COMUNE DI LUCCA
PROVINCIA DI LUCCA

INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DELLE SERRE ORTO BOTANICO, LUCCA, SERRE ANNI '90 - CUP J62F26000250004

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

Relazione tecnica delle strutture

PFTE_3STR_090_RS_SP_010_00

25-016

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	21/04/2026	PRIMA EMISSIONE	001S	001M	001S

COMMITTENTE:
Comune di Lucca
RUP Ing. Stefano Angelini

TEAM DI PROGETTAZIONE
Studio INTRE
RED STUDIO

Studio INTRE
Tel. 0583 491507
info@studiointre.it
P.IVA 02197070465

INDICE

1 PREMESSA 3
2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN OGGETTO 3
3 RIFERIMENTI NORMATIVI 3
4 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO 3
5 AZIONI DI CALCOLO 4
5.1 COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA 4
5.2 AZIONE SISMICA 4
5.3 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONE TOPOGRAFICA 5
5.4 PESI PROPRI STRUTTURALI E ANALISI DEI CARICHI 5
5.5 SOVRACCARICO VARIABILE 5
5.6 AZIONE DELLA NEVE E DEL VENTO 6
5.7 AZIONE TERMICA 9
5.8 COMBINAZIONI DELLE AZIONI 10
6 ANALISI SVILUPPATA 10
6.1 TIPO DI ANALISI SISMCA CONDOTTA 10
6.2 DESCRIZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO 10
7 TIPO DI INTERVENTO 11
7.1 INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO 11
7.2 VALUTAZIONE E VERIFICA DI IDONEITÀ DEL SISTEMA DI FONDAZIONE 11

1 PREMESSA

La presente relazione tecnica si riferisce agli interventi da realizzarsi a seguito della verifica di vulnerabilità sismica delle opere denominate "Serre 90" per i lavori di restauro e risanamento conservativo delle serre orto botanico di Lucca. La destinazione di tali ambienti è di serra per le piante senza ulteriori funzioni che richiedano verifiche antincendio.

Tale zona, secondo la L.R. 58/R, è ricadente in zona sismica di terza categoria fascia B (0.125g < ag=0.128g < 0.15g).

Per l'analisi dello stato di fatto e della documentazione disponibile si fa integrale riferimento agli elaborati depositati sul portale PORTOS, sinteticamente richiamati in allegato per le parti principali ovvero citati nel corpo della presente relazione o della relazione di calcolo.

2 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN OGGETTO

Le opere in oggetto consistono nell'addossamento, ai resti dell'estensione delle mura trecentesche in muratura di laterizio pieno molto massivo, di un volume leggero in acciaio e vetro. L'organismo strutturale è costituito da montanti verticali in profili tubolari collegati da traversi orizzontali di facciata; è presente un unico campo di controvento in facciata, localizzato circa in mezzeria. La copertura monofalda, impostata secondo uno schema di semplice appoggio, è anch'essa completamente trasparente in policarbonato o plexiglass. L'edificio è a un solo piano fuori terra e la parte metallica poggia su fondazioni in calcestruzzo armato. In pianta la struttura misura circa 6,0 m × 51,0 m; l'altezza varia da 4,60 m a 6,30 m.

L'intervento consiste in:

- la sostituzione degli elementi in policarbonato della copertura attuale con altri similari;
- il rinforzo dei pilastri frontali;
- il raddoppio dei controventi della facciata frontale;
- il rinforzo degli elementi delle facciate laterali.

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

Nel seguito sono riportate le normative e le istruzioni considerate nello sviluppo della progettazione e nelle verifiche degli elementi strutturali:

- Legge 05/11/1971 n. 1086 - "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- Legge 02/02/74 n. 64 – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.P.R. 06/06/2001 n. 380 - "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia".
- L.R. 10/11/2014 n°65 – Norme per il governo del territorio.
- D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».
- Circolare 21/01/2019 n. 7 – Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018.
- Norme UNI riportate nei capitoli delle prescrizioni dei materiali.
- Del. GRT n° 421 del 26/05/2014 di approvazione della classificazione sismica della Regione Toscana.

4 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

L'opera in oggetto è una serra metallica destinata alle piante che al tempo stesso fa parte anche del percorso di visita dell'orto botanico e talvolta è sede di eventi.

L'opera in oggetto pertanto presenta le seguenti caratteristiche:

Tipo di Costruzione = 2; Classe d'uso = III

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

	NTC	BENI CULTURALI
Classe I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.	Uso saltuario o non utilizzato
Classe II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.	Uso frequente con normali affollamenti
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.	Uso molto frequente e/o con affollamenti significativi
Classe IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.	Edificio strategico e uso molto frequente e/o con affollamenti significativi

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

$V_R = V_N * C_U = 50*1.5 = 75$ Periodo di riferimento

5 AZIONI DI CALCOLO

Le azioni di calcolo considerate comprendono: pesi propri degli elementi costituenti le strutture, carichi permanenti portati, azione sismica e sovraccarichi variabili per gli edifici.

Le azioni agenti sulla struttura sono state cumulate secondo condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche (si è considerato il loro inviluppo).

5.1 COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA

Per i carichi permanenti verranno adottati i coefficienti parziali γ previsti dalla normativa effettuando una riduzione dei valori di resistenza dei materiali dovuta alla tipologia degli stessi (§ 2.3 NTC).

Essendo l'opera già realizzata ed avendo determinato con precisione le stratigrafie degli elementi per i carichi permanenti vengono adottati coefficienti parziali ridotti modificati (§ 8.5.5 NTC).

5.2 AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata determinata nel rispetto delle prescrizioni normative dettate dal D.M. 17 01 2018 "Norme tecniche per le costruzioni", seguendo la classificazione sismica del sito in modo automatico dal software di calcolo strutturale PROSAP professional.

5.3 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONE TOPOGRAFICA

Facendo riferimento alla relazione geologica ed alla modellazione geotecnica in essa contenuta, si riporta di seguito la categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche utilizzate per i calcoli svolti.

- Categoria di sottosuolo: C.
- Condizioni topografiche: T1.

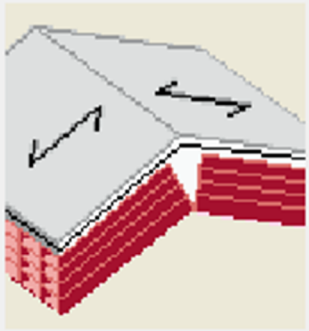
5.4 PESI PROPRI STRUTTURALI E ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito le analisi dei pesi degli elementi e dei carichi agenti sui solai e sulle strutture in genere.

SOLAI DI COPERTURA FALDA SENZA ACCUMULO

Carico copertura tipico

Stringa identificativa	copertura 110
Analisi dei carichi	Aiuto...
Dati di carico	
G1:peso proprio e perm. def...	5.0 [daN/ m2]
G2:permanenti NON definiti	25.0 [daN/ m2]
Sovraccarico neve	80.0 [daN/ m2]
Coefficiente psi0 neve	0.5
Coefficiente psi1 neve	0.2
Coefficiente psi2 neve	0.0
Sovraccarico variabile	0.0 [daN/ m2]
Coefficiente psi0	0.0
Coefficiente psi1	0.0
Coefficiente psi2	0.0
Autoportante	
G1iso:quota peso proprio is...	0.0 [daN/ m2]



Il carico della facciata vetrata è pari a 30daN/mq (60daN/m sui traversi).

5.5 SOVRACCARICO VARIABILE

Si sono considerati i seguenti sovraccarichi variabili:

(ambienti suscettibili di affollamento cat. C3) qk	500	daN/m^2
(ambienti suscettibili di affollamento cat. C3) Qk	500	daN
(ambienti suscettibili di affollamento cat. C3) Hk	300	daN/m
(scale comuni, balconi, ballatoi cat. C) qk	400	daN/m^2
(scale comuni, balconi, ballatoi cat. C) Qk	400	daN
(scale comuni, balconi, ballatoi cat. C) Hk	200	daN/m

I sovraccarichi verticali concentrati formano oggetto di verifiche locali distinte e non sono sovrapposti ai corrispondenti ripartiti; essi sono applicati su un'impronta di 50 x 50 mm.

I sovraccarichi orizzontali lineari sono applicati a pareti (alla quota di 1.20 m dal rispettivo piano di calpestio) ed ai parapetti o mancorrente (alla quota del bordo superiore). Essi sono considerati sui singoli elementi ma non sull'edificio nel suo insieme.

5.6 AZIONE DELLA NEVE E DEL VENTO

Il valore del carico neve è stato determinato mediante l'utilizzo del software free CARICHI del gruppo PROSAP e di seguito se ne riporta la schermata che ne identifica il valore e i dati di input.

LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Ubicazione:

Località	LUCCA
Provincia	LUCCA
Regione	TOSCANA
Latitudine	43,84300 N
Longitudine	10,50500 E
Altitudine s.l.m.	19,0 m

CALCOLO DELLE AZIONI DELLA NEVE E DEL VENTO

Normativa di riferimento:

D.M. 17 gennaio 2018 - NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Cap. 3 - AZIONI SULLE COSTRUZIONI - Par. 3.3 e 3.4

Circolare n.7 - 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP.

NEVE

Il carico della neve sulle coperture è calcolato in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale;

Esp.: zona topografica di esposizione al vento;

Ce: coefficiente di esposizione al vento;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

as: altitudine del sito;

qsk: valore caratteristico del carico della neve al suolo (per Tr = 50 anni);

Zona	Esposizione	Ce	TR	as	qsk
II	Zona normale	1,00	50 anni	19 m	100,00

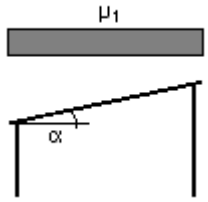
Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda a = 16,0°

- Falda con presenza di barriera o impedimento allo scivolamento della neve.

m1 = 0,80 => Q1 = 80 daN/mq

Schema di carico:



VENTO

La velocità del vento è calcolata in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale (NTC - Tab. 3.3.I);

Vb,0: velocità base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

a0: altitudine base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

ks: parametro in funzione della zona in cui sorge la costruzione (NTC - Tab. 3.3.I);

as: altitudine del sito;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

Vb: velocità di riferimento calcolata come segue:

Vb = Vb,0 per as $\leq$ a0

Vb = Vb,0 (1 + ks ((as / a0) - 1)) per a0 < as $\leq$ 1500 m

per as > 1500 m vanno ricavati da opportuna documentazione o da indagini comprovate

Tali valori non dovranno essere minori di quelli previsti per as = 1500 m

Cr: coefficiente di ritorno in funzione del periodo di ritorno TR

Vr: velocità di riferimento riferita al periodo di ritorno TR

Zona	Vb,0	a0	ks	as	TR	Vb	Cr	Vr
3	27 m/s	500 m	0,37	19 m	50 anni	27,00 m/s	1,000	27,00 m/s

Pressione cinetica di riferimento, qr = r Vr^2 / 2 = 46 daN/mq

dove: r è la densità dell'aria (assunta convenzionalmente costante = 1,25 kg/mc)

Esposizione: Cat. IV - Entroterra tra 10 e 40 km dalla costa

Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

Kr	z0	z min
0,22	0,30 m	8 m

Classe di rugosità del terreno: A (NTC - Tab. 3.3.III)

Aree urbane con almeno il 15% della superficie coperta da edifici la cui altezza media superi 15 m

L'azione del vento sulle costruzioni è determinata dai seguenti parametri:

Cp: coefficiente di pressione;

Cd: coefficiente dinamico;

Ct: coefficiente di topografia;

Ce: coefficiente di esposizione (funzione di z, z0 e Ct);

z: altezza sul suolo.

Cp	Cd	Ct	Ce	z
1,00	1,00	1,00	1,63	6,53 m

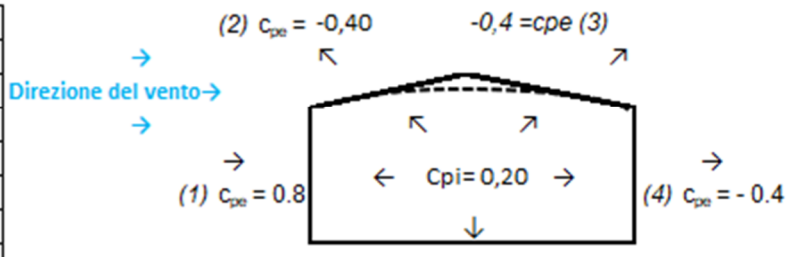
Pressione del vento

p = qr Ce Cp Cd = 74 daN/mq

Costruzioni che hanno (o possono avere) una parete con aperture di superficie minore di 1/3 di quella totale (caso tipico di civile abitazione)

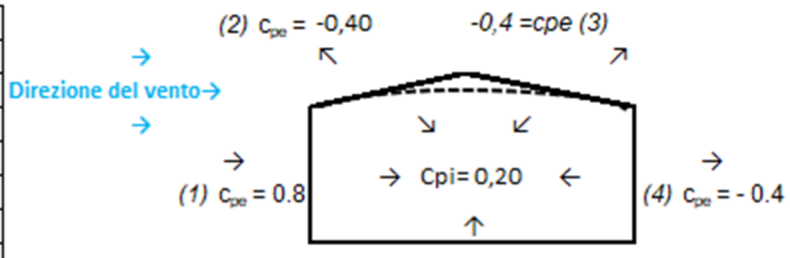
Configurazione più svantaggiosa — **Configurazione A**

	c_p
(1) parete sopravento	0,60
(2) copertura sopravento	-0,60
(3) copertura sottovento	-0,60
(4) parete sottovento	-0,60



Configurazione A

	c_p
(1) parete sopravento	1,00
(2) copertura sopravento	-0,20
(3) copertura sottovento	-0,20
(4) parete sottovento	-0,20



Configurazione B

Pertanto si ottiene:

	CONFIGURAZIONE A			CONFIGURAZIONE B		
	DIREZIONE Y			DIREZIONE Y		
	parete sopravento	falde	parete sottovento	parete sopravento	falde	parete sottovento
interasse profili [m]	3	3	36,2	3	3	36,2
Cpe	0,6	0,6	0,6	1	0,2	0,2
carico lineare inclinato [daN/m]		133			44	
carico lineare verticale [daN/m]		124			41	
carico lineare orizzontale [daN/m]	133	50	1607	222	17	536
	CONFIGURAZIONE A			CONFIGURAZIONE B		
	DIREZIONE X			DIREZIONE X		
	parete sopravento	falde	parete sottovento	parete sopravento	falde	parete sottovento
interasse profili [m]	2,36	3	2,36	2,36	3	2,36
Cpe	0,6	0,6	0,6	1	0,2	0,2
carico lineare inclinato [daN/m]		133			44	
carico lineare verticale [daN/m]		124			41	
carico lineare orizzontale [daN/m]	105	50	105	175	17	35

Le azioni tangenziali del vento risultano del tutto trascurabili considerando anche la superficie vetrata.

5.7 AZIONE TERMICA

TEMPERATURA DELL'ARIA ESTERNA

Le temperature esterne, T max (massima estiva) e T min (minima invernale), sono calcolate secondo le seguenti espressioni riferite alla zona climatica:

T min = -8 - 6 as / 1000 (NTC 3.5.3)

T max = 42 - 2 as / 1000 (NTC 3.5.4)

dove as è l'altitudine di riferimento

Zona	as	T min	T max
II	19 m	-8,11 °C	41,96 °C

Nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto, per gli edifici, della sola componente ΔTu , ricavandola direttamente dalla Tab. 3.5.II del §3.5.5 del DM 17/01/2018.

Tab. 3.5.II – *Valori di ΔT_u per gli edifici*

Tipo di struttura	ΔT_u
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	± 15 °C
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	± 10 °C
Strutture in acciaio esposte	± 25 °C
Strutture in acciaio protette	± 15 °C

In questo caso, essendo la struttura realizzata principalmente in acciaio esposto il Δtu vale ±25.

5.8 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Nel rispetto delle indicazioni contenute nella Circolare al DM 17/01/2018, le combinazioni di carico sono elencate nel fascicolo di calcolo del modello agli elementi finiti, per quanto riguarda la parte calcolata con il software di calcolo, e direttamente nella relazione di calcolo, per quanto riguarda le verifiche condotte con l'ausilio di semplici fogli di lavoro.

Si precisa che, essendo l'opera esistente ed in classe d'uso non IV, vengono prese in considerazioni soltanto le verifiche SLU come indicato al §8.3 delle NTC18.

6 ANALISI SVILUPPATA

Nell'eseguire l'analisi è stata rispettata la procedura prevista della normativa per gli edifici esistenti; per tutti i dettagli si rimanda alla relazione di vulnerabilità depositata presso il portale PORTOS.

6.1 TIPO DI ANALISI SISMCA CONDOTTA

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e ***indagini limitate*** in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e ***prove limitate*** in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2		Elaborati progettuali incompleti con ***indagini limitate*** in situ; in alternativa ***indagini estese*** in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con ***prove limitate*** in situ; in alternativa da ***prove estese*** in situ	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con ***indagini limitate*** in situ; in alternativa ***indagini esaustive*** in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con ***prove estese*** in situ; in alternativa da ***prove esaustive*** in situ	Tutti	1,00

Essendo la struttura di tipo misto, secondo quanto previsto al §8.7.3, è stata condotta un'analisi non lineare.

6.2 DESCRIZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

Per la descrizione completa dei modelli di calcolo si rimanda al fascicolo dei calcoli allegato.

7 TIPO DI INTERVENTO

7.1 INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

L'intervento sul fabbricato esistente viene classificato come intervento di miglioramento in quanto non ricorre nessuna delle limitazioni previste al § 8.4.3 del DM 17/01/2018.

L'intervento prevede esclusivamente l'aggiunta di elementi puntuali di rinforzo, senza l'introduzione di elementi diffusi tali da incidere significativamente sui carichi permanenti al metro quadrato. Pertanto, la variazione di peso del fabbricato trasmessa alle fondazioni risulta sostanzialmente nulla e comunque contenuta entro il limite del 10%.

7.2 VALUTAZIONE E VERIFICA DI IDONEITÀ DEL SISTEMA DI FONDAZIONE

L'intervento in progetto è classificato come Intervento di Miglioramento Sismico ai sensi del § 8.4.2 delle NTC 2018. In accordo con il § 8.4 delle NTC 2018 e il § C8.4 della Circolare n. 7/2019, per questa categoria di intervento l'esclusione di provvedimenti in fondazione deve essere motivata esplicitamente attraverso una verifica di idoneità del sistema di fondazione, basata sui criteri indicati nel § 8.3 delle NTC 2018.

Come chiarito dagli orientamenti interpretativi del Comitato Tecnico Scientifico (CTS) della Regione Toscana (Parere n. 54, Raccolta 2009-2022), la verifica analitica del sistema di fondazione (secondo i criteri dei Capitoli 6 e 7 delle NTC) può essere omessa se la verifica di idoneità fornisce esito positivo e se non sussistono le condizioni di instabilità o dissesto previste dalla norma.

Dall'analisi storico-critica e dal rilievo dello stato di fatto dell'edificio, non sono emersi quadri fessurativi, lesioni o deformazioni riconducibili a cedimenti fondali, né assoluti né differenziali. La struttura, realizzata in epoca storica, ha subito nel corso della sua vita utile un naturale assestamento sotto l'azione dei carichi gravitazionali. L'assenza di dissesti in atto testimonia che il sistema terreno-fondazione ha raggiunto una condizione di equilibrio stabile e possiede una capacità portante adeguata a sostenere i carichi verticali attuali. Pertanto, si può concludere che non sussiste la condizione di cui al § 8.3 delle NTC 2018: "nella costruzione siano presenti importanti dissesti attribuibili a cedimenti delle fondazioni o dissesti della stessa natura si siano prodotti nel passato".

L'intervento di progetto è stato concepito per limitare l'incremento delle masse. Dalle analisi dei carichi effettuate, risulta che l'incremento del carico globale verticale in fondazione, valutato nella combinazione caratteristica è ricompreso nel limite del 10%, soglia discriminante indicata dal § 8.4.3 delle NTC 2018 e ribadita dai pareri CTS per l'obbligo di adeguamento. L'incremento delle sollecitazioni sul terreno è pertanto da ritenersi trascurabile e compatibile con i tassi di lavoro ammissibili del sistema di fondazione esistente, senza alterare significativamente lo stato tensionale nel volume di terreno significativo.

Sulla base della Relazione Geologica e Geotecnica allegata al progetto:

- Non sussistono condizioni morfologiche o stratigrafiche che possano dare luogo a fenomeni di instabilità globale del pendio o del sito.
- Non sono previste modifiche al profilo del terreno in prossimità delle fondazioni che possano innescare fenomeni di ribaltamento o scorrimento.
- Il terreno di fondazione non è suscettibile a fenomeni di liquefazione indotti dall'azione sismica di progetto.

Alla luce di quanto esposto:

- L'edificio non presenta dissesti fondali pregressi o in atto.
- L'intervento non comporta modifiche alla geometria o alla tipologia delle fondazioni esistenti.
- L'incremento dei carichi verticali trasmessi in fondazione è trascurabile (< 10%).
- Sono esclusi rischi di instabilità globale o liquefazione.

Si ritiene soddisfatta la verifica di idoneità del sistema di fondazione richiesta dal § 8.4 delle NTC 2018. Di conseguenza, in linea con il parere del CTS (Quesito 4 e 54) e con il § C8.3 della Circolare 7/2019, non si ritiene necessario procedere ad interventi di rinforzo in fondazione né all'esecuzione di

verifiche analitiche di dettaglio (GEO/STR) secondo i criteri delle nuove costruzioni, confermando la capacità del sistema esistente di assolvere alla propria funzione statica e sismica nello stato post-intervento.

Lucca, 21/04/2026

Il Progettista