



livello progettuale

ESECUTIVO

REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO
ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA
MANZONI N.25

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

agosto 2026

ELABORATI STRUTTURALI

S - 01

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO OPERE STRUTTURALI

commessa	fase	livello	tipo	numero	rev.	scala
0326	P R O	E S E	R S	S - 01	a	----

dott. ing. CARLO QUIRICO
P.iva 02351370032
C.F. QRC CRL 85S11 B019G
Tel. +39 380.2939145
E-mail. carloquirico@gmail.com
P.E.C. carlo.quirico@ingpec.eu

committente:

COMUNE DI MEZZOMERICO
Via Santa Maria, 10
28040 - Mezzomerico (NO)
Telefono: 0321.976629
Fax: 0321.97092
Email: info@comune.mezzomerico.no.it
PEC: info@pec.comune.mezzomerico.no.it

Sede legale
28010 - Briga Novarese (NO)
Via Molino n.20

Sede Operativa
28021 - Borgomanero (NO)
C.so Roma n.142

REVISIONI	e					
	d					
	c					
	b					
	a	Emissione	AGO. 2026	cq	cq / ea	cq
	N°	Descrizione	Data	Redatto	Controllato	Approvato

REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

1. PREMESSA E OGGETTO DELLA RELAZIONE

La presente Relazione tecnica e di calcolo delle opere strutturali **costituisce parte integrante del Progetto Esecutivo relativo alla realizzazione di una nuova scala antincendio esterna a servizio della Scuola Primaria "M.Ilo Oreste Leonardi", sita in Via Alessandro Manzoni n. 25 nel Comune di Mezzomerico (NO).**

L'intervento prevede la realizzazione di un nuovo collegamento verticale esterno destinato a integrare il sistema delle vie di esodo dal piano primo dell'edificio scolastico verso lo spazio esterno. Dal punto di vista strutturale l'opera è costituita da una scala a sviluppo elicoidale realizzata mediante elementi prefabbricati in calcestruzzo armato, impostata su una nuova fondazione superficiale in calcestruzzo armato.

Il sistema di progetto comprende n. 21 gradini prefabbricati e n. 1 pianerottolo prefabbricato. La configurazione geometrica è caratterizzata da raggio esterno pari a 2,00 m, diametro complessivo di circa 4,00 m e dislivello complessivo pari a circa 3,60 m, articolato mediante n. 22 alzate.

La concezione strutturale assume la nuova scala come organismo sostanzialmente autonomo rispetto al fabbricato esistente. Il raccordo al piano primo deve pertanto garantire la continuità funzionale del percorso senza introdurre nel modello resistente vincoli o trasferimenti di azione non espressamente considerati e verificati.

La relazione definisce i criteri generali di progettazione, le caratteristiche dei materiali, il modello geologico e geotecnico di riferimento, le azioni di progetto, l'impostazione del modello globale della scala prefabbricata, il sistema di trasferimento delle azioni alla fondazione e i criteri di verifica strutturale e geotecnica del plinto.

Relazione tecnica e di calcolo delle opere strutturali

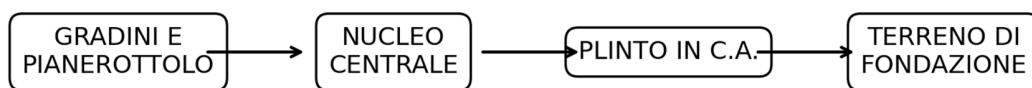
dott. ing. Carlo Quirico

REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

2. CONCEZIONE STRUTTURALE E PERCORSO DELLE AZIONI

La scala viene considerata come un sistema tridimensionale nel quale gli elementi prefabbricati destinati alla percorrenza trasferiscono le azioni al nucleo centrale resistente e, tramite quest'ultimo, alla fondazione. La disposizione elicoidale dei gradini determina un comportamento spaziale caratterizzato dalla contemporanea presenza di azioni verticali, flettenti, taglianti e torsionali.

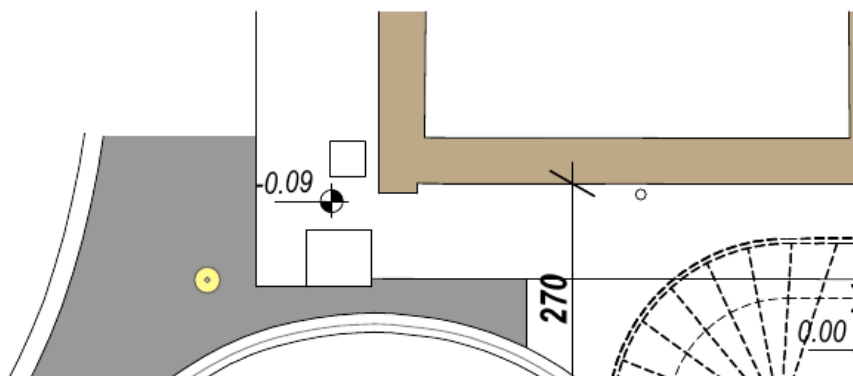


Percorso concettuale delle azioni strutturali dalla scala al terreno di fondazione.

I gradini presentano un comportamento prevalentemente assimilabile a elementi a mensola radialmente collegati al nucleo centrale. Il pianerottolo partecipa al comportamento globale secondo le effettive modalità di appoggio e collegamento definite dal sistema prefabbricato.

Alla base del nucleo centrale sono considerate, per ciascuna combinazione significativa, le componenti di reazione N , V_x , V_y , M_x , M_y e T . La fondazione è verificata assumendo tali grandezze come azioni contemporanee, riferite alla medesima combinazione di carico.

La verifica della fondazione è condotta mantenendo la contemporaneità delle azioni. Non vengono combinati massimi indipendenti di N , V e M riferiti a condizioni di carico differenti, in quanto tale operazione altererebbe la posizione della risultante e la reale distribuzione delle pressioni di contatto.



Estratto dell'elaborato di progetto: configurazione generale della scala e rapporto con il fabbricato esistente.

Relazione tecnica e di calcolo delle opere strutturali

dott. ing. Carlo Quirico

**REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO
ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25**

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

3. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE PRINCIPALI

PARAMETRO	VALORE DI PROGETTO
Tipologia strutturale	Scala elicoidale prefabbricata in c.a.
Raggio esterno	2,00 m
Diametro complessivo	circa 4,00 m
Dislivello complessivo	circa 3,60 m
Numero alzate	22
Alzata nominale	circa 16,36 cm
Gradini prefabbricati	21
Pianerottolo prefabbricato	1
Fondazione	Plinto isolato in c.a.
Dimensioni plinto	1,80 × 1,80 × 1,20 m
Magrone	2,00 × 2,00 × 0,20 m

Prima della produzione degli elementi prefabbricati viene eseguito il rilievo esecutivo delle quote di partenza e di arrivo. Le quote rilevate costituiscono il riferimento per la definizione delle dimensioni di produzione dei gradini e del pianerottolo, in modo da assicurare la corrispondenza tra quota della fondazione, sviluppo della scala e quota finita di sbarco al piano primo.

4. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

La progettazione, la verifica, la produzione dei componenti prefabbricati, l'esecuzione delle opere e i controlli sui materiali sono sviluppati in conformità alla normativa vigente e, per quanto applicabile, ai riferimenti tecnici di seguito indicati.

- D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 e s.m.i. – Testo Unico in materia edilizia;
- D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare C.S.LL.PP. 21 gennaio 2019, n. 7 – Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni;
- UNI EN 1990 – Criteri generali di progettazione strutturale;
- UNI EN 1991 – Azioni sulle strutture;

Relazione tecnica e di calcolo delle opere strutturali

dott. ing. Carlo Quirico

REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

- UNI EN 1992 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo;
- UNI EN 1997 – Progettazione geotecnica;
- UNI EN 1998 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica;
- UNI EN 206 e UNI 11104 – Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- UNI EN 10080 – Acciai per cemento armato;
- UNI EN 13369 – Regole comuni per prodotti prefabbricati di calcestruzzo;
- UNI EN 14843 – Prodotti prefabbricati di calcestruzzo – Scale.

Le norme europee sono utilizzate quale riferimento tecnico complementare alle disposizioni cogenti nazionali. Per i prodotti soggetti a norma armonizzata dovranno inoltre essere rispettati gli obblighi relativi alla marcatura CE e alla dichiarazione di prestazione, ove applicabili.

5. VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

La struttura è permanente e serve direttamente un edificio scolastico. Ai fini della definizione dell'azione sismica e delle verifiche di sicurezza sono assunti i parametri riportati nella seguente tabella.

PARAMETRO	VALORE
Vita nominale VN	50 anni
Classe d'uso	III
Coefficiente d'uso CU	1,50
Periodo di riferimento VR	75 anni

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1,50 = 75 \text{ anni}$$

Per il presente progetto è assunta la Classe d'Uso III, in relazione alla destinazione scolastica dell'edificio e alle condizioni di affollamento connesse alla funzione svolta.

6. MATERIALI STRUTTURALI

I materiali devono possedere caratteristiche meccaniche, di durabilità e di tracciabilità conformi alle NTC, agli elaborati strutturali e alle specifiche di progetto.

Relazione tecnica e di calcolo delle opere strutturali

dott. ing. Carlo Quirico

REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

6.1 Calcestruzzo per il magrone

Per la formazione del piano di posa è previsto calcestruzzo non strutturale C12/15. Il magrone ha funzione di regolarizzazione del fondo, separazione dal terreno e corretta posa delle armature.

$$V_{\text{mg}} = 2,00 \cdot 2,00 \cdot 0,20 = 0,80 \text{ m}^3$$

6.2 Calcestruzzo del plinto

Per il plinto strutturale è previsto calcestruzzo C30/37, classe di esposizione XC3 e consistenza S4. Le caratteristiche di fornitura, il diametro massimo dell'aggregato e la classe di contenuto in cloruri sono definiti in coerenza con la geometria delle armature e con le prescrizioni di durabilità.

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 38 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{cm} / \gamma_c$$

Il copriferro nominale è definito nell'elaborato S-03 – Carpenteria delle opere in c.a. e dettagli costruttivi, in coerenza con la classe di esposizione XC3, con la vita nominale dell'opera e con le tolleranze di esecuzione previste dalle NTC.

6.3 Acciaio per calcestruzzo armato

Per le armature è previsto acciaio B450C, saldabile e ad alta duttilità, qualificato secondo le NTC.

$$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

Per le opere di fondazione è previsto acciaio B450C. Il quantitativo di computo pari a 544,60 kg è coordinato con la disposizione delle armature riportata nell'elaborato S-03; diametri, passi, sovrapposizioni, ancoraggi e copriferri sono quelli indicati nella carpenteria esecutiva.

6.4 Elementi prefabbricati

Gli elementi prefabbricati della scala sono realizzati con materiali, armature e copriferri conformi alla relazione di calcolo specialistica del sistema adottato e agli elaborati costruttivi di produzione. La documentazione del prefabbricatore deve indicare la classe del calcestruzzo, le armature, le resistenze richieste al disarmo, alla movimentazione e al montaggio, nonché le caratteristiche dei collegamenti e degli inserti.

Relazione tecnica e di calcolo delle opere strutturali

dott. ing. Carlo Quirico

7. DURABILITÀ DELLE STRUTTURE

La nuova scala è permanentemente esposta all'ambiente esterno. La durabilità deve pertanto essere garantita attraverso la corretta scelta della classe di esposizione, del copriferro, delle caratteristiche del calcestruzzo, delle modalità di maturazione e dei dettagli costruttivi.

Per gli elementi prefabbricati sono previsti specifici trattamenti protettivi superficiali. Devono essere particolarmente curati i punti di collegamento, le zone di discontinuità geometrica, gli eventuali inserti metallici e tutte le superfici nelle quali possano formarsi ristagni d'acqua.

La protezione superficiale integra, ma non sostituisce, i requisiti di durabilità propri delle sezioni resistenti. Classe di esposizione, copriferro, controllo della fessurazione, qualità del calcestruzzo e dettagli costruttivi sono definiti indipendentemente dai trattamenti protettivi di finitura.

8. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Per il complesso scolastico è disponibile una relazione geologica redatta nel dicembre 2018 per la nuova sala mensa in prossimità di Via Manzoni n. 25. Tale documento costituisce il riferimento geologico del sito per il presente progetto, con specifica prescrizione di riscontro diretto del terreno alla quota di posa della nuova fondazione.

Lo studio individua superficialmente una copertura loessica costituita prevalentemente da limo sabbioso e, in profondità, depositi di ghiaie e ciottoli a supporto di matrice sabbioso-limosa-argillosa.

La relazione geologica individua la presenza superficiale di depositi loessici e prescrive il riscontro della stratigrafia in fase di scavo. Il piano di posa del plinto è pertanto accettato dalla Direzione dei Lavori solo a seguito della verifica della natura e della consistenza del terreno effettivamente raggiunto; l'attestazione diretta sullo strato superficiale loessico è esclusa qualora le caratteristiche riscontrate non risultino coerenti con il modello geotecnico assunto.

REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

Considerando la situazione locale si ottiene:

GRADO CONFINAMENTO	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	SOGGIACENZA DELLA FALDA O PROFONDITA' DEL TETTO	INDICE GOD	VUI
0,4	0,5	0,5	0,14	

5. INDICAZIONI LITOTECNICHE

Relativamente all'attribuzione dei valori dei parametri geotecnici fondamentali a riferimento anche ad esperienze personali condotte in contesti confrontabili ed (esecuzione di back-analysis), nonché a dati dedotti dalla bibliografia tecnica (c 1975; R. LANCELLOTTA, 1987; TERZAGHI PECK 1967). In via preliminar presenza in superficie di un orizzonte a granulometria fine (loess) è possibile i parametri:

LITOLOGIA	PARAMETRO	SIMBOLO	V
-----------	-----------	---------	---

Parametri geotecnici indicativi riportati nella relazione geologica del complesso scolastico (dicembre 2018).

LITOLOGIA	γ	φ'	c'
Limo sabbioso – loess	19 kN/m ³	27° ÷ 29°	0 kPa
Ghiaia con ciottoli limosa	19 kN/m ³	30° ÷ 35°	0 kPa

Ai fini del progetto sono assunti, quale riferimento per il modello geotecnico, i parametri riportati nella relazione geologica per i terreni presenti nell'area. La categoria di sottosuolo di riferimento è C, secondo quanto indicato nella medesima documentazione.

9. AZIONE SISMICA

L'azione sismica è definita mediante i parametri di pericolosità puntuale del sito previsti dalle NTC, assumendo le coordinate effettive dell'opera, la vita nominale $VN = 50$ anni, la Classe d'Uso III, il periodo di riferimento $VR = 75$ anni, la categoria di sottosuolo C indicata dalla documentazione geologica e le condizioni topografiche del sito. I parametri numerici di pericolosità sismica, gli spettri di risposta e i relativi parametri di calcolo adottati per la modellazione strutturale sono riportati nei successivi capitoli della presente Relazione tecnica e di calcolo, che costituisce elaborato strutturale unitario del Progetto Esecutivo.

REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

Per ciascuno Stato Limite il calcolo utilizza i corrispondenti valori di a_g , F_0 e TC^* e lo spettro di risposta derivato secondo il §3.2 delle NTC. La classificazione sismica amministrativa del territorio comunale è richiamata unicamente ai fini dell'inquadramento e non viene utilizzata in sostituzione della pericolosità sismica puntuale.

10. ANALISI DEI CARICHI PERMANENTI

Per il calcestruzzo armato viene assunto, ai fini del controllo dei pesi propri, un peso di volume convenzionale pari a $25,0 \text{ kN/m}^3$.

10.1 Scala prefabbricata

Il volume complessivo contabilizzato per gradini e pianerottolo prefabbricato è pari a circa $7,02 \text{ m}^3$.

$$G_{\text{Scala}} = 7,02 \cdot 25,0 = 175,50 \text{ kN}$$

10.2 Plinto

$$V_{\text{Plinto}} = 1,80 \cdot 1,80 \cdot 1,20 = 3,888 \text{ m}^3$$

$$G_{\text{Plinto}} = 3,888 \cdot 25,0 = 97,20 \text{ kN}$$

10.3 Magrone

$$V_{\text{Magrone}} = 2,00 \cdot 2,00 \cdot 0,20 = 0,80 \text{ m}^3$$

$$G_{\text{Magrone}} = 0,80 \cdot 24,0 = 19,20 \text{ kN}$$

10.4 Parapetti e corrimani

La massa complessiva dei parapetti e dei corrimani prevista dal computo è pari a circa $338,10 \text{ kg}$.

$$G_{\text{Parapetti}} = 338,10 \cdot 9,81 / 1000 \approx 3,32 \text{ kN}$$

COMPONENTE	PESO PERMANENTE
Scala prefabbricata	175,50 kN
Plinto in c.a.	97,20 kN
Magrone	19,20 kN
Parapetti e corrimani	3,32 kN

**REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO
ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25**

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

COMPONENTE	PESO PERMANENTE
Totale carichi permanenti	295,22 kN

Il valore complessivo dei carichi permanenti, pari a 295,22 kN, è assunto nel modello globale mediante la distribuzione dei pesi dei singoli componenti alle rispettive quote e posizioni geometriche. Le reazioni alla base riportate nel successivo §13.1 derivano dalla modellazione numerica della struttura.

11. AZIONI VARIABILI, AZIONI AMBIENTALI E CARICHI SUI PARAPETTI

Per le superfici di percorrenza della scala e dei pianerottoli è assunto un sovraccarico variabile uniforme di progetto $q_k = 4,00 \text{ kN/m}^2$. Il carico è applicato secondo le configurazioni geometriche più gravose ai fini delle verifiche locali dei gradini e del pianerottolo e delle verifiche globali del sistema.

Sono inoltre considerate le azioni concentrate previste per la categoria d'uso pertinente, le azioni orizzontali sui parapetti, l'azione del vento, l'azione della neve sulle superfici nelle quali può prodursi accumulo e gli effetti termici. La combinazione delle azioni avviene secondo i coefficienti ψ e i coefficienti parziali previsti dalle NTC.

I parapetti e i relativi fissaggi sono verificati lungo l'intero percorso resistente, dal corrimano e dai montanti fino agli ancoraggi agli elementi prefabbricati. La verifica dei soli profili metallici non è considerata sufficiente in assenza della verifica dei collegamenti.

12. COMBINAZIONI DI CARICO

Le azioni vengono combinate secondo i coefficienti parziali e i coefficienti ψ previsti dalle NTC. La combinazione fondamentale allo SLU è espressa, in forma generale, da:

$$E_d = \Sigma(\gamma G_j \cdot G_{kj}) + \gamma Q_1 \cdot Q_{k1} + \Sigma(\gamma Q_i \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

Per la condizione sismica viene utilizzata la combinazione:

Relazione tecnica e di calcolo delle opere strutturali

dott. ing. Carlo Quirico

REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

$$E = G + G + P + E + \sum(\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

Agli Stati Limite di Esercizio saranno considerate le combinazioni caratteristica, frequente e quasi permanente.

Le verifiche della fondazione devono essere sviluppate sulle sestuple di reazione contemporanee N, Vx, Vy, Mx, My e T. L'uso di involucchi indipendenti non conserva la reale posizione della risultante e può produrre verifiche non rappresentative.

13. MODELLAZIONE FEM DEL SISTEMA PREFABBRICATO E CRITERI DI ANALISI

Il comportamento globale della scala è rappresentato mediante un modello tridimensionale agli elementi finiti, idoneo a cogliere la risposta spaziale della struttura elicoidale, la deformabilità del nucleo centrale e l'interazione tra gradini, pianerottolo e collegamenti. L'analisi è condotta in campo elastico lineare per le combinazioni statiche e, per l'azione sismica, mediante analisi dinamica modale con spettro di risposta.

COMPONENTE	MODELLAZIONE DI RIFERIMENTO
Gradini prefabbricati	Elementi shell / elementi equivalenti calibrati sulla geometria reale
Pianerottolo prefabbricato	Elementi shell con effettive condizioni di appoggio
Nucleo centrale	Elementi beam 3D o solidi equivalenti
Connessioni	Link / vincoli con rigidezza coerente con il dettaglio costruttivo
Fondazione	Reazioni del modello globale trasferite al modello locale del plinto

La discretizzazione adotta elementi bidimensionali o equivalenti per gradini e pianerottolo, elementi monodimensionali o solidi equivalenti per il nucleo centrale e dispositivi di collegamento con rigidezza coerente con il dettaglio costruttivo. Le masse derivano dai pesi propri strutturali e dai carichi permanenti e variabili partecipanti alla combinazione sismica.

Il modello è definito in un sistema di riferimento globale X-Y-Z con asse Z verticale. Sono attivi i sei gradi di libertà nodali necessari a rappresentare traslazioni e rotazioni; le eccentricità geometriche degli elementi e dei collegamenti sono incluse nel modello ove influenti sulla distribuzione delle azioni.

Relazione tecnica e di calcolo delle opere strutturali

dott. ing. Carlo Quirico

REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

L'analisi restituisce periodi propri, forme modali, masse partecipanti, spostamenti, sollecitazioni negli elementi e reazioni vincolari. Per la verifica della fondazione sono utilizzate le sestuple contemporanee N-Vx-Vy-Mx-My-T relative alle combinazioni governanti. Il numero dei modi è assunto in modo da soddisfare i requisiti di massa partecipante prescritti dalle NTC.

La qualità del modello è verificata mediante controllo dell'equilibrio globale tra azioni applicate e reazioni, controllo della coerenza degli spostamenti, verifica della sensibilità della risposta rispetto alla discretizzazione e confronto degli ordini di grandezza con schemi statici semplificati. Il modello numerico non attribuisce contributi resistenti ad elementi architettonici o al fabbricato esistente non espressamente considerati nel progetto.

13.1 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE NUMERICA

PARAMETRO	VALORE
Diametro esterno scala	4,00 m
Raggio esterno	2,00 m
Diametro zona centrale di raccordo	0,80 m
Diametro nucleo resistente assunto	0,45 m
Altezza strutturale	3,60 m
Numero gradini	21
Numero alzate	22
Volume gradini prefabbricati	6,72 m ³
Volume pianerottolo prefabbricato	0,302 m ³
Plinto	1,80 × 1,80 × 1,20 m
Calcestruzzo plinto	C30/37
Acciaio plinto	B450C

AZIONI E MASSE

AZIONE	VALORE
Peso elementi prefabbricati	175,50 kN
Peso parapetti e corrimani	3,32 kN
Peso plinto	97,20 kN

Relazione tecnica e di calcolo delle opere strutturali

dott. ing. Carlo Quirico

**REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO
ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25**

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

Peso magrone	19,20 kN
Carichi permanenti complessivi	295,22 kN
Superficie conservativa caricabile	12,064 m ²
Sovraccarico di esercizio q _k	4,00 kN/m ²
Sovraccarico totale Q _k	48,25 kN
Coefficiente ψ_2 assunto	0,60

La superficie caricabile è stata assunta, in via cautelativa, pari all'intera superficie anulare compresa tra $r = 0,40$ m e $R = 2,00$ m, senza detrarre i vuoti geometrici presenti nello sviluppo reale della scala.

PARAMETRI SISMICI ADOTTATI

PARAMETRO	VALORE
Vita nominale V _N	50 anni
Classe d'uso	III
Periodo di riferimento V _R	75 anni
Categoria di sottosuolo	C
Categoria topografica	T1
ag – SLV	0,041 g
F0 – SLV	2,63
S = S _s × S _T	1,50
T _B	0,15 s
T _C	0,46 s
T _D	1,77 s
Fattore di comportamento adottato	q = 1,00

$$S_{d,max}/g = a_g \cdot S \cdot F_0 / q = 0,16174$$

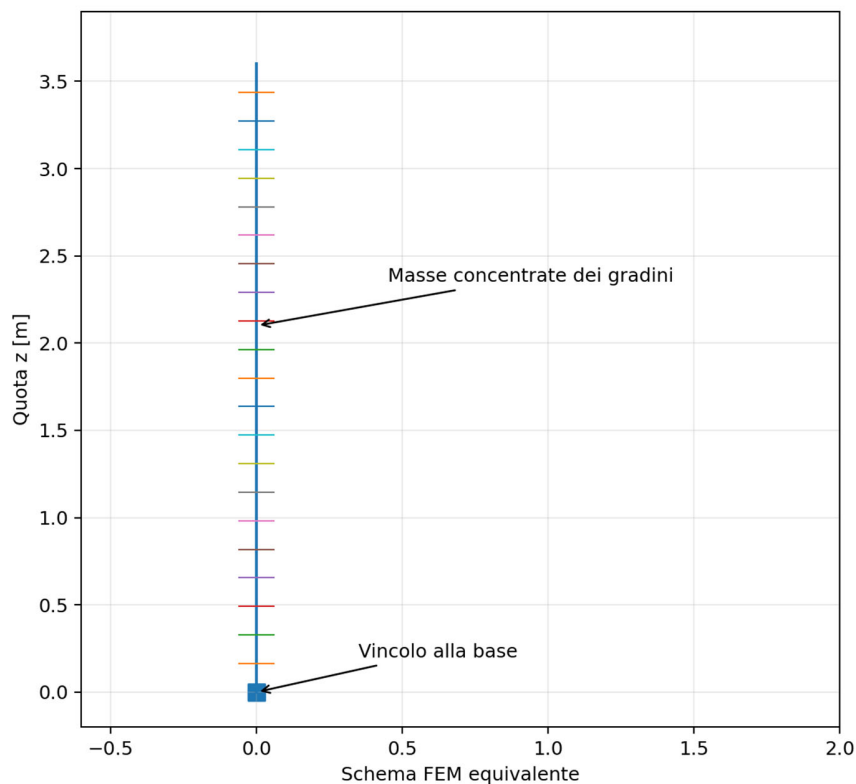
Il fattore di comportamento è assunto unitario, senza fare affidamento su capacità dissipative non documentate del sistema prefabbricato. L'impostazione risulta pertanto conservativa per la determinazione delle azioni globali sulla fondazione.

REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

MODELLAZIONE FEM GLOBALE EQUIVALENTE

Il nucleo resistente è schematizzato mediante 22 elementi beam di Eulero-Bernoulli, con sezione circolare piena di diametro 0,45 m e modulo elastico $E_{cm} = 33$ GPa. Le masse dei gradini, del pianerottolo, dei parapetti e della quota $\psi 2Q_k$ sono concentrate alle rispettive quote. La base è assunta incastrata in corrispondenza dell'estradosso del plinto.



Schema del modello FEM globale equivalente utilizzato per la valutazione della risposta laterale.

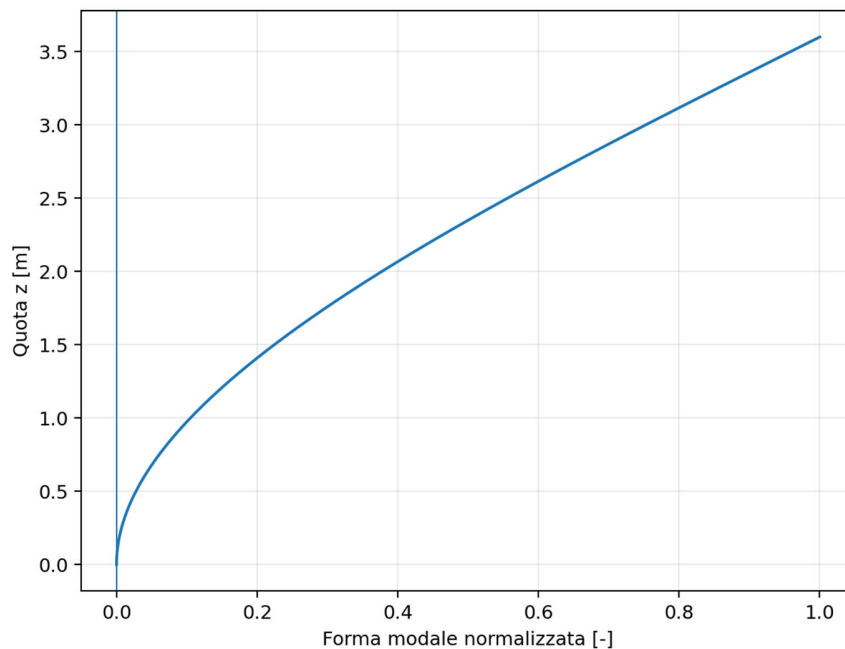
MODO	PERIODO T [s]	MASSA PARTECIPANTE [%]	CUMULATA [%]
1	0,207	63,74	63,74
2	0,034	19,01	82,75
3	0,012	6,38	89,13
4	0,006	3,19	92,32

Relazione tecnica e di calcolo delle opere strutturali

dott. ing. Carlo Quirico

REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"



Forma normalizzata rappresentativa del primo modo flessionale del nucleo.

Il primo periodo proprio ricade nel tratto ad accelerazione costante dello spettro SLV. La distribuzione delle azioni sismiche è stata pertanto valutata in forma cautelativa mediante il valore massimo dello spettro di progetto, assumendo la distribuzione verticale delle forze proporzionale alle masse e alle rispettive quote.

REAZIONI GLOBALI DI PROGETTO ALLA BASE

$$W_{seis} = G_{sup} + \psi_2 \cdot Q_k = 207,77 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = S_d \cdot W_{seis} = 33,61 \text{ kN}$$

$$h_{eff} = 2,322 \text{ m}$$

$$M_{Ed,dyn} = V_{Ed} \cdot h_{eff} = 78,04 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,dyn} + G_{sup} \cdot 0,05 = 86,98 \text{ kNm}$$

$$T_{Ed} = V_{Ed} \cdot 0,20 = 6,72 \text{ kNm}$$

GRANDEZZA	VALORE GOVERNANTE
N _{Ed} – combinazione sismica	324,17 kN
V _{x,Ed}	± 33,61 kN

Relazione tecnica e di calcolo delle opere strutturali

dott. ing. Carlo Quirico

**REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO
ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25**

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

Vy,Ed	$\pm 33,61 \text{ kN}$
Mx,Ed	$\pm 86,98 \text{ kNm}$
My,Ed	$\pm 86,98 \text{ kNm}$
TEd	$\pm 6,72 \text{ kNm}$

Le azioni X e Y sono equivalenti in ragione della simmetria del nucleo e vengono involupate indipendentemente. Il momento riportato include una eccentricità permanente cautelativa di 5 cm della risultante dei pesi della sovrastruttura; il momento torcente include l'eccentricità accidentale pari al 5% della dimensione complessiva della scala.

14. CONDIZIONI DI VINCOLO, COMPATIBILITÀ CINEMATICA E RAPPORTO CON L'EDIFICIO ESISTENTE

La nuova scala è assunta come organismo strutturale indipendente dal fabbricato esistente. Il raccordo superiore assicura la continuità funzionale della via di esodo e viene dettagliato in modo da non trasferire alla struttura esistente azioni non considerate nel progetto.

Il modello globale non attribuisce alla soletta esistente contributi favorevoli di rigidità o resistenza. L'eventuale presenza di dispositivi di raccordo o ancoraggio al piano primo è verificata localmente rispetto alle azioni effettivamente trasmesse, senza modificarne il principio generale di autonomia strutturale.

La compatibilità cinematica tra scala e fabbricato è verificata rispetto agli spostamenti di esercizio, alle variazioni termiche e all'azione sismica, evitando condizioni di martellamento e garantendo la continuità della superficie di sbarco.

15. VERIFICA STRUTTURALE DEGLI ELEMENTI PREFABBRICATI

Gradini, pianerottolo e nucleo centrale sono verificati mediante il modello tridimensionale del sistema prefabbricato. Le verifiche comprendono flessione, taglio, torsione ove significativa, deformabilità, fessurazione, resistenza delle zone di collegamento e condizioni transitorie di sollevamento e montaggio.

Relazione tecnica e di calcolo delle opere strutturali

dott. ing. Carlo Quirico

REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

I gradini sono verificati con particolare attenzione alla sezione di attacco al nucleo centrale, nella quale si concentrano le sollecitazioni associate al comportamento a mensola. Il pianerottolo è verificato in funzione delle reali condizioni di appoggio e delle azioni locali trasmesse dai parapetti.

Il nucleo centrale è verificato in presenza della contemporanea azione di sforzo normale, pressoflessione deviata, taglio e torsione. La continuità resistente fino alla fondazione è garantita mediante le armature e i dispositivi di collegamento indicati negli elaborati costruttivi.

$$N_{\square} - M_{x,\square} - M_{y,\square} - V_{x,\square} - V_{y,\square} - T_{\square}$$

16. MODELLO DI CALCOLO DEL PLINTO DI FONDAZIONE

La fondazione è costituita da un plinto quadrato in calcestruzzo armato con dimensioni 1,80 × 1,80 m e spessore 1,20 m. L'elevato spessore rispetto alla sporgenza laterale conduce a un comportamento sostanzialmente rigido.

$$\begin{aligned} B &= L = 1,80 \text{ m} \\ H &= 1,20 \text{ m} \\ A &= B \cdot L = 3,24 \text{ m}^2 \\ V &= B \cdot L \cdot H = 3,888 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Il plinto riceve dal nucleo le componenti N , V_x , V_y , M_x , M_y e T . Alla verifica geotecnica vengono inoltre considerati il peso proprio della fondazione e gli ulteriori contributi permanenti pertinenti.

17. ECCENTRICITÀ DELLA RISULTANTE E PRESSIONI DI CONTATTO

La combinazione governante ai fini della distribuzione delle pressioni di contatto è quella sismica. Le reazioni contemporanee alla base del nucleo risultano $N_{Ed} = 324,17 \text{ kN}$, $V_{Ed} = 33,61 \text{ kN}$ e $M_{Ed} = 86,98 \text{ kNm}$ per ciascuna delle due direzioni principali.

$$e = M_{Ed} / N_{Ed} = 86,98 / 324,17 = 0,268 \text{ m}$$

REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

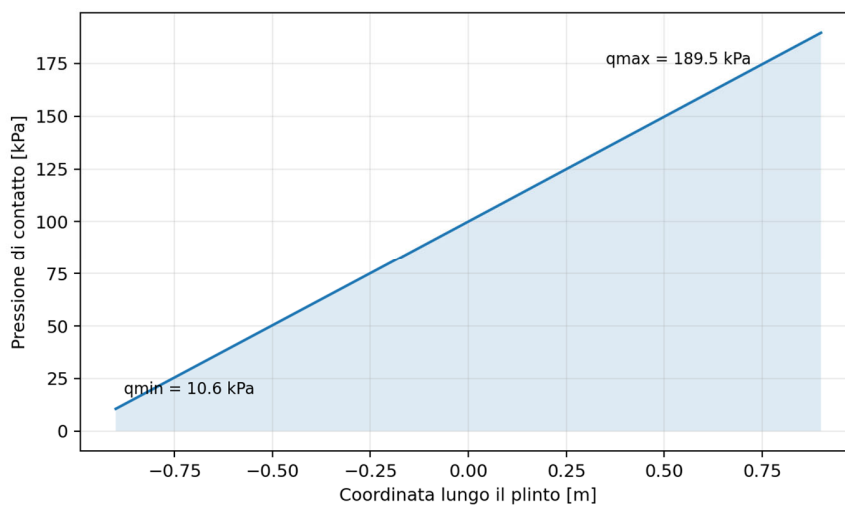
$$B/6 = L/6 = 1,80 / 6 = 0,300 \text{ m}$$

Risulta $e = 0,268 \text{ m} < 0,300 \text{ m}$; la risultante ricade pertanto all'interno del nocciolo centrale e l'intera superficie di base del plinto rimane compressa.

$$q_{\text{medio}} = N_{\text{Ed}} / A = 324,17 / 3,24 = 100,05 \text{ kPa}$$

$$q_{\text{max}} = 189,54 \text{ kPa}$$

$$q_{\text{min}} = 10,57 \text{ kPa}$$



Distribuzione delle pressioni di contatto per la combinazione sismica governante.

18. VERIFICA GEO – CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO

La verifica è sviluppata assumendo l'attestamento del plinto sul livello ghiaioso con ciottoli limoso individuato nella relazione geologica. Ai fini del calcolo sono adottati in modo cautelativo $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, $\varphi' = 30^\circ$ e $c' = 0 \text{ kPa}$, corrispondenti al limite inferiore dei parametri indicati per tale livello. La profondità di posa assunta è $D_f = 1,20 \text{ m}$.

$$B' = B - 2e = 1,263 \text{ m}$$

$$N_q = 18,401 \quad N_\gamma = 20,093$$

$$q_{\text{lim}} = 631,80 \text{ kPa}$$

Relazione tecnica e di calcolo delle opere strutturali

dott. ing. Carlo Quirico

REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

$$q_{Rd} = q_{lim} / 2,30 = 274,70 \text{ kPa}$$

$$q_{max} / q_{Rd} = 189,54 / 274,70 = 0,690$$

VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE: SODDISFATTA – coefficiente di utilizzo = 0,69.

19. VERIFICA GEO – SCORRIMENTO DELLA FONDAZIONE

La resistenza allo scorrimento è determinata senza fare affidamento su contributi passivi del terreno laterale. Assumendo cautelativamente un angolo di attrito terreno-fondazione $\delta = 20^\circ$ e il coefficiente di sicurezza adottato nel calcolo, risulta:

$$R_{d,scorr} = N_{Ed} \cdot \tan(20^\circ) / 1,10 = 107,26 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} / R_{d,scorr} = 33,61 / 107,26 = 0,313$$

VERIFICA A SCORRIMENTO: SODDISFATTA – coefficiente di utilizzo = 0,31.

20. VERIFICA SLE – CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE

Per il controllo deformativo è assunto, per lo strato ghiaioso di appoggio, un modulo elastico $E_s = 30 \text{ MPa}$ e coefficiente di Poisson $\nu = 0,30$. La pressione di esercizio è determinata considerando i carichi permanenti e il sovraccarico di esercizio.

$$q_{SLE} = (G + Q) / A = 106,01 \text{ kPa}$$

$$s \approx q \cdot B \cdot (1-\nu^2) \cdot I / E_s = 6,48 \text{ mm}$$

Il cedimento elastico stimato, pari a circa 6,5 mm, risulta compatibile con la tipologia strutturale, con le dimensioni della fondazione e con il carattere autonomo della scala rispetto al fabbricato esistente.

21. VERIFICA STR – FLESSIONE DEL PLINTO

Il plinto è verificato nelle due direzioni principali assumendo altezza utile $d = 1,10 \text{ m}$. L'armatura resistente adottata è costituita da doppia maglia ortogonale $\varnothing 20/15 \text{ cm}$, disposta sia inferiormente sia superiormente.

**REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO
ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25**

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

$$A_{s,adottata} = 20,94 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,min} = 18,43 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$M_{Ed,max} = 38,08 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Rd} = 811,35 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed} / M_{Rd} = 0,047$$

VERIFICA A FLESSIONE: SODDISFATTA – coefficiente di utilizzo = 0,05.

22. VERIFICA STR – TAGLIO DEL PLINTO

La verifica a taglio è eseguita nella sezione maggiormente sollecitata, considerando la distribuzione delle pressioni di contatto derivante dalla combinazione governante.

$$V_{Ed,max} = 105,29 \text{ kN/m}$$

$$V_{Rd,c} = 359,24 \text{ kN/m}$$

$$V_{Ed} / V_{Rd,c} = 0,293$$

VERIFICA A TAGLIO: SODDISFATTA – coefficiente di utilizzo = 0,29.

23. VERIFICA STR – PUNZONAMENTO

La verifica è sviluppata in forma cautelativa in corrispondenza della faccia del nucleo resistente di diametro 0,45 m. L'utilizzo del perimetro alla faccia del nucleo risulta più gravoso rispetto al perimetro critico ordinario posto a distanza dalla zona caricata.

$$v_{Ed} = 0,196 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = 0,327 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} / v_{Rd,c} = 0,600$$

VERIFICA A PUNZONAMENTO: SODDISFATTA – coefficiente di utilizzo = 0,60.

24. ARMATURA DEL PLINTO E COLLEGAMENTO NUCLEO-FONDAZIONE

Il plinto è armato mediante doppia maglia ortogonale Ø20/15 cm, disposta sia inferiormente sia superiormente nelle due direzioni principali. L'armatura adottata, pari a 20,94 cm²/m per ciascuna direzione e faccia, risulta superiore all'armatura minima richiesta e presenta ampio margine rispetto alla domanda flessionale di progetto. Le armature locali di collegamento con il nucleo centrale sono riportate nell'elaborato S-03 – Carpenteria delle opere in c.a. e dettagli costruttivi. L'elaborato S-03 individua diametri, passi, copriferri, lunghezze di ancoraggio, sovrapposizioni e disposizione delle barre in corrispondenza del nucleo centrale.

Il collegamento nucleo-plinto è dimensionato per trasferire senza discontinuità N, Vx, Vy, Mx, My e T ed è coerente con le ipotesi di vincolo assunte nel modello strutturale. Gli eventuali inserti, piastre, manicotti o sistemi proprietari impiegati nella realizzazione sono conformi agli elaborati costruttivi e alla relativa documentazione tecnica e di qualificazione.

25. RACCORDO STRUTTURALE AL PIANO PRIMO

Il pianerottolo superiore è disposto in corrispondenza della struttura esistente del piano primo. Il raccordo è configurato in modo da assicurare la continuità del percorso senza attribuire alla soletta esistente una funzione primaria nella stabilità della scala. Gli eventuali dispositivi di collegamento al fabbricato sono verificati localmente rispetto alle azioni effettivamente trasmesse. La soletta esistente non è assunta come elemento collaborante nel modello globale della nuova struttura. **Il dettaglio costruttivo garantisce la compatibilità degli spostamenti relativi e impedisce l'insorgere di azioni parassite significative o condizioni di martellamento tra i due organismi strutturali.**

26. VERIFICHE DELLE FASI TRANSITORIE, SOLLEVAMENTO E MONTAGGIO

Le verifiche degli elementi prefabbricati comprendono le configurazioni transitorie di disarmo, stoccaggio, trasporto, sollevamento, rotazione, posa e montaggio parziale. I punti di sollevamento e le condizioni di vincolo temporanee sono quelli previsti negli elaborati di produzione del sistema prefabbricato.

REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

La sequenza di montaggio è definita in modo da garantire, in ogni configurazione intermedia, la stabilità degli elementi già posati e del nucleo centrale. Le eventuali puntellazioni temporanee sono mantenute fino al raggiungimento della resistenza prevista per i getti integrativi e i collegamenti.

FASE	PRESCRIZIONE STRUTTURALE
1	Verifica quota e resistenza della fondazione
2	Predisposizione del collegamento centrale
3	Posa progressiva dei gradini secondo sequenza del produttore
4	Controllo continuo di geometria, verticalità e stabilità
5	Posa del pianerottolo prefabbricato
6	Completamento dei collegamenti e degli eventuali getti integrativi
7	Raggiungimento della resistenza prevista prima della rimozione dei sostegni
8	Montaggio delle protezioni definitive

Il singolo elemento viene liberato dall'apparecchio di sollevamento esclusivamente dopo il raggiungimento della condizione di stabilità prevista dalla procedura di montaggio. Le configurazioni parzialmente montate non sono utilizzate come normale percorso di cantiere.

27. PRESCRIZIONI ESECUTIVE PER IL PIANO DI POSA

Al termine dello scavo la Direzione dei Lavori verifica la natura del terreno e la corrispondenza con il modello geologico assunto. Eventuali porzioni rimaneggiate, incoerenti, organiche, sature o costituite da riporto non controllato sono rimosse o trattate prima della formazione del magrone.

Qualora alla quota di progetto sia riscontrato lo strato loessico superficiale con caratteristiche non coerenti con le ipotesi geotecniche adottate, il piano di posa viene approfondito o regolarizzato fino al raggiungimento del terreno idoneo. Ogni variazione rispetto alle condizioni assunte è formalizzata dalla Direzione dei Lavori prima del getto.

28. PRESCRIZIONI E CONTROLLI PRIMA DEL GETTO

REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

Prima del getto del plinto dovranno essere controllati:

- quota e regolarità del piano di posa;
- spessore e continuità del magrone;
- dimensioni geometriche della fondazione;
- diametri, passi e posizione delle armature;
- copriferri e distanziatori;
- barre di ripresa e armature di collegamento con il nucleo;
- eventuali inserti o sistemi di ancoraggio;
- pulizia della fondazione e assenza di acqua stagnante.

Il calcestruzzo dovrà essere gettato assicurando continuità, corretta vibrazione e adeguata stagionatura. La zona di collegamento con il nucleo dovrà risultare particolarmente curata e priva di nidi di ghiaia o discontinuità significative.

29. CONTROLLI DI ACCETTAZIONE, TRACCIABILITÀ E QUALIFICAZIONE

I materiali strutturali sono sottoposti ai controlli di accettazione previsti dalle NTC. Per il calcestruzzo sono verificati classe di resistenza, classe di esposizione, consistenza, diametro massimo dell'aggregato, classe di cloruri, impianto di produzione, documenti di trasporto e requisiti ambientali previsti dal progetto.

L'acciaio B450C è completamente identificabile e tracciabile mediante documentazione di qualificazione, DDT, attestazione del Centro di Trasformazione ove pertinente e risultati dei controlli di accettazione.

Gli elementi prefabbricati sono accompagnati dalla documentazione di identificazione, qualificazione e tracciabilità prevista dalla normativa applicabile.

La posa degli elementi prefabbricati è subordinata all'acquisizione e alla verifica della relativa documentazione strutturale e di produzione. Il Direttore dei Lavori assicura la correlazione univoca tra gli elementi forniti e gli elaborati approvati.

**REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO
ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25**

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

30. DOCUMENTAZIONE ESECUTIVA DI PRODUZIONE DEL SISTEMA PREFABBRICATO

La produzione e la posa del sistema prefabbricato sono eseguite sulla base della documentazione costruttiva specialistica coordinata con il presente Progetto Esecutivo. Tale documentazione comprende almeno:

- relazione di calcolo del sistema prefabbricato;
- geometria definitiva dei gradini, del nucleo e del pianerottolo;
- classi dei materiali e copriferri;
- armature degli elementi prefabbricati;
- peso dei singoli elementi;
- punti e dispositivi di sollevamento;
- sequenza di montaggio e sistemi di puntellazione;
- reazioni alla base per le combinazioni significative;
- eventuali reazioni trasferite al fabbricato in corrispondenza dello sbarco;
- spostamenti globali, in particolare al piano di sbarco;
- certificazioni e documentazione di qualificazione del prodotto.

Le reazioni alla fondazione sono riportate per combinazioni contemporanee e costituiscono il riferimento per le verifiche del plinto. Le eventuali reazioni allo sbarco superiore sono riportate separatamente e utilizzate per la verifica locale dei dispositivi di raccordo.

31. QUADRO RIASSUNTIVO DELLE VERIFICHE

COMPONENTE	VERIFICHE E CRITERI DI PROGETTO
Gradini prefabbricati	SLU flessione, taglio e torsione; SLE deformabilità e fessurazione; verifica del collegamento al nucleo.
Pianerottolo prefabbricato	SLU flessione e taglio; SLE deformabilità; connessioni e fase di sollevamento.
Nucleo centrale	Pressoflessione deviata N-Mx-My, taglio Vx-Vy, torsione T e continuità delle armature.
Collegamento nucleo/plinto	Trasmissione di N-V-M-T, ancoraggi, confinamento e resistenze locali.

Relazione tecnica e di calcolo delle opere strutturali

dott. ing. Carlo Quirico

**REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO
ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25**

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

COMPONENTE	VERIFICHE E CRITERI DI PROGETTO
Plinto	SLU flessione, taglio e punzonamento; requisiti minimi di armatura e ancoraggio.
Terreno	SLU GEO: capacità portante, eccentricità, pressioni q_{max}/q_{min} e scorrimento.
Raccordo al piano primo	Compatibilità cinematica e verifica locale degli eventuali dispositivi di collegamento.
Parapetti	Azioni orizzontali, montanti, piastre, fissaggi e resistenze locali del calcestruzzo.
Sistema globale	Azioni verticali, vento, sisma, spostamenti e controllo di compatibilità con l'edificio.
Fasi di montaggio	Sollevamento, stabilità temporanea, puntellazione e resistenza nelle configurazioni transitorie.

32. QUADRO NUMERICO DI PROGETTO DELLA FONDAZIONE

Il quadro numerico seguente sintetizza i principali risultati delle verifiche strutturali e geotecniche sviluppate nel presente elaborato, con riferimento alle combinazioni governanti e ai corrispondenti rapporti tra domanda e capacità.

VERIFICA	DOMANDA	CAPACITÀ / LIMITE	UTILIZZO	ESITO
Nocciolo centrale	$e = 0,268 \text{ m}$	$B/6 = 0,300 \text{ m}$	0,89	VERIFICATO
Capacità portante	$q_{max} = 189,54 \text{ kPa}$	$q_{Rd} = 274,70 \text{ kPa}$	0,69	VERIFICATO
Scorrimento	$V_{Ed} = 33,61 \text{ kN}$	$R_d = 107,26 \text{ kN}$	0,31	VERIFICATO
Flessione plinto	$M_{Ed} = 38,08 \text{ kNm/m}$	$M_{Rd} = 811,35 \text{ kNm/m}$	0,05	VERIFICATO
Taglio plinto	$V_{Ed} = 105,29 \text{ kN/m}$	$V_{Rd,c} = 359,24 \text{ kN/m}$	0,29	VERIFICATO
Punzonamento	$v_{Ed} = 0,196 \text{ MPa}$	$v_{Rd,c} = 0,327 \text{ MPa}$	0,60	VERIFICATO
Cedimento elastico	$s = 6,48 \text{ mm}$	compatibile	—	VERIFICATO

33. CONCLUSIONI E GIUDIZIO DI COERENZA STRUTTURALE

La nuova scala antincendio è configurata come struttura prefabbricata in calcestruzzo armato a sviluppo elicoidale, dotata di nucleo resistente centrale e impostata su fondazione superficiale autonoma in

Relazione tecnica e di calcolo delle opere strutturali

dott. ing. Carlo Quirico

REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

calcestruzzo armato. La fondazione di progetto presenta dimensioni pari a $1,80 \times 1,80 \times 1,20$ m, volume pari a $3,888 \text{ m}^3$ ed è realizzata in calcestruzzo C30/37, classe di esposizione XC3, con armatura B450C costituita da doppia maglia ortogonale $\varnothing 20/15$ cm alle due facce, oltre alle armature locali di collegamento con il nucleo centrale.

$$\text{Plinto} = 1,80 \times 1,80 \times 1,20 \text{ m} \quad V = 3,888 \text{ m}^3$$

La modellazione numerica fornisce, per la combinazione sismica governante, $N_{Ed} = 324,17 \text{ kN}$, $V_{Ed} = 33,61 \text{ kN}$, $M_{Ed} = 86,98 \text{ kNm}$ e $T_{Ed} = 6,72 \text{ kNm}$. La risultante presenta eccentricità $e = 0,268 \text{ m}$, inferiore al limite del nocciolo centrale pari a $0,300 \text{ m}$; la pressione massima di contatto risulta $q_{max} = 189,54 \text{ kPa}$.

Le verifiche geotecniche e strutturali risultano soddisfatte: capacità portante $E_d/R_d = 0,69$, scorrimento $E_d/R_d = 0,31$, flessione $E_d/R_d = 0,05$, taglio $E_d/R_d = 0,29$ e punzonamento $E_d/R_d = 0,60$. Il cedimento elastico stimato è pari a circa $6,5 \text{ mm}$ e risulta compatibile con la tipologia strutturale.

La documentazione geologica di riferimento individua la presenza potenziale di depositi loessici superficiali e prescrive il riscontro diretto del terreno in fase di scavo. Tale controllo è recepito come prescrizione esecutiva: il piano di posa viene accettato dalla Direzione dei Lavori solo in presenza di terreno coerente con il modello geotecnico assunto. **Il raccordo al piano primo è configurato secondo il principio di autonomia strutturale della nuova scala rispetto all'edificio esistente. Gli eventuali dispositivi di collegamento sono verificati localmente e non vengono utilizzati nel modello globale come contributo favorevole alla stabilità della nuova struttura.**

La modellazione FEM, il controllo del percorso delle azioni, le verifiche GEO e STR, il dimensionamento della fondazione, le prescrizioni sui materiali e le modalità di montaggio definiscono un sistema strutturale unitario e coerente con le Norme Tecniche per le Costruzioni. Il presente elaborato S-01, unitamente all'elaborato S-03 – Carpenteria delle opere in c.a. e dettagli costruttivi, costituisce il riferimento strutturale esecutivo per la realizzazione dell'opera.

**REALIZZAZIONE NUOVA SCALA ANTINCENDIO
ESTERNA AL PLESSO SCOLASTICO IN VIA MANZONI N.25**

Scuola Primaria "Oreste Leonardi"

Briga Novarese, settembre 2026

Dott. Ing. Carlo Quirico

*Ordine degli Ingegneri della Provincia di Novara
Sezione A – Civile e Ambientale – n. 2312*

- f.to digitalmente -

Relazione tecnica e di calcolo delle opere strutturali

dott. ing. Carlo Quirico