



COMUNE DI VALSAMOGGIA

Città metropolitana di Bologna

Servizi Lavori Pubblici

lavoripubblici@comune.valsamoggia.bo.it

Finanziato
dall'Unione europea

NextGenerationEU

Tavola di RUE

Zona di RUE

Ubicazione

Via **CASTELLACCIO** n° _____

VS.RUE.T1a

AUC.5C

Riferimenti Catastali

Foglio **16** Mapp. **226** Sub. _____

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO DI "Realizzazione dell'Ampliamento Asilo Nido di Calcara"

CUP: B48H22000220006 - finanziato con Fondi PNRR - Missione 4 " Istruzione e Ricerca"
Componente 1 - Inv. 1.1 - Nex GenerationEU

Progettazione:

STUDIO DI PROGETTAZIONE
ING. VALENTINA VETRUGNOVia Gorghetto, 52/b - 41030 Bomporto (MO)
cell. 345.5002782 e-mail: ing.valentinavetrugno@gmail.com

RUP: Geom. Stefano Cremonini

Spazio riservato all'Ufficio Tecnico

Descrizione elaborato:

ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

N. Elaborato:

Scala:

Data:

Aprile 2023

File:

INDICE GENERALE

Illustrazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale

Sommario

c) <i>Normativa tecnica e riferimenti tecnici utilizzati, tra cui le eventuali prescrizioni sismiche contenute negli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica;</i>	2 -
VITA NOMINALE, CLASSI D'USO PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA.....	4 -
e) <i>descrizione dei materiali e dei prodotti per uso strutturale, requisiti di resistenza meccanica e di durabilità considerati.</i>	5 -
DESCRIZIONE DEI MATERIALI UTILIZZATI.....	5 -
f) <i>illustrazione dei criteri di progettazione e di modellazione: classe di duttilità –CD, regolarità in pianta ed in alzata, tipologia strutturale, fattore di struttura – q e relativa giustificazione, stati limite indagati, giunti di separazione fra strutture contigue, criteri per la valutazione degli elementi non strutturali e degli impianti, requisiti delle fondazioni e collegamenti tra fondazioni, svincolamenti interni e/o esterni, schemi statici adottati;</i>	8 -
g) <i>Indicazione delle principali combinazioni delle azioni in relazione agli SLU e SLE indagati: coefficienti parziali per le azioni, coefficienti di combinazione;</i>	12 -
h) <i>indicazione motivata del metodo di analisi seguito per l'esecuzione della stessa: analisi lineare o non lineare (precisazioni del fattore $\square = P \cdot d / V \cdot h$), analisi statica o dinamica.</i>	13 -
Nel dettaglio deve essere esplicitato se trattasi di:.....	13 -
- <i>analisi lineare statica,</i>	13 -
- <i>analisi lineare dinamica (numero di modi considerati e relative masse partecipanti),</i>	13 -
- <i>analisi non lineare statica</i>	13 -
- <i>analisi non lineare dinamica (accelerogrammi adottati)</i>	13 -
- <i>altro, riportando la sintesi dei principali risultati;</i>	13 -
i) <i>Criteri di verifica agli stati limite indagati, in presenza di azione sismica:</i>	17 -
- <i>stati limite ultimi, in termini di resistenza, di duttilità e di capacità di deformazione,</i>	17 -
- <i>stati limite di esercizio, in termini di resistenza e di contenimento del danno agli elementi non strutturali;</i>	17 -
In particolare :	17 -
j) <i>rappresentazione delle configurazioni deformate e delle caratteristiche di sollecitazione delle strutture più significative, così come emergenti dai risultati dell'analisi, sintesi delle verifiche di sicurezza, e giudizio motivato di accettabilità dei risultati;</i>	18 -
k) <i>caratteristiche e affidabilità del codice di calcolo;</i>	19 -
l) <i>Con riferimento alle strutture geotecniche o di fondazione: fasi di realizzazione dell'opera (se pertinenti), sintesi delle massime pressioni attese, cedimenti e spostamenti assoluti/differenziali, distorsioni angolari, verifiche di stabilità terreno-fondazione eseguite, ed altri aspetti e risultati significativi della progettazione di opere particolari ...</i>	23 -
m) <i>indicazione della categoria di intervento previsto e motivazione della scelta adottata</i>	23 -
n) <i>descrizione della struttura esistente nel suo insieme, delle eventuali interazioni con altre unità strutturali e delle modalità con cui di ciò si è tenuto conto, dei principali interventi realizzati nel tempo, nonché sintesi delle vulnerabilità riscontrate, derivanti dal rilievo strutturale.</i>	23 -
o) <i>definizione delle proprietà meccaniche dei materiali costituenti le strutture interessate dall'intervento, in relazione ad eventuali indagini specialistiche condotte o ad altro materiale disponibile, e conseguente determinazione dei livelli di conoscenza e dei corrispondenti fattori di confidenza.</i>	23 -
p) <i>Risultati più significativi emersi dal confronto tra i livelli di sicurezza pre e</i>	24 -
<i>post intervento, in condizioni statiche e sismiche.</i>	24 -

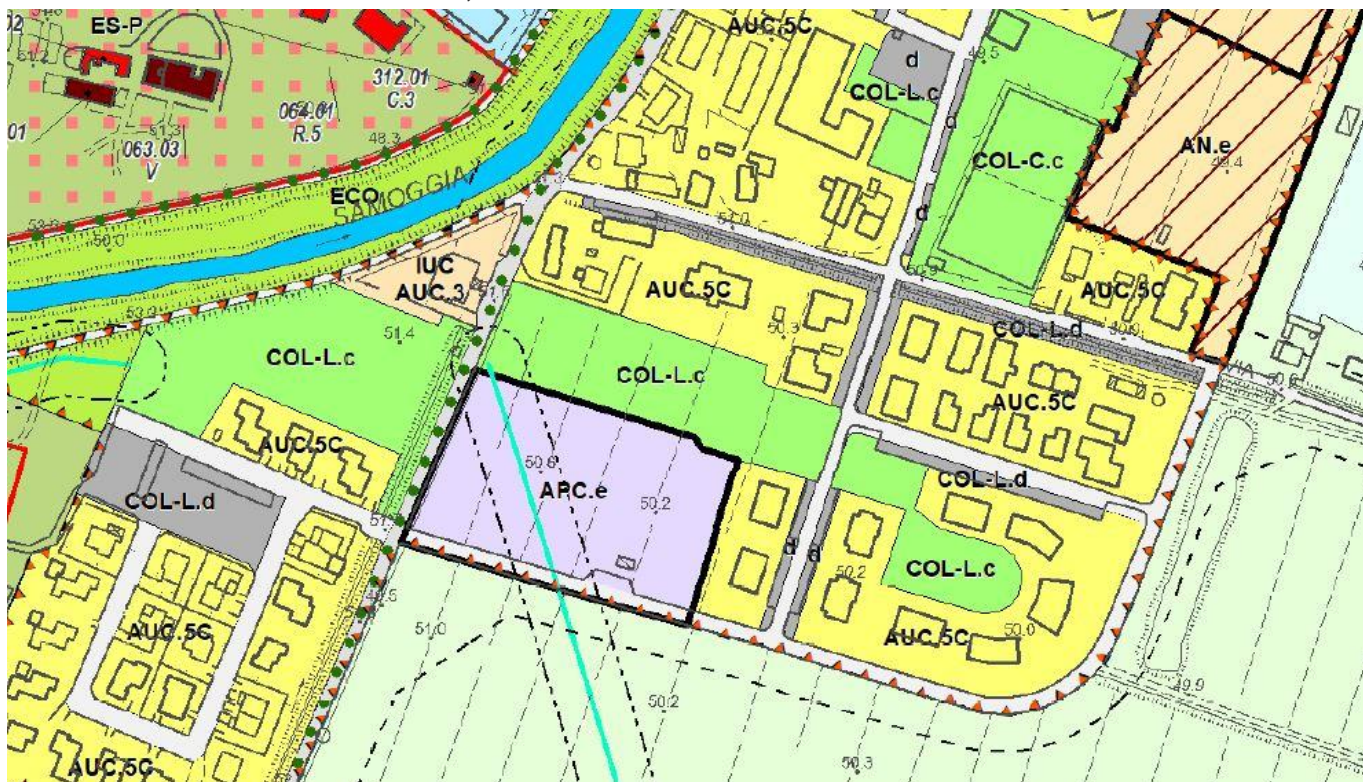
ILLUSTRAZIONE SINTETICA

a) descrizione del contesto edilizio e delle caratteristiche geologiche, morfologiche e idrogeologiche del sito in oggetto di intervento e con l'indicazione, per entrambe le tematiche, di eventuali problematiche riscontrate e delle soluzioni ipotizzate, tenuto conto anche delle indicazioni degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica;

DESCRIZIONE DEL SITO

Il fabbricato è sito nel Comune di Valsamoggia, nella località di Calcara. Il fabbricato è realizzato in ampliamento all'esistente. Il sito in questione presenta dei vincoli, nello specifico rientra all'interno dell'area di tutela ai sensi dell'art. 142 D. Lgs. 42/2004 (art. 2.40 PSC), all'interno della zona di rispetto del fiume Samoggia.

Per quanto riguarda il RUE, è inquadrato nella tavola VS.RUE.T1.a nella zona AUC.5C "Tessuti insediativi di formazione recente, a media densità"



b) descrizione generale della struttura, sia in elevazione che in fondazione, e della tipologia di intervento, con indicazione delle destinazioni d'uso previste per la costruzione, dettagliate per ogni livello entro e fuori terra, e dei vincoli imposti dal progetto architettonico;

TIPOLOGIA INTERVENTO

Di seguito si descrive esclusivamente l'intervento relativo all'ampliamento di cui sopra. La nuova struttura viene posata su una nuova palte nervata di spessore 25 cm, e il cordolo di dimensioni 12x40 cm. La platea viene realizzata il calcestruzzo armato Rck 25/30 e ferro d'armatura S235.

La struttura in elevazione, sarà realizzata interamente in legno GL24h, le parete XLAM in legno con resistenza C24.

Tale struttura sarà destinato all'utilizzo di asilo nido.

c) Normativa tecnica e riferimenti tecnici utilizzati, tra cui le eventuali prescrizioni sismiche contenute negli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica;

1. D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
2. Circolare 21/01/19, n. 7 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"
3. D.Min. Infrastrutture e trasporti 14 Settembre 2005 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
4. D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
5. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>".
6. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
7. Circolare 4/07/96, n.156AA.GG./STC. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>" di cui al D.M. 16/01/96.
8. Circolare 10/04/97, n.65AA.GG. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/96.
9. D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
10. Circolare 4 Gennaio 1989 n. 30787 "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
11. D.M. LL.PP. 11 Marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
12. D.M. LL.PP. 3 Dicembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
13. UNI 9502 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso - edizione maggio 2001
14. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni e integrazioni.
15. UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.
16. UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici.
17. UNI EN 1991-2:2005 01/03/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti.
18. UNI EN 1991-1-3:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve.
19. UNI EN 1991-1-4:2005 01/07/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
20. UNI EN 1991-1-5:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche.
21. UNI EN 1992-1-1:2005 24/11/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
22. UNI EN 1992-1-2:2005 01/04/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio.
23. UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
24. UNI EN 1993-1-8:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.

25. UNI EN 1994-1-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
26. UNI EN 1994-2:2006 12/01/2006 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti.
27. UNI EN 1995-1-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici.
28. UNI EN 1995-2:2005 01/01/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 2: Ponti.
29. UNI EN 1996-1-1:2006 26/01/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata.
30. UNI EN 1996-3:2006 09/03/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata.
31. UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
32. UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
33. UNI EN 1998-3:2005 01/08/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.
34. UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

d) *definizione dei parametri di progetto che concorrono alla definizione dell'azione sismica di base del sito (vita nominale – V_N , classe d'uso, periodo di riferimento – V_R , categoria del sottosuolo, categoria topografica, amplificazione topografica, zona sismica del sito, coordinate geografiche del sito), delle azioni considerate sulla costruzione e degli eventuali scenari di azioni eccezionali;*

VITA NOMINALE, CLASSI D'USO PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata valutata sulla base delle NTC. Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , come definite al punto § 3.2.1 NTC. Gli spettri sono calcolati 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_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I principali parametri che riguardano la struttura in analisi, nonché i parametri sismici della zona oggetto dell'intervento, sono riassunti di seguito con riferimento ai diversi stati limite.

Tipo di costruzione: Opere ordinarie

Vita nominale: 50

Classe d'uso: Classe III - § 2.4.2 Costruzione il cui uso preveda affollamenti significativi

Coefficiente d'uso C_U : 1,5

Periodo di riferimento ($V_R = V_N \cdot C_U$): 75

Stati Limite	P_{VR}	T_R [anni]	a_g [g]	F_0	T_C^*
SLO – Stato Limite di operatività	81%	45	0,063	2,50	0,27
SLD – Stato Limite di danno	63%	75	0,077	2,49	0,28
SLV – Stato Limite di Salvaguardia Vita	10%	712	0,186	2,39	0,31
SLC – Stato Limite di Collasso	5%	1462	0,231	2,43	0,32

È necessario tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

Si riportano di seguito i parametri relativi al sito che incidono sulla risposta sismica locale.

Categoria di sottosuolo: C - Tab. 3.2.II Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT, 30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u, 30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina)

Categoria topografica: T1 - Tab. 3.2.IV Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente di amplificazione topografica ST: 1,000

Nella seguente tabella vengono riassunti i parametri spettrali utilizzati nel calcolo dell'azione sismica locale.

Stati Limite	S _s	C _c	S	T _a [s]	T _c [s]	T _d [s]
SLO – Stato Limite di operatività	1,50	1,62	1,50	0,14	0,43	1,85
SLD – Stato Limite di danno	1,50	1,61	1,50	0,15	0,44	1,91
SLV – Stato Limite di Salvaguardia Vita	1,43	1,55	1,43	0,16	0,48	2,34
SLC – Stato Limite di Collasso	1,36	1,53	1,36	0,16	0,49	2,52

e) descrizione dei materiali e dei prodotti per uso strutturale, requisiti di resistenza meccanica e di durabilità considerati.

DESCRIZIONE DEI MATERIALI UTILIZZATI

Platea di fondazione:

N _{id}	γ _k	α _{T, i}	E	G	C _{Erid}	Stz	R _{ck}	R _{cm}	%R _{ck}	γ _c	f _{cd}	f _{ctd}	f _{cfm}	N	n Ac
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]		[N/mm ²]	[N/mm ²]			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Cls C25/30_B450C - (C25/30)															
003	25.000	0,000010	31.447	13.103	60	P	30,00	-	0,85	1,50	14,11	1,19	3,07	15	002

LEGENDA:

N _{id}	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ _k	Peso specifico.
α _{T, i}	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
C _{Erid}	Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E _{sisma} = E·C _{Erid}].
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
R _{ck}	Resistenza caratteristica cubica.
R _{cm}	Resistenza media cubica.
%R _{ck}	Percentuale di riduzione della R _{ck}
γ _c	Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.
f _{cd}	Resistenza di calcolo a compressione.
f _{ctd}	Resistenza di calcolo a trazione.
f _{cfm}	Resistenza media a trazione per flessione.
n Ac	Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

MATERIALI ACCIAIO

Caratteristiche acciaio

N _{id}	γ _k	α _{T, i}	E	G	Stz	f _{yk,1} / f _{yk,2}	f _{tk,1} / f _{tk,2}	f _{yd,1} / f _{yd,2}	f _{td}	γ _s	γ _{M1}	γ _{M2}	γ _{M3,SLV}	γ _{M3,SLE}	NCn t	γ _{M7} Cnt
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]							
Acciaio B450C - (B450C)																
002	78.500	0,000010	210.000	80.769	P	450,00 -	-	391,30 -	-	1,15	-	-	-	-	-	-

LEGENDA:

N _{id}	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ _k	Peso specifico.
α _{T, i}	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
f _{tk,1}	Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con t ≤ 40 mm).
f _{tk,2}	Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
f _{td}	Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).
γ _s	Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.
γ _{M1}	Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.
γ _{M2}	Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.
γ _{M3,SLV}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).
γ _{M3,SLE}	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).
γ _{M7}	Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCn = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.
f _{yk,1}	Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con t ≤ 40 mm).
f _{yk,2}	Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).

Caratteristiche acciaio

N _{id}	γ_k	$\alpha_{T,i}$	E	G	Stz	$f_{yk,1}/f_{yk,2}$	$f_{tk,1}/f_{tk,2}$	$f_{yd,1}/f_{yd,2}$	f_{td}	γ_s	γ_{M1}	γ_{M2}	$\gamma_{M3,SLV}$	$\gamma_{M3,SLE}$	γ_{M7} NCn t	Cnt
	[N/m ³]	[1/°C]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]							
f_{yd,1}	Resistenza di calcolo (per profili con t ≤ 40 mm).															
f_{yd,2}	Resistenza di calcolo (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).															
NOTE	[-] = Parametro non significativo per il materiale.															

TENSIONI AMMISSIBILI ALLO SLE DEI VARI MATERIALI

Tensioni ammissibili allo SLE dei vari materiali			
Materiale	SL	Tensione di verifica	$\sigma_{d,amm}$ [N/mm ²]
Acciaio B450C	Caratteristica(RARA)	Trazione Acciaio	360,00
Cls C25/30_B450C	Caratteristica(RARA)	Compressione Calcestruzzo	14,94
	Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	11,21

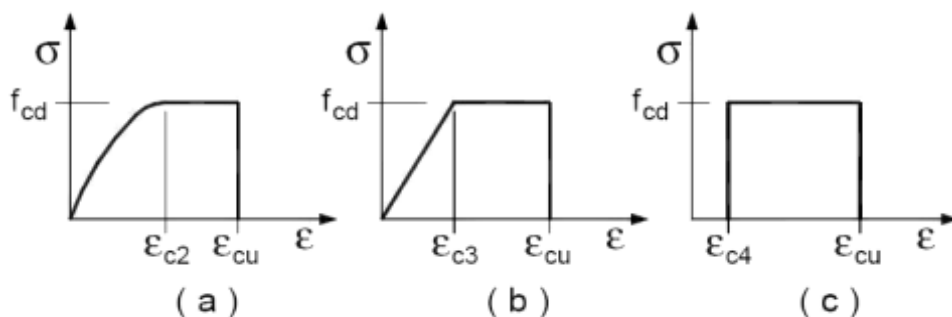
LEGENDA:

SL Stato limite di esercizio per cui si esegue la verifica.
 $\sigma_{d,amm}$ Tensione ammissibile per la verifica.

I valori dei parametri caratteristici dei suddetti materiali sono riportati anche nei "*Tabulati di calcolo*", nella relativa sezione.

Tutti i materiali impiegati dovranno essere comunque verificati con opportune prove di laboratorio secondo le prescrizioni della vigente Normativa.

I diagrammi costitutivi degli elementi in calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al §4.1.2.1.2.1 del D.M. 2018; in particolare per le verifiche effettuate a pressoflessione retta e pressoflessione deviata è adottato il modello riportato in fig. (a).



Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo.

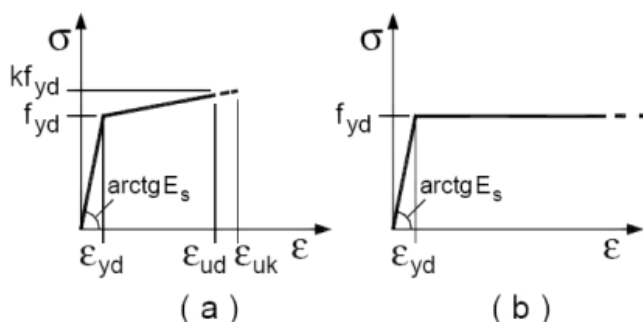
I valori di deformazione assunti sono:

$$\varepsilon_{c2} = 0,0020;$$

$$\varepsilon_{cu2} = 0,0035.$$

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al §4.1.2.1.2.2 del D.M. 2018; in particolare è adottato il modello elastico perfettamente plastico rappresentato in fig. (b).

La resistenza di calcolo è data da f_{yk}/γ_f . Il coefficiente di sicurezza γ_f si assume pari a 1,15.



Materiali legno

I materiali previsti nel progetto sono elencati nelle seguenti tabelle.

Descr. Descrizione

$f_{m,k}$	Resistenza caratteristica a flessione
$f_{t,0,k}$	Resistenza a trazione parallela alla fibratura
$f_{t,90,k}$	Resistenza a trazione ortogonale alla fibratura
$f_{c,0,k}$	Resistenza a compressione parallela alla fibratura
$f_{c,90,k}$	Resistenza a compressione ortogonale alla fibratura
$f_{v,k}$	Resistenza a taglio
$E_{0,mean}$	Modulo elastico medio parallelo alla fibratura
$E_{0,05}$	Modulo elastico caratteristico parallelo alla fibratura
$E_{90,mean}$	Modulo elastico medio ortogonale alla fibratura
G_{mean}	Modulo di taglio
ρ_k	Massa volumica
$f_{v,k,lastra}$	Resistenza a taglio del pannello XLAM a lastra
$f_{R,k}$	Resistenza a taglio per rolling shear
$f_{T,k}$	Resistenza torsione incroci del pannello XLAM
$G_{R,mean}$	Modulo di taglio per rolling shear

Legno lamellare omogeneo

Descr.	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{t,90,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{c,90,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	$E_{0,mean}$ [MPa]	$E_{0,05}$ [MPa]	$E_{90,mean}$ [MPa]	G_{mean} [MPa]	ρ_k [kg/m³]
GL 24h - EN 1194	24	16,5	0,4	24	2,7	2,7	11600	9400	390	720	380

XLAM

Descr	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{t,90,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{c,90,k}$ [MPa]	$f_{v,k,piast}$ [MPa]	$f_{R,k}$ [MPa]	$f_{v,k,lastr}$ [MPa]	$f_{T,k}$ [MPa]	$E_{0,mean}$ [MPa]	$E_{0,05}$ [MPa]	$E_{90,mean}$ [MPa]	G_{mean} [MPa]	$G_{R,mean}$ [MPa]	ρ_k [kg/m³]
C 24 XLAM	24	14,5	0,4	21	2,5	4	0,8	4	2,5	11000	7400	370	690	50	350

f) *illustrazione dei criteri di progettazione e di modellazione: classe di duttilità –CD, regolarità in pianta ed in alzata, tipologia strutturale, fattore di struttura – q e relativa giustificazione, stati limite indagati, giunti di separazione fra strutture contigue, criteri per la valutazione degli elementi non strutturali e degli impianti, requisiti delle fondazioni e collegamenti tra fondazioni, svincolamenti interni e/o esterni, schemi statici adottati;*

Regolarità in altezza:	Sì
Coefficiente di regolarità in altezza K_R :	1,0
Classe di duttilità:	CD "B"
Tipologia strutturale:	Pannelli di parete incollati - Tab. 7.3.II Pannelli di tavole incollate a strati incrociati, collegati mediante chiodi, viti, bulloni
Valore base del fattore di comportamento q_0 :	2,50
Fattore di struttura q relativo allo SLV:	2,50

Gli spettri elastico e di progetto allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita sono rappresentati sotto.

Combinazioni di carico utilizzate

Combinazioni SLU verticali

Nella seguente tabella si riportano le combinazioni di carico SLU significative per le verifiche in condizioni di carico verticale. I valori dei coefficienti riportati corrispondono al prodotto dei coefficienti parziali di sicurezza γ_j per gli eventuali coefficienti di combinazione ψ_{0j} .

L'azione del vento, che contribuisce a sollecitare le pareti, è schematizzata con un carico uniforme ortogonale a ciascuna delle pareti esterne.

Nome	Durata	G1	G2	Q cat.H	Neve	Vento orto	Vento X	Vento Y	Dinamica SLV X	Dinamica SLV Y	Dinamica SLO X	Dinamica SLO Y
SLU 1	Permanente	1	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 2	Media	1	0,8	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 3	Breve	1	0,8	1,5	0,75	0	0	0	0	0	0	0
SLU 4	Istantanea	1	0,8	1,5	0	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 5	Istantanea	1	0,8	1,5	0,75	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 6	Breve	1	0,8	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0
SLU 7	Istantanea	1	0,8	0	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 8	Istantanea	1	0,8	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0
SLU 9	Istantanea	1	0,8	0	0,75	1,5	0	0	0	0	0	0
SLU 10	Permanente	1	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 11	Media	1	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 12	Breve	1	1,5	1,5	0,75	0	0	0	0	0	0	0
SLU 13	Istantanea	1	1,5	1,5	0	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 14	Istantanea	1	1,5	1,5	0,75	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 15	Breve	1	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0
SLU 16	Istantanea	1	1,5	0	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 17	Istantanea	1	1,5	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0
SLU 18	Istantanea	1	1,5	0	0,75	1,5	0	0	0	0	0	0
SLU 19	Permanente	1,3	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 20	Media	1,3	0,8	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 21	Breve	1,3	0,8	1,5	0,75	0	0	0	0	0	0	0
SLU 22	Istantanea	1,3	0,8	1,5	0	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 23	Istantanea	1,3	0,8	1,5	0,75	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 24	Breve	1,3	0,8	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0
SLU 25	Istantanea	1,3	0,8	0	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 26	Istantanea	1,3	0,8	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0
SLU 27	Istantanea	1,3	0,8	0	0,75	1,5	0	0	0	0	0	0
SLU 28	Permanente	1,3	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 29	Media	1,3	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU 30	Breve	1,3	1,5	1,5	0,75	0	0	0	0	0	0	0

SLU 31	Istantanea	1,3	1,5	1,5	0	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 32	Istantanea	1,3	1,5	1,5	0,75	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 33	Breve	1,3	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0
SLU 34	Istantanea	1,3	1,5	0	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0
SLU 35	Istantanea	1,3	1,5	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0
SLU 36	Istantanea	1,3	1,5	0	0,75	1,5	0	0	0	0	0	0

Combinazioni SLU orizzontali

Nella seguente tabella si riportano le combinazioni di carico SLU significative per le verifiche in condizioni di carico orizzontale. I valori dei coefficienti riportati corrispondono al prodotto dei coefficienti parziali di sicurezza γ_j per gli eventuali coefficienti di combinazione ψ_{0j} .

L'azione del vento è considerata agire separatamente nelle direzioni x, -x, y, -y.

Nome	Durata	G1	G2	Q cat.H	Neve	Vento orto	Vento X	Vento Y	Dinamica SLV X	Dinamica SLV Y	Dinamica SLO X	Dinamica SLO Y
SLU orizzontale 1	Istantanea	1	0,8	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0
SLU orizzontale 2	Istantanea	1	0,8	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0
SLU orizzontale 3	Istantanea	1	0,8	0	0	0	-1,5	0	0	0	0	0
SLU orizzontale 4	Istantanea	1	0,8	0	0	0	0	-1,5	0	0	0	0
SLU orizzontale 5	Istantanea	1,3	1,5	0	0,75	0	1,5	0	0	0	0	0
SLU orizzontale 6	Istantanea	1,3	1,5	0	0,75	0	0	1,5	0	0	0	0
SLU orizzontale 7	Istantanea	1,3	1,5	0	0,75	0	-1,5	0	0	0	0	0
SLU orizzontale 8	Istantanea	1,3	1,5	0	0,75	0	0	-1,5	0	0	0	0

Combinazioni SLE rare

Nella seguente tabella si riportano le combinazioni di carico SLE rare.

Nome	Durata	G1	G2	Q cat.H	Neve	Vento orto	Vento X	Vento Y	Dinamica SLV X	Dinamica SLV Y	Dinamica SLO X	Dinamica SLO Y
SLE rara 1	Permanente	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLE rara 2	Media	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
SLE rara 3	Breve	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0
SLE rara 4	Istantanea	1	1	1	0	0,6	0	0	0	0	0	0
SLE rara 5	Istantanea	1	1	1	0,5	0,6	0	0	0	0	0	0
SLE rara 6	Breve	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
SLE rara 7	Istantanea	1	1	0	1	0,6	0	0	0	0	0	0
SLE rara 8	Istantanea	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
SLE rara 9	Istantanea	1	1	0	0,5	1	0	0	0	0	0	0

Combinazioni sismiche

Nelle verifiche sismiche si utilizzano le combinazioni di carico proposte dalle NTC. Se la risposta viene valutata mediante analisi statica o dinamica in campo lineare, essa può essere calcolata separatamente per ciascuna delle tre componenti. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc.) sono combinati successivamente, applicando la seguente espressione:

$$1,00 \cdot E_x + 0,3 \cdot E_y$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

Combinazioni per lo stato limite di operatività (SLO)

Nome	Durata	G1	G2	Q cat.H	Neve	Vento orte	Vento X	Vento Y	Dinamica SLV X	Dinamica SLV Y	Dinamica SLO X	Dinamica SLO Y
Dinamica SLO 1 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,3
Dinamica SLO 1 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,3
Dinamica SLO 1 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,3
Dinamica SLO 1 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,3
Dinamica SLO 2 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	-0,3
Dinamica SLO 2 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	-0,3
Dinamica SLO 2 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	-0,3
Dinamica SLO 2 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	-0,3
Dinamica SLO 3 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0,3
Dinamica SLO 3 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0,3
Dinamica SLO 3 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0,3
Dinamica SLO 3 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0,3
Dinamica SLO 4 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-0,3
Dinamica SLO 4 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-0,3
Dinamica SLO 4 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-0,3
Dinamica SLO 4 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-0,3
Dinamica SLO 5 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1
Dinamica SLO 5 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1
Dinamica SLO 5 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1
Dinamica SLO 5 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1
Dinamica SLO 6 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	-1
Dinamica SLO 6 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	-1
Dinamica SLO 6 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	-1
Dinamica SLO 6 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,3	-1
Dinamica SLO 7 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	1
Dinamica SLO 7 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	1
Dinamica SLO 7 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	1
Dinamica SLO 7 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	1
Dinamica SLO 8 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	-1
Dinamica SLO 8 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	-1
Dinamica SLO 8 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	-1
Dinamica SLO 8 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	-1

Combinazioni per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV)

Nome	Durata	G1	G2	Q cat.H	Neve	Vento orto	Vento X	Vento Y	Dinamica SLV X	Dinamica SLV Y	Dinamica SLO X	Dinamica SLO Y
Dinamica SLV 1 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	1	0,3	0	0
Dinamica SLV 1 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	1	0,3	0	0
Dinamica SLV 1 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	1	0,3	0	0
Dinamica SLV 1 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	1	0,3	0	0
Dinamica SLV 2 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	1	-0,3	0	0
Dinamica SLV 2 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	1	-0,3	0	0
Dinamica SLV 2 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	1	-0,3	0	0
Dinamica SLV 2 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	1	-0,3	0	0
Dinamica SLV 3 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-1	0,3	0	0
Dinamica SLV 3 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-1	0,3	0	0
Dinamica SLV 3 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-1	0,3	0	0
Dinamica SLV 3 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-1	0,3	0	0
Dinamica SLV 4 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-1	-0,3	0	0
Dinamica SLV 4 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-1	-0,3	0	0
Dinamica SLV 4 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-1	-0,3	0	0
Dinamica SLV 4 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-1	-0,3	0	0
Dinamica SLV 5 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0,3	1	0	0
Dinamica SLV 5 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0,3	1	0	0
Dinamica SLV 5 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0,3	1	0	0
Dinamica SLV 5 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0,3	1	0	0
Dinamica SLV 6 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0,3	-1	0	0
Dinamica SLV 6 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0,3	-1	0	0
Dinamica SLV 6 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0,3	-1	0	0
Dinamica SLV 6 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	0,3	-1	0	0
Dinamica SLV 7 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-0,3	1	0	0
Dinamica SLV 7 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-0,3	1	0	0
Dinamica SLV 7 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-0,3	1	0	0
Dinamica SLV 7 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-0,3	1	0	0
Dinamica SLV 8 ex+ ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-0,3	-1	0	0
Dinamica SLV 8 ex+ ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-0,3	-1	0	0
Dinamica SLV 8 ex- ey+	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-0,3	-1	0	0
Dinamica SLV 8 ex- ey-	Istantanea	1	1	0	0	0	0	0	-0,3	-1	0	0

g) Indicazione delle principali combinazioni delle azioni in relazione agli SLU e SLE indagati: coefficienti parziali per le azioni, coefficienti di combinazione;

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

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

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

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

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

essendo:

G_1 i carichi permanenti strutturali

G_2 il peso proprio degli elementi non strutturali

Q_1 il valore caratteristico dell'azione variabile ritenuta principale

Q_{ki} il valore caratteristico della i-esima azione variabile

Per quanto riguarda invece i coefficienti:

γ_{G1} è il coefficiente parziale per i carichi permanenti strutturali

γ_{G2} è il coefficiente parziale per i carichi permanenti non strutturali

Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi sia ben definita in fase di progetto, per essi si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Si riportano i valori dei coefficienti di combinazione utilizzati relativamente ai diversi carichi agenti.

Nome carico	Descrizione	Durata	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Q cat.A	Variabile cat A: Ambienti ad uso residenziale	Media	0,7	0,5	0,3
Q cat.B	Variabile cat B: Uffici	Media	0,7	0,5	0,3
Q cat.C	Variabile cat C: Ambienti suscettibili di affollamento	Media	0,7	0,7	0,6
Q cat.D	Variabile cat D: Ambienti ad uso commerciale	Media	0,7	0,7	0,6
Q cat.E	Variabile cat E: Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale	Lunga	1	0,9	0,8
Q cat.F	Variabile cat F: Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	Lunga	0,7	0,7	0,6
Q cat.G	Variabile cat G: Aree per traffico e parcheggio (per autoveicoli di peso > 30 kN e < 160 kN)	Lunga	0,7	0,5	0,3
Q cat.H	Variabile cat H: Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	Media	0	0	0
Q cat.I-A	Variabile cat. I-A: Coperture praticabili di ambienti di categoria A	Media	0,7	0,5	0,3
Q cat.I-B	Variabile cat I-B: Coperture praticabili di ambienti di categoria B	Media	0,7	0,5	0,3
Q cat.I-C	Variabile cat I-C: Coperture praticabili di ambienti di categoria C	Media	0,7	0,7	0,6
Q cat.I-D	Variabile cat I-D: Coperture praticabili di ambienti di categoria D	Media	0,7	0,7	0,6
Q cat.I-E	Variabile cat I-E: Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale	Media	1	0,9	0,8
Vento orto	Carico vento	Istantanea	0,6	0,2	0
Neve	Carico neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	Breve	0,5	0,2	0
Neve	Carico neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	Media	0,7	0,5	0,2

h) indicazione motivata del metodo di analisi seguito per l'esecuzione della stessa: analisi lineare o non lineare (precisazioni del fattore $\square = P \cdot d / V \cdot h$), analisi statica o dinamica.

Nel dettaglio deve essere esplicitato se trattasi di:

- analisi lineare statica,
- analisi lineare dinamica (numero di modi considerati e relative masse partecipanti),
- analisi non lineare statica
- analisi non lineare dinamica (accelerogrammi adottati)
- altro, riportando la sintesi dei principali risultati;

Analisi modale

L'analisi modale porta alla determinazione dei modi di vibrare della struttura, che forniscono importanti informazioni sul comportamento sismico dell'edificio e sono alla base dell'analisi dinamica lineare.

La determinazione dei modi di vibrare implica la risoluzione del problema agli autovalori generalizzato:

$$[K - \Omega^2 M] \Phi = 0$$

dove K è la matrice di rigidezza, M la matrice delle masse, Ω^2 è la matrice diagonale degli autovalori e Φ è la matrice dei corrispondenti autovettori o modi di vibrare (massa normalizzati); le masse sismiche dei singoli piani sono calcolate sulla base della seguente combinazione dei carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

Il singolo autovalore, ricavato dalla soluzione del problema agli autovalori generalizzato, è pari al quadrato della pulsazione angolare ω legata al periodo, T , e la frequenza, f , secondo le relazioni:

$$T = \frac{1}{f} \text{ e } f = \frac{\omega}{2\pi}$$

A ciascun modo i -esimo è associata una massa partecipante nelle due direzioni principali X e Y e attorno all'asse verticale Z pari a:

$$M_x^i = \frac{m_x^i}{\sum m_{x,j}} [\%]$$

$$M_y^i = \frac{m_y^i}{\sum m_{y,j}} [\%]$$

$$M_z^i = \frac{m_z^i}{\sum I_{z,j}} [\%]$$

dove:

$$m_x^i = \frac{([\Phi^i]^T M R_x)^2}{[\Phi^i]^T M \Phi^i}$$

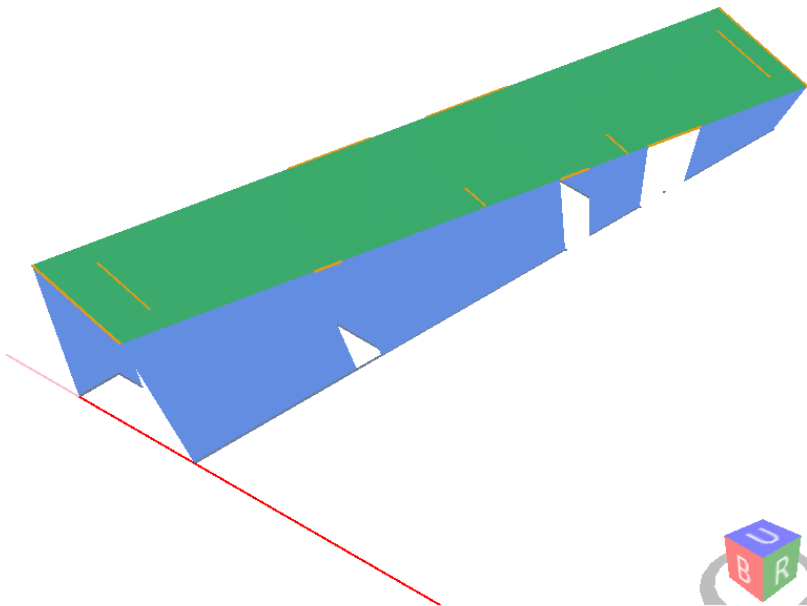
$$m_y^i = \frac{([\Phi^i]^T M R_y)^2}{[\Phi^i]^T M \Phi^i}$$

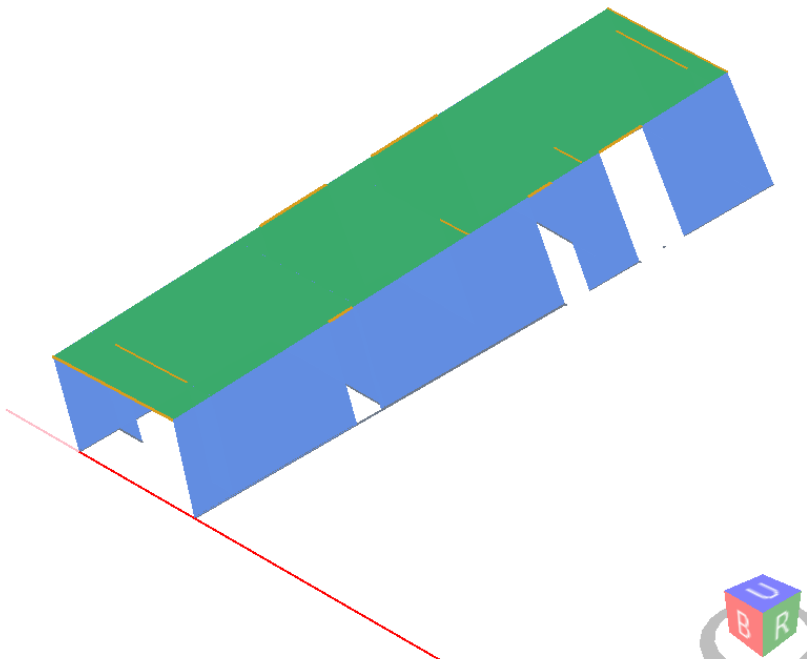
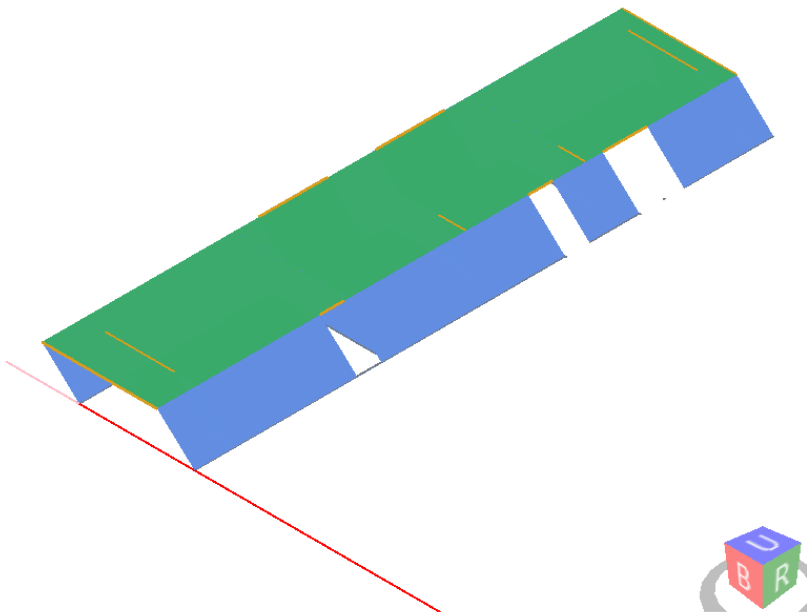
$$m_z^i = \frac{([\Phi^i]^T M R_z)^2}{[\Phi^i]^T M \Phi^i}$$

e in cui $\sum m_{x,j}$, $\sum m_{y,j}$ e $\sum I_{z,j}$ rappresentano la somma delle masse agenti in direzione X e Y e delle masse polari di tutti i j -esimi gradi di libertà non vincolati della struttura.

Modo di vibrare	Periodo [s]	Frequenza [Hz]	M _x [%]	Somma M _x [%]	M _y [%]	Somma M _y [%]	M _z [%]	Somma M _z [%]
Modo 1	0,14	6,95	3,77	3,77	0,01	0,01	96,22	96,22
Modo 2	0,13	7,46	96,23	100,00	0,00	0,01	3,77	99,99
Modo 3	0,08	12,73	0,00	100,00	99,99	100,00	0,01	100,00

In tabella sono riportati, limitatamente ai primi sei modi di vibrare, il periodo corrispondente e la deformata modale.

Modo di vibrare	Periodo [s]	Deformata modale
Modo 1	0,14	

<p>Modo 2</p>	<p>0,13</p>	
<p>Modo 3</p>	<p>0,08</p>	

Analisi dinamica lineare

L'analisi dinamica lineare consiste:

- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare ricavato dall'analisi modale;

- nella combinazione di questi effetti.

Il calcolo degli effetti dell'azione sismica si basa sull'applicazione delle forze esterne equivalenti alla struttura secondo la formulazione seguente:

$$\mathbf{F}_x^i = \Gamma_x^i S_d(T_i) \mathbf{M} \Phi^i$$

e

$$\mathbf{F}_y^i = \Gamma_y^i S_d(T_i) \mathbf{M} \Phi^i$$

dove:

\mathbf{F}_x^i e \mathbf{F}_y^i sono le forze esterne riferite all'*i-esimo* modo di vibrare e dovute all'azione sismica agente rispettivamente lungo X e lungo Y

$S_d(T_i)$ è l'ordinata dello spettro di progetto corrispondente al periodo *i-esimo*

Φ^i è il modo di vibrare *i-esimo*

Γ_x^i e Γ_y^i sono i coefficienti di partecipazione dell'*i-esimo* modo di vibrare definiti come:

$$\Gamma_x^i = \frac{[\Phi^i]^T \mathbf{M} \mathbf{R}_x}{[\Phi^i]^T \mathbf{M} \Phi^i} \text{ e } \Gamma_y^i = \frac{[\Phi^i]^T \mathbf{M} \mathbf{R}_y}{[\Phi^i]^T \mathbf{M} \Phi^i}$$

La combinazione degli effetti relativi ai singoli modi è eseguita utilizzando una combinazione quadratica completa degli effetti relativi a ciascun modo, così come definita nell'espressione seguente:

$$E = \left(\sum_j \sum_i \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j \right)^{1/2}$$

con:

E_j valore dell'effetto relativo al modo j;

ρ_{ij} coefficiente di correlazione tra il modo i e il modo j, calcolato con la formula:

$$\rho_{ij} = \frac{8 \xi^2 \beta_{ij}^{3/2}}{(1 + \beta_{ij})[(1 - \beta_{ij})]}$$

ξ smorzamento viscoso dei modi i e j;

β_{ij} è il rapporto tra l'inverso dei periodi di ciascuna coppia i-j di modi ($\beta_{ij} = T_j/T_i$).

Nella tabella seguente si riportano le proprietà degli impalcati della struttura.

Impalcato	Quota del baricentro dell'impalcato rispetto al piano di imposta [m]	xG,sisma [m]	yG,sisma [m]	Eccentricità accidentale ex [m]	Eccentricità accidentale ey [m]	Massa i [kg]
1	2,96	2,38	11,91	0,24	1,19	47069

In tabella sono riportati, per ciascun modo di vibrare, il periodo corrispondente e l'ordinata spettrale agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita e agli Stati Limite di Danno.

Modo di vibrare	Periodo [s]	Ordinata spettro SLV [g]	Ordinata spettro SLD [g]
Modo 1	0,15	0,26	0,23
Modo 2	0,13	0,26	0,22
Modo 3	0,08	0,26	0,17

i) Criteri di verifica agli stati limite indagati, in presenza di azione sismica:

- **stati limite ultimi, in termini di resistenza, di duttilità e di capacità di deformazione,**
- **stati limite di esercizio, in termini di resistenza e di contenimento del danno agli elementi non strutturali;**

Le prestazioni attese e la sicurezza dell'opera sono state valutate in base agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale .

In particolare :

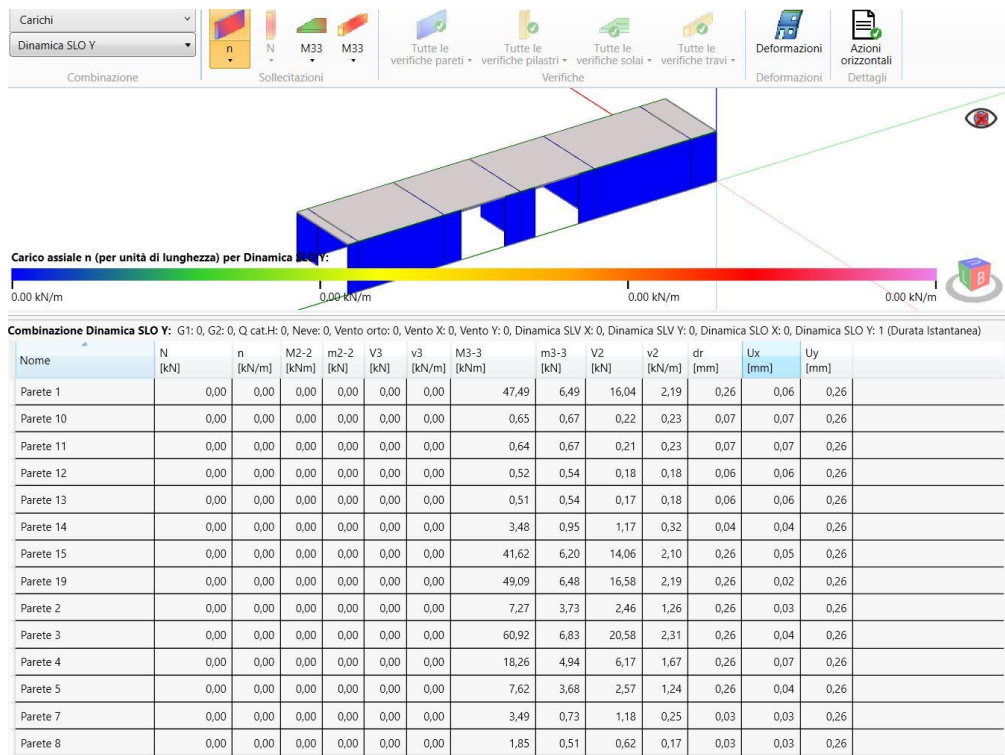
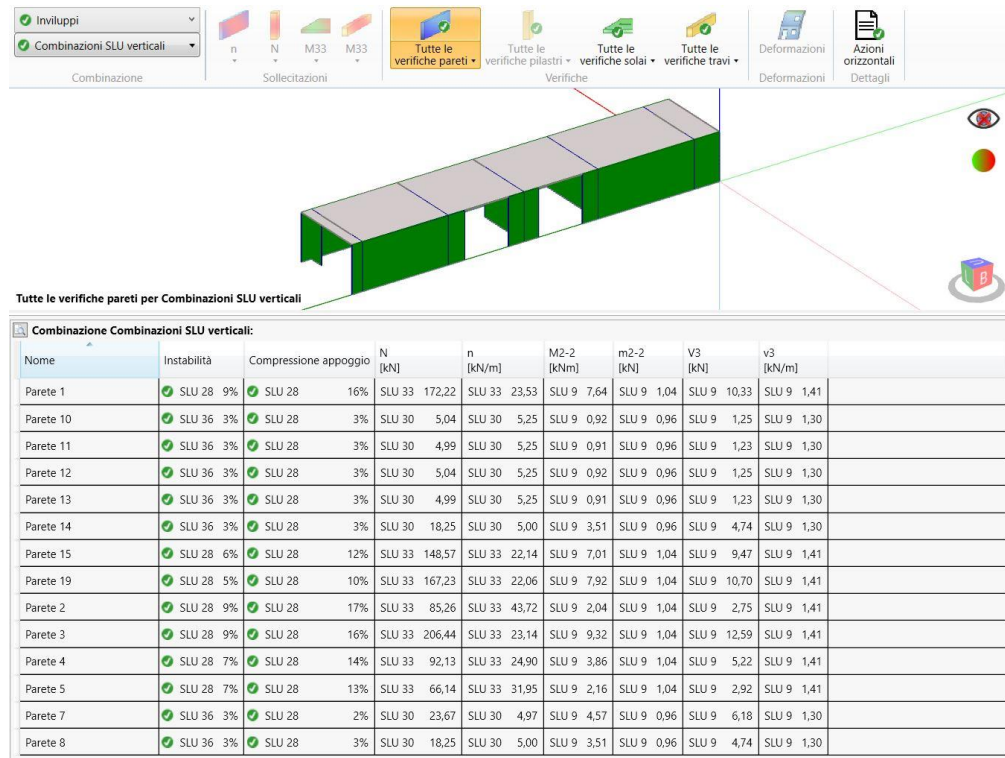
- Sicurezza nei confronti degli stati limiti ultimi, **(SLU)** ottenendo le verifiche di resistenza degli elementi strutturali.
- Sicurezza nei confronti degli stati limiti di esercizio, **(SLE)** massime deformazioni a lungo medio e breve termine, si riportano le deformate della struttura per le condizioni Rare Frequenti Quasi permanenti rilevandole di modesta entità.
- Sicurezza nei confronti dello stato limite di danno, **(SLD)** riportando la deformata della struttura allo stato limite di danno per verificare che i movimenti siano minori di quelli ammissibili per tamponamenti non fragili collegati alla struttura.

Si riportano inoltre le deformazioni per ogni condizione di carico utilizzata

Infine, per mantenere i livelli di sicurezza durante la vita dell'opera, per quanto riguarda la durabilità, si sono presi tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture, in considerazione dell'ambiente in cui l'opera dovrà vivere e dei cicli di carico a cui sarà sottoposta.

Trattandosi di una struttura non dissipativa, non sono previsti particolari accorgimenti per garantire la duttilità di sistema.

j) rappresentazione delle configurazioni deformate e delle caratteristiche di sollecitazione delle strutture più significative, così come emergenti dai risultati dell'analisi, sintesi delle verifiche di sicurezza, e giudizio motivato di accettabilità dei risultati;

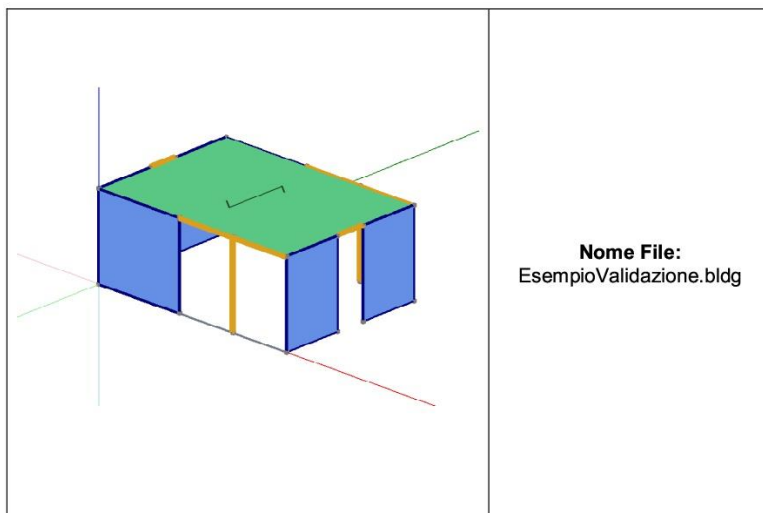


deformazione

k) *caratteristiche e affidabilità del codice di calcolo;*

TimberTech Buildings

Validazione del Software

ESEMPIO 11: CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI NELLE TRAVI**IPOTESI DI VALIDAZIONE**

Nell'esempio si prende in considerazione una trave costituita da due campate di eguale luce, pari a 2 m. I valori massimi delle sollecitazioni nella trave si determinano considerando diverse configurazioni a scacchiera dei carichi massimo q_{max} e minimo q_{min} . Il carico massimo si computa combinando i vari carichi applicati alla trave direttamente o indirettamente (attraverso il solaio soprastante), assumendo che agiscano a *sfavore di sicurezza*. Il carico minimo si computa considerando gli stessi carichi agenti a *favore di sicurezza*. Nell'esempio si è fatto riferimento alla seguente combinazione di carico (*combinazione 31*):

Carico	G ₁	G ₂	Variabile cat. H	Neve	Vento
Coefficiente	1,3	1,5	1,5	0	0

I carichi distribuiti q_{max} e q_{min} assumono i valori:

- $q_{max} = 10,70 \text{ kN/m}$
- $q_{min} = 0,19 + 0,80 + 0,8 \cdot 5,02 = 5,01 \text{ kN/m}$

VALIDAZIONE INDIPENDENTE**SCACCHIERE 1/2**

Data la simmetria della trave, è sufficiente risolvere la trave con riferimento ad una delle due configurazioni di carico.

- **Momento flettente:** il momento agli appoggi ed il momento massimo in campata assumono i seguenti valori:

$$M_A = M_C = 0$$

$$M_B = -\frac{q_{max} \cdot l_1^3 + q_{min} \cdot l_2^3}{8 \cdot (l_1 + l_2)} = -\frac{10,70 \times 2^3 + 5,01 \times 2^3}{8 \cdot (2 + 2)} = -3,93 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} M_{max,campata1} &= \frac{q_{max} \cdot l_1^2}{8} + \frac{M_B}{2} \cdot \left[-\frac{M_B}{q_{max} \cdot l_1^2} + 1 \right] = \\ &= \frac{10,70 \times 2^2}{8} - \frac{3,93}{2} \times \left[-\frac{3,93}{10,70 \cdot 2^2} + 1 \right] = 3,57 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- **Reazioni vincolari:** le reazioni vincolari assumono i seguenti valori:

$$V_A = \frac{q_{max} \cdot l_1}{2} + \frac{M_B}{l_1} = \frac{10,70 \times 2}{2} - \frac{3,93}{2} = 8,74 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_B &= \frac{q_{max} \cdot l_1}{2} + \frac{q_{min} \cdot l_2}{2} - M_B \cdot \left[\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} \right] = \\ &= \frac{10,70 \times 2}{2} + \frac{5,01 \times 2}{2} + 3,93 \times \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right] = 19,63 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_C = \frac{q_{min} \cdot l_2}{2} + \frac{M_B}{l_2} = \frac{5,01 \times 2}{2} - \frac{3,93}{2} = 3,04 \text{ kN}$$

- **Taglio:** il taglio in corrispondenza degli appoggi di estremità assume valori pari alle reazioni vincolari, mentre il taglio a destra e a sinistra dell'appoggio centrale assume i valori:

$$T_{B,sx} = V_A - q_{max} \cdot l_1 = 8,74 - 10,70 \times 2 = -12,66 \text{ kN}$$

$$T_{B,dx} = -V_C + q_{min} \cdot l_2 = -3,04 + 5,01 \times 2 = 6,97 \text{ kN}$$

SCACCHIERA 3

- **Reazioni vincolari:** le reazioni vincolari assumono i seguenti valori:

$$V_A = V_C = 0,375 \cdot q_{max} \cdot l = 0,375 \times 10,70 \times 2 = 8,03 \text{ kN}$$

$$V_B = 1,25 \cdot q_{max} \cdot l = 1,25 \times 10,70 \times 2 = 26,75 \text{ kN}$$

- **Taglio:** il taglio in corrispondenza degli appoggi di estremità assume valori pari alle reazioni vincolari, mentre il taglio a destra e a sinistra dell'appoggio centrale assume i valori:

$$T_{B,sx} = -0,625 \cdot q_{max} \cdot l = -0,625 \times 10,70 \times 2 = -13,38 \text{ kN}$$

$$T_{B,dx} = 0,625 \cdot q_{max} \cdot l = 0,625 \times 10,70 \times 2 = 13,38 \text{ kN}$$

- **Momento flettente:** il momento agli appoggi ed il momento massimo in campata assumono i seguenti valori:

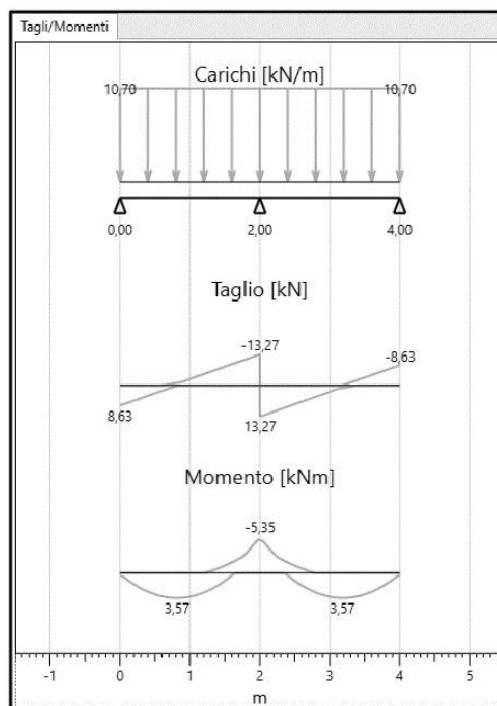
$$M_A = M_C = 0$$

$$M_B = -\frac{1}{8} \cdot q_{max} \cdot l^2 = -\frac{1}{8} \times 10,70 \times 2^2 = -5,35 \text{ kNm}$$

$$M_{max,campata} = \frac{1}{14,3} \cdot q_{max} \cdot l^2 = \frac{1}{14,3} \times 10,70 \times 2^2 = 2,99 \text{ kNm}$$

RISULTATI FORNITI DAL SOFTWARE

- Taglio massimo positivo appoggio A: 8,63 kN
- Taglio massimo positivo appoggio B: 13,27 kN
- Taglio massimo negativo appoggio B: -13,27 kN
- Momento massimo in campata: 3,57 kNm
- Momento massimo all'appoggio B: -5,35 kNm



CONFRONTO DEI RISULTATI

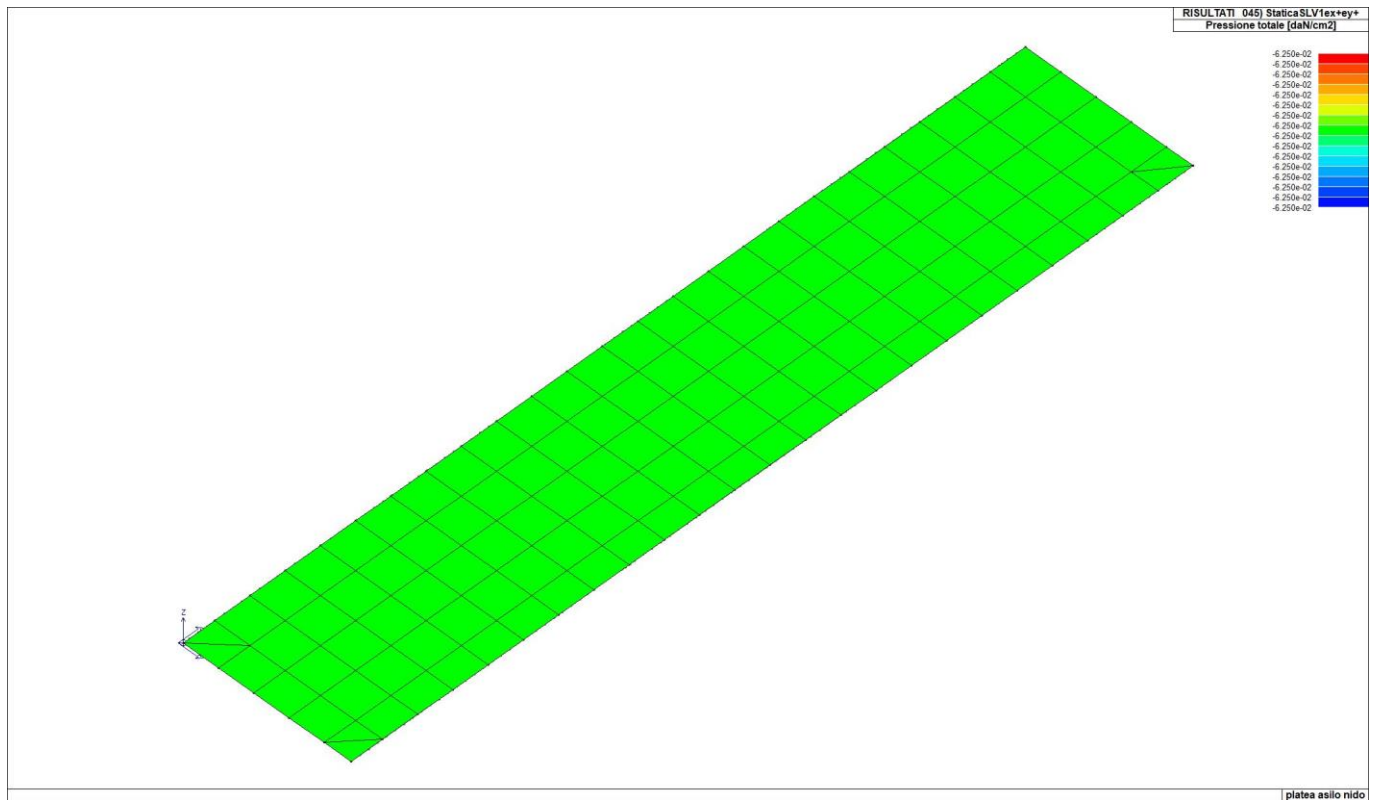
Si procede al confronto fra i valori massimi positivi e negativi assunti dalle sollecitazioni con riferimento alle configurazioni di carico considerate e gli omologhi valori delle sollecitazioni calcolati dal software e riportati in corrispondenza dei diagrammi di inviluppo:

Parametro validato	Validazione indipendente	Software	Errore percentuale
T_A	8,74 kN	8,63 kN	1,3%
$T_{B,sx}$	-13,38 kN	-13,27 kN	0,8%
$T_{B,dx}$	13,38 kN	13,27 kN	0,8%
$M_{max,campata}$	3,57 kNm	3,57 kNm	0%
$M_{max,appoggio}$	-5,35 kNm	-5,35 kNm	0%

CONCLUSIONI

Dal confronto si evince come i risultati forniti dal software approssimino con sufficiente accuratezza i risultati ottenuti mediante validazione indipendente. Gli errori rilevati sono da attribuirsi a differenti criteri di arrotondamento assunti in sede di validazione manuale rispetto a quelli assunti dal software.

l) *Con riferimento alle strutture geotecniche o di fondazione: fasi di realizzazione dell'opera (se pertinenti), sintesi delle massime pressioni attese, cedimenti e spostamenti assoluti/differenziali, distorsioni angolari, verifiche di stabilità terreno-fondazione eseguite, ed altri aspetti e risultati significativi della progettazione di opere particolari*



m) *indicazione della categoria di intervento previsto e motivazione della scelta adottata*

La realizzazione dell'intervento si classifica come un intervento di Nuova Costruzione.

n) *descrizione della struttura esistente nel suo insieme, delle eventuali interazioni con altre unità strutturali e delle modalità con cui di ciò si è tenuto conto, dei principali interventi realizzati nel tempo, nonché sintesi delle vulnerabilità riscontrate, derivanti dal rilievo strutturale.*

Non pertinente per la realizzazione dell'ampliamento

o) *definizione delle proprietà meccaniche dei materiali costituenti le strutture interessate dall'intervento, in relazione ad eventuali indagini specialistiche condotte o ad altro materiale disponibile, e conseguente determinazione dei livelli di conoscenza e dei corrispondenti fattori di confidenza.*

Non pertinente per la realizzazione dell'ampliamento

p) *Risultati più significativi emersi dal confronto tra i livelli di sicurezza pre e post intervento, in condizioni statiche e sismiche.*

Non pertinente per la realizzazione dell'ampliamento

Bomporto, 18/04/2023



A circular professional stamp for the Province of Modena, containing the text: "INGEGNERI PROVINCIA DI MODENA", "ING. VALENTINA VETRUGNO", "Sezione A", "Settore civile e ambientale", and "N. 3365". Below the stamp is a handwritten signature in black ink. Underneath the signature is a horizontal line, and below that, the text "Il Tecnico".

Il Tecnico