilizzazioni
- Pavimenti e rivestimenti
- Opere di finitura (opere da fabbro, montaggio infissi interni ed esterni, tinteggiature interne ed esterne;
- Rete fognaria
- Sistemazione area esterna (pavimentazioni, area verde, recinzioni, asfaltature, ecc.)
- Smobilizzo cantiere

Gli oneri della sicurezza sono indicati nel quadro economico dell'opera.

## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università  
Investimento 1.1: Piano per asili nido e scuole dell'infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia



**Riqualificazione funzionale e messa in sicurezza del 12° circolo didattico "NIDO MALAPARTE"**

### PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

(articolo 23 comma 5 D.lgs. n. 50/2016 e s.m.i.)

Responsabile del Procedimento:  
arch. Alfonso Ghezzi

Progettista  
ing. Pasquale Ciccarelli

Descrizione elaborato

Quadro economico

COD. ELABORATO :

**F**

SCALA :

-

DATA :

APRILE 2022

<b>Tipologia di Costo</b>	<b>Importo</b>
A) Lavori	1 148 212,00 €
A1) Demolizioni	287 053,00 €
A2) Edilizia	459 284,80 €
A3) Strutture	229 642,40 €
A4) Impianti	172 231,80 €
B1) Spese tecniche per incarichi esterni	138 224,79 €
B2) Contributo reclutamento personale (eventuale)	179 600,00 €
C) Incentivi funzioni tecniche	18 371,39 €
D) Altri costi	
D1) Imprevisti	57 410,60 €
D2) IVA	252 606,64 €
E) Pubblicità	5 741,06 €
<b>TOTALE</b>	<b>1 800 166,48 €</b>

## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università  
Investimento 1.1: Piano per asili nido e scuole dell'infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia



**Riqualificazione funzionale e messa in sicurezza del 12° circolo didattico "NIDO MALAPARTE"**

### PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

(articolo 23 comma 5 D.lgs. n. 50/2016 e s.m.i.)

Responsabile del Procedimento:  
arch. Alfonso Ghezzi

Progettista  
ing. Pasquale Ciccarelli

Descrizione elaborato

Cronoprogramma

COD. ELABORATO :

**G**

SCALA :

-

DATA :

APRILE 2022

**Riqualificazione funzionale e messa in sicurezza del 12° circolo didattico "NIDO MALAPARTE"**

**CRONOPROGRAMMA DEL PROGETTO**

<b>Attività del progetto*</b>	<b>Entro 31 Ago 2022</b>	<b>Entro 30 Nov 2022</b>	<b>Entro 20 Mar 2023</b>	<b>Entro 30 Giu 2023</b>	<b>Entro 31 Dic 2025</b>	<b>Entro 30 Giu 2026</b>
Progettazione definitiva						
Progettazione esecutiva						
Aggiudicazione dei lavori						
Avvio dei Lavori						
Conclusione dei Lavori						
Collaudo dei lavori						