

3 PERIODICO

3 Periodico S.r.L. Ingegneria - Piazza Castelnuovo n° 42 - 90141 Palermo
+091 5076934 - www.3periodico.it - info@3periodico.it - P.IVA e CF 05882310823



COMUNE di PARTANNA

PROGETTO ESECUTIVO DEI LAVORI DI

"ADEGUAMENTO SISMICO DELL'EDIFICIO COMUNALE DI VIA XX SETTEMBRE, ORDINANZA
CAPO DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE DEL 09 MAGGIO N. 344 ART. 2, COMMA 1,
LETTERA b). PREVENZIONE DEL RISCHIO SISMICO IN SICILIA E ADOZIONE DEL PROGRAMMA DI
INTERVENTO"

CUP: I33B18000300002

Elaborato	Relazione specialistica sicurezza sismica ed analisi sulla vulnerabilità sismica		Nr.1.2
Scala	-	Formato tavola	A4

Rev	Data	Descrizione	Emesso	Verificato	Approvato
00	12/12/2019	emissione	Ing. G.Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. Girolamo

IL RUP	Il direttore tecnico	Il progettista
<p>IL RUP</p> <p>Il Responsabile Unico del Procedimento, attesta la validazione del presente progetto, ai sensi degli art. 52, 53, 54 e 55 del D.P.R. n° 445 del 28/2/2000, ed esprime parere favorevole ai sensi dell'art. 5 della L.R. n° 12/2017 modificato ai sensi dell'art. 25 comma 5 del D. Lgs. 58/2016.</p> <p>Geom. Angelo Secchia</p> 	<p><i>Paolo Gesani</i></p> 	<p><i>Girolamo Maria Lattuca</i></p> 

1	Premessa	2
2	Inquadramento generale dell'opera	2
2.1	Inquadramento territoriale	2
2.2	Descrizione dell'edificio.....	3
3	Normative di riferimento.....	6
4	Aspetti Geologici e Geomorfologici, Idrogeologici e geotecnici.....	6
5	Prove in situ ed indagini effettuate	8
6	Struttura oggetto di intervento	8
6.1	Contestualizzazione delle strutture.....	8
6.1.1	Dati generali della struttura e analisi storico-critica	10
6.1.2	Fondazioni	11
6.1.3	Muri portanti	12
6.1.4	Solai di piano e copertura.....	12
6.1.5	Scala.....	13
6.2	Livelli di Conoscenza e Fattori di Confidenza	14
6.2.1	Resistenze dei Materiali	15
6.2.2	Indagini Geotecniche.....	15
7	Analisi della struttura esistente.....	16
7.1	Vita nominale di progetto e classe d'uso	16
7.2	Parametri sismici	16
7.3	Analisi dei Carichi.....	18
7.4	Definizione delle azioni.....	20
7.4.1	Azione sismica	20
7.4.2	Azione del Vento.....	20
7.4.3	Azione della Neve	23
8	Analisi PUSH OVER Ante Operam	24
8.1	Generalità	24

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	0

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	1
3 Periodico S.r.L. Ingegneria – Piazza Castelnuovo n. 42 - P.IVA 05882310823- 90141 Palermo - Tel.: +39 091 5076934 -email: info@3periodico.it –						

1 Premessa

A seguito dell'incarico affidato dal comune di Partanna con disciplinare di incarico del 27/11/2019 alla società "3 Periodico S.r.L. Ingegneria", con sede legale a Palermo Piazza Castelnuevo n. 42, P.IVA e C.F. 05882310823, REA 281831, il sottoscritto ing. Girolamo Maria Lattuca, tecnico e legale rappresentante della 3 Periodico srl, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della provincia di Agrigento nr. A-1804, ha provveduto a stilare il presente progetto esecutivo per i lavori di "adeguamento sismico dell'edificio comunale di via xx settembre, ordinanza capo dipartimento della protezione civile del 09 maggio n. 344 art. 2, comma 1, lettera b), prevenzione del rischio sismico in Sicilia e adozione del programma di intervento", CUP: I33B18000300002.

La presente relazione illustrerà le varie fasi di studio hanno portato alla redazione del progetto di miglioramento sismico dell'edificio oggetto della presente relazione. L'Amministrazione prima di affidare i lavori di progettazione di miglioramento sismico ha ritenuto necessario eseguire delle indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche oltre ad una campagna conoscitiva sull'organismo strutturale del fabbricato esistente, con indagini e prove in situ al fine di poter fornire, ai progettisti, tutti i dati necessari per la redazione del progetto stesso. Iter progettuale è stato condotto prima analizzando la struttura nel suo stato attuale onde poter definire eventuali criticità strutturali e successivamente progettando una soluzione che porti l'edificio nel suo complesso ad una migliore risposta sismica. Verranno messe a confronto il progetto Ante operam e post operam al fine di rendere evidenti i risultati ottenuti.

2 Inquadramento generale dell'opera

2.1 Inquadramento territoriale

L'edificio oggetto della presente relazione è situato a Partanna, provincia di Trapani, nella via XX Settembre nel centro della ridente cittadina. In figura si individua geograficamente l'area di pertinenza dell'edificio in questione.

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	2



Figura 1 - Ubicazione del fabbricato

2.2 Descrizione dell'edificio

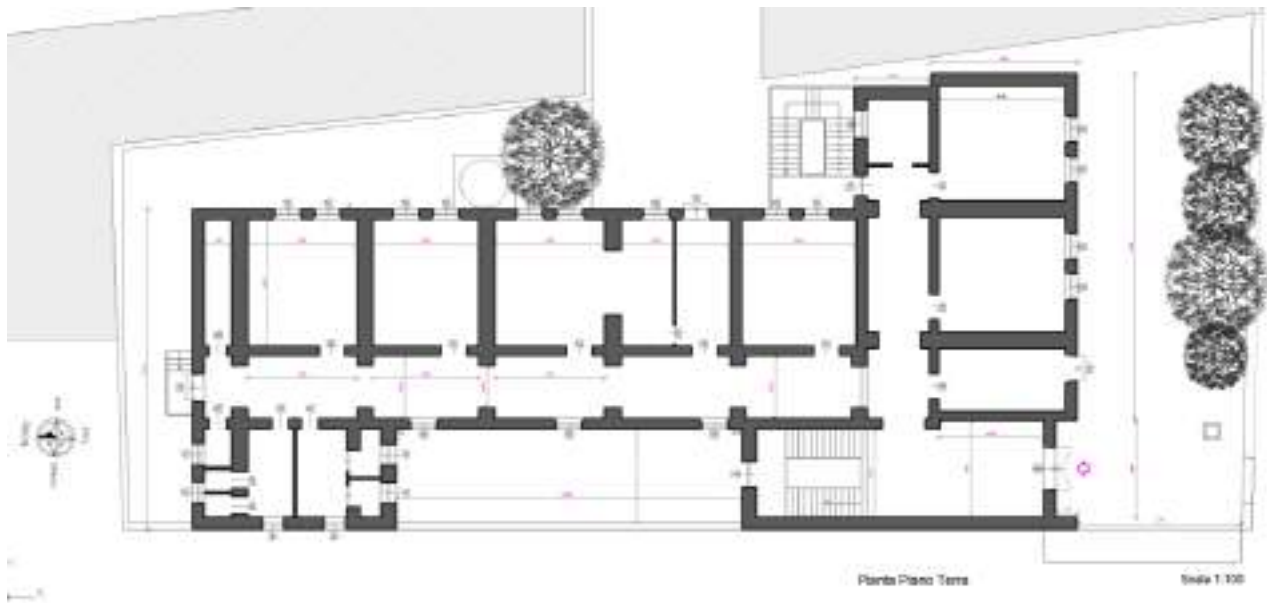
L'edificio è stato edificato negli anni 50'. Nasce come scuola, ma oggi è adibito a sede di alcuni uffici comunali.



Panoramica prospetto principale (ingresso sud)

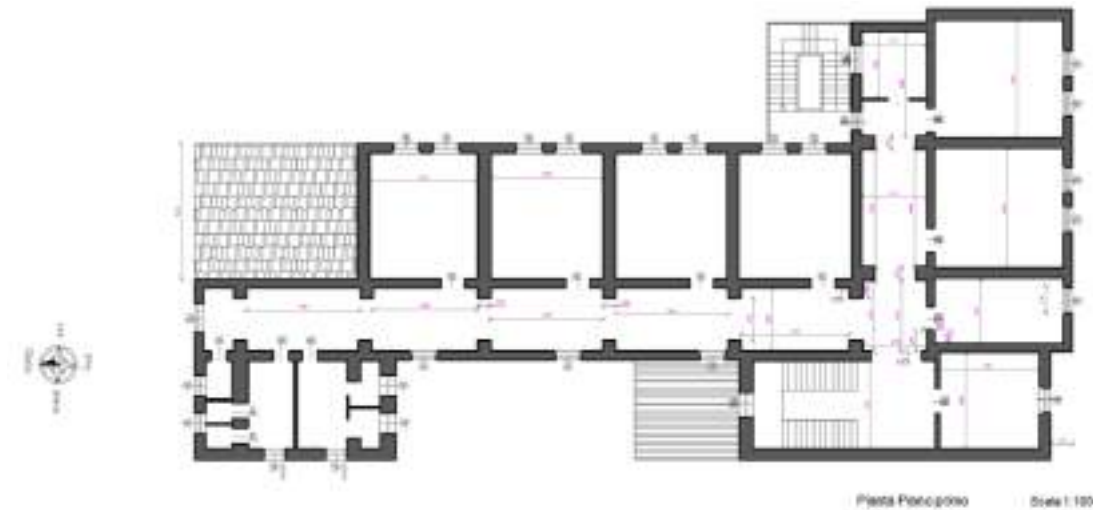
Si tratta di un edificio a pianta pressoché rettangolare, con una sporgenza sul lato est ed una corte interna sul lato ovest.

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	3

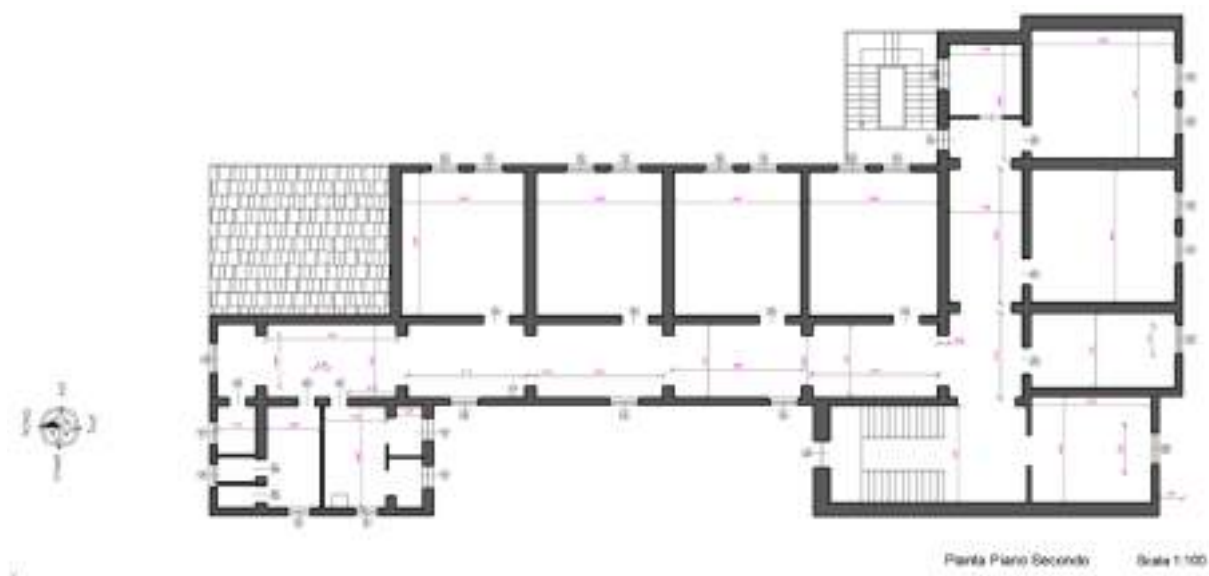


L'immobile si sviluppa su 3 livelli fuori terra, tutti di identica impronta e dimensione. La superficie lorda dei piani è di circa 600 m², e l'interpiano di 4,10 m tra piano terra e primo livello e di 3,95 per gli altri 2 livelli. L'altezza complessiva dell'intero corpo di fabbrica è di circa 12,25 m per un volume totale di circa 7.500,00 m³. Il vano scala si trova sull'angolo sud-ovest dell'edificio e collega i piani sui 3 livelli consentendo l'accesso ad un lungo corridoio a forma di L che disimpegna tutti gli ambienti.

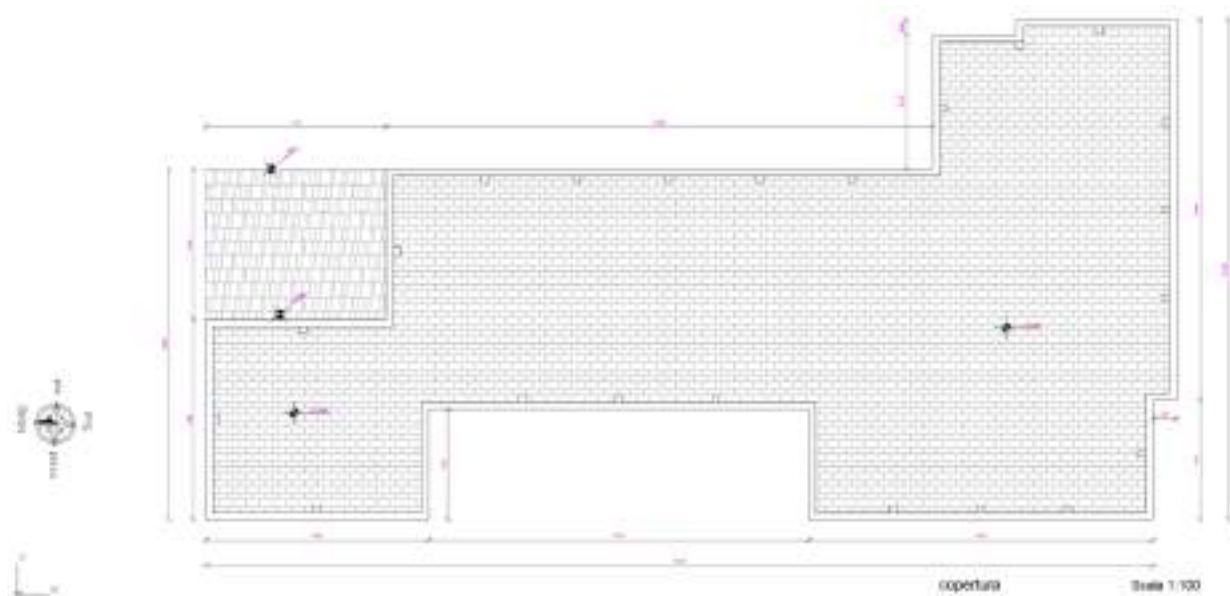
Il piano terra, ad oggi, ospita gli uffici del giudice di pace oltre agli uffici del centro per l'impiego.



REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P. Gesani	Ing. G.M. Lattuca	4



Il primo ed il secondo piano ospitano gli uffici tecnici comunali.



La copertura dell'edificio è piana ed è perimetrata da un muretto di altezza variabile, dai 120 ai 140 cm, in base al massetto delle pendenze.

Gli infissi sono tutti in metallo e vetro singolo. La climatizzazione è effettuata mediante pompe di calore monosplit poste in quasi tutti gli ambienti (ad eccezione di archivi e bagni), per un totale di 20 unità.

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P. Gesani	Ing. G.M. Lattuca	5

3 Normative di riferimento

- D.M 17/01/2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- D.P.R. 380/2001;
- D. M. n° 65 del 07/03/2017;
- D.M. n° 58 del 28/02/2017.

4 Aspetti Geologici e Geomorfologici, Idrogeologici e geotecnici

Per quanto concerne gli aspetti geologici e geomorfologici dell'area di studio si è fatto riferimento principalmente alla relazione geologica redatta dal Dott. Geol. Giuseppe Bommarito, il quale è stato incaricato dal Comune di Partanna.

Dal punto di vista topografico essa ricade nella tavoletta in scala 1:25.000, Il S.E. (Partanna) del F. 257 della carta d'Italia edita dall'I.G.M.

"...Dal punto di vista morfologico questo settore si presenta collinare ed è caratterizzato dalla presenza di una scarpata disposta lungo direttrici E-O, che taglia trasversalmente il territorio e lo suddividono in diverse superfici terrazzate, caratterizzate da valori di pendenza che, misurati su base topografica, solo raramente e localmente si discostano dai 5 – 6 gradi. Sostanzialmente l'area non presenta anomalie morfologiche di rilevante interesse. All'interno dei luoghi in studio, inoltre, non sono state rilevate, almeno per l'intervallo investigato, cavità tali da impedire o limitare i lavori di progetto. In considerazione delle caratteristiche tecniche dei terreni unitamente ai valori di pendenza su cui giacciono, l'area rimane caratterizzata da buone condizioni di stabilità.

I depositi superficiali possiedono caratteristiche granulometriche e strutturali tali da far ipotizzare al suo interno l'assenza di un circuito idrico importante. Lo studio di pozzi, sondaggi e fronti di scavo fa escludere per il tratto investigato una totale assenza di acqua, eccetto l'acqua capillare contenuta nelle argille più o meno sabbiose. L'assetto idrografico è caratterizzato dall'assenza di corsi d'acqua superficiali importanti, sono stati osservati solo rigagnoli di scarsa entità che si attivano solo nel caso di intense precipitazioni, tali comunque, da non interferire con ciò che si andrà a realizzare. Per quanto riguarda la possibilità di rischi idrogeologici va detto che l'area di stretto interesse ed il suo immediato intorno, oggetto dell'inserimento del manufatto, non risultano inserite nelle zone con fattore di rischio idrogeologico R1 – R2 – R3 – R4 e sito

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P. Gesani	Ing. G.M. Lattuca	6

di attenzione, della legge 267/98, D.A. 198/41 del 04.07.2000 del "Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico", D.P.R.S. 4 luglio 2007, D.P.R.S. 16 luglio 2007 e successivi aggiornamenti e modifiche.

Per ricostruire la successione stratigrafica, e ricavare le caratteristiche fisico meccaniche dei terreni in esame sono stati osservati i fronti di scavo di altre costruzioni e sono stati effettuati tre sondaggi a carotaggio fino a una profondità di 15 m. Si è provveduto inoltre ad indagare con quattro sondaggi geofisici (MASW) la parte superficiale dell'area in studio per qualche decina di metri. Dall'alto verso il basso sono state osservate le seguenti litologie:

Superficie alterata:

- Terreno composto in prevalenza da materiale detritico di varia natura, di colore tendente al giallo. Il passaggio allo strato sottostante non avviene in modo netto ma si riscontra una alterazione dell'arenaria sottostante. In alcuni punti lo spessore di questo intervallo può raggiungere 1,00m.

Calcarenite:

- Calcarenite da mediamente a debolmente cementata di colore ocra giallo. Il grado di cementazione è talmente variabile da presentare strati decimetrici di calcareniti compatte passanti a sabbie debolmente cementate con lenti di Argille grigie. Lo spessore di detto intervallo stratigrafico è difficilmente valutabile poiché si tratta di lenti con spessori variabili.

Per la determinazione della resistenza al taglio, sono stati utilizzati appositi pockets, è sono stati eseguiti tre sondaggi geognostici con prelievo di campioni indisturbati, pertanto i calcoli e le verifiche geotecniche dovranno essere fatte dando i seguenti parametri:

Limo sabbioso di colore marrone tabacco (da 1,00m a 5,00m):

Peso di volume $\gamma = 17,75 \text{ kN/m}^3$

Coesione non drenata $C = 9,19 \text{ kPa}$

Angolo di attrito $\phi = 30^\circ$

Calcarenite da mediamente a debolmente cementata (da 5,00m a 15m):

Peso di volume $\gamma = 20,47 \text{ kN/m}^3$

Coesione non drenata $C = 7,5 \text{ kPa}$

Angolo di attrito $\phi = 40^\circ \dots$

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P. Gesani	Ing. G.M. Lattuca	7

5 Prove in situ ed indagini effettuate

L'amministrazione comunale ha affidato al laboratorio autorizzato, ai sensi dell'art. 20 della legge 1086, "GEOLAB s.r.l." con sede in Carini (PA), l'incarico di condurre una campagna conoscitiva sull'organismo strutturale del fabbricato esistente, con indagini e prove in situ.

Sono state effettuate le seguenti prove ed indagini:

- a- n°3 pozzetti esplorativi per le fondazioni;
- b- rilievo delle orditure dei solai, con termocamera per tutti gli impalcati;
- c- Prove di carico statico su due solai, 1° e 2° impalcato;
- d- n°1 prove sulle murature con martinetto piatto;
- e- n°1 prova sulle murature con martinetto doppio;
- f- n°7 carote sulle murature per la determinazione della resistenza a compressione;
- g- saggi diffusi sulle murature per la determinazione delle ammorsature e delle malte;
- h- analisi chimiche sulle malte prelevate;
- i- indagini con pacometro per determinazione armature cordoli ed architravi.

Le indagini sopra descritte sono servite, oltre che ad avere una conoscenza sulle strutture esistenti anche per determinare un livello di conoscenza della struttura "LC2", ai sensi del D.M. 2018 e Circolare esplicativa 2019.

Per maggiori chiarimenti sulle indagini condotte si rimanda agli elaborati specialistici a corredo del progetto, presentati dalla GOLOLAB s.r.l.

6 Struttura oggetto di intervento

6.1 Contestualizzazione delle strutture

La struttura oggetto di analisi è sita nel comune di Partanna (TP), Sicilia, in particolare è l'ufficio Tecnico Comunale che si trova nel centro del Comune sopracitato in via XX Settembre.

Gli estremi catastali sono: foglio 35 delle N.C.E.U., particella 2796 sub 1, 2 e 3.

Le coordinate geografiche del luogo risultano essere:

- Longitudine 12,89258 E;
- Latitudine 37,72687 N;

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P. Gesani	Ing. G.M. Lattuca	8



Figura 2 – Estratto Google maps -Partanna (TP) - Sicilia – Italia

Per meglio individuare la localizzazione del fabbricato si riportano di seguito immagini estratte da Google Earth con livelli di zoom crescenti.



Figura 3 - Partanna (TP)

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	9

*Figura 4 - Individuazione fabbricato*

6.1.1 Dati generali della struttura e analisi storico-critica

Il fabbricato è stato realizzato, verosimilmente, nella seconda metà del 1950. Su di esso l'Amministrazione Comunale non ha trovato progetti originali o altra documentazione che può dare certezza sull'epoca della realizzazione della stessa, ma si è basati su memoria storica, comunque attendibile essendo stata realizzata in epoca moderna. L'unica documentazione esistente riguarda dei progetti realizzati nel 1992 per l'eliminazione di barriere architettoniche e nel 2001 per adeguamento alle norme C.E.I., L. 46/90 ed alle norme di sicurezza sul lavoro, e una denuncia di cambiamento del fabbricato al Catasto di Trapani nel 2006.

Per quanto sopra detto si è proceduto ad un rilievo architettonico dell'intero fabbricato ed un rilievo strutturale supportato dalle indagini e dalle prove effettuate dal Dott. Geol. Giuseppe Bommarito e dalla GEOLAB s.r.l..

La struttura non presenta lesioni/fessure sulle murature portanti tali da determinare un rilievo fessurativo ma si presenta in buono stato ad eccezione di qualche ferro scoperto in alcuni cordoli e qualche fessura in alcuni architravi dovute a un sezione ridotta di copriferro.

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P. Gesani	Ing. G.M. Lattuca	10

6.1.2 Fondazioni

Dall'esame dei pozzetti esplorativi sulle fondazioni condotti dalla GEOLAB s.r.l., dalla relazione geologica redatta dal Geol. Bommarito e notizie sul metodo di realizzazione della fondazione dell'epoca si è desunto il sistema fondale.

Le fondazioni sono realizzate in blocchi di tufo sormontate da cordolo in c.a.. Sulla dimensione altimetrica delle stesse, non avendo un rilievo preciso per motivi tecnico-pratici, si sono desunte delle dimensioni verosimili e teoricamente assimilabili alla realtà. Infatti come precedentemente scritto il terreno presenta due strati (oltre un primo di terreno di riporto): un primo strato di Limo sabbioso ed un secondo strato di Calcarenite, con una stratigrafia variabile lungo la linea di declivio verso Est.

Il sistema delle fondazioni realizzate, come risulta evidente dai pozzetti esplorativi, affondano sino ad arrivare allo strato di calcarenite, assumendo delle dimensioni in altezza diverse per le varie parti della pianta fondale. Il pozzetto esplorativo denominato "PZ1" (vedi relazione della GEOLAB s.r.l.), realizzato nell'angolo Sud-Est del fabbricato è stato scavato per una profondità di m 3,20 e non oltre per motivi tecnici, mostra come la fondazione (realizzata in blocchi di biocalcarenite giallastra) abbia una altezza superiore a quella misurata di m 3,20;

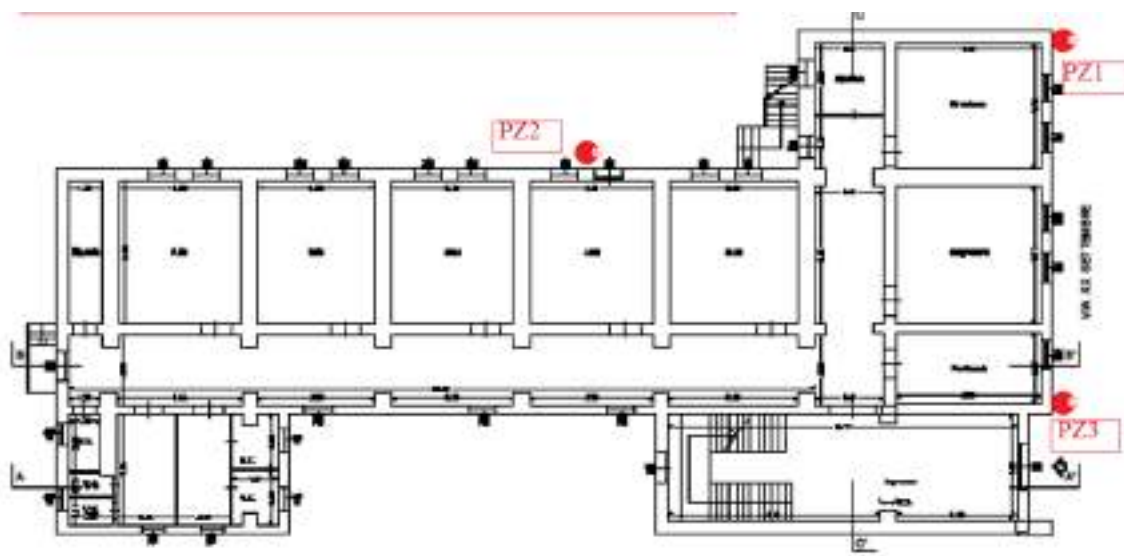


Figura 5 - Individuazione pozzetti esplorativi GEOLAB S.r.L.

Il pozzetto esplorativo denominato "PZ2" realizzato nel lato Est del fabbricato e scavato per una profondità di m 1,90 mostra come la fondazione poggi su uno strato di massetto costituito da aggregati di grosso diametro, probabilmente per livellare il terreno sottostante;

Il pozzetto esplorativo denominato "PZ3" realizzato nel lato Sud del fabbricato e scavato per una profondità di m 2,00 mostra la fondazione di tufo di almeno m 2,00.

Un pozzetto esistente sul lato Ovest mostra che la fondazione è alta oltre m 2,40, vedi figura n° 6.

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	11

Da quanto sopra scritto si è ritenuto che, dato gli elementi certi, le dimensioni della planimetria fondale del fabbricato, l'impossibilità di ulteriori indagini esplorative, indicazioni verbali di sistemi costruttivi dell'epoca, l'assenza di dissesti attribuibili a cedimenti delle fondazioni o dissesti della stessa natura che si siano prodotti nel passato, la fondazione in blocchi di tufo può essere assimilata ad una misura media di cm 70,00 di spessore e cm 250,00 di altezza, ritenendo detta misura cautelativa rispetto alle condizioni reali.



Figura 6 - Foto pozzetto esistente lato Ovest e particolare

6.1.3 Muri portanti

La muratura portante realizzata in blocchi di tufo e malta presenta sezioni diverse sia nello stesso piano che nei piani adiacenti. Al piano terra variano da uno spessore di cm 40,00 a cm 70,00; al piano primo da cm 32,00 a cm 60,00; al piano secondo da cm 27 a cm 60. Risulta evidente come i setti murari abbiano una rastremazione verso l'alto, segno di una buona progettazione e realizzazione.

6.1.4 Solai di piano e copertura

I solai del fabbricato sono tutti piani e realizzati in latero cemento dello spesso strutturale complessivo di cm 25,00. La GEOLAB s.r.l. ha rilevato l'orditura di tutti i singoli solai per tutti i piani (vedi relazioni specialistiche allegate al progetto) e da un esame attento degli stessi, eseguito anche con l'utilizzo di termocamere, non si sono rilevati lesioni e stati di ammaloramento, indice di una buona realizzazione. Sono state eseguite due prove di carico su due solai in due piani differenti, a certezza delle buone condizioni statiche dei solai e al fine di determinare le deformazioni degli elementi strutturali sottoposti a carichi

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P. Gesani	Ing. G.M. Lattuca	12

Anche i solai di copertura si presentano piani e con le stesse caratteristiche degli altri piani.

La scala è realizzata con tipologia detta alla “trapanese”, cioè una particolare scala sospesa di pietra monoblocco a vista con gradini incastrati alla muratura e tra di essi, tipica dell'architettura civile trapanese dall'Ottocento fino alla prima metà del novecento.

La scala si presenta in perfette condizioni ed inoltre è presente una struttura in profilati scatolari delle dimensioni di cm (12,00 x 6,00) e spessore da mm 3,00 in acciaio a sicurezza della stessa ed incastrata alla muratura perimetrale, detta struttura rende il corpo scala ovviamente performante sia staticamente che sismicamente. Per questo intervento di rinforzo della scala non è stato possibile risalire all'epoca della realizzazione in quanto l'amministrazione Comunale non ha saputo dare notizie in merito. Di seguito foto della scala e la struttura in acciaio eseguita.

3 Periodico S.r.L. Ingegneria – Piazza Castelnuovo n. 42 - P.IVA 05882310823- 90141 Palermo - Tel.: +39 091 5076934 -email: info@3periodico.it –



Figura 7 - foto scala interna con evidente rinforzo strutturale

6.2 Livelli di Conoscenza e Fattori di Confidenza

Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive sopra riportate e alle direttive impartite dal D.M. 17/01/2018 e Circolare Esplicativa del 21/01/2019 per le strutture esistenti in muratura, è stato individuato il “livello di conoscenza” LC2 e il correlato fattore di confidenza $FC = 1.20$, da utilizzare nella verifica di sicurezza.

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	14

6.2.1 Resistenze dei Materiali

Dalle relazioni tecniche risultano essere state eseguite n° 7 carote e n°10 prove sulle murature per la determinazione della resistenza a compressione, con i seguenti risultati:

Sigla campione	Sigla provino	Ubicazione prelievo	Dimensioni d [mm]	h [mm]	Rapporto h/d	Sezione [mm ²]	Massa provino [kg]	Massa volumica * [kg/m ³]	Carico di rottura F [N]	Resistenza a compressione R [MPa]
C1	C1 EST	Vedi planimetria	76.9	78.9	1.0	4 650	0.582	1 587	17 682	3.80
C1	C1 INT		77.0	78.9	1.0	4 652	0.529	1 441	15 807	3.40
C2	C2		78.7	78.4	1.0	4 870	0.692	1 812	60 432	12.41
C3	C3 EST		78.1	78.6	1.0	4 790	0.545	1 448	12 083	2.52
C3	C3 INT		78.3	78.5	1.0	4 815	0.545	1 442	18 213	3.78
C4	C4 EST		78.5	78.7	1.0	4 843	0.581	1 473	14 364	2.97
C4	C4 INT		77.9	78.4	1.0	4 766	0.555	1 486	10 761	2.26
C5	C5		78.5	78.9	1.0	4 834	0.588	1 541	28 722	5.94
C6	C6		78.4	79.1	1.0	4 823	0.571	1 498	8 142	1.89
C7	C7 EST		77.8	78.7	1.0	4 754	0.438	1 171	8 351	1.34
C7	C7 INT		77.7	78.8	1.0	4 743	0.429	1 148	6 318	1.33

* determinata mediante misure lineari

6.2.2 Indagini Geotecniche

Le indagini geotecniche eseguite in sito sono tutte riportate nella relazione tecnica. Sono state eseguite al fine di determinare le caratteristiche geotecniche dei substrati, la categoria del suolo ed infine le condizioni topografiche. Lo studio è stato effettuato, dal Dott. Geol. G. Bommarito, con il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves), ai fini di valutare la categoria del sottosuolo per volere del pt.3.2.3 delle N.T.C.2018, finalizzato a definire i parametri della amplificazione stratigrafica classificando il sito in categoria di suolo B e categoria topografica T1.

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	15

7 Analisi della struttura esistente

7.1 Vita nominale di progetto e classe d'uso

La vita nominale di progetto VN di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. I valori minimi di VN da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I. nelle N.T.C. 2019 per la costruzione in esame è stata indicata una vita nominale di progetto pari a VN = 50 anni.

La classe d'uso prevista è la III.

7.2 Parametri sismici

Al fine di eseguire un'analisi di vulnerabilità sismica si devono prima eseguire delle analisi statiche di tipo non lineare dette PUSHOVER che ci permettono di capire come si comporta una struttura esistente sotto l'azione del sisma di progetto.

Per poter eseguire questa analisi si utilizzerà il software di calcolo strutturale agli elementi finiti CDS/CDM della STS. Si riporta un elenco dei vari parametri necessari alla definizione dell'azione sismica in base alla localizzazione e alle condizioni al contorno.

PARAMETRI SISMICI	
Vita Nominale	50 Anni
Classe d'Uso	III
Caratteristiche Sito	
Longitud. Est	12.89258
Latitud. Nord	37.72687
Categ. Suolo	B
Coeff. Topogr.	1
Caract. Costruzione	
SistCostrOc1	Muratura
SistCostrOc2	Muratura
Regol. Altezza	NO
Regol. Pianta	NO
Sp. Rel. Nodi	Simici
InclMensSlamV	SI
SlamVertPanc	NO
Caratteristiche Sisma	
Direzione sisma	0
Sisma Verticale	NO
Numero modi	12
Tipo Combinaz.	CQC
Coeffici Smorz.	0.05
Verif N fondaz.	SI
Effetti p-delta	NO

Figura 8 - Parametri sismici inseriti in CDS/CDM

Una volta definiti tutti i parametri sismici è possibile calcolare gli spettri che servono per determinare l'azione sismica di progetto nel sito indicato tenendo conto di eventuali amplificazioni stratigrafiche e/o

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P. Gesani	Ing. G.M. Lattuca	16

topografiche. Riportiamo ora gli spettri di progetto calcolati in automatico da CDS/CDM mediante l'utilizzo del servizio di geolocalizzazione di Google Maps.

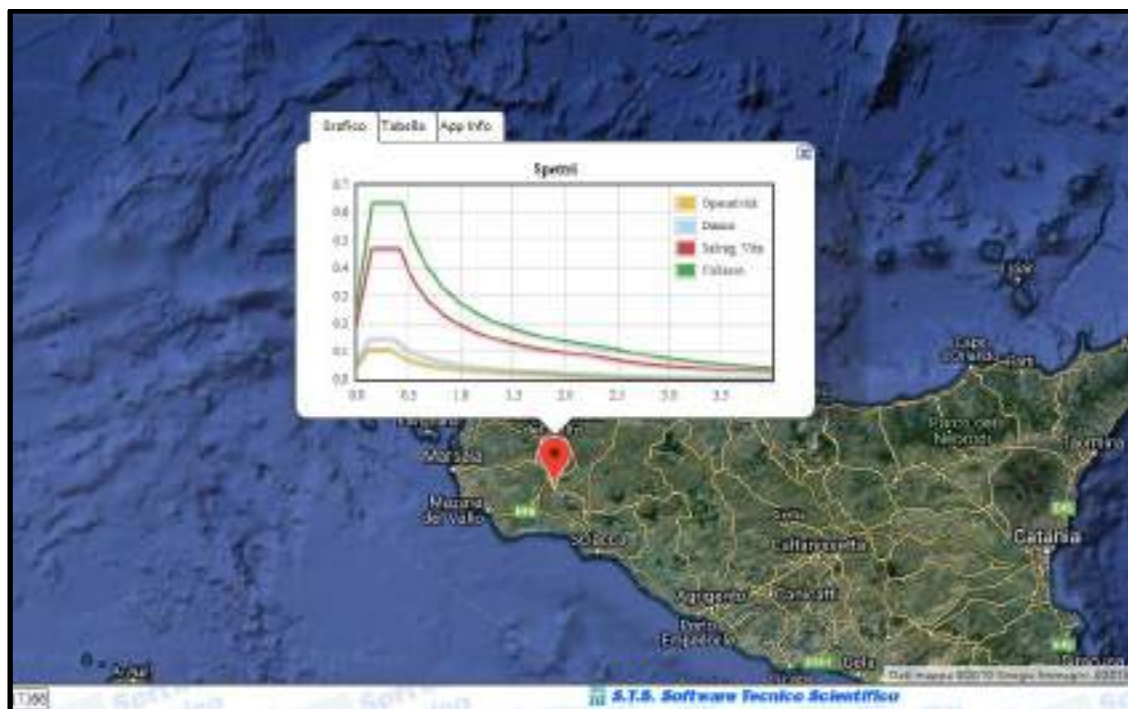


Figura 9 – Spettri di progetto – Partanna (TP)

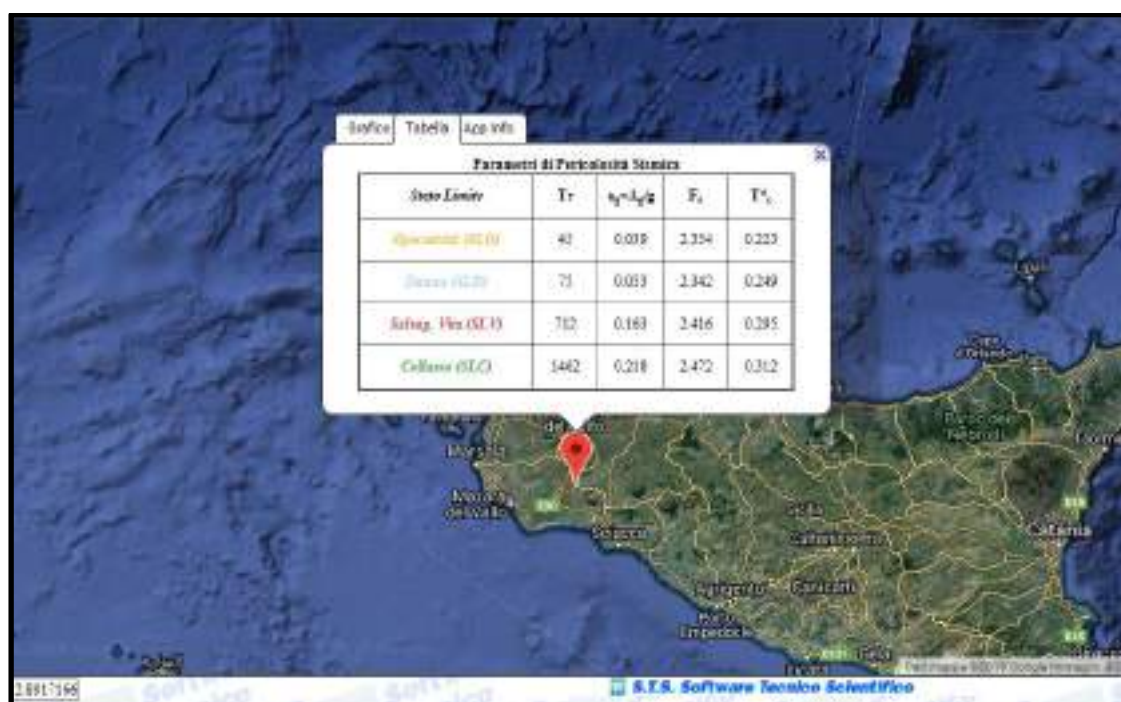


Figura 10 - Spettri di progetto forma tabellare - Partanna (TP)

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	17
3 Periodico S.r.L. Ingegneria – Piazza Castelnuovo n. 42 - P.IVA 05882310823- 90141 Palermo - Tel.: +39 091 5076934 -email: info@3periodico.it –						

7.3 Analisi dei Carichi

In fase di progetto, la robustezza dell'opera deve essere verificata imponendo azioni nominali convenzionali, in aggiunta alle altre azioni esplicite (non sismiche e da vento), applicate secondo due direzioni orizzontali ortogonali, al fine di verificare il comportamento complessivo. Seguendo la norma per la determinazione dei pesi propri strutturali dei più comuni materiali possono essere assunti i valori dei pesi dell'unità di volume riportati nella Tab. 3.1.I.

3 Periodico S.r.L. Ingegneria – Piazza Castelnuovo n. 42 - P.IVA 05882310823- 90141 Palermo - Tel.: +39 091 5076934 -email: info@3periodico.it –

7.4 Definizione delle azioni

Oltre alle azioni gravitazionali, derivanti dai pesi propri e portati della struttura vi sono altre azioni da tenere in considerazione, secondo quanto dettato dalle NTC 2018. Le azioni prese in considerazione sono:

- Azione sismica;
- Azione del vento;
- Azione della neve.

7.4.1 Azione sismica

Si riporta integralmente quanto disposto dal D.M. 2018 al Cap. 3.2

“Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento T_R , come definito nel § 2.4. In alternativa è ammesso l’uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell’area della costruzione. Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento T_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_{CT} valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , F_0 e T^*_{CT} , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.”

7.4.2 Azione del Vento

Si riporta integralmente quanto disposto dal D.M. 2018 al Cap. 3.2 e 3.1.1

“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

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	20

convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti definite al § 3.3.3. Per le costruzioni di forma o tipologia inusuale, oppure di grande altezza o lunghezza, o di rilevante snellezza e leggerezza, o di notevole flessibilità e ridotte capacità dissipative, il vento può dare luogo ad effetti la cui valutazione richiede l'uso di metodologie di calcolo e sperimentali adeguate allo stato dell'arte.

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 (vedi Tab. 3.3.II), riferito ad un periodo di ritorno $T_R = 50$ anni.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche, v_b è data dall'espressione:

$$V_b = V_{b,0} \times c_a$$

$V_{b,0}$ è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab. 3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione;

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 in funzione della zona in cui sorge la costruzione

a_s è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Tale zonazione non tiene conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, dovranno essere definiti singolarmente."

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P. Gesani	Ing. G.M. Lattuca	21

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,z}$, a_b , k_s

Zona	Descrizione	$v_{b,z}$ [m/s]	a_b [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 oriente 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	0,54
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 - Tab 3.3.1 - D.M 2018

Il programma CDS/CDM calcola l'azione del vento inserendo alcuni dati:

CARICO DA VENTO

Flag Attivazione	SI
Zona geografica	Zona 4
Altezza SLM (m)	420
Dist. costa (km)	16
Tempo Rit.(anni)	50
Classe Rugosità	B
Classe Aperture	A
Coeff. Topograf.	1
Coeff. Dinamico	1
Coeff. Attrito	0.02
Flag gen. Telai	CHIUSE
Velocità* (m/s)	28,02054
Pressione kg/mq	49,07193
Categ. Esposiz.	III
Num. Direz Ingr.	2
Angolo Direz 1	0
Angolo Direz 2	90
Angolo Direz 3	45

[Mostra Help Dato Attivo](#)

Figura 14 - Azione del vento da progetto

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	22

3 Periodico S.r.L. Ingegneria – Piazza Castelnuovo n. 42 - P.IVA 05882310823- 90141 Palermo - Tel.: +39 091 5076934 -email: info@3periodico.it –

7.4.3 Azione della Neve

Si riporta integralmente quanto disposto dal D.M. 2018 al Cap. 3.4.1

“Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà 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;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura, di cui al § 3.4.3;

C_E è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.4.4;

C_t è il coefficiente termico di cui al § 3.4.5.

Si assume che il carico della neve agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.”

Il programma CDS/CDM calcola l'azione della neve inserendo alcuni dati:

CARICO DA NEVE	
Flag Attivazione	SI
Zona geografica	III
Altezza SLM (m)	420
Tipo Esposizione	Normale
Coeffic. Termico	1
Coeffic. Forma	0,8
Tempo Rit.(anni)	50
Coeffic. Esposiz	1
Q riferim. kg/mq	89
Q neve kg/mq	71

Figura 15 - dati neve da progetto

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	23

3 Periodico S.r.L. Ingegneria – Piazza Castelnuovo n. 42 - P.IVA 05882310823- 90141 Palermo - Tel.: +39 091 5076934 -email: info@3periodico.it –

8 Analisi PUSH OVER Ante Operam

8.1 Generalità

L'analisi statica non lineare consiste nell'applicare all'edificio i carichi gravitazionali ed un sistema di forze orizzontali che, mantenendo invariati i rapporti relativi tra le forze stesse, vengono tutte scalate in modo da far crescere monotonamente lo spostamento orizzontale di un punto di controllo (ad esempio in sommità dell'edificio, a livello della copertura) sulla struttura fino al raggiungimento delle condizioni ultime. Il risultato dell'analisi consisterà in un diagramma riportante in ascissa lo spostamento orizzontale del punto di controllo, in ordinata la forza orizzontale totale applicata. Tali forze sono scalate in modo da far crescere monotonamente, sia in direzione positiva che negativa e fino al raggiungimento delle condizioni di collasso locale o globale, lo spostamento orizzontale di un punto di controllo coincidente con il centro di massa dell'ultimo livello della costruzione.

8.2 Modellazione geometrica della struttura

Partendo dal rilievo tecnico strutturale, si è sviluppato il modello strutturale all'interno del Software CDS/CDM, principalmente, tramite inserimento i fili fissi tramite coordinate assiali, setti in muratura tra i fili fissi ed i carichi dei solai tramite pannelli speciali.

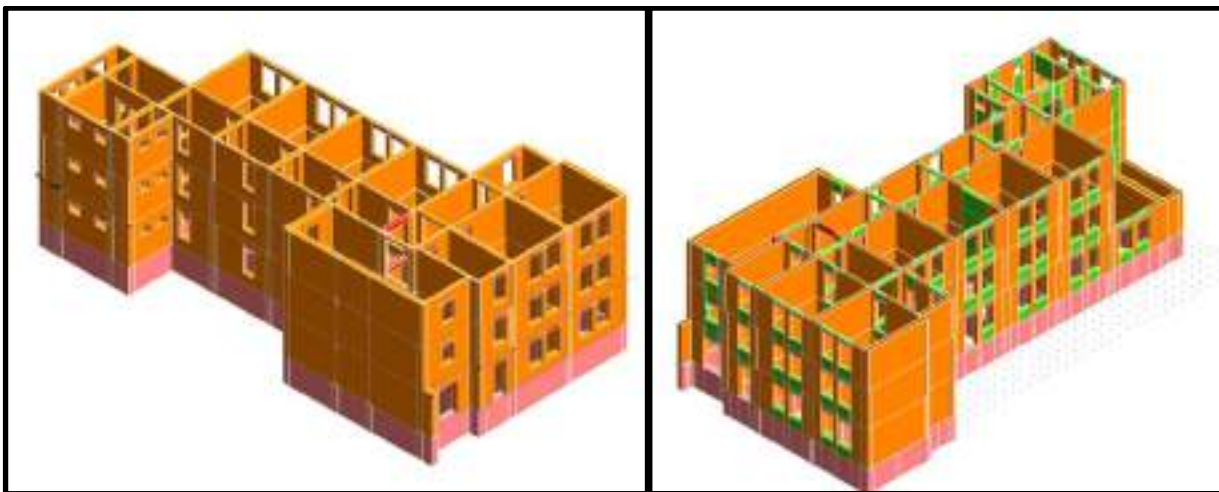


Figura 16 - Vista 1 e 2 - Modello geometrico strutturale

8.3 Esecuzione dell'analisi PUSHOVER

Una volta assegnati i carichi dei solai e delle tamponature ai vari setti murari costituenti la struttura si procede con l'elaborazione dell'analisi statica non lineare, PUSHOVER. Il software richiede alcuni parametri

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	24

in input per quanto riguarda il calcolo non lineare in campo plastico e gli stati limite inerenti all'azione sismica. La tabella riassuntiva con tutti i dati di input è la seguente:

PAR. CALC. NON LINEARE - ASTE	
Coe.sic.instab.	1,5
nmax iterazioni	30
comb. molt.crit.	0
rig.geo.trazione	NO
Analisi PushOver	
Spost.Massimo (m)	0,8
Concentraz Eventi	0,01
Iteraz.Max passo	100
Num.Max.Collassi	1
Effetti P-Delta	NO
Nodo CLS	NO
Gr. Sovr.Nodi Acc	1,2
Collasso Cls	Tutte
Tipo Distribuzione	Prop.F.statica
Riprese Getto	IGNORA
Push+Post-Ver.	SI
Tipo PushOver	Concentr. CDS
Param. OPENSEES	
Tipo Calcolo	Piccoli Spost
Tipo OutPut	CDS
Numero Passi	100
Tolleranza	-3
Nmax Iteraz.	1000
Mostra Help Dato Attivo	

Figura 17 - Parametri Calcolo non lineare

Eseguita l'analisi PUSHOVER il software fornisce un ottimo strumento di monitoraggio e rappresenta a video il piano ADSR in modo da poter percepire l'avanzare degli step di carico sulla struttura in ogni direzione.

8.4 Risultati analisi PUSHOVER

È stata eseguita l'analisi statica non lineare sul modello prima descritto. In particolare dall'esito dell'analisi si è riscontrato una problematica sui setti murari dell'ultimo livello. Infatti i setti murari non verificano a flessione evidenziando come l'azione dei carichi ipotizzati in rapporto alla eccessiva snellezza sia critica.

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	25

Infatti essi hanno presentano uno spessore dei cm 27,00 ed un altezza netta di cm 365,00. La figura seguente tratta dal CDS/CDM mostra la non verifica di tali setti:

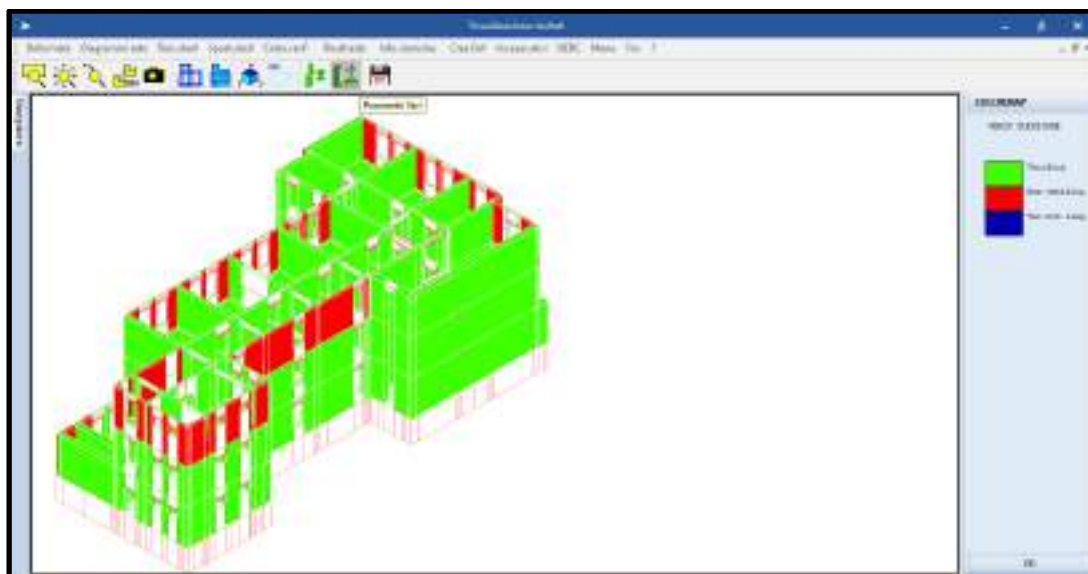


Figura 18 - CDS/CDM - verifica Murature a flessione

Altri setti non verificano a pressoflessione per dimensioni ridotte causate dal numero di finestre presenti. Di seguito la figura tratta dal CDS/CDM mostra la non verifica di tali setti:

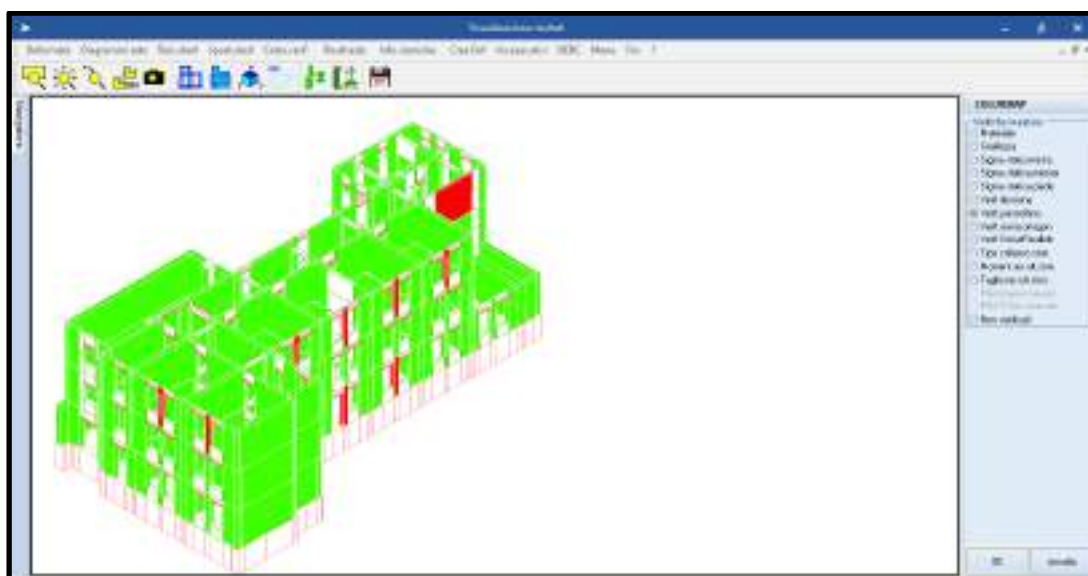
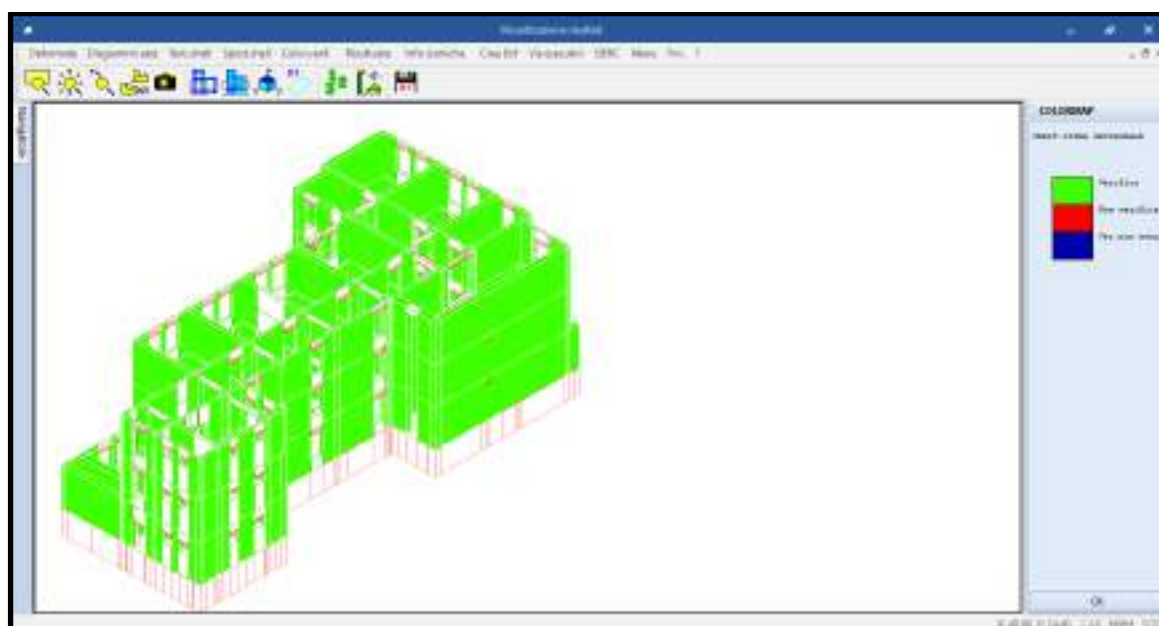


Figura 19 - CDS/CDM - verifica Murature a pressoflessione

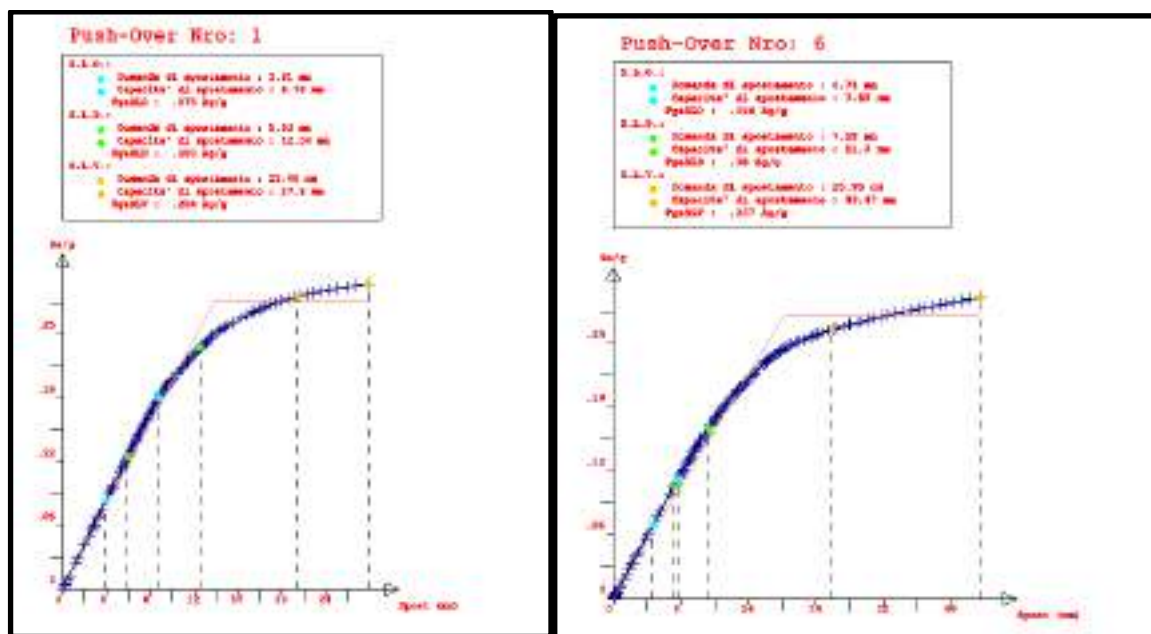
Per quanto riguarda la verifica in termini di capacità della struttura nei confronti dell'azione sismica si riscontra una positività degli esiti per tutti e 4 gli stati limite, SLO, SLD, SLV, SLC.

Riportiamo di seguito i grafici di tutte le verifiche effettuate tramite CDS/CDM.

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	26



Si riportano di seguito alcune pushover che mostrano come siano soddisfatte le verifiche in termini di capacità dissipative e di spostamento.



La verifica geotecnica (allegata agli elaborati di progetto) evidenzia come le fondazioni siano idonee al sistema strutturale, e come si evince dai tabulati verificano alla portanza.

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	27
3 Periodico S.r.L. Ingegneria – Piazza Castelnuevo n. 42 - P.IVA 05882310823- 90141 Palermo - Tel.: +39 091 5076934 -email: info@3periodico.it –						

9 Progetto Intervento di miglioramento sismico

9.1 Premessa

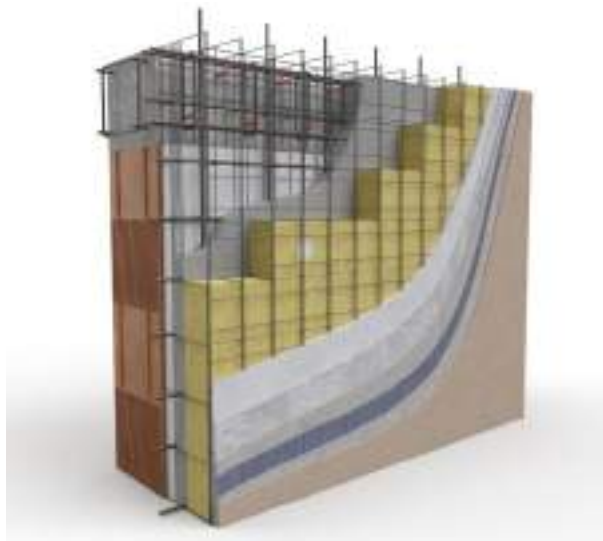
Dalle analisi svolte sulla struttura in esame emerge un comportamento globale al sisma soddisfacente, ma presenta delle criticità di verifica locale statica, in particolare nei setti murari dell'ultimo livello.

Date le condizioni di partenza, l'intervento di miglioramento sismico è volto da un lato a risolvere le criticità riscontrate in sede di analisi, dall'altro a migliorare il comportamento globale della struttura nei confronti del sisma.

Di concerto con la stazione appaltante, che in sede di fattibilità tecnico economica ha condotto le indagini preliminari, ci si è orientati verso la scelta di un sistema tecnologico innovativo. Tale sistema consiste nella realizzazione di un "cappotto antisismico" esterno in grado di raggiungere gli obiettivi strutturali previsti.

9.2 Sistema cappotto antisismico

Il sistema è un'innovativa soluzione tecnologica che, mediante un intervento combinato che massimizza il rapporto costi/benefici, garantisce l'efficientamento sismico ed energetico degli edifici esistenti. Applicato all'esterno del fabbricato per realizzare una nuova "pelle" sismo-resistente, è costituito da una lastra sottile in calcestruzzo armato gettato in opera all'interno di due strati di materiale isolante preinseriti in una maglia tridimensionale in acciaio zincato. Il getto e l'armatura di rinforzo, opportunamente dimensionati in fase di progetto, vengono resi solidali alla struttura esistente mediante l'inserimento di opportuni ancoraggi disposti a livello delle fondazioni e dei cordoli di piano. Inoltre per migliorare il comportamento a flessione della lastra ed inibire il rischio di instabilità fuori piano è stata prevista la realizzazione di ulteriori nervature orizzontali e verticali.



REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P. Gesani	Ing. G.M. Lattuca	28

Trattandosi di una tipologia strutturale non dissipativa, non si effettuano analisi di tipo non lineare ma esclusivamente analisi lineari con forze sismiche ridotte secondo un fattore di comportamento q compreso tra 1 e 1.5 (da valutare secondo le indicazioni riportate nel cap. 7.3 delle NTC2018). In relazione alla regolarità dell'edificio, è possibile adottare un'analisi statica equivalente oppure un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta.

Basandosi su un'ipotesi semplificativa è possibile modellare il solo Cappotto sismico, affidando a quest'ultimo l'intera azione sismica ed evitando quindi di modellare la struttura esistente. Ovviamente nelle realtà anche quest'ultima sopporta parte dell'azione sismica, pertanto è necessario verificare e garantire che la struttura sia in grado di sopportare i carichi verticali in caso di sisma. A tal fine è possibile eseguire una verifica determinando lo spostamento interpiano del Cappotto Sismico allo SLV (utilizzando $q=1$) e verificando che questo sia inferiore ai limiti di spostamento imposti dalla normativa. A titolo esemplificativo, per costruzioni in muratura ordinaria, le NTC 2018 ai paragrafi §7.8.2.2.1 e §7.8.2.2.2 indicano uno spostamento ultimo allo SLC pari rispettivamente all'1.0% e allo 0.5% dell'altezza dei maschi murari per rottura a pressoflessione nel piano e per rottura a taglio.

La modellazione del Cappotto Sismico e le relative verifiche possono essere sviluppate secondo due differenti modalità:

- Modellazione a mensola: è un'ipotesi semplificata e cautelativa che considera nella modellazione i soli maschi murari, trascurando il contributo delle fasce di piano (collegamenti tra le pareti verticali sopra e sotto i fori finestra). Pertanto sia in termini di rigidezza che di resistenza viene considerata solamente la porzione di cappotto continua da cielo a terra. Conseguentemente le verifiche a pressoflessione e taglio interessano esclusivamente i maschi murari.
- Modellazione a telaio equivalente: consiste nella modellazione sia dei maschi murari verticali che delle fasce orizzontali e comporta la verifica di entrambe le componenti strutturali.

L'accoppiamento tra fasce e maschi permette di considerare l'effetto telaio garantito dalla parete.

La modellazione può essere effettuata sia utilizzando elementi tipo beam che elementi tipo shell. Nel secondo caso è però necessario integrare le forze distribuite per poter derivare i parametri di sollecitazione in ogni sezione (N, M, V).

9.3 Analisi sismica

In virtù delle sopra citate considerazioni, si è proceduto, tramite solutore CDS/CDM, ad un'analisi di tipo lineare dinamica, indicando un fattore di comportamento $q = 1$ con comportamento strutturale non dissipativo.

Tab. 7.3.1 – Limiti in q e modalità di modellazione dell'azione sismica

STATILIMITE		Lineare (Dinamica e Statica)		Non Lineare	
		Dissipativo	Non Dissipativo	Dinamica	Statica
SLE	SLO	$q=1.0$ § 3.2.3.4	$q=1.0$ § 3.2.3.4		
	SLD	$q \leq 1.5$ § 3.2.3.5	$q \leq 1.5$ § 3.2.3.5	§ 7.3.4.1	§ 7.3.4.2
SLU	SLV	$q \leq 1.5$ § 3.2.3.5	$q \leq 1.5$ § 3.2.3.5		
	SEC	—	—		

Figura 22 - estratto tabella da NTC 2018

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P. Gesani	Ing. G.M. Lattuca	29

3 Periodico S.r.L. Ingegneria – Piazza Castelnuovo n. 42 - P.IVA 05882310823- 90141 Palermo - Tel.: +39 091 5076934 -email: info@3periodico.it –

La modellazione spaziale all'interno del software CDS è stata effettuata sostituendo i setti murari sui quali verrà posizionato il cappotto antisismico con pareti in c.a. dello spessore di 10 cm. Le immagini di seguito riportano la sostituzione sopra descritta. Si specifica inoltre che sulle pareti adiacenti confini di proprietà terze, sul prospetto ovest, (fig. 23) tali pareti non verranno realizzate. Su di esse verrà comunque realizzato un miglioramento sismico mediante inserimenti FRCM con fasce in rete bidirezionale PBO e matrice inorganica su entrambe le facce delle pareti.

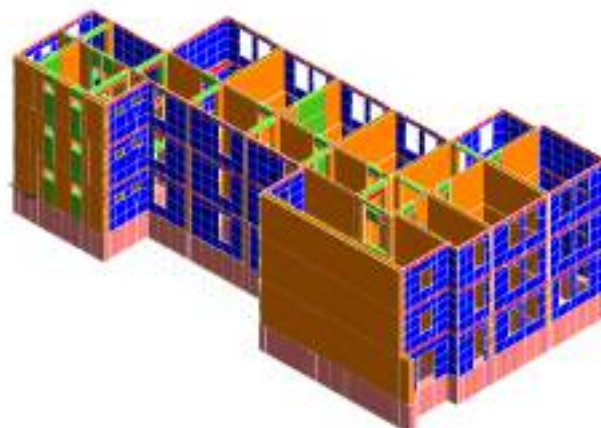


Figura 23 - vista modello 3D CDS

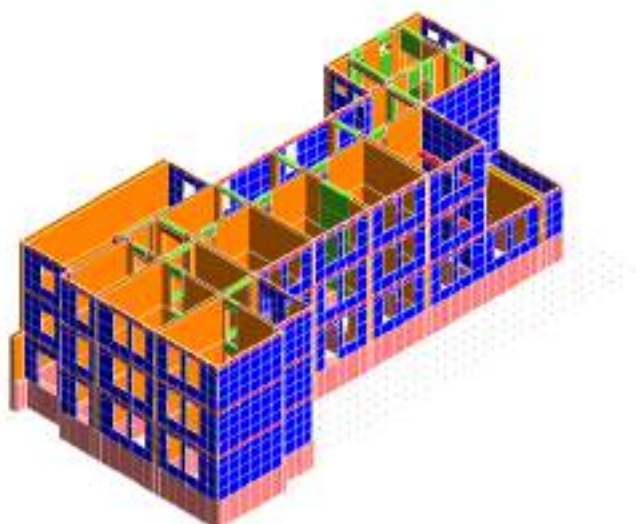


Figura 24 - vista modello 3D CDS

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	30

3 Periodico S.r.L. Ingegneria – Piazza Castelnuovo n. 42 - P.IVA 05882310823- 90141 Palermo - Tel.: +39 091 5076934 -email: info@3periodico.it –

9.4 Risultati

L'analisi di calcolo eseguita mostra come la struttura reagisca in maniera ottimale sia al livello globale che locale. Le immagini seguenti evidenziano come sia gli elementi in muratura che gli elementi shell in c.c.a. siano verificati alle sollecitazioni indotte dal sisma.

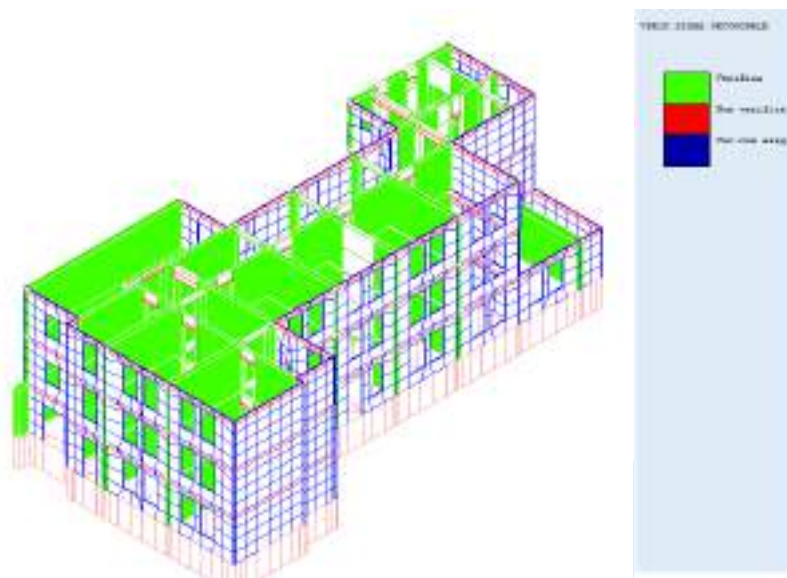


Figura 26 – verifica a sisma ortogonale estratto da CDS

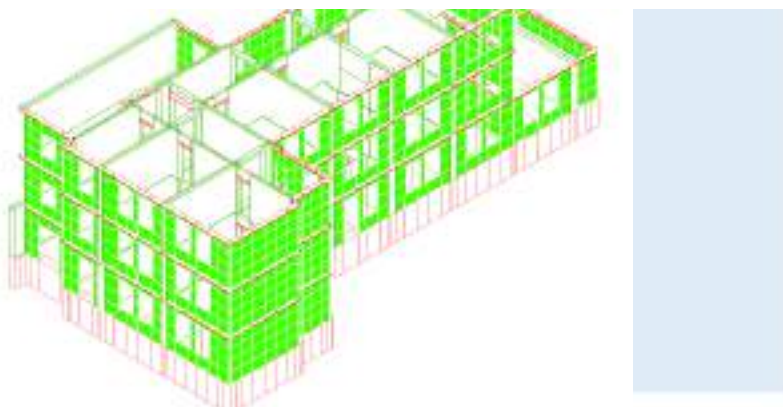


Figura 25 – verifica globale a sisma estratto da CDS

La seguente immagine mostra la verifica dei setti murari del fabbricato. Si evidenzia come l'analisi post operam risolva le criticità riscontrate in fase di verifica ante operam.

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	31

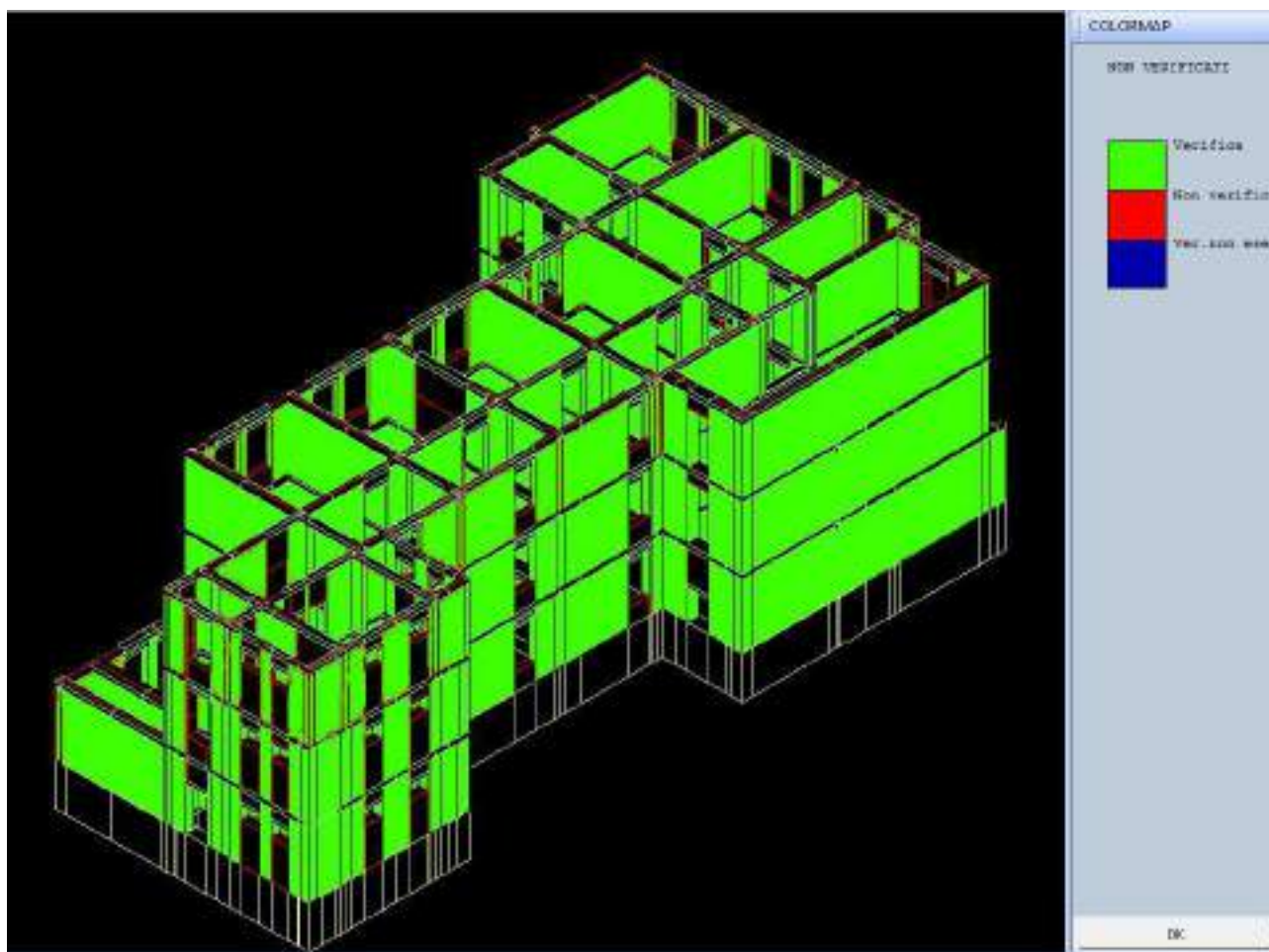


Figura 27 - verifica setti murari post operam

10 Determinazione Classi di rischi Ante Operam e Post Operam

I recenti decreti ministeriali numero 58 e 65 di Marzo 2017 definiscono come valutare la classe di rischio sismico di un edificio esistente, sia esso in C.A., acciaio o muratura. Il decreto più recente è il DM 65/17 e ad esso vi sono 2 allegati:

- Allegato A: Linee guida per la classificazione di rischio sismico delle costruzioni;
- Allegato B: Asseverazione art. 4 comma 1 DM 65 2017.

Per completezza didattica, si riportano i contenuti dell'allegato A, esplicativi dei possibili metodi di calcolo al fine di raggiungere la classificazione sismica.

Il documento definisce otto Classi di Rischio, con rischio crescente dalla lettera A+ alla lettera G. La determinazione della classe di appartenenza di un edificio può essere condotta secondo due metodi, tra loro alternativi, l'uno convenzionale e l'altro semplificato, quest'ultimo con un ambito applicativo limitato.

Il metodo convenzionale è concettualmente applicabile a qualsiasi tipologia di costruzione, è basato sull'applicazione dei normali metodi di analisi previsti dalle attuali Norme Tecniche e consente la

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	32

valutazione della Classe di Rischio della costruzione sia nello stato di fatto sia nello stato conseguente all'eventuale intervento.

Il metodo semplificato si basa su una classificazione macrosismica dell'edificio, è indicato per una valutazione speditiva della Classe di Rischio dei soli edifici in muratura e può essere utilizzato sia per una valutazione preliminare indicativa, sia per valutare, limitatamente agli edifici in muratura, la classe di rischio in relazione all'adozione di interventi di tipo locale. Ulteriori specifiche applicazioni del metodo semplificato sono riportate al §3.2 delle presenti linee guida.

Per la determinazione della Classe di Rischio si fa nel seguito riferimento a due parametri: (i) la Perdita Annuale Media attesa (PAM), che tiene in considerazione le perdite economiche associate ai danni agli elementi, strutturali e non, e riferite al costo di ricostruzione (CR) dell'edificio privo del suo contenuto, e (ii) l'indice di sicurezza (IS-V) della struttura definito come il rapporto tra l'accelerazione di picco al suolo (PGA, Peak Ground Acceleration) che determina il raggiungimento dello Stato Limite di salvaguardia della Vita(1) (SLV), capacità in PGA – PGAC, e la PGA che la norma indica, nello specifico sito in cui si trova la costruzione e per lo stesso stato limite, come riferimento per la progettazione di un nuovo edificio, domanda in PGA - PGAD. L'indice di sicurezza (IS-V) della struttura è meglio noto ai tecnici con la denominazione di "Indice di Rischio"(2).

Nel caso degli edifici la Classe di Rischio associata alla singola unità immobiliare coincide con quella dell'edificio e, comunque, il fattore inerente la sicurezza strutturale deve essere quello relativo alla struttura dell'edificio nella sua interezza. Caso più articolato, ovviamente, è quello relativo agli aggregati edilizi in cui l'individuazione dell'unità strutturale è più complessa e per la quale, per semplicità, può farsi riferimento al metodo semplificato nel seguito riportato.

In ogni caso, l'attribuzione della Classe di Rischio mediante il metodo semplificato è da ritenersi una stima attendibile ma non sempre coerente con la valutazione ottenuta con il metodo convenzionale, che rappresenta, allo stato attuale, il necessario riferimento omogeneo e convenzionale.

Laddove si preveda l'esecuzione di interventi volti alla riduzione del rischio, l'attribuzione della Classe di Rischio pre e post intervento deve essere effettuata utilizzando il medesimo metodo e con le stesse modalità di analisi e di verifica, tra quelle consentite dalle Norme Tecniche per le Costruzioni.

Nel caso di valutazioni finalizzate all'esecuzione di interventi sugli edifici volti alla riduzione del rischio, è consentito l'impiego del metodo semplificato, nei soli casi in cui si adottino interventi di rafforzamento locale; in tal caso è ammesso il passaggio di una sola Classe di Rischio.

Per tutti gli interventi che, pur riducendo il rischio, non consentono il passaggio alla Classe di Rischio minore, si può comunque ricorrere agli sgravi fiscali minimi già previsti dalle altre misure di agevolazione vigenti.

Il presente documento disciplina aspetti ormai consolidati in termini di mitigazione del rischio e tratta, solo marginalmente nel §2.2, i casi degli interventi che, pur mitigando significativamente il rischio, non sono ad oggi quantificabili/certificabili univocamente in termini di benefici apportati. Tali interventi, come ad esempio un'adeguata sistemazione dei controsoffitti al fine di scongiurarne la caduta in caso di sisma, ecc., sono auspicabili e auspicati ma l'attuale mancanza di procedure omogenee che ne quantifichino i contributi positivi, in termini sia di perdite (economiche) annue medie attese sia di incidenza sulla salvaguardia della vita, non ne consente al momento la trattazione. Anche per questi casi, comunque, è possibile ricorrere agli sgravi fiscali minimi già previsti dalle altre misure di agevolazione.

L'attribuzione della Classe di Rischio può avvenire, come detto, attraverso uno dei due metodi, convenzionale e semplificato, seguendo le procedure nel seguito descritte.

In entrambi i metodi è fatto utile riferimento al parametro PAM, che può essere assimilato al costo di riparazione dei danni prodotti dagli eventi sismici che si manifesteranno nel corso della vita della costruzione, ripartito annualmente ed espresso come percentuale del costo di ricostruzione.

Esso può essere valutato, così come previsto per l'applicazione del metodo convenzionale, come l'area sottesa alla curva rappresentante le perdite economiche dirette, in funzione della frequenza media annua di superamento (pari all'inverso del periodo medio di ritorno) degli eventi che provocano il raggiungimento di uno stato limite per la struttura. Tale curva, in assenza di dati più precisi, può essere discretizzata mediante una spezzata. Minore sarà l'area sottesa da tale curva, minore sarà la perdita media annua attesa (PAM).

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	33

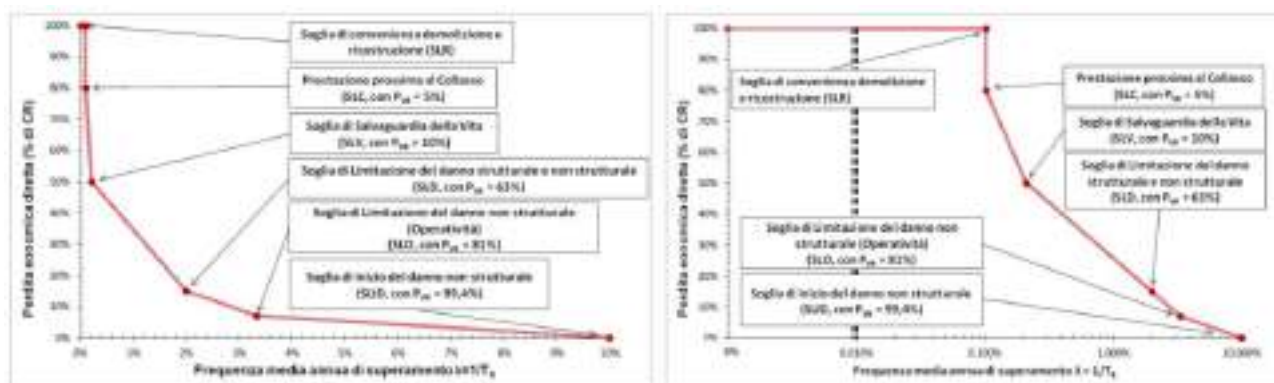


Figura 1– Andamento della curva che individua il PAM, riferito a una costruzione con vita nominale 50 anni e appartenente alla classe d'uso II. Nell'immagine a destra, per meglio individuare i punti prossimi all'asse delle ordinate, le ascisse sono in scala logaritmica.

Metodo convenzionale

Il metodo convenzionale assegna alla costruzione in esame una Classe di Rischio in funzione del parametro economico PAM e dell'indice di sicurezza della struttura IS-V. Per il calcolo di tali parametri (entrambi sono grandezze adimensionali, nel seguito espresse in %) è necessario calcolare, facendo riferimento al sito in cui sorge la costruzione in esame, le accelerazioni di picco al suolo per le quali si raggiungono gli stati limite SLO, SLD, SLV ed SLC, utilizzando le usuali verifiche di sicurezza agli stati limite previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni. Esso è dunque applicabile a tutti i tipi di costruzione previsti dalle suddette Norme Tecniche.

Al fine della assegnazione della Classe di Rischio, è necessario valutare preliminarmente la Classe PAM e la Classe IS-V in cui ricade la costruzione in esame.

I valori di riferimento per la definizione delle Classi PAM sono riportati in tabella 1.

Perdita Media Annuale attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,50\%$	A^*_{PAM}
$0,50\% < PAM \leq 1,0\%$	A_{PAM}
$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	B_{PAM}
$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	C_{PAM}
$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	D_{PAM}
$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	E_{PAM}
$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	F_{PAM}
$7,5\% \leq PAM$	G_{PAM}

Tabella 1 – Attribuzione della Classe di Rischio PAM in funzione dell'entità delle Perdite medie annue attese

A titolo indicativo, una costruzione con periodo di riferimento VR pari a 50 anni, le cui prestazioni siano puntualmente pari ai minimi di quelle richieste dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni per un edificio di nuova costruzione (e dunque che raggiunge i diversi stati limite esattamente per i valori di periodo di ritorno dell'azione sismica previsti dalle norme) ha un valore di PAM che la colloca in Classe PAM B (il valore di PAM è, in questo caso, pari a 1,13%). Un'analoga costruzione, ma con periodo di riferimento VR pari a 75 anni o a 100 anni ha un valore di PAM che la colloca al limite della Classe PAM A (il valore di PAM è, in questo caso, pari a 0,87% per VR = 75 anni e pari a 0,74% per VR = 100 anni).

Convenzionalmente, ai fini dell'applicazione delle presenti Linee Guida, è possibile considerare periodi di ritorno dell'azione sismica inferiori a 30 anni, scalando proporzionalmente le ordinate dello spettro associato al periodo di ritorno di 30 anni. Tale procedura non si applica per periodi di ritorno inferiori a 10 anni.

Analogamente, i valori di riferimento dell'indice di sicurezza da cui derivare la Classe IS-V, legata alla salvaguardia della vita umana, sono riportati in tabella 2.

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P. Gesani	Ing. G.M. Lattuca	34

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	A_{IS-V}^*
$80\% \leq IS-V < 100\%$	A_{IS-V}
$60\% \leq IS-V < 80\%$	B_{IS-V}
$45\% \leq IS-V < 60\%$	C_{IS-V}
$30\% \leq IS-V < 45\%$	D_{IS-V}
$15\% \leq IS-V < 30\%$	E_{IS-V}
$IS-V \leq 15\%$	F_{IS-V}

Tabella 2 – Attribuzione della Classe di Rischio IS-V in funzione dell'entità dell'Indice di Sicurezza

A titolo indicativo, una costruzione la cui capacità, in termini di accelerazione di picco al suolo associata allo SLV pari a quella richiesta dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni per un edificio di nuova costruzione e caratterizzato dalla medesima vita nominale e classe d'uso, ha un valore di IS-V che lo colloca in Classe IS-V A.

Per la valutazione della Classe PAM e della Classe IS-V della costruzione in esame, necessarie per l'individuazione della Classe di Rischio, è sufficiente fare uso dei metodi indicati dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni, procedendo con i seguenti passi:

1) Si effettua l'analisi della struttura e si determinano i valori delle accelerazioni al suolo di capacità, PGAC(SLi), che inducono il raggiungimento degli stati limite indicati dalla norma (SLC, SLV, SLD, SLO). E' possibile, in via semplificata, effettuare le verifiche limitatamente(3) allo SLV (stato limite per la salvaguardia della vita) ed allo SLD (stato limite di danno).

2) Note le accelerazioni al suolo, PGAC, che producono il raggiungimento degli stati limite sopra detti, si determinano i corrispondenti periodi di ritorno, TrC, associati ai terremoti che generano tali accelerazioni. In assenza di più specifiche valutazioni, il passaggio dalle PGAC ai valori del periodo di ritorno possono essere eseguiti utilizzando la seguente relazione:

$$TrC = TrD (PGAC/PGAD)^\eta$$

con $\eta = 1/0,41$.

3) Per ciascuno dei periodi sopra individuati, si determina il valore della frequenza media annua di superamento $\lambda = 1/TrC$. E' utile sottolineare che, per il calcolo del tempo di ritorno TrC associato al raggiungimento degli stati limite di esercizio (SLD ed SLO) è necessario assumere il valore minore tra quello ottenuto per tali stati limite e quello valutato per lo stato limite di salvaguardia della vita. Si assume, di fatto, che non si possa raggiungere lo stato limite di salvaguardia della vita senza aver raggiunto gli stati limite di operatività e danno.

4) Si definisce Stato Limite di Inizio Danno (SLID), quello a cui è comunque associabile una perdita economica nulla in corrispondenza di un evento sismico e il cui periodo di ritorno è assunto, convenzionalmente, pari a 10 anni, ossia $\lambda = 0,1$.

5) Si definisce Stato Limite di Ricostruzione (SLR) quello a cui, stante la criticità generale che presenta la costruzione al punto da rendere pressoché impossibile l'esecuzione di un intervento diverso dalla demolizione e ricostruzione, è comunque associabile una perdita economica pari al 100%. Convenzionalmente si assume che tale stato limite si manifesti in corrispondenza di un evento sismico il cui periodo di ritorno è pari a quello dello Stato Limite dei Collasso (SLC).

6) Per ciascuno degli stati limite considerati si associa al corrispondente valore di λ il valore della percentuale di costo di ricostruzione secondo la seguente tabella 2:

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	35

Stato Limite	CR(%)
SLR	100%
SLC	80%
SLV	50%
SLD	15%
SLO	7%
SLID	0%

Tabella 3 – Percentuale del costo di ricostruzione (CR), associata al raggiungimento di ciascuno stato limite

7) Si valuta il PAM (in valore percentuale), ovvero l'area sottesa alla spezzata individuata dalle coppie di punti (7), CR) per ciascuno dei sopra indicati stati limite, a cui si aggiunge il punto (777, CR=100%), mediante la seguente espressione:

$$PAM = \sum_{i=2}^5 [\lambda_i(SL_i) - \lambda_i(SL_{i-1})] * [CR(SL_i) + CR(SL_{i-1})] / 2 + \lambda_1(SLC) * CR(SLR)$$

dove l'indice "i" rappresenta il generico stato limite (i=5 per lo SLC e i=1 per lo SLID)(6).

8) Si individua la Classe PAM, mediante la tabella 1 che associa la classe all'intervallo di valori assunto dal PAM.

9) Si determina l'indice di sicurezza per la vita IS-V, ovvero il rapporto tra la PGAC (di capacità) che ha fatto raggiungere al fabbricato lo stato limite di salvaguardia della vita umana e la PGAD (di domanda) del sito in cui è posizionato la costruzione, con riferimento al medesimo stato limite.

10) Si individua la Classe IS-V, mediante la tabella 2 che associa la classe all'intervallo di valori assunto dall'Indice di sicurezza per la vita IS-V, valutato come rapporto tra la PGAC (SLV) e PGAD(SLV).

11) Si individua la Classe di Rischio(7) della costruzione come la peggiore tra la Classe PAM e la Classe IS-V.

Il valore della Classe di Rischio attribuita a ciascuna costruzione, come detto, può essere migliorato a seguito di interventi che riducono il rischio della costruzione e, quindi, che incidono sul valore PAM e/o sulla capacità che la struttura possiede rispetto allo stato limite della salvaguardia della vita, valutato come rapporto tra la PGAC (SLV) e PGAD(SLV).

Metodo semplificato

Alternativamente al metodo convenzionale, limitatamente alle tipologie in muratura, l'attribuzione della Classe di Rischio ad un edificio può essere condotta facendo riferimento alla procedura descritta in questo paragrafo.

Nello specifico si determina, sulla base delle caratteristiche della costruzione, la Classe di Rischio di appartenenza a partire dalla classe di vulnerabilità definita dalla Scala Macrosismica Europea (EMS) di seguito riportata.

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	36

Tipologia di struttura	Classe di vulnerabilità					
	V ₀ (Infima)	V ₁ (Infima)	V ₂ (Media)	V ₃ (Media)	V ₄ (Media)	V ₅ (Infima)
MURATURA	Muratura di pietra serena (agente (a sacco))	○				
	Muratura di mattoni di terra cruda (adobe)	○				
	Muratura di pietra sbazzata	○				
	Muratura di pietra massiccia per costruzioni monumentali	○				
	Muratura di mattoni e pietra levigata	○				
	Muratura di mattoni e soli di rigidità elevata	○				
	Muratura rinforzata e/o confinata	○				

Figura 2 – Approccio semplificato per l'attribuzione della Classe di Vulnerabilità agli edifici in muratura

L'EMS-98(8) individua 7 tipologie di edifici in muratura (identificate principalmente in base alla struttura verticale) e fissa la vulnerabilità media di ciascuna individuando 6 classi di vulnerabilità, qui indicate con V1 ... V6, (da non confondersi con le Classi di Rischio A ÷ G), con vulnerabilità crescente dal pedice 1 al pedice 6. L'EMS-98 individua, per ogni tipologia e ogni classe di vulnerabilità, il valore più credibile (cerchio) e la dispersione intorno a tale valore, espressa con i valori più probabili (linee continue) e meno probabili o addirittura eccezionali (linee tratteggiate).

La valutazione della classe di vulnerabilità, necessaria per la determinazione della Classe di Rischio della costruzione in esame mediante il metodo semplificato, deve essere condotta in due passi successivi:

- 1) determinazione della tipologia strutturale che meglio descrive la costruzione in esame e della classe di vulnerabilità media (valore più credibile) associata;
- 2) valutazione dell'eventuale scostamento dalla classe media a causa di un elevato degrado, di una scarsa qualità costruttiva o della presenza di peculiarità che possono innescare meccanismi di collasso locale per valori particolarmente bassi dell'azione sismica e aumentare la vulnerabilità globale.

Per la determinazione della classe di vulnerabilità media e per la valutazione dell'eventuale scostamento, utile riferimento può essere fatto alle indicazioni riportate in tabella 4. Si sottolinea come, nell'ambito di queste linee guida, sia previsto lo scostamento dalla classe media solo nel verso di un aumento della vulnerabilità.

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	37

TIPOLOGIA STRUTTURALE	Peculiarità caratteristiche della tipologia strutturale	CLASSE MEDIA DI VULNERABILITÀ GLOBALE	POSSIBILI MECCANISMI LOCALI	PECULIARITÀ NEGATIVE PER LA VULNERABILITÀ LOCALE/GLOBALE	PASSAGGIO DI CLASSE
MURATURA	pietra grezza	V ₆			
	mattoni di terra cruda (adobe)	V ₆			
	pietra abbozzata	V ₅	Sfollamento delle pareti	<ul style="list-style-type: none"> Scarsa qualità costruttiva Finito degradato e/o danneggiamento Spessore variabile non costante Formelli murari male ancorati tra loro Orizzontamenti male ancorati alle pareti Apertura di elevate dimensioni interrotte da nuclei di ridotte dimensioni 	da V ₆ a V ₄
	mattoni o pietra lavorata	V ₅			
	pietra massiccia (per costruzioni monumentali)	V ₅	Mechanismi globali o di piano	<ul style="list-style-type: none"> Presenza di murature ricche che riducono significativamente l'area resistente della muratura Pareti di elevate dimensioni (altezza e sfacci) non controventate a sufficienza 	da V ₅ a V ₄
	mattoni o tegole d'intonaco rigide nel proprio piano medio	V ₄	Sfollamento delle pareti Mechanismi globali o di piano	<ul style="list-style-type: none"> Scarsa qualità costruttiva Finito degradato e/o danneggiamento Formelli murari male ancorati tra loro Orizzontamenti male ancorati alle pareti Formelli murari a doppia vista con carenze d'angolo Altezza totale o parziale di vari Apertura di elevate dimensioni interrotte da nuclei di ridotte dimensioni Presenza di murature ricche che riducono significativamente l'area resistente della muratura Pareti di elevate dimensioni (altezza e sfacci) non controventate a sufficienza 	da V ₄ a V ₃
	intonaco e/o conglomerato	V ₃	Mechanismi globali, ad esempio, ad intonaco sfollante dagli elementi con strutture che possono ridurre la capacità globale	<ul style="list-style-type: none"> Scarsa qualità costruttiva Finito degradato e/o danneggiamento Finito irregolare in pianta e/o in altezza Presenza eccessiva di elementi non strutturali che costituiscono ingombranti il comportamento locale e/o globale Apertura di elevate dimensioni interrotte da nuclei di ridotte dimensioni Pareti di elevate dimensioni (altezza e sfacci) non controventate a sufficienza 	da V ₃ a V ₂

Tabella 4 – Costruzioni in muratura: classi medie di vulnerabilità globale e passaggi di classe.

La classe di vulnerabilità, in relazione alla pericolosità del sito in cui è localizzato l'edificio, corrisponde a una Classe di Rischio. Per semplicità, la pericolosità del sito è individuata attraverso la zona sismica di appartenenza così come definita dall'O.P.C.M. 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche e integrazioni. È così possibile definire le corrispondenze tra classi di vulnerabilità V1, V2, ... V6 e classi di rischio A+, A, ..., G, come indicato in tabella 5. Per distinguere l'attribuzione di classe mediante il metodo semplificato da quella ottenuta mediante il metodo convenzionale, le classi ottenute con il metodo semplificato sono contrassegnate da un asterisco (A+*, A*, B*, ...).

Classe di Rischio	PAM	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
A+*	PAM ≤ 0,50%				V ₃ + V ₂
A*	0,50% < PAM ≤ 1,0%			V ₃ + V ₂	V ₃ + V ₄
B*	1,0% < PAM ≤ 1,5%	V ₆	V ₅ + V ₂	V ₆	V ₆
C*	1,5% < PAM ≤ 2,5%	V ₅	V ₄	V ₆	V ₆
D*	2,5% < PAM ≤ 3,5%	V ₄	V ₄	V ₅ + V ₆	
E*	3,5% < PAM ≤ 4,5%	V ₄	V ₅		
F*	4,5% < PAM ≤ 7,5%	V ₅	V ₆		
G*	7,5% < PAM	V ₆			

Tabella 5 – Classe PAM attribuita in funzione della classe di vulnerabilità assegnata all'edificio e della zona sismica in cui lo stesso è situato

Gli interventi hanno lo scopo di mitigare il rischio, con effetti sia sul parametro PAM sia sull'indice IS-V. Essi possono interessare elementi strutturali e/o elementi non strutturali, in relazione alle carenze specifiche della singola costruzione.

Metodo convenzionale

Utilizzando il metodo convenzionale, l'effetto degli interventi per la riduzione del rischio, in termini di numero di cambi di Classe di Rischio conseguiti, è facilmente determinabile valutando la Classe di Rischio della costruzione in esame nella situazione pre-intervento e post-intervento.

L'utilizzo del metodo convenzionale comporta l'onere di valutare il comportamento globale della costruzione, indipendentemente da come l'intervento strutturale si inquadri nell'ambito delle Norme

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P. Gesani	Ing. G.M. Lattuca	38

Tecniche per le Costruzioni (adeguamento, miglioramento o intervento locale). Pertanto, anche laddove si eseguano degli interventi locali di rafforzamento, che ai sensi delle suddette norme (punto 8.4.3) richiedono solo la verifica a livello locale, la verifica globale, esclusivamente per finalità di attribuzione della classe e senza in alcun modo incidere sulle procedure amministrative previste per tali interventi, deve essere comunque eseguita per attribuire la Classe di Rischio con il metodo convenzionale. In tal caso, comunque, si avrà la facoltà di eseguire un numero di indagini inferiore a quello previsto dalle Norme per il rispettivo livello di conoscenza adottato. A questo proposito, ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni, si ricorda che, affinché possa attivarsi il comportamento globale, è necessario che siano stati preliminarmente eliminati i meccanismi locali la cui attivazione potrebbe impedire una risposta di tipo globale.

Metodo semplificato

Quando la Classe di Rischio è stata assegnata all'edificio mediante il metodo semplificato, è possibile ritenere valido il passaggio alla Classe di Rischio immediatamente superiore solo quando siano soddisfatte alcune condizioni. Per gli edifici con struttura di muratura esse sono indicate nella tabella 7. L'entità degli interventi deve essere tale da non produrre sostanziali modifiche al comportamento della struttura nel suo insieme e da consentire quindi l'inquadramento come interventi locali, con riferimento alle murature.

TIPOLOGIA STRUTTURALE	INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE		FINALITÀ DELL'INTERVENTO	PASSAGGIO DI CLASSE DI VULNERABILITÀ
	INERTI/MAGLIA MURARIA			
MURATURA	pietra grezza	Non applicabili (non sono rispettate le condizioni del §3.2)		V ₁
	mattoni di terra cruda (adobe)	Non applicabili (non sono rispettate le condizioni del §3.2)		V ₁
	pietra squadrata	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE: <ul style="list-style-type: none"> • Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate • Eliminazione delle spinte orizzontali non contrastate • Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (altezza e larghezza) • Collegamento dei pannelli murari agli orizzontamenti INTERVENTI AUSILIARI MA NON OBBLIGATORI: <ul style="list-style-type: none"> • Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni) 	<ul style="list-style-type: none"> • Perseguire un comportamento d'insieme "regolare" o "scatolare" ⁽¹⁾ • Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali 	da V ₁ a V ₂
	pietra massiccia per costruzioni monumentali	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE: <ul style="list-style-type: none"> • Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate • Eliminazione delle spinte orizzontali non contrastate • Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (altezza e larghezza) • Collegamento dei pannelli murari agli orizzontamenti INTERVENTI AUSILIARI MA NON OBBLIGATORI: <ul style="list-style-type: none"> • Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni) 	<ul style="list-style-type: none"> • Perseguire un comportamento d'insieme regolare e "scatolare" ⁽¹⁾⁽²⁾ • Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali 	da V ₁ a V ₂
		ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE: <ul style="list-style-type: none"> • Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate • Messa in sicurezza di elementi non strutturali 	<ul style="list-style-type: none"> • Perseguire un comportamento d'insieme regolare e "scatolare" ⁽²⁾⁽³⁾ • Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali 	da V ₁ a V ₂
	intonaco o pietra intonacata	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE: <ul style="list-style-type: none"> • Ripristino dei danni o delle zone degradate • Eliminazione delle spinte orizzontali non contrastate • Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (altezza e larghezza) • Collegamento dei pannelli murari agli orizzontamenti INTERVENTI AUSILIARI MA NON OBBLIGATORI: <ul style="list-style-type: none"> • Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni) 	<ul style="list-style-type: none"> • Perseguire un comportamento d'insieme regolare e "scatolare" ⁽¹⁾⁽²⁾ • Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali 	da V ₁ a V ₂

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P. Gesani	Ing. G.M. Lattuca	39

TIPOLOGIA STRUTTURALE		INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE	FINALITÀ DELL'INTERVENTO	PASSAGGIO DI CLASSE DI RISCHIO/CLASSE DI RENDIMENTO
INERTI/MAGLIA MURARIA				
MURATURA	mattoni e pietra lavorata	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE • Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate • Messa in sicurezza di elementi non strutturali	• Perseguire un comportamento "regolare" e "scabolare". ⁽¹⁰⁾ • Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali	da V_1 a V_1
	mattoni + solai di elevata rigidità nel proprio piano	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE • Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate • Eliminazione delle spinte a vuoto • Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) • Stabilizzazione del paramento interno dei pannelli murari con camera d'aria INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI • Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni)	• Perseguire un comportamento "regolare" e "scabolare". ⁽¹⁰⁾ • Garantire un'adeguata ridistribuzione dell'azione orizzontale tra i pannelli murari • Posticipare i meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali	da V_1 a V_1
		ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE • Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate • Messa in sicurezza di elementi non strutturali	• Perseguire un comportamento regolare della struttura. ⁽¹¹⁾ • Minimizzare il danno agli elementi non strutturali	da V_1 a V_1
	rinforzata e/o coibuita		ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE • Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate • Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI • Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni)	• Perseguire un comportamento regolare della struttura. ⁽¹²⁾ • Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali
ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE • Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate • Messa in sicurezza di elementi non strutturali			• Perseguire un comportamento regolare della struttura. ⁽¹³⁾ • Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali	da V_1 a V_1

Tabella 6 – Approccio semplificato per gli interventi sulle le costruzioni di muratura - interventi locali necessari per ridurre la vulnerabilità di una sola classe.

Nell'ambito delle costruzioni destinate ad attività produttive, per le strutture assimilabili ai capannoni industriali è possibile ritenere valido il passaggio alla Classe di Rischio immediatamente superiore eseguendo solamente interventi locali di rafforzamento, anche in assenza di una preventiva attribuzione della Classe di Rischio, se sono soddisfatte le prescrizioni nel seguito elencate, volte ad eliminare sulla costruzione tutte, ove presenti, le carenze seguenti:

- carenze nelle unioni tra elementi strutturali (ad es. trave-pilastro e copertura-travi), rispetto alle azioni sismiche da sopportare e, comunque, volti a realizzare sistemi di connessione anche meccanica per le unioni basate in origine soltanto sull'attrito;
- carenza della connessione tra il sistema di tamponatura esterna degli edifici prefabbricati (pannelli prefabbricati in calcestruzzo armato ed alleggeriti) e la struttura portante;
- carenza di stabilità dei sistemi presenti internamente al capannone industriale, quali macchinari, impianti e/o scaffalature, tipicamente contenuti negli edifici produttivi, che possono indurre danni alle strutture che li ospitano, in quanto privi di sistemi di controventamento o perché indotti al collasso dal loro contenuto.

Di fatto, quindi, anche per tali costruzioni è necessario rimuovere le cause che possano dare luogo all'attivazione di meccanismi locali che, a cascata, potrebbero generare il collasso dell'immobile. Nell'intervenire su tali costruzioni è comunque opportuno che il dimensionamento dei collegamenti avvenga con riferimento al criterio di gerarchia delle resistenze, adottando collegamenti duttili, prevedendo sistemi di ancoraggio efficaci, e pertanto lontani dai lembi esterni degli elementi, e idonei sistemi anti caduta/ribaltamento, laddove non si riesca a limitare in altro modo gli spostamenti.

Per gli edifici in calcestruzzo armato, analogamente a quanto sopra detto per le strutture assimilabili ai capannoni industriali, è prevista la possibilità di ritenere valido il passaggio alla Classe di Rischio immediatamente superiore, eseguendo solamente interventi locali di rafforzamento ed anche in assenza di una preventiva attribuzione della Classe di Rischio. Ciò è possibile soltanto se la struttura è stata originariamente concepita con la presenza di telai in entrambe le direzioni e se saranno eseguiti tutti gli interventi seguenti:

- confinamento di tutti i nodi perimetrali non confinati dell'edificio;

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P. Gesani	Ing. G.M. Lattuca	40

- opere volte a scongiurare il ribaltamento delle tamponature, compiute su tutte le tamponature perimetrali presenti sulle facciate;
- eventuali opere di ripristino delle zone danneggiate e/o degradate.

10.1 Calcolo indice IS-V e costruzione curva PAM ante operam

Per il calcolo degli indici IS-V e PAM dello stato ante operam si è usato il metodo convenzionale. Dalle analisi della costruzione emerge quanto segue:

- Valore indice sicurezza strutturale IS-V=260,0652 %
- Valore perdita annua media PAM= 1,000998 %

Perdita Media Annua attesa (PAM)	Classe PAM	Indice di Sicurezza	Classe IS-V
PAM ≤ 0,50%	A ⁺ _{PAM}	100% < IS-V	A ⁺ _{IS-V}
0,50% < PAM ≤ 1,0%	A _{PAM}	80% ≤ IS-V < 100%	A _{IS-V}
1,0% < PAM ≤ 1,5%	B _{PAM}	60% ≤ IS-V < 80%	B _{IS-V}
1,5% < PAM ≤ 2,5%	C _{PAM}	45% ≤ IS-V < 60%	C _{IS-V}
2,5% < PAM ≤ 3,5%	D _{PAM}	30% ≤ IS-V < 45%	D _{IS-V}
3,5% < PAM ≤ 4,5%	E _{PAM}	15% ≤ IS-V < 30%	E _{IS-V}
4,5% < PAM ≤ 7,5%	F _{PAM}	IS-V ≤ 15%	F _{IS-V}
7,5% ≤ PAM	G _{PAM}		

Dagli indici ricavati ne consegue che la classe di rischio della costruzione, nello stato ante operam, è la **B**.

10.2 Calcolo indice IS-V e costruzione curva PAM post operam

Per il calcolo degli indici IS-V e PAM dello stato post operam si è usato il metodo convenzionale. Dalle analisi della costruzione emerge quanto segue:

- Valore indice sicurezza strutturale IS-V=100,0000 %
- Valore perdita annua media PAM= 0,87 %

Perdita Media Annua attesa (PAM)	Classe PAM	Indice di Sicurezza	Classe IS-V
PAM ≤ 0,50%	A ⁺ _{PAM}	100% < IS-V	A ⁺ _{IS-V}
0,50% < PAM ≤ 1,0%	A _{PAM}	80% ≤ IS-V < 100%	A _{IS-V}
1,0% < PAM ≤ 1,5%	B _{PAM}	60% ≤ IS-V < 80%	B _{IS-V}
1,5% < PAM ≤ 2,5%	C _{PAM}	45% ≤ IS-V < 60%	C _{IS-V}
2,5% < PAM ≤ 3,5%	D _{PAM}	30% ≤ IS-V < 45%	D _{IS-V}
3,5% < PAM ≤ 4,5%	E _{PAM}	15% ≤ IS-V < 30%	E _{IS-V}
4,5% < PAM ≤ 7,5%	F _{PAM}	IS-V ≤ 15%	F _{IS-V}
7,5% ≤ PAM	G _{PAM}		

Dagli indici ricavati ne consegue che la classe di rischio della costruzione, nello stato ante operam, è la **A+**.

11 Conclusioni

Da quanto sopra riportato risulta evidente come il progetto di miglioramento sismico, con l'utilizzo del sistema a cappotto sismico e con le reti bidirezionali FRCM in PBO, sia idoneo all'aumento della sicurezza sismica, passando da una classe B alla classe A.

REV	DATA	DESCRIZIONE	EMESSO	VERIFICATO	APPROVATO	PAG
00	12/12/2019	emissione	Ing. G. Biondo	Ing. P.Gesani	Ing. G.M.Lattuca	41

3 Periodico S.r.L. Ingegneria – Piazza Castelnuovo n. 42 - P.IVA 05882310823- 90141 Palermo - Tel.: +39 091 5076934 -email: info@3periodico.it –