

BONA ENERGIA S.r.l

Via G. Boccaccio 7 - 20123 Milano (MI)



Regione Siciliana

Assessorato Regionale dell'Energia e dei servizi di pubblica utilità
Dipartimento dell'Energia

Realizzazione di parco fotovoltaico della potenza complessiva di 98.89 MW
e relativo cavidotto da realizzarsi nel territorio del comune di Catania,
c/da Sigona



Elaborato : Relazione strutture

Progettazione		R_S
dott ing Giuseppe De Luca	Geologia: _____	
		Formato A4
		Scala
		Note
		Data
		Note
		Data emissione febbraio 2024
Ambiente: _____	Collaborazione alla progettazione	
	dott ing Chiara Morello	geom. Antonio Lanza

RELAZIONE DI CALCOLO

Sommaro:

Descrizione generale dell'opera	3
Normativa di riferimento	3
Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento	3
Materiali impiegati e resistenze di calcolo	4
Terreno di fondazione	5
Analisi dei carichi	5
Valutazione dell'azione sismica	5
Spettri di risposta	6
Spettri di risposta	7
Elementi di fondazione	9
Metodo di analisi e criteri di verifica	9
Percentuali Spostamento masse impalcati	10
Combinazioni del Sisma in X e Y e Verticale	10
Percentuali Spostamento masse impalcati	10
Combinazioni del Sisma in X e Y e Verticale	11
Azioni sulla struttura	11
Scenario di calcolo	12
Scenario di calcolo	16
Codice di calcolo impiegato	20
Verifica degli elementi strutturali	20
Validazione del calcolo	21
Informazioni dell'elaborazione	21
Risultati Analisi Dinamica - Statistiche matrice di rigidezza	21
Risultati Analisi Dinamica - Statistiche matrice di rigidezza	22

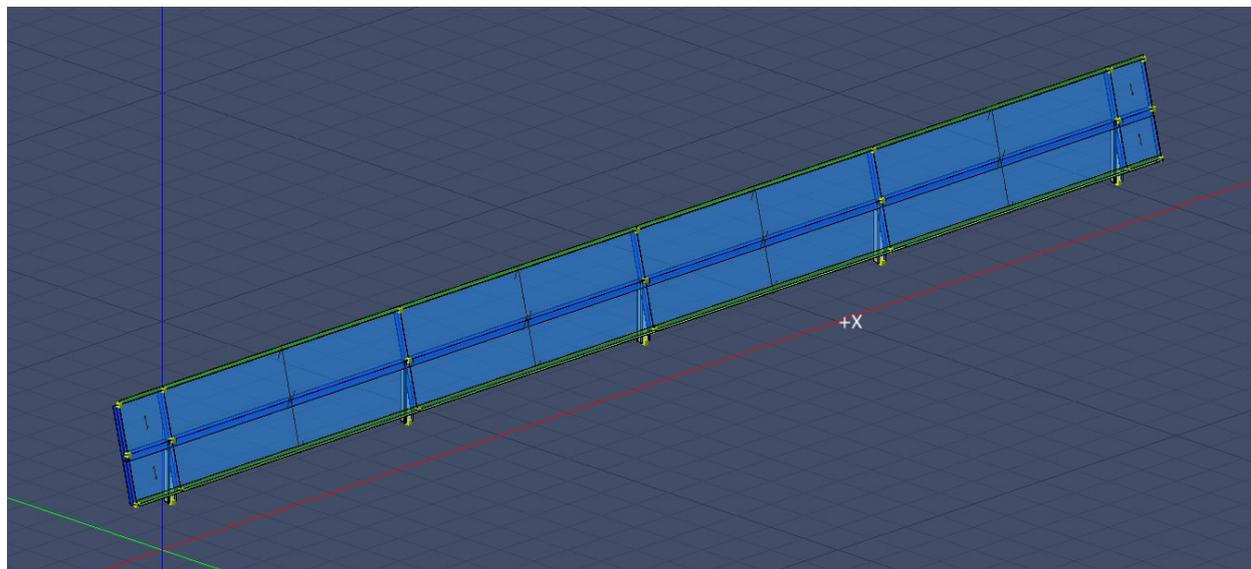
Il Progettista

Descrizione generale dell'opera

La struttura oggetto del presente calcolo è ubicata a Catania contrada Sigona.

La struttura, è relativa ad un tracker con inseguitore monoassiale a supporto di moduli fotovoltaici

Viene riportata di seguito una vista assonometrica, allo scopo di consentire una migliore comprensione della struttura oggetto della presente relazione:



Normativa di riferimento

Nel seguente elenco sono riportate le norme di riferimento secondo le quali sono state condotte le fasi di calcolo e verifica degli elementi strutturali:

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

Legge regionale

L.R 16/2016

D.M. 17.01.2018 (Aggiornamento "Norme tecniche per le costruzioni")

Nel seguito denominate NT (norme tecniche)

Nel caso in cui la progettazione coinvolga anche azioni di tipo geotecnico, le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) sono state condotte adottando l'Approccio Progettuale 2 previsto dalle NT.

Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento

La costruzione in oggetto è definita dalla seguente tipologia (p.to 2.4 delle NT):

Vita della struttura	
Tipo	Opere ordinarie (50-100)
Vita nominale VN [anni]	50.0
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso CU	1.000

Periodo di riferimento VR [anni]	50.000
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite di esercizio - SLD	63.0%
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite ultimo - SLV	10.0%
Periodo di ritorno TR SLD [anni]	50.0
Periodo di ritorno TR SLV [anni]	475.0

Per maggiori dettagli riguardo l'azione sismica si veda la definizione degli spettri di risposta

La costruzione in oggetto è definita dalla seguente tipologia (p.to 2.4 delle NT):

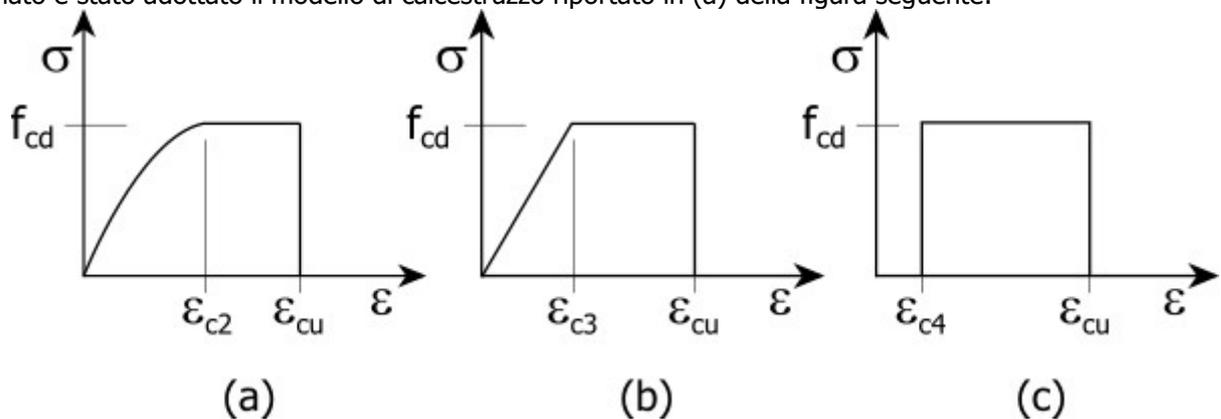
Vita della struttura	
Tipo	Opere ordinarie (50-100)
Vita nominale VN [anni]	50.0
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso CU	1.000
Periodo di riferimento VR [anni]	50.000
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite di esercizio - SLD	63.0%
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite ultimo - SLV	10.0%
Periodo di ritorno TR SLD [anni]	50.0
Periodo di ritorno TR SLV [anni]	475.0

Per maggiori dettagli riguardo l'azione sismica si veda la definizione degli spettri di risposta

Materiali impiegati e resistenze di calcolo

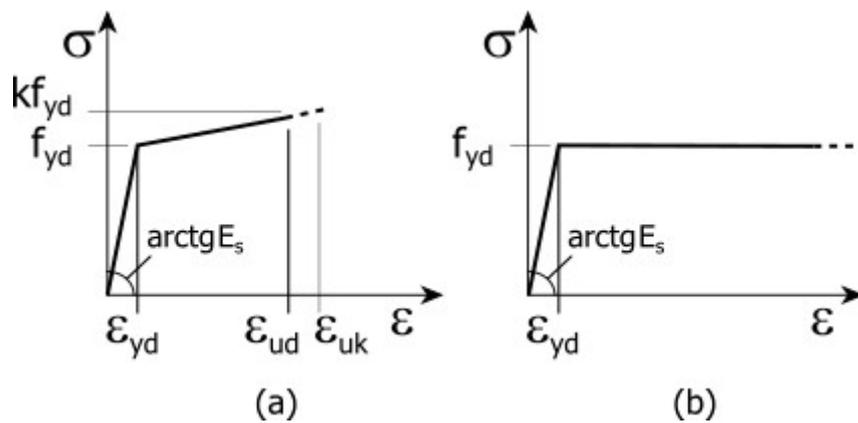
Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali, di cui si riportano nell'ordine le proprietà meccaniche adottate nel calcolo elastico e le resistenze di calcolo per le verifiche di sicurezza.

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo e dell'acciaio per calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2 delle NT; in particolare per le verifiche delle sezioni in calcestruzzo armato è stato adottato il modello di calcestruzzo riportato in (a) della figura seguente:



Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo.

ed il modello di acciaio riportato in a) o b) della figura seguente:



Diagrammi di calcolo tensione/deformazione dell'acciaio per calcestruzzo.

La resistenza di calcolo è data da f_{yk} / γ_f . Il coefficiente di sicurezza è γ_f .

Tutti i materiali impiegati dovranno essere comunque verificati con opportune prove di laboratorio secondo le prescrizioni della vigente Normativa. Riguardo ai coefficienti di sicurezza parziali, alle deformazioni del calcestruzzo e dell'acciaio (modello incrudente) si faccia riferimento ai criteri di verifica nella sezione "Verifica Elementi Strutturali"

Terreno di fondazione

Le fondazioni del fabbricato in oggetto sono costituite da pali battuti. Dalla Relazione Geologica redatta dal geologo risulta che nell'area in oggetto, si ha un terreno di tipo basaltico.

N°	s	G	GSat.	Ø	A	OCR	c	cu	Eed	nu	Note
	cm	kg/mc	kg/mc	°			kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq		
1	100	1900	2000	15	No	--	0.06	0.00	2E02	0.3	Strato 1
2	120 0	2000	2000	30	No	--	0.10	0.00	2E02	0.3	Strato 2

N° = Numero strato, s = spessore, G = peso specifico, GSat. = peso specifico saturo, OCR = grado di sovraconsolidazione, A = Addensato, c = coesione, cu = coesione non drenata, Eed = modulo edometrico, nu = coefficiente di Poisson

N°	s	G	GSat.	Ø	A	OCR	c	cu	Eed	nu	Note
	cm	kg/mc	kg/mc	°			kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq		
1	100	1900	2000	15	No	--	0.06	0.00	2E02	0.3	Strato 1
2	120 0	2000	2000	30	No	--	0.10	0.00	2E02	0.3	Strato 2

N° = Numero strato, s = spessore, G = peso specifico, GSat. = peso specifico saturo, OCR = grado di sovraconsolidazione, A = Addensato, c = coesione, cu = coesione non drenata, Eed = modulo edometrico, nu = coefficiente di Poisson

Per la determinazione del carico limite del complesso terreno-fondazione, pertanto, si sono assunti i parametri fisico-meccanici precedentemente indicati. Per maggiori dettagli riguardo i parametri che caratterizzano il terreno si rimanda alla relazione geologica e a quella geotecnica.

Analisi dei carichi

La valutazione dei carichi e dei sovraccarichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni contenute nel **D.M. 17.01.2018 (Aggiornamento "Norme tecniche per le costruzioni")**

I carichi relativi ai pesi propri sono valutati in automatico in funzione della geometria degli elementi e del loro peso specifico. I tamponamenti vengono valutati per metro lineare di trave su cui insistono; maggiori dettagli a essi relativi sono riportati nel tabulato di calcolo, alla sezione dei carichi relativi alle aste, nodi e shell.

Valutazione dell'azione sismica

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al capitolo 3.2 delle NT. La valutazione degli spettri di risposta per un dato Stato Limite avviene attraverso le seguenti fasi:

- Definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, in base alle quali si determina il Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Determinazione, attraverso latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base a_g , F_o e T_C^* per lo Stato Limite di interesse; l'individuazione è stata effettuata interpolando i dati relativi ai 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio, secondo quanto disposto dall'allegato alle NTC "Pericolosità Sismica", dove:
 - a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
 - F_o : 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.
- Determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo T_C corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerati, per ogni direzione dell'azione sismica.

Oltre alla determinazione dei parametri sismici del sito si è considerata la tipologia di terreno, la posizione topografica e la tipologia strutturale (classe di duttilità, regolarità, ecc..) che ha condotto alla determinazione dei seguenti spettri di risposta:

Spettri di risposta

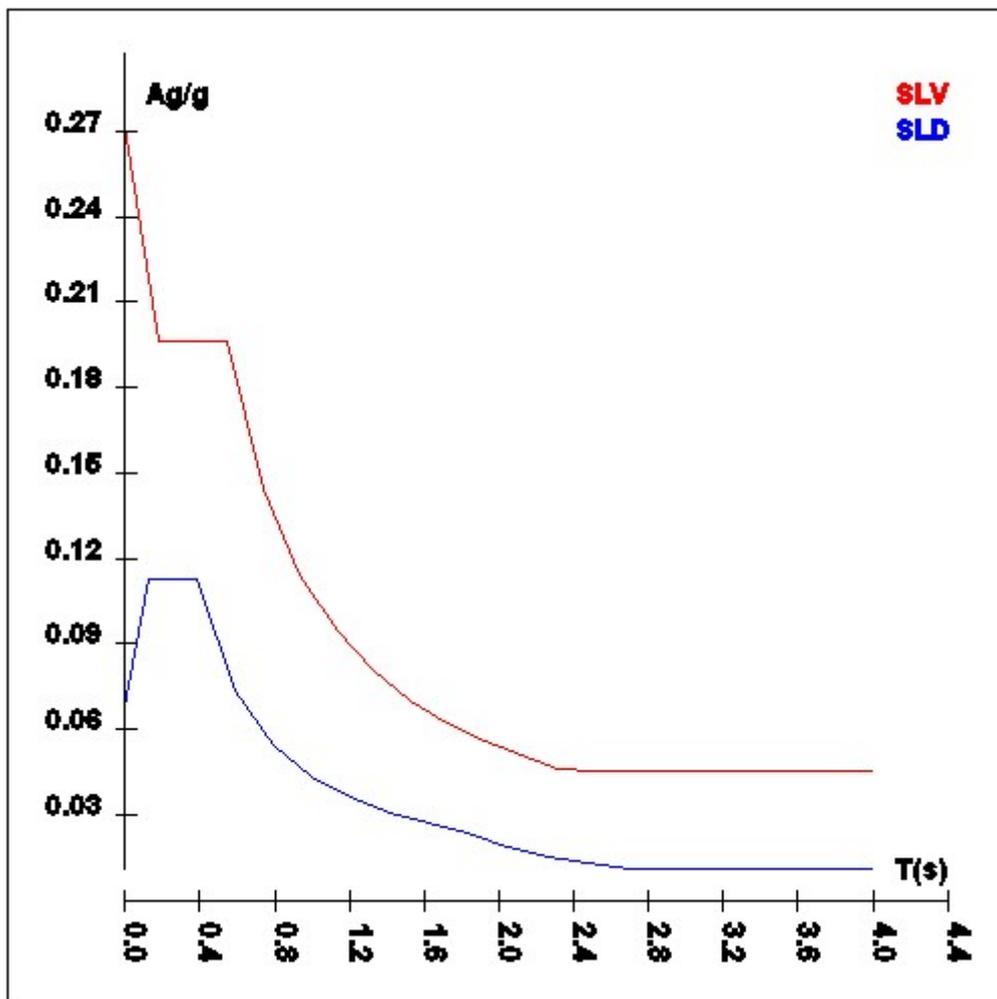
Spettro: **SpettroNT_ 2018**

Il calcolo degli spettri e del fattore di comportamento sono stati calcolati per la seguente tipologia di terreno e struttura.

Vita della struttura	
Tipo	Opere ordinarie (50-100)
Vita nominale VN [anni]	50.0
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso CU	1.000
Periodo di riferimento VR [anni]	50.000
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite di esercizio - SLD	63.0%
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite ultimo - SLV	10.0%
Periodo di ritorno TR SLD [anni]	50.0
Periodo di ritorno TR SLV [anni]	475.0
Parametri del sito	
Comune	
Longitudine	14.6364
Latitudine	37.2148
Id reticolo del sito	49191-49413-49192-49414
Valori di riferimento del sito	
Accelerazione orizzontale massima del sito A_g/g - SLD (TR=50.0)	0.0564
Fattore di amplificazione dello spettro F_o - SLD (TR=50.0)	2.5035
Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante T^*C [s] - SLD (TR=50.0)	0.270
Accelerazione orizzontale massima del sito A_g/g - SLV (TR=475.0)	0.2274
Fattore di amplificazione dello spettro F_o - SLV (TR=475.0)	2.2562
Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante T^*C [s] - SLV (TR=475.0)	0.418
Coefficiente Amplificazione Topografica St	1.000
Categoria terreno	B
Stato limite SLV	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s	1.19
Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro T_B [s]	0.18
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C [s]	0.55
Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro T_D [s]	2.51
Stato limite SLD	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s	1.20
Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro T_B [s]	0.13

Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro TC [s]	0.39
Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro TD [s]	1.83
Fattore di comportamento (SLV)	
Classe duttilità	B
Tipo struttura	Cemento armato
Fattore di riduzione per regolarità in altezza Kr- Struttura non regolare	0.800000
Fattore di riduzione per rottura pareti Kw	1.000
Regolare in pianta	SI
Coefficiente moltiplicativo Ce - struttura a telaio, a pareti accoppiate e miste	3.000
Au/A1 - Telaio + piani + campate	1.300
Fattore di comportamento $q = Kw \cdot Kr \cdot q_0 = Kw \cdot Kr \cdot Ce \cdot Au/A1$	3.120
Fattore di comportamento (SLD)	
q	1.500

T SLV [s]	Sd SLV[a/g]	T SLD [s]	Sd SLD[a/g]
0.00000	0.27165	0.00000	0.06768
0.18244	0.19644	0.12864	0.11296
0.54731	0.19644	0.38591	0.11296
0.74352	0.14460	0.59158	0.07369
0.93973	0.11441	0.79725	0.05468
1.13594	0.09465	1.00292	0.04347
1.33215	0.08071	1.20860	0.03607
1.52836	0.07034	1.41427	0.03082
1.72458	0.06234	1.61994	0.02691
1.92079	0.05597	1.82561	0.02388
2.11700	0.05079	2.04305	0.01907
2.31321	0.04648	2.26049	0.01558
2.50942	0.04547	2.47793	0.01296
2.72236	0.04547	2.69537	0.01128
2.93530	0.04547	2.91281	0.01128
3.14824	0.04547	3.13025	0.01128
3.36118	0.04547	3.34768	0.01128
3.57412	0.04547	3.56512	0.01128
3.78706	0.04547	3.78256	0.01128
4.00000	0.04547	4.00000	0.01128



Spettri di risposta

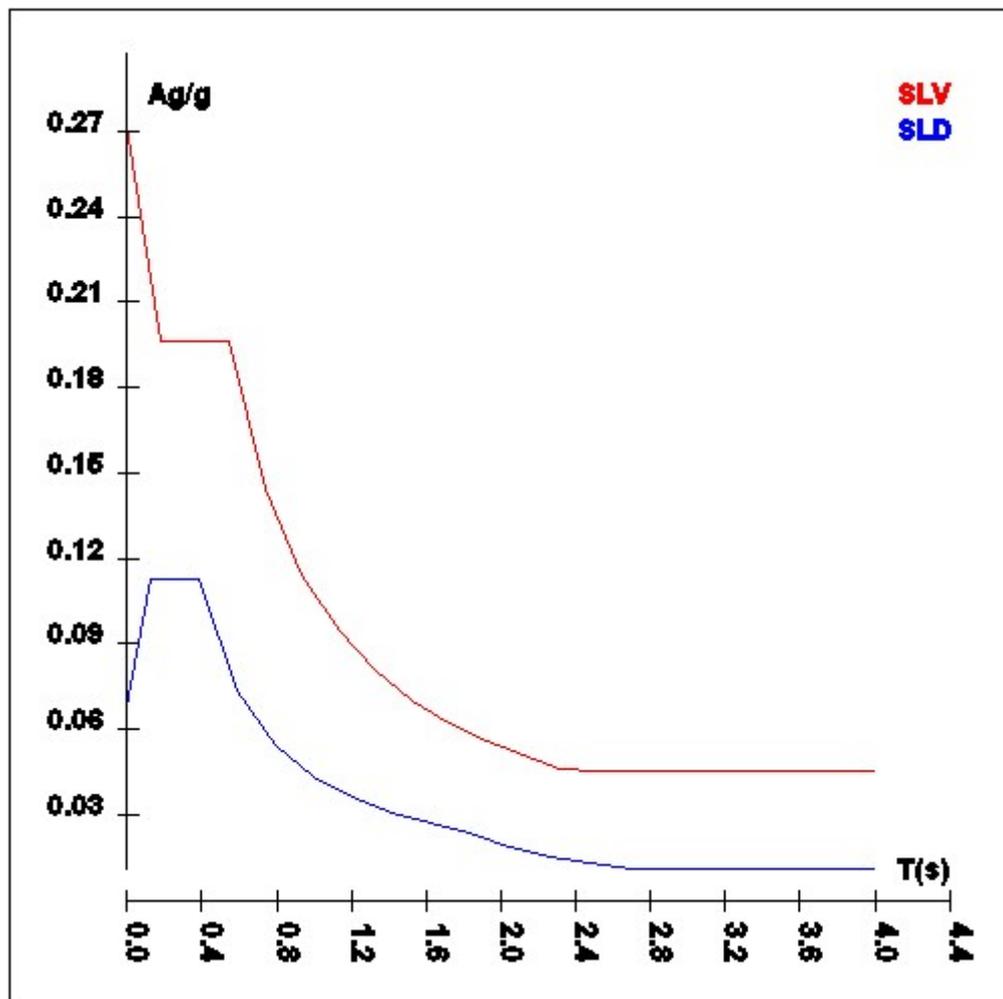
Spettro: **SpettroNT_ 2018**

Il calcolo degli spettri e del fattore di comportamento sono stati calcolati per la seguente tipologia di terreno e struttura.

Vita della struttura	
Tipo	Opere ordinarie (50-100)
Vita nominale VN [anni]	50.0
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso CU	1.000
Periodo di riferimento VR [anni]	50.000
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite di esercizio - SLD	63.0%
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite ultimo - SLV	10.0%
Periodo di ritorno TR SLD [anni]	50.0
Periodo di ritorno TR SLV [anni]	475.0
Parametri del sito	
Comune	
Longitudine	14.6364
Latitudine	37.2148
Id reticolo del sito	49191-49413-49192-49414
Valori di riferimento del sito	
Accelerazione orizzontale massima del sito Ag/g - SLD (TR=50.0)	0.0564
Fattore di amplificazione dello spettro Fo - SLD (TR=50.0)	2.5035
Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante T [*] C [s] - SLD (TR=50.0)	0.270
Accelerazione orizzontale massima del sito Ag/g - SLV (TR=475.0)	0.2274
Fattore di amplificazione dello spettro Fo - SLV (TR=475.0)	2.2562
Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante T [*] C [s] - SLV (TR=475.0)	0.418
Coefficiente Amplificazione Topografica St	1.000

Categoria terreno	B
Stato limite SLV	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss	1.19
Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro TB [s]	0.18
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro TC [s]	0.55
Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro TD [s]	2.51
Stato limite SLD	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss	1.20
Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro TB [s]	0.13
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro TC [s]	0.39
Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro TD [s]	1.83
Fattore di comportamento (SLV)	
Classe duttilità	B
Tipo struttura	Cemento armato
Fattore di riduzione per regolarità in altezza Kr- Struttura non regolare	0.800000
Fattore di riduzione per rottura pareti Kw	1.000
Regolare in pianta	SI
Coefficiente moltiplicativo Ce - struttura a telaio, a pareti accoppiate e miste	3.000
Au/A1 - Telaio + piani + campate	1.300
Fattore di comportamento $q = Kw \cdot Kr \cdot q_0 = Kw \cdot Kr \cdot Ce \cdot Au/A1$	3.120
Fattore di comportamento (SLD)	
q	1.500

T SLV [s]	Sd SLV[a/g]	T SLD [s]	Sd SLD[a/g]
0.00000	0.27165	0.00000	0.06768
0.18244	0.19644	0.12864	0.11296
0.54731	0.19644	0.38591	0.11296
0.74352	0.14460	0.59158	0.07369
0.93973	0.11441	0.79725	0.05468
1.13594	0.09465	1.00292	0.04347
1.33215	0.08071	1.20860	0.03607
1.52836	0.07034	1.41427	0.03082
1.72458	0.06234	1.61994	0.02691
1.92079	0.05597	1.82561	0.02388
2.11700	0.05079	2.04305	0.01907
2.31321	0.04648	2.26049	0.01558
2.50942	0.04547	2.47793	0.01296
2.72236	0.04547	2.69537	0.01128
2.93530	0.04547	2.91281	0.01128
3.14824	0.04547	3.13025	0.01128
3.36118	0.04547	3.34768	0.01128
3.57412	0.04547	3.56512	0.01128
3.78706	0.04547	3.78256	0.01128
4.00000	0.04547	4.00000	0.01128



Elementi di fondazione

Il calcolo della struttura di fondazione è condotto considerando le azioni che la struttura sovrastante le trasmette amplificate per un γ_{Rd} pari a 1,1 in CD "B" e 1,3 in CD "A", e comunque non maggiori di quelle derivanti da una analisi elastica della struttura in elevazione eseguita con un fattore di comportamento per struttura non dissipativa ($1 < q < 1.5$) e non maggiori delle resistenze degli elementi sovrastanti la fondazione. Le precedenti limitazioni comprendono anche il caso di struttura calcolata con spettro elastico o con fattore di comportamento q relativo a struttura non dissipativa.

Metodo di analisi e criteri di verifica

Il calcolo delle azioni sismiche è stato eseguito in analisi dinamica modale, considerando il comportamento della struttura in regime elastico lineare. Le masse sono applicate nei nodi del modello. Tali masse sono ottenute considerando le reazioni vincolari di incastro perfetto che si ottengono per effetto dei carichi agenti sulle membrature che collegano i nodi. La risposta massima di una generica caratteristica E , conseguente alla sovrapposizione dei modi, è valutata con la tecnica della combinazione probabilistica definita CQC (Complete Quadratic Combination - Combinazione Quadratica Completa):

$$E = \sqrt{\sum_{i,j=1,n} \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j}$$

con:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2 \cdot (1 + \beta_{ij}) \cdot \beta_{ij}^{\frac{3}{2}}}{(1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4\xi^2 \cdot \beta_{ij} \cdot (1 + \beta_{ij}^2)} \quad \beta_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j}$$

dove:

- n è il numero di modi di vibrazione considerati;
 ξ è il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente espresso in percentuale;
 β_{ij} è il rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia i-j di modi di vibrazione.

Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state calcolate considerando varie posizioni del baricentro delle masse e composte secondo diverse combinazioni di posizioni prestabilite, come riportato in seguito; il risultato di tali combinazioni, successivamente, è stato composto con quello derivante dai carichi non sismici, secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche.

Per tener conto dell'aleatorietà della posizione del baricentro delle masse, per ogni impalcato si è considerato uno spostamento del centro di massa dalla sua posizione originaria di una quantità pari a una percentuale della dimensione della struttura nella direzione considerata. Le azioni risultanti dai calcoli per le varie posizioni delle masse, in fase di verifica vengono combinate al fine di ottenere le azioni più sfavorevoli; di seguito vengono riportate sia le posizioni che le combinazioni delle masse. Le due tabelle vanno lette nel seguente modo:

- la prima indica la percentuale della dimensione della struttura secondo cui viene spostato il baricentro ad ogni impalcato; lo spostamento è assegnato nelle due direzioni ortogonali secondo cui agisce il sisma e per ognuna di tali posizioni è eseguito un calcolo modale della struttura;
- la seconda tabella è usata in fase di verifica per la valutazione dell'azione sismica: l'effetto del sisma in una direzione è combinato con quello ortogonale di un'altra posizione con i fattori specificati nelle due colonne.

Percentuali Spostamento masse impalcati

Posizione	% Spostamento direzione X	% Spostamento direzione Y
1	0	-5
2	5	0
3	0	5
4	-5	0

Combinazioni del Sisma in X e Y e Verticale

Comb.	Pos. SismaX	Pos. SismaY	Fx	Fy	Fz
1	1	2	1	0.3	0.3
2	1	2	0.3	1	0.3
3	1	2	0.3	0.3	1
4	1	4	1	0.3	0.3
5	1	4	0.3	1	0.3
6	1	4	0.3	0.3	1
7	3	2	1	0.3	0.3
8	3	2	0.3	1	0.3
9	3	2	0.3	0.3	1
10	3	4	1	0.3	0.3
11	3	4	0.3	1	0.3
12	3	4	0.3	0.3	1

- Comb. Numero di combinazione dei sismi
 Pos. SismaX Posizione in cui viene scelto il sisma in direzione X
 Pos. SismaY Posizione in cui viene scelto il sisma in direzione Y
 Fx Fattore con cui il sisma X partecipa
 Fy Fattore con cui il sisma Y partecipa
 Fz Fattore con cui il sisma Verticale partecipa (quando richiesto)

Ogni combinazione genera al massimo 8 sotto-combinazioni in base a tutte le combinazioni possibili dei segni di Fx ed Fy ed Fz.

Percentuali Spostamento masse impalcati

Posizione	% Spostamento direzione X	% Spostamento direzione Y
-----------	---------------------------	---------------------------

Posizione	% Spostamento direzione X	% Spostamento direzione Y
1	0	-5
2	5	0
3	0	5
4	-5	0

Combinazioni del Sisma in X e Y e Verticale

Comb.	Pos. SismaX	Pos. SismaY	Fx	Fy	Fz
1	1	2	1	0.3	0.3
2	1	2	0.3	1	0.3
3	1	2	0.3	0.3	1
4	1	4	1	0.3	0.3
5	1	4	0.3	1	0.3
6	1	4	0.3	0.3	1
7	3	2	1	0.3	0.3
8	3	2	0.3	1	0.3
9	3	2	0.3	0.3	1
10	3	4	1	0.3	0.3
11	3	4	0.3	1	0.3
12	3	4	0.3	0.3	1

Comb.	Numero di combinazione dei sismi
Pos. SismaX	Posizione in cui viene scelto il sisma in direzione X
Pos. SismaY	Posizione in cui viene scelto il sisma in direzione Y
Fx	Fattore con cui il sisma X partecipa
Fy	Fattore con cui il sisma Y partecipa
Fz	Fattore con cui il sisma Verticale partecipa (quando richiesto)

Ogni combinazione genera al massimo 8 sotto-combinazioni in base a tutte le combinazioni possibili dei segni di Fx ed Fy ed Fz.

Si è considerato un numero di modi di vibrazione sufficiente ad eccitare almeno l'85% della massa sismica in ogni posizione delle masse, di seguito si riportano i risultati salienti dell'analisi modale sia per il calcolo allo Stato Limite Ultimo che per quello di Esercizio.

[begin_modi_vibrare]

Azioni sulla struttura

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del **D.M. 17.01.2018**. I carichi agenti sui solai, derivanti dall'analisi dei carichi, sono assegnati alle aste in modo automatico in relazione all'influenza delle diverse aree di carico. I carichi dovuti ai tamponamenti, sia sulle travi di fondazione che su quelle di piano, sono schematizzati come carichi lineari agenti esclusivamente sulle aste. In presenza di platee il tamponamento è inserito considerando delle aste a sezione nulla la cui funzione è quella di ripartire il carico sui nodi degli elementi della platea ad essa collegati. Su tutti gli elementi strutturali è inoltre possibile applicare direttamente ulteriori azioni concentrate e/o distribuite. Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico di seguito descritte; da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

I solai, oltre a generare le condizioni di carico per carichi fissi e variabili, generano anche altre condizioni di carico che derivano dal carico accidentale moltiplicato per i coefficienti di contemporaneità ψ_0 , ψ_1 e ψ_2 da utilizzare per le varie combinazioni di carico e per la determinazione delle masse sismiche.

Le azioni sono state assegnate su aste e piastre, definendo le seguenti condizioni di carico:

[Condizioni di carico]

In fase di combinazione delle condizioni di carico si è agito su coefficienti moltiplicatori delle condizioni per definirne l'esatto contributo, sia in termini di carico che di massa; sono stati infine definiti gli scenari di calcolo come gruppi omogenei di combinazioni di carico. Di seguito vengono riportate le combinazioni di carico usate per lo Stato Limite Ultimo e per lo Stato Limite di Esercizio. Le verifiche sono riportate nel fascicolo dei calcoli. Le tabelle riportano nell'ordine:

- Il nome della combinazione di carico.

- Il tipo di analisi svolta:
 - STR=Strutturale,
 - Statica STR=Sismica statica Strutturale,
 - Modale STR=Sismica modale strutturale,
 - SLE Rara=Stato Limite Esercizio combinazione rara,
 - SLE Freq=Stato Limite Esercizio combinazione frequente,
 - SLE Q.Perm=Stato Limite Esercizio combinazione quasi Permanente,
 - GEO=Geotecnica,
 - Statica GEO=Sismica Statica Geotecnica,
 - Modale GEO=Sismica modale Geotecnica,
 - STR+GEO=Strutturale+Geotecnica,
 - Statica STR+GEO=Sismica Statica Strutturale+Geotecnica,
 - Modale STR+GEO=Sismica modale Strutturale+Geotecnica,
 - Modale SLE= Combinazione sismica modale con spettro di progetto SLD,
 - Statica SLE=Combinazione sismica statica con spettro di progetto SLD.

I termini "**Strutturale**", "**Geotecnica**" e "**Strutturale+Geotecnica**" indicano rispettivamente che la combinazione è usata dal programma per la determinazione delle verifiche di resistenza degli elementi strutturali, delle sole verifiche geotecniche, sia per le verifiche strutturali che geotecniche.
- Lo spettro usato, se sismica.
- Il fattore amplificativo del sisma.
- L'angolo di ingresso del sisma, se trattasi di analisi sismica.
- Il nome della condizione di carico.
- Il fattore di combinazione per i carichi verticali.
- Se la condizione (con il suo coefficiente di peso) è inclusa nella combinazione (colonna Attiva).
- Se la condizione partecipa alla determinazione della massa (colonna Massa).
- Il fattore con cui partecipa alla determinazione della massa (se non è esclusa dalla determinazione della massa).

Scenario di calcolo

Scenario : Set_NT_ 2018 A2_SLV_SLD_STR_GEO

Combinazione n° 1: Solo Permanenti

Tipo: STR
 Spettro: n.a.
 Fattore sisma: n.a.
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.
 Kmod: 0.60

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
QV Solai	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi0	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi1	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi2	1	No	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Spinta terreno	1.3	Si	n.a.	n.a.
VENTO	1	Si	n.a.	n.a.

Combinazione n° 2: AD QVSolai

Tipo: STR+GEO
 Spettro: n.a.
 Fattore sisma: n.a.
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.
 Kmod: 0.90

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
QV Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi0	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi1	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi2	1	No	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Spinta terreno	1.3	Si	n.a.	n.a.
VENTO	1	Si	n.a.	n.a.

Combinazione n° 3: SISMAX1_SLV
 Tipo: Modale STR+GEO
 Spettro: SpettroNT_ 2018
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 0
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QP Solai	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
QV Solai	1	No	No	1
QV SolaiPsi0	1	No	No	1
QV SolaiPsi1	1	No	No	1
QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
Tamponamento	1	Si	Si	1
Spinta terreno	1	Si	No	1
VENTO	1	No	No	1

Combinazione n° 4: SISMAX1_SLV
 Tipo: Modale STR+GEO
 Spettro: SpettroNT_ 2018
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 90
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QP Solai	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
QV Solai	1	No	No	1
QV SolaiPsi0	1	No	No	1
QV SolaiPsi1	1	No	No	1
QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
Tamponamento	1	Si	Si	1
Spinta terreno	1	Si	No	1
VENTO	1	No	No	1

Combinazione n° 5: SISMAX2_SLV
 Tipo: Modale STR+GEO
 Spettro: SpettroNT_ 2018
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 0
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QP Solai	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
QV Solai	1	No	No	1
QV SolaiPsi0	1	No	No	1
QV SolaiPsi1	1	No	No	1
QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
Tamponamento	1	Si	Si	1
Spinta terreno	1	Si	No	1
VENTO	1	No	No	1

Combinazione n° 6: SISMA2_SLV
 Tipo: Modale STR+GEO
 Spettro: SpettroNT_2018
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 90
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QP Solai	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
QV Solai	1	No	No	1
QV SolaiPsi0	1	No	No	1
QV SolaiPsi1	1	No	No	1
QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
Tamponamento	1	Si	Si	1
Spinta terreno	1	Si	No	1
VENTO	1	No	No	1

Combinazione n° 7: AD QVSolai
 Tipo: SLE Rara
 Spettro: n.a.
 Fattore sisma: n.a.
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QV Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi0	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi1	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi2	1	No	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Spinta terreno	1	Si	n.a.	n.a.
VENTO	1	No	n.a.	n.a.

Combinazione n° 8: AD QVSolai
 Tipo: SLE Freq.
 Spettro: n.a.
 Fattore sisma: n.a.
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QV Solai	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi0	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi1	1	Si	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi2	1	No	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Spinta terreno	1	Si	n.a.	n.a.
VENTO	1	No	n.a.	n.a.

Combinazione n° 9: Quasi P1
 Tipo: SLE Q.Perm.
 Spettro: n.a.
 Fattore sisma: n.a.
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QV Solai	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi0	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi1	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi2	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Spinta terreno	1	Si	n.a.	n.a.
VENTO	1	No	n.a.	n.a.

Combinazione n° 10: SISMAX_SLD
 Tipo: Modale SLE
 Spettro: SpettroNT_2018
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 0
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QP Solai	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
QV Solai	1	No	No	1
QV SolaiPsi0	1	No	No	1
QV SolaiPsi1	1	No	No	1
QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
Tamponamento	1	Si	Si	1
Spinta terreno	1	Si	No	1
VENTO	1	No	No	1

Combinazione n° 11: SISMAX_SLD
 Tipo: Modale SLE
 Spettro: SpettroNT_2018
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 90
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QP Solai	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
QV Solai	1	No	No	1
QV SolaiPsi0	1	No	No	1
QV SolaiPsi1	1	No	No	1
QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
Tamponamento	1	Si	Si	1
Spinta terreno	1	Si	No	1
VENTO	1	No	No	1

Scenario di calcolo

Scenario : Set_NT_2018 A2_SLV_SLD_STR_GEO

Combinazione n° 1: Solo Permanenti

Tipo: STR
 Spettro: n.a.
 Fattore sisma: n.a.
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.
 Kmod: 0.60

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
QV Solai	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi0	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi1	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi2	1	No	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Spinta terreno	1.3	Si	n.a.	n.a.
VENTO	1	Si	n.a.	n.a.

Combinazione n° 2: AD QV Solai

Tipo: STR+GEO
 Spettro: n.a.
 Fattore sisma: n.a.
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.
 Kmod: 0.90

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
QV Solai	1.5	Si	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi0	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi1	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi2	1	No	n.a.	n.a.
Tamponamento	1.5	Si	n.a.	n.a.
Spinta terreno	1.3	Si	n.a.	n.a.
VENTO	1	Si	n.a.	n.a.

Combinazione n° 3: SISMAX1_SLV

Tipo: Modale STR+GEO

Spettro: SpettroNT_ 2018
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 0
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QP Solai	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
QV Solai	1	No	No	1
QV SolaiPsi0	1	No	No	1
QV SolaiPsi1	1	No	No	1
QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
Tamponamento	1	Si	Si	1
Spinta terreno	1	Si	No	1
VENTO	1	No	No	1

Combinazione n° 4: SISMAY1_SLV
 Tipo: Modale STR+GEO
 Spettro: SpettroNT_ 2018
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 90
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QP Solai	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
QV Solai	1	No	No	1
QV SolaiPsi0	1	No	No	1
QV SolaiPsi1	1	No	No	1
QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
Tamponamento	1	Si	Si	1
Spinta terreno	1	Si	No	1
VENTO	1	No	No	1

Combinazione n° 5: SISMAX2_SLV
 Tipo: Modale STR+GEO
 Spettro: SpettroNT_ 2018
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 0
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QP Solai	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
QV Solai	1	No	No	1
QV SolaiPsi0	1	No	No	1
QV SolaiPsi1	1	No	No	1
QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
Tamponamento	1	Si	Si	1
Spinta terreno	1	Si	No	1
VENTO	1	No	No	1

Combinazione n° 6: SISMAY2_SLV
 Tipo: Modale STR+GEO

Spettro: SpettroNT_ 2018
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 90
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QP Solai	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
QV Solai	1	No	No	1
QV SolaiPsi0	1	No	No	1
QV SolaiPsi1	1	No	No	1
QV SolaiPsi2	1	No	Si	1
Tamponamento	1	Si	Si	1
Spinta terreno	1	Si	No	1
VENTO	1	No	No	1

Combinazione n° 7: AD QV Solai

Tipo: SLE Rara
 Spettro: n.a.
 Fattore sisma: n.a.
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QV Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi0	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi1	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi2	1	No	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Spinta terreno	1	Si	n.a.	n.a.
VENTO	1	No	n.a.	n.a.

Combinazione n° 8: AD QV Solai

Tipo: SLE Freq.
 Spettro: n.a.
 Fattore sisma: n.a.
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QV Solai	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi0	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi1	1	Si	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi2	1	No	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Spinta terreno	1	Si	n.a.	n.a.
VENTO	1	No	n.a.	n.a.

Combinazione n° 9: Quasi P1

Tipo: SLE Q.Perm.

Spettro: n.a.
 Fattore sisma: n.a.
 Angolo ingresso sisma [°]: n.a.
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QP Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
QV Solai	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi0	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi1	1	No	n.a.	n.a.
QV SolaiPsi2	1	Si	n.a.	n.a.
Tamponamento	1	Si	n.a.	n.a.
Spinta terreno	1	Si	n.a.	n.a.
VENTO	1	No	n.a.	n.a.

Combinazione n° 10: SISMAX_SLD

Tipo: Modale SLE
 Spettro: SpettroNT_ 2018
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 0
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QP Solai	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
QV Solai	1	No	No	1
QV SolaiPsi0	1	No	No	1
QV SolaiPsi1	1	No	No	1
QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
Tamponamento	1	Si	Si	1
Spinta terreno	1	Si	No	1
VENTO	1	No	No	1

Combinazione n° 11: SISMAX_SLD

Tipo: Modale SLE
 Spettro: SpettroNT_ 2018
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 90
 Kmod: 1.00

Condizione di carico	Fattore di combinazione	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QP Solai	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
QV Solai	1	No	No	1
QV SolaiPsi0	1	No	No	1
QV SolaiPsi1	1	No	No	1
QV SolaiPsi2	1	Si	Si	1
Tamponamento	1	Si	Si	1
Spinta terreno	1	Si	No	1
VENTO	1	No	No	1

Codice di calcolo impiegato

Autori:	dott. ing. Dario PICA prof. ing. Paolo BISEGNA dott. ing. Donato Sista
Produzione e distribuzione	SOFT.LAB srl via Borgo II - 82030 PONTE (BN) tel. ++39 (824) 874392 fax ++39 (824) 874431 internet: http://www.soft.lab.it e.mail: info@soft.lab.it
Sigla:	IperSpaceBIM 5.0.1
Licenza n.	Concesso in licenza a DE LUCA GIUSEPPE codice utente C03173

Il modello di calcolo assunto è di tipo spaziale e l'analisi condotta è una Analisi Elastica Lineare.

Il modello di calcolo è definito dalla posizione dei nodi collegati da elementi di tipo Beam o elementi di tipo shell, a comportamento sia flessionale che membranale; l'elemento finito shell utilizzato è anche in grado di esprimere una rigidezza rotazionale in direzione ortogonale al suo piano.

L'analisi sismica utilizzata è l'analisi modale con Combinazione Quadratica Completa degli effetti del sisma. Il modello è stato analizzato sia per le combinazioni dei carichi verticali sia per le combinazioni di carico verticale e sisma. Un particolare chiarimento richiede la definizione delle masse nell'analisi sismica.

Pur avendo considerato il modello con impalcati rigidi non si rende necessario calcolare il modello con la metodologia del **MASTER-SLAVE**, in quanto gli impalcati rigidi sono stati modellati con elementi di tipo shell a comportamento membranale in corrispondenza dei campi di solaio. Per ottenere tale modellazione il programma inserisce in automatico elementi di tipo shell a comportamento membranale in corrispondenza del campo di solaio intercluso tra una maglia di travi; la loro rigidezza membranale è sufficientemente alta da rendere il campo di solaio rigido nel proprio piano, ma tale da non condizionare in modo errato la matrice di rigidezza della struttura.

Qualora una maglia di travi non sia collegata da solai, lo shell non viene inserito rendendo tale campo libero di deformarsi con il solo vincolo dato dalle travi; la rigidezza flessionale delle travi è trascurabile rispetto a quella degli elementi che contornano il campo, per cui lo shell impone un vincolo orizzontale solo nel piano dell'impalcato tra i nodi collegati; pertanto, non è necessario definire preventivamente il centro di massa e momento d'inerzia delle masse poiché le masse sono trasferite direttamente nei nodi del modello (modello Lumped Mass) dal codice di calcolo.

Il metodo per calcolare le masse nei nodi può essere quello per aree di influenza, ma questo richiederebbe l'intervento diretto dell'operatore; il codice di calcolo utilizza una metodologia leggermente più raffinata per tener conto del fatto che su un elemento il carico portato non è uniforme. Il codice di calcolo, infatti, considera i carichi presenti sull'asta, che sono stati indicati come quelli che contribuiscono alla formazione della massa (tipicamente $G + \psi_2 Q$) e calcola le reazioni di incastro perfetto verticali; tali reazioni divise per l'accelerazione di gravità g forniscono il contributo dell'elemento alla determinazione della massa del nodo e, sommando i contributi di tutti gli elementi che convergono nel nodo, si ottiene la massa complessiva.

Per gli elementi shell invece si utilizza il metodo delle aree di influenza: in ognuno dei 3 oppure 4 nodi che definiscono lo shell si assegna $\frac{1}{3}$ oppure $\frac{1}{4}$ del peso dell'elemento shell e $\frac{1}{3}$ oppure $\frac{1}{4}$ dell'eventuale carico variabile ridotto; sommando i contributi di tutti gli shell che convergono nel nodo si ottiene la massa da assegnare a quest'ultimo.

Verifica degli elementi strutturali

Le verifiche di resistenza degli elementi sono condotte considerando le sollecitazioni di calcolo ed imponendo che le resistenze siano superiori alle azioni. Gli elementi sono verificati e/o progettati applicando la gerarchia delle resistenze, in particolare la gerarchia flessione-taglio per la verifica/progetto dell'elemento e la gerarchia pilastro-trave per la determinazione delle resistenze del pilastro.

I criteri di verifica sono una raccolta di parametri usati in fase di verifica secondo le esigenze strutturali; ognuno di essi contiene i dati per tutti gli elementi; è sottinteso che nella verifica di un elemento (es. trave) non sono presi in considerazione i dati relativi agli altri elementi (ad es. se si verifica una trave non sono presi in considerazione i dati relativi a pilastri e shell, così come se si esegue una verifica agli SLU non sono presi in

considerazione i dati relativi agli SLE). Ogni criterio di verifica è identificato da un nome a scelta dell'operatore, per cui nei tabulati di verifica il nome del criterio ne identifica i parametri usati.

Riguardo alle verifiche agli SLU le resistenze sono determinate in base a quanto specificato dalla norma attraverso il modello plastico-incrudente o elastico-perfettamente plastico. La verifica consiste nel controllare che, assegnate le sollecitazioni, le deformazioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio siano inferiori a quelle ultime; ciò equivale ad affermare che nello spazio tridimensionale N , M_y , M_z il punto rappresentativo delle sollecitazioni è interno al dominio di resistenza della sezione.

Le verifiche agli SLE riguardano le verifiche di:

- deformabilità degli impalcati con $\delta \leq 0.0050 \cdot h$;
- fessurazione;
- tensioni in esercizio.

[begin_criteri]

Risultati Analisi Dinamica - Statistiche matrice di rigidezza

Scenario di calcolo: **Set_NT_2018 A2_SLV_SLD_STR_GEO**

Minimo della diagonale	5.777137e+04
Massimo della diagonale	1.232016e+08
Rapporto Max/Min	2.132571e+03
Media della diagonale	1.550429e+07
Densità	5.675113e+01

Risultati Analisi Dinamica - Statistiche matrice di rigidezza

Scenario di calcolo: **Set_NT_2018 A2_SLV_SLD_STR_GEO**

Minimo della diagonale	5.777137e+04
Massimo della diagonale	1.232016e+08
Rapporto Max/Min	2.132571e+03
Media della diagonale	1.550429e+07
Densità	5.675113e+01

Pertanto i risultati si ritengono accettabili per quanto riguarda la correttezza del calcolo automatico.

Il Progettista

FASCICOLO DEI CALCOLI

DIMOSTRAZIONE NUMERICA DELLA SICUREZZA DELL'OPERA E DEL
RAGGIUNGIMENTO DELLE PRESTAZIONI ATTESE

Sommaro:

Modellazione -----	3
Affidabilità dei codici utilizzati -----	3
Presentazione dei risultati -----	4
Tabulati di input -----	6
Dati generali -----	6
Impalcati -----	6
Percentuali Spostamento masse impalcati -----	6
Combinazioni del Sisma in X e Y e Verticale -----	7
Spettri di risposta -----	7
Tabulati di verifica -----	9
Verifiche stato limite ultimo -----	9
Verifica Stabilità aste Metalliche -----	9
Verifica Resistenza aste Metalliche -----	13
Verifiche stato limite di esercizio -----	21
Verifica spostamenti verticali delle aste in Acciaio secondo NTC 2018 ----	21

Il Progettista

Modellazione

La struttura è costituita da diversi elementi distinti, in base alla loro funzione, in:

[lista elementi del modello]

I livelli di sicurezza scelti dal Committente e dal Progettista in funzione del tipo e dell'uso della struttura, nonché in funzione delle conseguenze del danno, con riguardo a persone, beni, e possibile turbativa sociale, compreso il costo delle opere necessarie per la riduzione del rischio di danno o di collasso, hanno indirizzato al progetto di una struttura con i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU);
- sicurezza nei confronti degli Stati Limite di Esercizio (SLE).

La struttura è stata schematizzata attraverso un modello spaziale agli elementi finiti che tenga conto dell'effettivo stato deformativo e di sollecitazione, secondo l'effettiva realizzazione.

I vincoli esterni della struttura sono stati caratterizzati, a seconda della presenza degli elementi di fondazione, con: travi winkler, plinti diretti, plinti su pali, platee, ovvero con vincoli perfetti di incastro, appoggio, carrello, ecc.

I vincoli interni sono stati schematizzati secondo le sollecitazioni mutuamente scambiate tra gli elementi strutturali, inserendo, ove opportuno, il rilascio di alcune caratteristiche della sollecitazione per schematizzare il comportamento di vincoli interni non iperstatici (cerniere, carrelli, ecc.).

Il modello agli elementi finiti è stato calcolato tenendo conto dell'interazione tra strutture in fondazione e strutture in elevazione, consentendo un'accurata distribuzione delle azioni statiche e sismiche; il calcolo è stato eseguito considerando che la struttura abbia un comportamento elastico lineare.

I solai sono schematizzati come aree di carico, sulle quali vengono definiti i carichi permanenti (QP Solai), i carichi fissi (QFissi Solai) e i carichi variabili (QV solai); tali carichi sono assegnati alle aste in modo automatico in relazione all'influenza delle diverse aree di carico. Le masse corrispondenti ai carichi variabili sui solai nelle combinazioni sismiche sono state trattate in maniera automatica mediante un coefficiente moltiplicativo, definito in funzione della tipologia del solaio.

Il modello utilizzato è stato valutato alla luce dei diversi scenari di carico a cui la struttura è sottoposta durante la sua costruzione e la sua vita, al fine di garantire la sicurezza e la durabilità della stessa. Per la tipologia strutturale affrontata non è stato necessario definire scenari di contingenza; pertanto non si è tenuto conto delle fasi costruttive della struttura e, inoltre, si ritiene che non ci siano variazioni del modello di calcolo e degli schemi di vincolo, durante la vita dell'opera. Per il dettaglio degli scenari di calcolo si faccia riferimento alla "Relazione di Calcolo".

Il progetto e la verifica degli elementi strutturali è stato effettuato seguendo la teoria degli Stati limite. I parametri relativi alle verifiche effettuate sono riportati nella Relazione di Calcolo.

Il solutore agli elementi finiti impiegato nell'analisi è SpaceSolver, per il calcolo di strutture piane e spaziali schematizzabili da un insieme di elementi finiti tipo:

- BEAM
- PLATE-SHELL
- WINK
- BOUNDARY

Questi elementi interagiscono tra loro attraverso i nodi, con la possibilità di tenere in conto tutti i possibili disassamenti, mediante l'introduzione di conchi rigidi e traslazioni degli elementi bidimensionali. Il solutore lavora in campo elastico lineare, si basa sulle routines di Matlab ed è stato sviluppato in collaborazione con l'Università di Roma – Tor Vergata. Il solutore offre la possibilità di risolvere anche travi su suolo alla Winkler con molle spalmate sull'intera suola, anziché sul solo asse, plinti diretti e su pali, pali singoli, platee, piastre sottili e spesse, con controllo delle rotazioni attorno all'asse normale alla piastra (drilling). Inoltre, per gli elementi BEAM l'equilibrio è scritto rispetto alla linea dei centri di taglio anziché rispetto alla linea dei baricentri. **L'affidabilità del solutore è stata testata su una serie di esempi campioni calcolati con altri procedimenti o con formule note, di cui si rende disponibile la documentazione.**

Affidabilità dei codici utilizzati

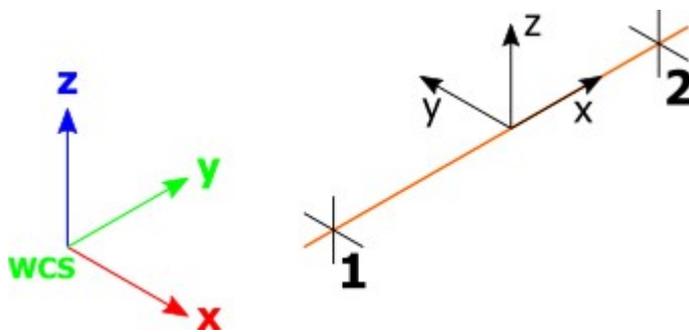
Il programma è dotato di una serie di filtri di auto diagnostica che segnalano i seguenti eventi:

- labilità della struttura;
- assenza di masse;
- nodi collegati ad aste nulle;
- mancanza di terreno sugli elementi in fondazione;

- controllo sull'assegnazione dei nodi all'impalcato;
- correttezza degli spettri di progetto;
- fattori di partecipazione modali;
- assegnazione dei criteri di verifica agli elementi;
- numerazione degli elementi strutturali;
- congruenza delle connessioni tra elementi shell;
- congruenza delle aree di carico;
- definizione delle caratteristiche d'inerzia delle sezioni;
- presenza del magrone sotto la travi tipo wink;
- elementi non verificati per semi progetto allo SLU, con inserimento automatico delle armature secondo i criteri di verifica;
- elementi non verificati allo SLU per armature già inserite nell'elemento strutturale;
- elementi non verificati allo SLE per armature già inserite nell'elemento strutturale.

Presentazione dei risultati

I disegni dello schema statico adottato sono riportati nel fascicolo allegato alla presente relazione. E' stato impiegato il Sistema Internazionale per le unità di misura, con riferimento al daN per le forze.



Il sistema di riferimento globale rispetto al quale è stata riferita l'intera struttura è una terna di assi cartesiani sinistrorsa OXYZ (X,Y, e Z sono disposti e orientati rispettivamente secondo il pollice, l'indice ed il medio della mano destra, una volta posizionati questi ultimi a 90° tra loro).

La terna di riferimento locale per un'asta è anch'essa una terna sinistrorsa O'xyz che ha l'asse x orientato dal nodo iniziale I dell'asta verso il nodo finale J e gli assi y e z diretti secondo gli assi geometrici della sezione, con l'asse y orizzontale e orientato in modo da portarsi a coincidere con l'asse x a mezzo di una rotazione oraria di 90° e l'asse z di conseguenza.

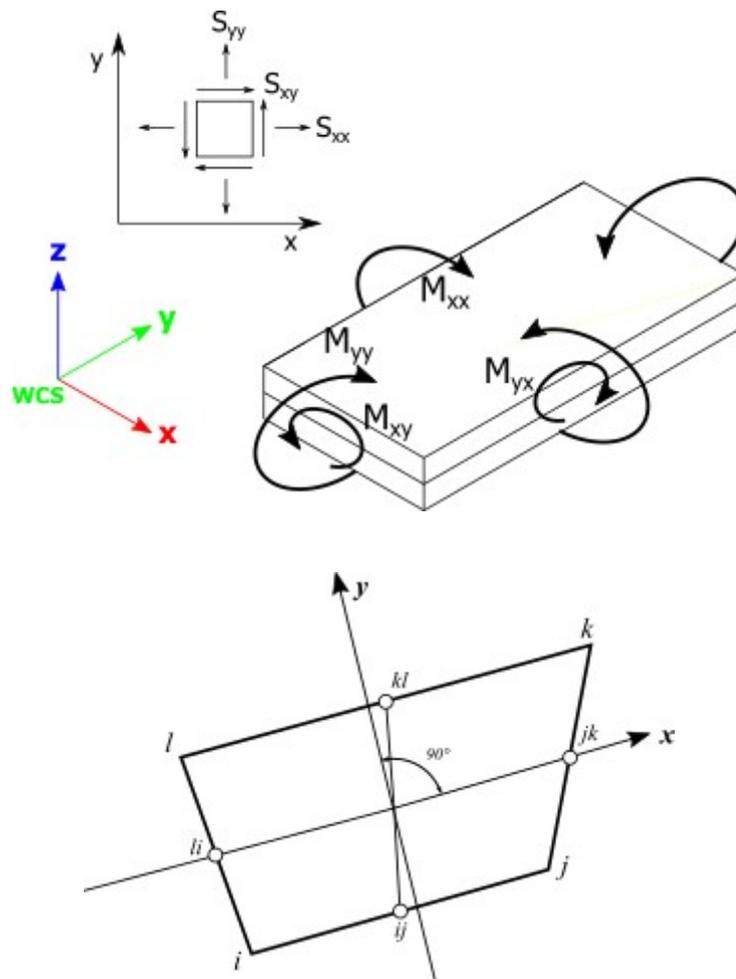
Per un'asta comunque disposta nello spazio la sua terna locale è orientata in modo tale da portarsi a coincidere con la terna globale a mezzo di rotazioni orarie degli assi locali inferiori a 180°.

- Le forze, sia sulle aste che sulle pareti o lastre, sono positive se opposte agli assi locali.
- Le forze nodali sono positive se opposte agli assi globali.
- Le coppie sono positive se sinistrorse.

Le caratteristiche di sollecitazione sono positive se sulla faccia di normale positiva sono rappresentate da vettori equiversi agli assi di riferimento locali; in particolare il vettore momento positivo rappresenta una coppia che ruota come le dita della mano destra che si chiudono quando il pollice è equiverso all'asse locale.

- Le traslazioni sono positive se concordi con gli assi globali.
- Le rotazioni sono positive se sinistrorse.

Il sistema di riferimento locale per gli elementi bidimensionali è quello riportato nelle figure seguenti.



La terna locale per l'elemento shell è costituita dall'asse x locale che va dal nodo li al nodo jk, l'asse y è diretto secondo il piano dell'elemento e orientato verso il nodo i e l'asse z, di conseguenza, è orientato in modo da formare la solita terna sinistrorsa. L'asse z locale rappresenta la normale positiva all'elemento.

Le sollecitazioni dell'elemento sono:

- Sforzi membranali

$$S_{xx} = \sigma_x$$

$$S_{yy} = \sigma_y$$

$$S_{xy} = \tau_{xy}$$

- Sforzi flessionali (momenti)

M_{xx} , momento che genera σ_x (intorno ad y)

M_{yy} , momento che genera σ_y (intorno a x)

M_{xy} , momento torcente che genera τ_{xy}

Le sollecitazioni principali dell'elemento sono:

$$M_{1,2} = \frac{M_{xx} + M_{yy}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{M_{xx} - M_{yy}}{2}\right)^2 + M_{xy}^2}$$

$$S_{1,2} = \frac{S_{xx} + S_{yy}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{S_{xx} - S_{yy}}{2}\right)^2 + S_{xy}^2}$$

$$\tan 2\theta = \frac{M_{xy}}{M_{xx} - M_{yy}} \quad \tan 2\psi = \frac{S_{xy}}{S_{xx} - S_{yy}}$$

dove θ è l'angolo formato dagli assi principali di M_1 e M_2 con quelli di riferimento e ψ è l'angolo formato dagli assi principali di S_1 e S_2 con quelli di riferimento. L'elemento shell usato come piastra fornisce i momenti

flettenti e non i tagli in direzione ortogonale all'elemento, che possono ottenersi come derivazione dei momenti flettenti;

$$\tau_{zx} = M_{xx,x} + M_{xy,y}$$

$$\tau_{zy} = M_{xy,y} + M_{yy,y}$$

Quando invece viene usato come lastra ci restituisce valori di σ e τ costanti, non adatti a rappresentare momenti flettenti, ma solo sforzi normali e tagli nel piano della lastra.

I tabulati di calcolo contengono due sezioni principali: la descrizione del modello di calcolo e la presentazione dei risultati.

La descrizione del modello di calcolo contiene:

- i dati generali (dimensioni);
- le coordinate nodali;
- i vincoli dei nodi e i vincoli interni delle aste, con le eventuali sconnessioni;
- le caratteristiche sezionali;
- le caratteristiche dei solai;
- le caratteristiche delle aste;
- i carichi sulle aste, sui nodi e sui muri (inclusa la distribuzione delle distorsioni impresse, e delle variazioni e dei gradienti di temperatura);
- configurazione di sistemi che introducono stati coattivi;
- le caratteristiche dei materiali;
- legami costitutivi e criteri di verifica;
- le condizioni di carico.

La stampa dei risultati contiene:

- le combinazioni dei carichi;
- le forze sismiche agenti sulla struttura;
- gli spostamenti d'impalcato, se l'impalcato è rigido;
- gli spostamenti nodali;
- le sollecitazioni sulle membrature per ogni combinazione di carico;
- la sollecitazione sul terreno sotto travi di fondazione o platee;
- deformate;
- diagrammi sollecitazioni.

Tabulati di input

Dati generali

Nome struttura	Struttura_01
Fattore rigidezza assiale pilastri	10
Numero di frequenze	15
% Filtro masse libere	0.1
% Coefficiente di smorzamento viscoso	5
Spostamenti modali con segno	Si
Deformabilità a taglio delle aste	Si
Spostamento ammissibile impalcati	0.0050*h

Impalcati

N°	Quota	Rigido	Incr.Soll.Pil	Inc.Soll.Par.
	mm	mm		
0	0	No	1.000	1.000

Percentuali Spostamento masse impalcati

Posizione	% Spostamento direzione X	% Spostamento direzione Y
1	0	-5
2	5	0
3	0	5
4	-5	0

Combinazioni del Sisma in X e Y e Verticale

Comb.	Pos. SismaX	Pos. SismaY	Fx	Fy	Fz
1	1	2	1	0.3	0.3
2	1	2	0.3	1	0.3
3	1	2	0.3	0.3	1
4	1	4	1	0.3	0.3
5	1	4	0.3	1	0.3
6	1	4	0.3	0.3	1
7	3	2	1	0.3	0.3
8	3	2	0.3	1	0.3
9	3	2	0.3	0.3	1
10	3	4	1	0.3	0.3
11	3	4	0.3	1	0.3
12	3	4	0.3	0.3	1

Comb.	Numero di combinazione dei sismi
Pos. SismaX	Posizione in cui viene scelto il sisma in direzione X
Pos. SismaY	Posizione in cui viene scelto il sisma in direzione Y
Fx	Fattore con cui il sisma X partecipa
Fy	Fattore con cui il sisma Y partecipa
Fz	Fattore con cui il sisma Verticale partecipa (quando richiesto)

Ogni combinazione genera al massimo 8 sotto-combinazioni in base a tutte le combinazioni possibili dei segni di Fx ed Fy ed Fz.

Spettri di risposta

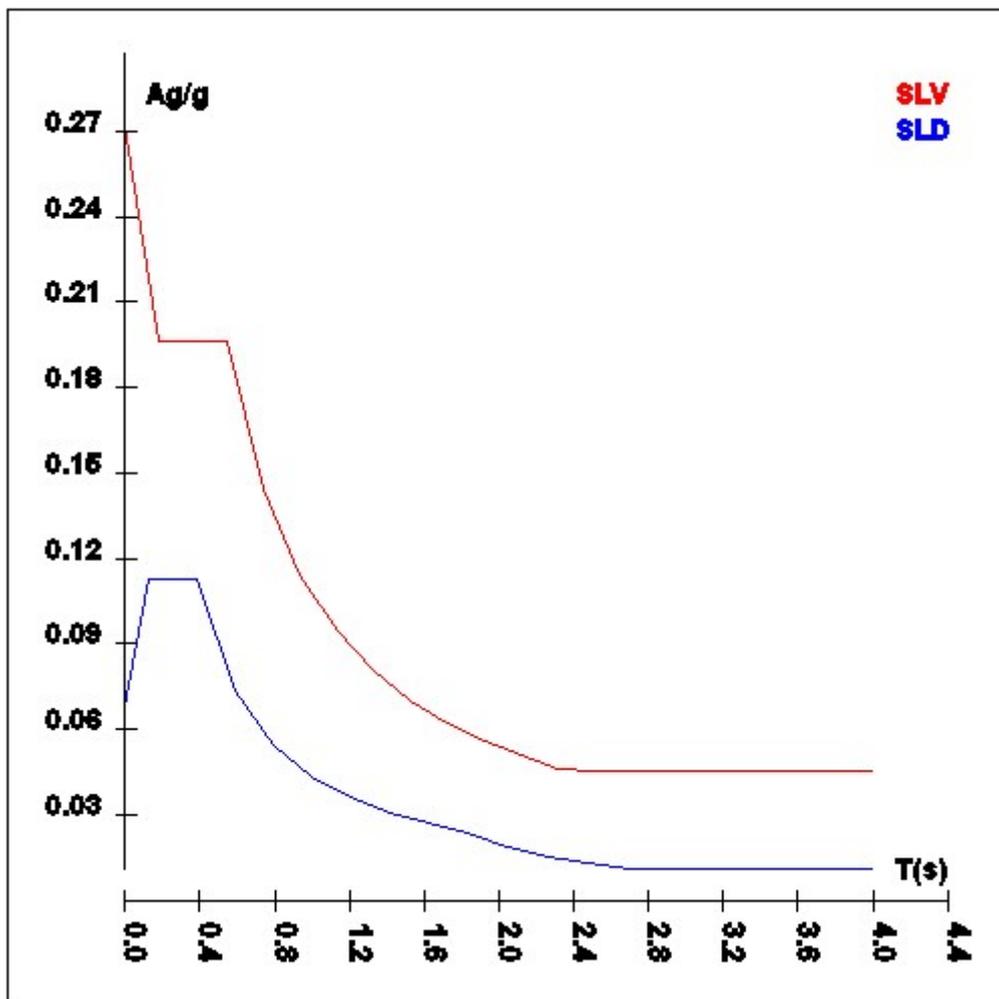
Spettro: SpettroNT_ 2018

Il calcolo degli spettri e del fattore di comportamento sono stati calcolati per la seguente tipologia di terreno e struttura.

Vita della struttura	
Tipo	Opere ordinarie (50-100)
Vita nominale VN [anni]	50.0
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso CU	1.000
Periodo di riferimento VR [anni]	50.000
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite di esercizio - SLD	63.0%
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite ultimo - SLV	10.0%
Periodo di ritorno TR SLD [anni]	50.0
Periodo di ritorno TR SLV [anni]	475.0
Parametri del sito	
Comune	
Longitudine	14.6364
Latitudine	37.2148
Id reticolo del sito	49191-49413-49192-49414
Valori di riferimento del sito	
Accelerazione orizzontale massima del sito Ag/g - SLD (TR=50.0)	0.0564
Fattore di amplificazione dello spettro Fo - SLD (TR=50.0)	2.5035
Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante T*C [s] - SLD (TR=50.0)	0.270
Accelerazione orizzontale massima del sito Ag/g - SLV (TR=475.0)	0.2274
Fattore di amplificazione dello spettro Fo - SLV (TR=475.0)	2.2562
Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante T*C [s] - SLV (TR=475.0)	0.418
Coefficiente Amplificazione Topografica St	1.000
Categoria terreno	B

Stato limite SLV	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss	1.19
Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro TB [s]	0.18
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro TC [s]	0.55
Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro TD [s]	2.51
Stato limite SLD	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss	1.20
Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro TB [s]	0.13
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro TC [s]	0.39
Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro TD [s]	1.83
Fattore di comportamento (SLV)	
Classe duttilità	B
Tipo struttura	Cemento armato
Fattore di riduzione per regolarità in altezza Kr- Struttura non regolare	0.800000
Fattore di riduzione per rottura pareti Kw	1.000
Regolare in pianta	SI
Coefficiente moltiplicativo Ce - struttura a telaio, a pareti accoppiate e miste	3.000
Au/A1 - Telaio + piani + campate	1.300
Fattore di comportamento $q = Kw \cdot Kr \cdot q_0 = Kw \cdot Kr \cdot Ce \cdot Au/A1$	3.120
Fattore di comportamento (SLD)	
q	1.500

T SLV [s]	Sd SLV[a/g]	T SLD [s]	Sd SLD[a/g]
0.00000	0.27165	0.00000	0.06768
0.18244	0.19644	0.12864	0.11296
0.54731	0.19644	0.38591	0.11296
0.74352	0.14460	0.59158	0.07369
0.93973	0.11441	0.79725	0.05468
1.13594	0.09465	1.00292	0.04347
1.33215	0.08071	1.20860	0.03607
1.52836	0.07034	1.41427	0.03082
1.72458	0.06234	1.61994	0.02691
1.92079	0.05597	1.82561	0.02388
2.11700	0.05079	2.04305	0.01907
2.31321	0.04648	2.26049	0.01558
2.50942	0.04547	2.47793	0.01296
2.72236	0.04547	2.69537	0.01128
2.93530	0.04547	2.91281	0.01128
3.14824	0.04547	3.13025	0.01128
3.36118	0.04547	3.34768	0.01128
3.57412	0.04547	3.56512	0.01128
3.78706	0.04547	3.78256	0.01128
4.00000	0.04547	4.00000	0.01128



Tabulati di verifica

L'esito di ogni elaborazione viene sintetizzato nei disegni e schemi grafici allegati, che evidenziano i valori numerici nei punti e/o nelle sezioni significative, ai fini della valutazione del comportamento complessivo della struttura, e quelli necessari ai fini delle verifiche di misura della sicurezza.

Di seguito si riportano le tabelle relative a:

[sintesi risultati]

Verifiche stato limite ultimo

Verifica Stabilità aste Metalliche

Scenario di calcolo: **Set_NT_2018 A2_SLV_SLD_STR_GEO**

Simbologia

L [cm]	Lunghezza teorica elemento (da nodo a nodo)
Ln1 [cm]	Luca libera nella direzione principale 1 dell'elemento
Ln2 [cm]	Luca libera nella direzione principale 2 dell'elemento
Sez. G	Sezione Generica (Sigla)
f _{yd} [kg/cm ²]	Tensione di progetto snervamento acciaio

ft [kg/cm ²]	Tensione di rottura acciaio
γ_M	Coefficiente di sicurezza acciaio
N [kg]	Sforzo Normale massimo
My [kg*m]	My massimo
Mz [kg*m]	Mz massimo
NRk [kg]	:A*fy, Resistenza caratteristica instabilità a compressione ⁽¹⁾
MyRk [kg*m]	:Wy*fy, Momento resistente caratteristico all'instabilità in direzione Y ⁽¹⁾
MzRk [kg*m]	:Wz*fy, Momento resistente caratteristico all'instabilità in direzione Z ⁽¹⁾
λ_y	Snellezza in direzione y
λ_z	Snellezza in direzione z
χ_y	Coefficiente di riduzione per la presso flessione dir y
χ_z	Coefficiente di riduzione per la presso flessione dir z
χ_{LT}	Coefficiente di riduzione per la instabilità flesso-torsionale, il coefficiente è applicato al termine relativo all'asse forte
kyy,kyz	
kzy,kzz	Coefficienti di interazione per l'instabilità (cfr. EC3 Annex B, tab B1 e B2, e cfr. Circ.NTC tab. C4.2.IV e C4.2.V)
Myeq [kg*m]	My equivalente uguale a kyy*My oppure kzy*My
Mzeq [kg*m]	Mz equivalente uguale a kyz*Mz oppure kzz*Mz
NRd [kg]	:Resistenza instabilità a compressione ⁽²⁾
MyRd [kg*m]	:Momento resistente all'instabilità in direzione Y ⁽²⁾
MzRd [kg*m]	:Momento resistente all'instabilità in direzione Z ⁽²⁾
SF	Coefficiente di sicurezza (asta verificata se >=1)
ζ_E	Livello di sicurezza sismico definito come rapporto tra l'accelerazione supportabile e l'accelerazione di progetto, quando richiesto dal criterio di verifica
Comb	Combinazione di carico: quando Comb non è sismica è individuata dal codice [C], quando è sismica è individuata dal codice [(Cx+Cy) Cm Sc].
- C	Individua la Combinazione di Carico non sismica (1, 2, ecc. come da scenario);
- Cx	Individua la Combinazione di Carico sismica in direzione x (SismaX, come da scenario);
- Cy	Individua la Combinazione di Carico sismica in direzione y (SismaY, come da scenario);
- Cm	Individua la Combinazione spostamento masse (I, II, III, IV, V, ecc. come da Combinazioni Sisma in Spostamento masse impalcato);
- Sc	Individua la sottocombinazione ottenuta mediante la permutazione dei segni (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8):
1)	Sc = + SismaZ*fz + SismaX*fx + SismaY*fy
2)	Sc = + SismaZ*fz + SismaX*fx - SismaY*fy
3)	Sc = + SismaZ*fz - SismaX*fx + SismaY*fy
4)	Sc = + SismaZ*fz - SismaX*fx - SismaY*fy.
5)	Sc = - SismaZ*fz + SismaX*fx + SismaY*fy
6)	Sc = - SismaZ*fz + SismaX*fx - SismaY*fy
7)	Sc = - SismaZ*fz - SismaX*fx + SismaY*fy
8)	Sc = - SismaZ*fz - SismaX*fx - SismaY*fy.

Le ultime quattro sono assenti quando non è richiesto il contributo del sisma in direzione verticale. Le combinazioni delle azioni sismiche così ottenute vengono combinate con i carichi verticali (come da scenario).

Note:

- (¹) Y è l'asse forte della sezione, e Z l'asse debole della sezione; i valori da utilizzare per le resistenze sono $N_{Rk}=f_y \cdot A, M_{yRk}=f_y \cdot W_y, M_{zRk}=f_y \cdot W_z$ dove:

Classe	1	2	3	4
A	A	A	A	A _{eff}
W _y	W _{pl,y}	W _{pl,y}	W _{el,y}	W _{el,y,eff}
W _z	W _{pl,z}	W _{pl,z}	W _{el,z}	W _{el,z,eff}

- (²) le equazioni di verifica, le azioni e le resistenze di progetto sono date dalle seguenti equazioni:

$$\frac{N_{ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{yRk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{zRk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{N_{ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{yRk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{zRk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$N_{Rdy} = \frac{\chi_y N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \quad M_{yRd} = \frac{\chi_{LT} M_{yRk}}{\gamma_{M1}} \quad M_{zRd} = \frac{M_{yRk}}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{yyEq} = k_{yy} M_{yEd} \quad M_{yzEq} = k_{yz} M_{z,Ed}$$

$$M_{zyEq} = k_{zy} M_{yEd} \quad M_{zzEq} = k_{zz} M_{z,Ed}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rdy}} + \frac{M_{yyEq}}{M_{yRd}} + \frac{M_{yzEq}}{M_{zRd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rdz}} + \frac{M_{zyEq}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zzEq}}{M_{zRd}} \leq 1$$

Asta: 46 [1,2] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Ln1=140.0 cm Ln2=140.0 cm Crit.:

Acciaio_CompSemp $\gamma M=1.05$ fyk/ $\gamma M=2619$ kg/cm² ft=4300 kg/cm² :**Verificato**

SF_λ=8.540

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	λY	λZ	χY	χZ	χLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-3641	0	0	88341	6184	4762	19	23	0.65 2	0.65 2	--	1.04 1	0.62 5	0.62 5	1.04 1

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	3641	0	0	54870	5889	4535	2	15
1	Z	3641	0	0	54870	5889	4535	2	15

Asta: 47 [101,3] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Ln1=140.0 cm Ln2=140.0 cm Crit.:

Acciaio_CompSemp $\gamma M=1.05$ fyk/ $\gamma M=2619$ kg/cm² ft=4300 kg/cm² :**Verificato**

SF_λ=8.540

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	λY	λZ	χY	χZ	χLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-5201	0	0	88341	6184	4762	19	23	0.65 2	0.65 2	--	1.05 8	0.63 5	0.63 5	1.05 8

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	5201	0	0	54870	5889	4535	2	11
1	Z	5201	0	0	54870	5889	4535	2	11

Asta: 48 [201,4] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Ln1=140.0 cm Ln2=140.0 cm Crit.:

Acciaio_CompSemp $\gamma M=1.05$ fyk/ $\gamma M=2619$ kg/cm² ft=4300 kg/cm² :**Verificato**

SF_λ=8.540

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	λY	λZ	χY	χZ	χLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-5162	0	0	88341	6184	4762	19	23	0.65 2	0.65 2	--	1.05 8	0.63 5	0.63 5	1.05 8

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	5162	0	0	54870	5889	4535	2	11
1	Z	5162	0	0	54870	5889	4535	2	11

Asta: 49 [301,5] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Ln1=140.0 cm Ln2=140.0 cm Crit.:

Acciaio_CompSemp $\gamma M=1.05$ fyk/ $\gamma M=2619$ kg/cm² ft=4300 kg/cm² :**Verificato**

SF_λ=8.540

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	λY	λZ	χY	χZ	χLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-5199	0	0	88341	6184	4762	19	23	0.65 2	0.65 2	--	1.05 8	0.63 5	0.63 5	1.05 8

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	5199	0	0	54870	5889	4535	2	11
1	Z	5199	0	0	54870	5889	4535	2	11

Asta: 50 [401,6] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Ln1=140.0 cm Ln2=140.0 cm Crit.:

Acciaio_CompSemp $\gamma M=1.05$ fyk/ $\gamma M=2619$ kg/cm² ft=4300 kg/cm² :**Verificato**

SF_λ=8.540

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	λY	λZ	χY	χZ	χLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-3337	0	0	88341	6184	4762	19	23	0.65 2	0.65 2	--	1.03 7	0.62 2	0.62 2	1.03 7

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
-----	-----	---	------	------	-----	------	------	-------	----

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	3337	0	0	54870	5889	4535	2	16
1	Z	3337	0	0	54870	5889	4535	2	16

Verifica Resistenza aste Metalliche

Scenario di calcolo: **Set_NT_2018 A2_SLV_SLD_STR_GEO**

Simbologia

L [cm]	Lunghezza teorica elemento (da nodo a nodo)
Sez. G	Sezione Generica (Sigla)
fyd [kg/cm ²]	Tensione di progetto snervamento acciaio
ft [kg/cm ²]	Tensione di rottura acciaio
γM	Coefficiente di sicurezza acciaio
X [cm]	Punto di verifica
N [kg]	Sforzo Normale
TY [kg]	Taglio dir Y
TZ [kg]	Taglio dir Z
MT [kg*m]	Momento torcente
MY [kg*m]	Momento flettente dir Y
MZ [kg*m]	Momento flettente dir Z
MY4 [kg*m]	Momento flettente dir Y + N*Δez, per sezioni di classe 4
MZ4 [kg*m]	Momento flettente dir Z + N*Δey, per sezioni di classe 4
cls	Classe della sezione per la sollecitazione della combinazione corrente
Comb.	Combinazione della sollecitazione
Nr [kg]	Sforzo Normale resistente
Vyr [kg]	Taglio resistente in dir Y
Vzr [kg]	Taglio resistente dir Z
Mry [kg*m]	Momento flettente resistente dir Y
Mrz [kg*m]	Momento flettente resistente dir Z
SF_V	Coefficiente di sicurezza taglio
SF_M	Coefficiente di sicurezza pressoflessione
SF	Coefficiente di sicurezza complessivo (asta verificata se >=1) ⁽¹⁾
ζE	Livello di sicurezza sismico definito come rapporto tra l'accelerazione sopportabile e l'accelerazione di progetto, quando richiesto dal criterio di verifica

Gerarchia travi/pilastri (quando richiesto):

NEd [kg]	Sforzo Normale di verifica
Npl,Rd [kg]	Sforzo Normale resistente (NTC 4.2.4.1.2)
VEdY(*) [kg]	Taglio trave dir Y dovuto ai momenti ultimi Mpl,RdZ di estremità (cfr. NTC f.(7.5.6))
Vpl,RdY [kg]	Taglio resistente dir Y (NTC 4.2.4.1.2)
VEdZ(*) [kg]	Taglio trave dir Z dovuto ai momenti ultimi Mpl,RdY di estremità (cfr. NTC f.(7.5.6))
Vpl,RdZ [kg]	Taglio resistente dir Z (NTC 4.2.4.1.2)
MEdY [kg*m]	Momento flettente dir Y
Mpl,RdY [kg*m]	Momento resistente dir Y (NTC 4.2.4.1.2)
MEdZ [kg*m]	Momento flettente dir Z
Mpl,RdZ [kg*m]	Momento resistente dir Z (NTC 4.2.4.1.2)

Verifiche Incendio:

Ky	fy(T)/fy(20°) fattore riduzione resistenza alla temperatura T
KE	E(T)/E(20) fattore riduzione modulo elastico alla temperatura T

Ω* Smplicazione sollecitazioni sismiche (solo per q>1)⁽³⁾

Fatt.Ampl.Sisma Fattore moltiplicativo di gruppo per le azioni sismiche (solo se diverso da 1.0)

Note:

⁽¹⁾: SF rappresenta il minimo tra SF_V ed SF_M dove:

- SF_V = VR/Vd con VR e Vd azione tagliante resistente ed agente
- SF_M = 1/[N/Nr + MY/Mry + MZ/Mrz], i valori di Mry ed Mrz sono ridotti opportunamente quando Vd > 0.5 Vr

⁽²⁾: SF rappresenta il minimo tra i seguenti rapporti:

- $M_{EdY}/M_{pl,RdY}$ (travi)
 - $M_{EdZ}/M_{pl,RdZ}$ (travi)
 - $N_{Ed}/(0.15*N_{pl,Rd})$ (travi)
 - $V_{EdY}^*/(0.5*V_{pl,RdY})$ (travi)
 - $V_{EdZ}^*/(0.5*V_{pl,RdZ})$ (travi)
 - $V_{EdY}/(0.5*V_{pl,RdY})$ (pilastri)
 - $V_{EdZ}/(0.5*V_{pl,RdZ})$ (pilastri)
- (³): $\Omega^* = \min(q, 1.1 * \gamma_{ov} * \Omega)$, con Ω secondo NTC 7.5.4.2

Asta: 0 [2,3] Sez. G: TuboR160x160x6.3 L=700.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	-89	-746	-1268	0	1480	-881	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	101442	29284	29284	5850	5850	4108	23	2.5	>100	2.5

Asta: 0 [202,102] Sez. G: L 100x10 L=130.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
130	1	203	9	473	-4	350	7	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
130	1	50571	15508	15508	1194	1194	97	33	3.3	27	3.3

Asta: 0 [102,103] Sez. G: L 100x10 L=700.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
700	1	-339	-9	701	-6	843	12	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
700	1	50571	15319	15319	1194	1194	97	22	1.4	15	1.4

Asta: 0 [103,104] Sez. G: L 100x10 L=700.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
700	1	-401	4	681	-6	804	-9	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
700	1	50571	15315	15315	1194	1194	97	22	1.5	15	1.5

Asta: 0 [104,105] Sez. G: L 100x10 L=700.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
700	1	-482	-3	686	-7	825	18	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
700	1	50571	15311	15311	1194	1194	97	22	1.4	15	1.4

Asta: 0 [105,106] Sez. G: L 100x10 L=700.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	-621	12	-693	7	810	16	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	50571	15292	15292	1194	1194	97	22	1.4	14	1.4

Asta: 0 [106,206] Sez. G: L 100x10 L=100.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ fyk/ $\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	-82	2	-316	2	237	5	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	50571	15625	15625	1194	1194	97	49	4.9	55	4.9

Asta: 0 [206,106] Sez. G: L 100x10 L=100.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ fyk/ $\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
100	1	-187	-67	640	-7	440	15	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
100	1	50571	15267	15267	1194	1194	97	24	2.6	14	2.6

Asta: 0 [106,105] Sez. G: L 100x10 L=700.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ fyk/ $\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
700	1	133	14	605	-6	736	-15	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
700	1	50571	15378	15378	1194	1194	97	25	1.6	18	1.6

Asta: 0 [105,104] Sez. G: L 100x10 L=700.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ fyk/ $\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
700	1	213	-8	598	-6	716	20	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
700	1	50571	15370	15370	1194	1194	97	26	1.6	17	1.6

Asta: 0 [104,103] Sez. G: L 100x10 L=700.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ fyk/ $\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
700	1	286	3	598	-6	717	-15	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
700	1	50571	15365	15365	1194	1194	97	26	1.6	17	1.6

Asta: 0 [103,102] Sez. G: L 100x10 L=700.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ fyk/ $\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
700	1	413	-13	584	-5	651	70	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
700	1	50571	15395	15395	1194	1194	97	26	1.6	18	1.6

Asta: 0 [102,202] Sez. G: L 100x10 L=130.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	84	-51	-333	3	286	-63	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	50571	15546	15546	1194	1194	97	47	3.4	33	3.4

Asta: 1 [3,4] Sez. G: TuboR160x160x6.3 L=700.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	76	-743	-1268	0	1480	-868	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	101442	29284	29284	5850	5850	4108	23	2.5	>100	2.5

Asta: 1 [102,2] Sez. G: L 100x10 L=109.1 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	885	329	256	-4	85	419	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	50571	15455	15455	1194	1194	97	47	2.3	22	2.3

Asta: 2 [4,5] Sez. G: TuboR160x160x6.3 L=700.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
700	1	214	743	1217	0	1476	-868	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
700	1	101442	29284	29284	5850	5850	4108	24	2.5	>100	2.5

Asta: 2 [2,102] Sez. G: L 100x10 L=109.1 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	-1124	542	-257	1	236	240	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	50571	15702	15702	1194	1194	97	29	2.4	>100	2.4

Asta: 3 [5,6] Sez. G: TuboR160x160x6.3 L=700.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
700	1	437	747	1217	0	1476	-885	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
700	1	101442	29284	29284	5850	5850	4108	24	2.5	>100	2.5

Asta: 3 [103,3] Sez. G: L 100x10 L=109.1 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
109	1	1178	-126	305	1	441	195	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
109	1	50571	15660	15660	1194	1194	97	51	1.8	80	1.8

Asta: 4 [6,106] Sez. G: TuboR160x160x6.3 L=100.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	270	-119	219	-76	-311	-26	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	101442	28741	28741	5850	5850	4108	>100	17	54	17

Asta: 4 [3,103] Sez. G: L 100x10 L=109.1 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	-1357	62	-346	-0	325	92	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	50571	15709	15709	1194	1194	97	45	2.7	>100	2.7

Asta: 5 [102,2] Sez. G: TuboR160x160x6.3 L=130.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
143	1	-287	344	181	54	-80	-280	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
143	1	101442	28899	28899	5850	5850	4108	84	16	76	16

Asta: 5 [104,4] Sez. G: L 100x10 L=109.1 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
109	1	1171	-74	276	0	409	171	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
109	1	50571	15718	15718	1194	1194	97	57	2.0	>100	2.0

Asta: 6 [4,104] Sez. G: L 100x10 L=109.1 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	-1337	81	-321	-0	297	93	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	50571	15729	15729	1194	1194	97	49	2.8	>100	2.8

Asta: 7 [105,5] Sez. G: L 100x10 L=109.1 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ fyk/ $\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
109	1	1171	-79	310	-1	446	198	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
109	1	50571	15689	15689	1194	1194	97	51	1.8	>100	1.8

Asta: 8 [5,105] Sez. G: L 100x10 L=109.1 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ fyk/ $\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	-1360	139	-350	0	328	132	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	50571	15722	15722	1194	1194	97	45	2.4	>100	2.4

Asta: 9 [106,6] Sez. G: L 100x10 L=109.1 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ fyk/ $\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
109	1	1221	-321	216	5	347	183	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
109	1	50571	15392	15392	1194	1194	97	48	2.1	18	2.1

Asta: 10 [6,106] Sez. G: L 100x10 L=109.1 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ fyk/ $\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
109	1	-956	-539	-225	-1	-35	425	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
109	1	50571	15664	15664	1194	1194	97	29	2.5	84	2.5

Asta: 11 [206,106] Sez. G: L 100x10 L=109.1 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ fyk/ $\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
109	1	93	-82	-25	-2	-28	79	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
109	1	50571	15626	15626	1194	1194	97	>100	11	56	11

Asta: 12 [102,202] Sez. G: L 100x10 L=109.1 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ fyk/ $\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	197	-203	39	1	-37	-112	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	50571	15688	15688	1194	1194	97	77	7.8	>100	7.8

Asta: 13 [106,206] Sez. G: L 100x10 L=109.1 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
109	1	-470	187	46	3	-45	-144	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
109	1	50571	15573	15573	1194	1194	97	83	6.0	38	6.0

Asta: 14 [202,102] Sez. G: L 100x10 L=109.1 cm Crit.: Acciaio_Flessione $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
109	1	-79	84	-71	-1	-90	-102	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
109	1	50571	15679	15679	1194	1194	97	>100	6.1	>100	6.1

Asta: 46 [1,2] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Crit.: Acciaio_CompSemp $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	-3641	-15	-1072	0	750	-11	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	84134	23589	29032	4535	5889	136	27	4.8	>100	4.8

Asta: 47 [101,3] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Crit.: Acciaio_CompSemp $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	-5201	-24	-1452	0	1016	-17	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	84134	23589	29032	4535	5889	136	20	3.5	>100	3.5

Asta: 48 [201,4] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Crit.: Acciaio_CompSemp $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	-5162	-16	-1501	0	1050	-12	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	84134	23589	29032	4535	5889	136	19	3.4	>100	3.4

Asta: 49 [301,5] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Crit.: Acciaio_CompSemp $\gamma_M=1.05$ $f_{yk}/\gamma_M=2619$ kg/cmq
ft=4300 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	-5199	5	-1441	0	1009	4	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	84134	23589	29032	4535	5889	136	20	3.5	>100	3.5

Asta: 50 [401,6] Sez. G: OMCF 160x160x50x6 L=140.0 cm Crit.: Acciaio_CompSemp $\gamma_M=1.05$ $f_y/k/\gamma_M=2619$ kg/cmq $f_t=4300$ kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	-3337	50	-958	0	671	35	--	--	2

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	84134	23589	29032	4535	5889	136	30	5.2	>100	5.2

Verifiche stato limite di esercizio

Verifica spostamenti verticali delle aste in Acciaio secondo NTC 2018

Scenario di calcolo: **Set_NT_2018 A2_SLV_SLD_STR_GEO**

Simbologia:

L Luce della trave a cui appartiene l'asta

δ_c Monta iniziale della trave

x Ascissa, nel sistema locale dell'asta, corrispondente allo spostamento massimo

Comb. Combinazione/i di carico Rara/e

δ_{max} Spostamento nello stato finale depurato della monta iniziale (positivo se diretto verso il basso)

δ_2 Spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (positivo se diretto verso il basso)

L/k: Valore limite

N.b. La verifica è soddisfatta se il valore assoluto degli spostamenti è inferiore al limite

Travata: 5 [102,2]: L=143.0 cm, Modello =Sbalzo, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/125.00	Cs
cm		mm	mm	
0.0	7	-0.25	11.44	47

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/150.00	Cs
cm		mm	mm	
0.0	7	-0.19	9.53	50

Travata: 0 [2,3]: L=700.0 cm, Modello =Appoggiata, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/250.00	Cs
cm		mm	mm	
350.0	7	4.99	28.00	5.6

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/300.00	Cs
cm		mm	mm	
350.0	7	3.29	23.33	7.1

Travata: 1 [3,4]: L=700.0 cm, Modello =Appoggiata, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/250.00	Cs
cm		mm	mm	
350.0	7	4.99	28.00	5.6

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/300.00	Cs
cm		mm	mm	
350.0	7	3.29	23.33	7.1

Travata: 2 [4,5]: L=700.0 cm, Modello =Appoggiata, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/250.00	Cs
cm		mm	mm	
350.0	7	4.99	28.00	5.6

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/300.00	Cs
cm		mm	mm	
350.0	7	3.29	23.33	7.1

Travata: 3 [5,6]: L=700.0 cm, Modello =Appoggiata, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/250.00	Cs
cm		mm	mm	
350.0	7	4.99	28.00	5.6

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/300.00	Cs
cm		mm	mm	
350.0	7	3.29	23.33	7.1

Travata: 4 [6,106]: L=87.0 cm, Modello =Sbalzo, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/125.00	Cs
cm		mm	mm	
87.0	7	-0.16	6.96	43

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/150.00	Cs
cm		mm	mm	
87.0	7	-0.11	5.80	52

Travata: 0 [202,102]: L=130.0 cm, Modello =Appoggiata, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/250.00	Cs
cm		mm	mm	
91.0	7	-0.56	5.20	9.3

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/300.00	Cs
cm		mm	mm	

x	Comb.	δ_2	L/300.00	Cs
91.0	7	-0.37	4.33	12

Travata: 0 [106,206]: L=100.0 cm, Modello =Appoggiata, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm:
Verificato

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/250.00	Cs
cm		mm	mm	
40.0	7	-0.38	4.00	10

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/300.00	Cs
cm		mm	mm	
40.0	7	-0.25	3.33	13

Travata: 11 [206,106]: L=109.1 cm, Modello =Appoggiata, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm:
Verificato

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/250.00	Cs
cm		mm	mm	
65.5	7	0.04	4.37	>100

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/300.00	Cs
cm		mm	mm	
65.5	7	0.02	3.64	>100

Travata: 13 [106,206]: L=109.1 cm, Modello =Appoggiata, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm:
Verificato

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/250.00	Cs
cm		mm	mm	
43.7	7	0.05	4.37	89

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/300.00	Cs
cm		mm	mm	
43.7	7	0.03	3.64	>100

Travata: 0 [206,106]: L=100.0 cm, Modello =Appoggiata, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm:
Verificato

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/250.00	Cs
cm		mm	mm	
60.0	7	-0.59	4.00	6.8

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/300.00	Cs
cm		mm	mm	
60.0	7	-0.38	3.33	8.7

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/300.00	Cs
---	-------	------------	----------	----

x	Comb.	δ_2	L/300.00	Cs
cm		mm	mm	
350.0	7	23.28	23.33	1.0

Travata: 0 [102,202]: L=130.0 cm, Modello =Appoggiata, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/250.00	Cs
cm		mm	mm	
52.0	7	-0.79	5.20	6.6

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/300.00	Cs
cm		mm	mm	
52.0	7	-0.51	4.33	8.4

Travata: 14 [202,102]: L=109.1 cm, Modello =Appoggiata, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/250.00	Cs
cm		mm	mm	
65.5	7	0.02	4.37	>100

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/300.00	Cs
cm		mm	mm	
54.6	7	0.01	3.64	>100

Travata: 12 [102,202]: L=109.1 cm, Modello =Appoggiata, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/250.00	Cs
cm		mm	mm	
76.4	7	0.02	4.37	>100

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/300.00	Cs
cm		mm	mm	
65.5	7	0.01	3.64	>100

Travata: 1 [102,2]: L=109.1 cm, Modello =Sbalzo, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/125.00	Cs
cm		mm	mm	
0.0	7	0.55	8.73	16

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/150.00	Cs
cm		mm	mm	
0.0	7	0.36	7.28	20

Travata: 2 [2,102]: L=109.1 cm, Modello =Sbalzo, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/125.00	Cs
---	-------	----------------	----------	----

x	Comb.	δ_{max}	L/125.00	Cs
cm		mm	mm	
109.1	7	0.44	8.73	20

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/150.00	Cs
cm		mm	mm	
109.1	7	0.29	7.28	25

Travata: 3 [103,3]: L=109.1 cm, Modello =Sbalzo, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/125.00	Cs
cm		mm	mm	
0.0	7	0.85	8.73	10

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/150.00	Cs
cm		mm	mm	
0.0	7	0.55	7.28	13

Travata: 4 [3,103]: L=109.1 cm, Modello =Sbalzo, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/125.00	Cs
cm		mm	mm	
109.1	7	0.53	8.73	16

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/150.00	Cs
cm		mm	mm	
109.1	7	0.35	7.28	21

Travata: 5 [104,4]: L=109.1 cm, Modello =Sbalzo, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/125.00	Cs
cm		mm	mm	
0.0	7	0.79	8.73	11

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/150.00	Cs
cm		mm	mm	
0.0	7	0.51	7.28	14

Travata: 6 [4,104]: L=109.1 cm, Modello =Sbalzo, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/125.00	Cs
cm		mm	mm	
109.1	7	0.49	8.73	18

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/150.00	Cs
cm		mm	mm	
109.1	7	0.32	7.28	23

Travata: 7 [105,5]: L=109.1 cm, Modello =Sbalzo, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/125.00	Cs
cm		mm	mm	
0.0	7	0.82	8.73	11

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/150.00	Cs
cm		mm	mm	
0.0	7	0.53	7.28	14

Travata: 8 [5,105]: L=109.1 cm, Modello =Sbalzo, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/125.00	Cs
cm		mm	mm	
109.1	7	0.52	8.73	17

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/150.00	Cs
cm		mm	mm	
109.1	7	0.35	7.28	21

Travata: 9 [106,6]: L=109.1 cm, Modello =Sbalzo, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/125.00	Cs
cm		mm	mm	
0.0	7	0.83	8.73	10

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/150.00	Cs
cm		mm	mm	
0.0	7	0.54	7.28	13

Travata: 10 [6,106]: L=109.1 cm, Modello =Sbalzo, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, $\delta_c = 0.0$ cm: **Verificato**

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_{max}	L/125.00	Cs
cm		mm	mm	
109.1	7	0.33	8.73	26

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	δ_2	L/150.00	Cs
cm		mm	mm	
109.1	7	0.22	7.28	33

Il Progettista

Verifiche Pali

Carico del vento :

p =	2120 Pa	Vela ortogonale all'azione del vento
p =	1060 Pa	Vela inclinata di 0° rispetto all'azione del vento (sovrappressione)
p =	353,33 Pa	Vela inclinata di 0° rispetto all'azione del vento (sfilamento)

Dimensione vela :

L =	2,28 m	
B =	30,62 m	
H =	1,50 m	(altezza al mozzo)

Calcolo sollecitazioni massime :

N =	74,00 KN	(Sovrappressione)
N 1 =	24,67 KN	(Pressione di calcolo per lo sfilamento)
T =	148,00 KN	(taglio complessivo)
M =	370,00 KN m	(Momento complessivo)

Considerata la presenza di 5 distinti supporti, le sollecitazioni di calcolo sono le segue.

N =	8,22 KN	(forza sfilamento complessiva)
T =	29,60 KN	(taglio complessivo)
M =	74,00 KN m	(Momento complessivo)

Calcolo carico limite

$$P = N_q \cdot \sigma'_{vL} + N_c \cdot C' = 1125,00 \text{ KN} \quad \text{Carico limite portata di punta}$$

$$S = \mu \cdot K \cdot \sigma'_{v0} = 10,85 \text{ KN} \quad \text{Carico limite portata laterale}$$

dove :

ϕ	19,00 °	Angolo atrito terreno
C	0,00	Coesione terreno
γ	18,00 KN/mc	Peso specifico terreno
L	2,50 m	Lunghezza palo
$\sigma_v = \gamma \cdot L$	45,00 KN/mq	
N_q	25	
$N_c = (N_a - 1) \cdot ctg\phi$	70	
$\mu = \tan \phi$	0,34	
K	0,70	Profilato in acciaio

CALCOLO PALI BATTUTI

$$\lambda = \sqrt[5]{\frac{E_P \cdot J}{n_h}} = 100,08$$

$$\begin{aligned} L &= 250,00 \text{ cm} \\ \phi &= 273,00 \text{ mm} \\ t &= 5,60 \text{ mm} \\ n_h &= 3,50 \text{ N/cm}^3 \\ E_P &= 210000000000,00 \text{ Pa} \\ J &= 1673,00 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{L}{\lambda} = 2,4981 < 2 - \text{Palo Rigido}$$

Defiizione spostamenti orizzontali e rotazioni in testa

$$y_0 = \frac{18 \cdot H}{L^2 \cdot n_h} + \frac{24 \cdot M}{L^3 \cdot n_h} = 2,46 \text{ cm}$$

$$\vartheta_0 = \frac{24 \cdot H}{L^3 \cdot n_h} + \frac{36 \cdot M}{L^4 \cdot n_h} = 0,06 \text{ rad}$$

CALCOLO AZIONI DEL VENTO

Sovraccarico vento

Zona	$V_{b,0}$ (m/s)	a_0 (m)	K_s
4	28	500	0.36

Categoria di esposizione	K_r	z_0 (m)	z_{min} (m)
2	0.19	0.05	4

Altitudine: $a_s = 1$ m s.l.m.

Distanza dalla costa: terra - entro 30 Km

Classe di rugosità terreno: D

Altezza manufatto: $h = 3.20$ m

Periodo di ritorno: $T_R = 50.0$ anni \Rightarrow
 $C_R = 0.75 \{1 - 0.2 \ln[-\ln(1 - 1/T_R)]\}^{0.5} = 1.00$

Velocità di riferimento del vento: $V_b = c_a \cdot V_{b,0}$ con:
 $c_a = 1$ per $a_s \leq a_0$
 $c_a = 1 + K_s \cdot (a_s/a_0 - 1)$ per $a_s > a_0$

$$V_b = 28.000 \text{ m/s}$$

$$V_b(T_R) = C_R V_b = 28.021 \text{ m/s}$$

Coefficiente dinamico: $C_d = 1.00$

Coefficiente di forma: $C_p = 2.18$

Coefficiente di attrito: $C_f = 0.02$

Coefficiente di topografia: $C_t = 1.00$

Coefficiente di esposizione: $C_e(z) = K_r^2 C_t \ln(z/z_0) [7 + C_t \ln(z/z_0)]$ per $z \geq z_{min}$
 $C_e(z) = C_e(z_{min})$ per $z < z_{min}$

$$C_e(z) = 1.80$$

Le azioni del vento si traducono in pressioni (positive) e depressioni (negative) agenti normalmente alla superficie degli elementi che compongono la costruzione. La pressione agente su un singolo elemento è data dall'espressione:

$$p = q_b C_e C_p C_d = 1928.79 \text{ Pa}$$

dove:

$$q_b = 1/2 \rho v_b^2 \quad \text{e' la pressione cinetica di riferimento;}$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3 \quad \text{e' la densita' dell'aria}$$

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è:

$$p_f = q_b C_e C_f = 17.67 \text{ Pa}$$

Sovraccarico vento

Zona	$V_{b,0}$ (m/s)	a_0 (m)	K_s
4	28	500	0.36

Categoria di esposizione	K_r	z_0 (m)	z_{min} (m)
2	0.19	0.05	4

Altitudine: $a_s = 1$ m s.l.m.

Distanza dalla costa: terra - entro 30 Km

Classe di rugosità terreno: D

Altezza manufatto: $h = 3.20$ m

Periodo di ritorno: $T_R = 50.0$ anni \Rightarrow
 $C_R = 0.75 \{1 - 0.2 \ln[-\ln(1 - 1/T_R)]\}^{0.5} = 1.00$

Velocità di riferimento del vento: $V_b = c_a \cdot V_{b,0}$ con:
 $c_a = 1$ per $a_s \leq a_0$
 $c_a = 1 + K_s \cdot (a_s/a_0 - 1)$ per $a_s > a_0$

$$V_b = 28.000 \text{ m/s}$$

$$V_b(T_R) = C_R V_b = 28.021 \text{ m/s}$$

Coefficiente dinamico: $C_d = 1.00$

Coefficiente di forma: $C_p = 2.18$

Coefficiente di attrito: $C_f = 0.02$

Coefficiente di topografia: $C_t = 1.00$

Coefficiente di esposizione: $C_e(z) = K_r^2 C_t \ln(z/z_0) [7 + C_t \ln(z/z_0)]$ per $z \geq z_{min}$
 $C_e(z) = C_e(z_{min})$ per $z < z_{min}$

$$C_e(z) = 1.80$$

Le azioni del vento si traducono in pressioni (positive) e depressioni (negative) agenti normalmente alla superficie degli elementi che compongono la costruzione. La pressione agente su un singolo elemento è data dall'espressione:

$$p = q_b C_e C_p C_d = 1928.79 \text{ Pa}$$

dove:

$$q_b = 1/2 \rho v_b^2 \quad \text{e' la pressione cinetica di riferimento;}$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3 \quad \text{e' la densita' dell'aria}$$

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è:

$$p_f = q_b C_e C_f = 17.67 \text{ Pa}$$

PIANO DI MANUTENZIONE

Indice

I.	MANUALE DI MANUTENZIONE	2
	<i>a) Strutture in elevazione in acciaio</i>	2
	b) Unioni	4
II.	PROGRAMMA DI MANUTENZIONE.....	5

I. MANUALE DI MANUTENZIONE

a) Strutture in elevazione in acciaio

Si definiscono strutture in elevazione gli insiemi degli elementi tecnici del sistema edilizio aventi la funzione di resistere alle azioni di varia natura agenti sulla parte di costruzione fuori terra, trasmettendole alle strutture di fondazione e quindi al terreno. In particolare le strutture verticali sono costituite da aste rettilinee snelle collegate fra loro in punti detti nodi secondo una disposizione geometrica realizzata in modo da formare un sistema rigidamente indeformabile. Le strutture in acciaio si possono distinguere in:

strutture in carpenteria metallica e sistemi industrializzati. Le prime, sono caratterizzate dall'impiego di profilati e laminati da produzione siderurgica e successivamente collegati mediante unioni (bullonature, saldature, ecc.); le seconde sono caratterizzate da un numero ridotto di componenti base assemblati successivamente a seconde dei criteri di compatibilità.

Requisiti di prestazione (UT):

- R01 Resistenza agli agenti aggressivi
Classe di Requisiti: Protezione dagli agenti chimici ed organici
Classe di Esigenza: Sicurezza

Le strutture di elevazione non debbono subire dissoluzioni o disgregazioni e mutamenti di aspetto a causa dell'azione di agenti aggressivi chimici.

Livello minimo della prestazione:

Per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia. In particolare: D.M. 17.1.2018 (Norme tecniche per le costruzioni) e Circolare 19.1.2019, n.7 (Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17.1.2018).

- R02 Resistenza meccanica
Classe di Requisiti: Di stabilità
Classe di Esigenza: Sicurezza

Le strutture di elevazione dovranno essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti rilevanti dovuti all'azione di determinate sollecitazioni (carichi, forze sismiche, ecc.).

Livello minimo della prestazione:

Per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia. In particolare: D.M. 17.1.2018 (Norme tecniche per le costruzioni) e Circolare 19.1.2019, n.7 (Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17.1.2018).

L'Unità Tecnologica è composta dai seguenti Elementi Manutenibili:

- Travi
- Pilastri

- **Travi**

Le travi sono elementi strutturali, che si pongono in opera in posizione orizzontale o inclinata per sostenere il peso delle strutture sovrastanti, con una dimensione predominante che trasferiscono, le sollecitazioni di tipo trasversale al proprio asse geometrico, lungo tale asse, dalle sezioni investite dal carico fino ai vincoli, garantendo l'equilibrio esterno delle travi in modo da assicurare il contesto circostante. Le travi in acciaio sono realizzate mediante profilati (IPE, HE, C, L, ecc.). Il loro impiego diffuso è dovuto dalla loro maggiore efficienza a carichi flessionali, infatti la concentrazione del materiale sulle ali, le parti più distanti dal punto baricentrico della sezione, ne aumentano la loro rigidità flessionale. Vengono generalmente utilizzate nella realizzazione di telai in acciaio, per edifici, ponti, ecc..

Anomalie riscontrabili:

- Corrosione
- Deformazioni e spostamenti
- Imbozzamento
- Snervamento

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato:

Non compromettere l'integrità delle strutture. Controllo periodico del grado di usura delle parti in vista. Riscontro di eventuali anomalie.

Interventi sulle strutture

Cadenza: a guasto

Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

- **Pilastri**

I pilastri in acciaio sono elementi strutturali verticali portanti, in genere profilati e/o profilati cavi, che trasferiscono i carichi della sovrastruttura alle strutture di ricezione delle parti sottostanti indicate a riceverli, posizionate e collegate con piatti di fondazione e tirafondi. Sono generalmente trasportati in cantiere e montati mediante unioni (bullonature, chiodature, saldature, ecc.).

Rappresentano una valida alternativa ai pilastri in c.a. realizzati in opera.

Anomalie riscontrabili:

- Corrosione
- Deformazioni e spostamenti
- Imbozzamento
- Snervamento

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato:

In caso di verifiche strutturali dei pilastri controllare la resistenza alla compressione e la verifica ad instabilità a carico di punta. In zona sismica verificare altresì gli spostamenti.

Non compromettere l'integrità delle strutture. Controllo periodico del grado di usura delle parti in vista. Ricontro di eventuali anomalie.

Interventi sulle strutture

Cadenza: a guasto

Gli interventi riparativi dovranno effettuarsi a secondo del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

b) Unioni

Le unioni sono costituite da elementi che per materiale e tecniche diverse consentono la realizzazione di collegamenti tra elementi delle strutture nel rispetto delle normative vigenti. Le unioni rappresentano una caratteristica fondamentale nelle costruzioni in legno, acciaio, miste, ecc.. Esse hanno lo scopo di unire le parti, definite in sede progettuale, per realizzare strutture complete che devono rispondere a requisiti precisi.

Requisiti di prestazione (UT):

-R01 Resistenza alla corrosione

Classe di Requisiti: Durabilità tecnologica

Classe di Esigenza: Durabilità

Gli elementi di unione utilizzati non devono decadere in processi di corrosione.

Livello minimo della prestazione:

Per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia. In particolare: D.M. 17.1.2018 (Norme tecniche per le costruzioni) e Circolare 19.1.2019, n.7 (Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17.1.2018).

-R02 Resistenza meccanica

Classe di Requisiti: Di stabilità

Classe di Esigenza: Sicurezza

Gli elementi utilizzati per realizzare unioni diverse devono garantire resistenza meccanica alle sollecitazioni ad essi trasmessi.

Livello minimo della prestazione:

Per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia. In particolare: D.M. 17.1.2018 (Norme tecniche per le costruzioni) e Circolare 19.1.2019, n.7 (Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17.1.2018).

Anomalie riscontrabili:

- Allentamento
- Corrosione
- Cricca

- Interruzione
- Riffolamento
- Rottura
- Strappamento
- Tranciamento

Manutenzioni eseguibili da personale specializzato:

E' opportuno che nella realizzazione dei giunti le estremità da collegare siano adeguatamente preparate in officina. Nella fase progettuale bisognerà tener conto delle eventuali forze di instabilità che potrebbero sorgere e a problematiche connesse e quindi garantire la resistenza nei confronti esse.

Ripristino

Cadenza: quando occorre

Ripristino delle tenute di serraggio tra elementi. Sostituzione di eventuali elementi corrosi o degradati con altri di analoghe caratteristiche. Rimozione di saldature difettose e realizzazione di nuove.

II. PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

Programma dei controlli:

Elementi Manutenibili / Controlli	Tipologia	Frequenza
Travi		
Controllo: Controllo di deformazioni e/o spostamenti	Controllo a vista	ogni 3 mesi
Pilastr		
Controllo: Controllo di deformazioni e/o spostamenti	Controllo a vista	ogni 3 mesi
Unioni		
Controllo: Controllo generale	Revisione	ogni 3 mesi

Programma degli interventi:

Elementi Manutenibili / Interventi	Frequenza
Travi	
Intervento: Interventi sulle strutture_	a guasto
Pilastr	
Intervento: Interventi sulle strutture	a guasto
Unioni	
Intervento: Ripristino	quando occorre

Programma delle prestazioni:

Elementi Manutenibili / Requisiti e Prestazioni / Controlli

Strutture in elevazione acciaio

Requisito: Resistenza meccanica_

Unioni

Requisito: Resistenza Meccanica_

Requisito: Resistenza alla corrosione_

RELAZIONE MATERIALI

I. MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZA DI CALCOLO

Di seguito si riportano le informazioni relative all'elenco dei materiali impiegati per la realizzazione delle strutture monoassiali ad inseguimento per campi fotovoltaici a terra installate per il campo sito in Melilli (SR), alle loro modalità di posa in opera e ai valori di calcolo.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali, i cui valori dei parametri caratteristici sono di seguito elencati.

Per le strutture sono stati utilizzati acciai strutturali con i seguenti parametri, conformi alla **UNI EN 10025** e alla **UNI EN 10346**:

- **S275 JR**

$f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$ – tensione caratteristica di snervamento

$f_{tk} = 430 \text{ N/mm}^2$ – tensione caratteristica di rottura

$\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$ – peso specifico

$E = 210000 \text{ N/mm}^2$ – modulo elastico

- **S355 JR**

$f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$ – tensione caratteristica di snervamento

$f_{tk} = 510 \text{ N/mm}^2$ – tensione caratteristica di rottura

$\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$ – peso specifico

$E = 210000 \text{ N/mm}^2$ – modulo elastico

- **S280GD**

$f_{yk} = 280 \text{ N/mm}^2$ – tensione caratteristica di snervamento

$f_{tk} = 360 \text{ N/mm}^2$ – tensione caratteristica di rottura

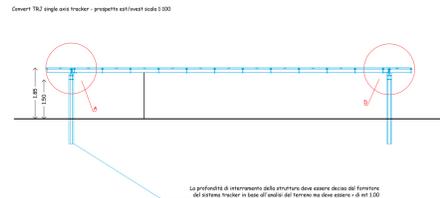
$\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$ – peso specifico

$E = 210000 \text{ N/mm}^2$ – modulo elastico

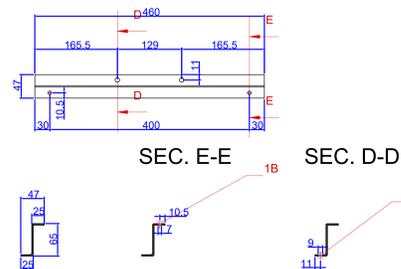
Le unioni sono state effettuate utilizzando bulloni, dadi e rondelle conformi alla norma **UNI EN 14399** con $k = 0.16$, di classe:

- **8.8** – diametri 8, 12, 16, 20
- **10.9** – diametro 18
- **A-70** - diametro 6

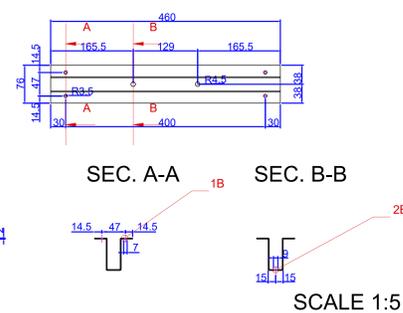
Per tutte le componenti si prevede zincatura in classe C4.



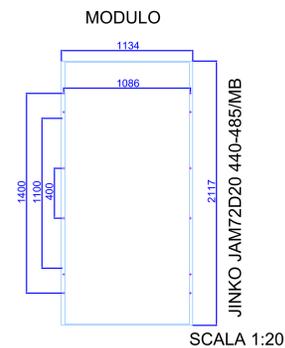
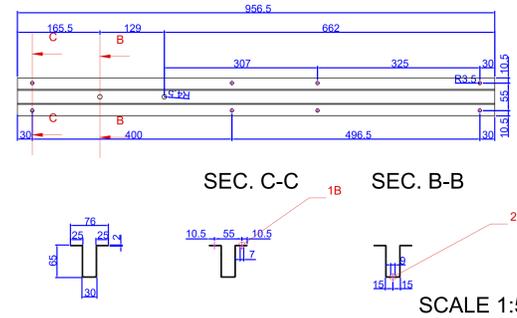
Z 65x25x3 POS.1
LAMIERA PRESSO-PIEGATA sp 3 mm
MAT. S280GD



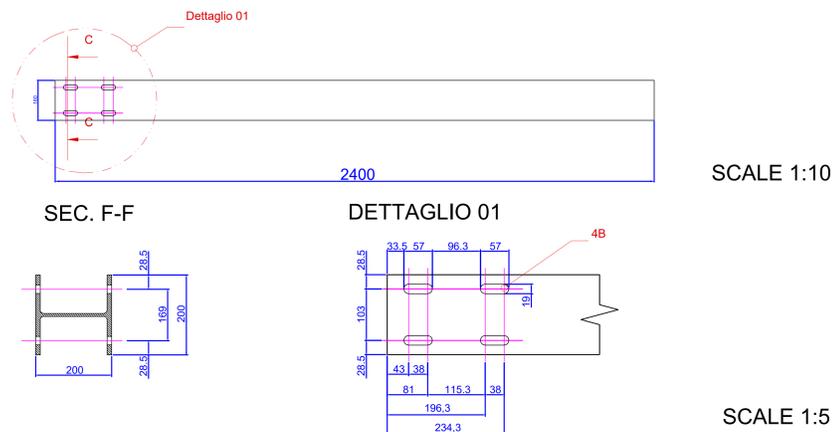
Ω 65X30X25X2 POS.2
LAMIERA PRESSO-PIEGATA sp 2 mm
MAT. S280GD



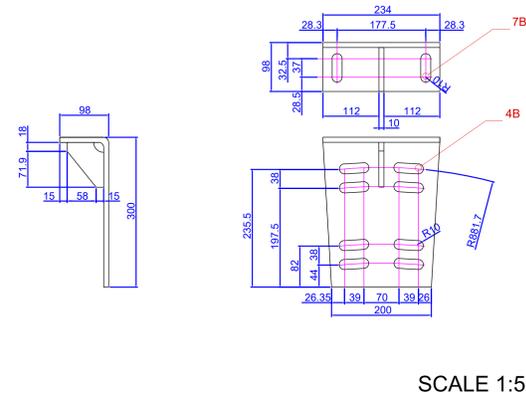
Ω 65X30X25X2 POS.3
LAMIERA PRESSO-PIEGATA sp 2 mm
MAT. S280GD



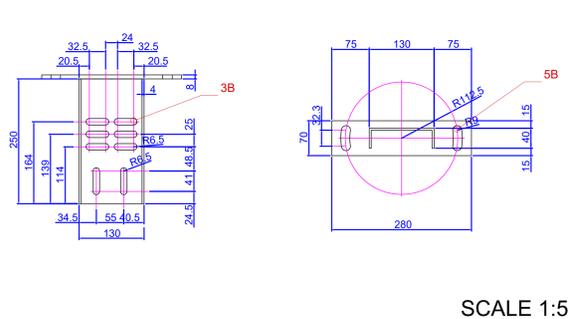
PALO CENTRALE POS.4
HEA 160
MAT. S275JR



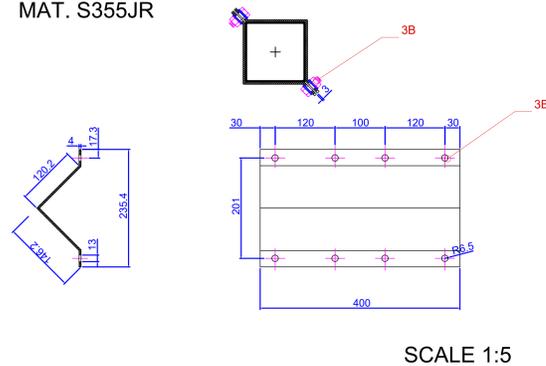
FLANGIA MOTORE
LAMIERA PRESSO-PIEGATA sp 10 mm E PIATTO sp. 10 mm
MAT. S355JR



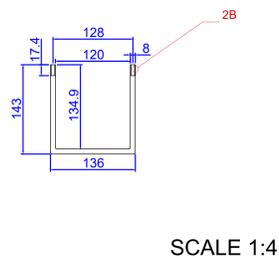
GIUNTO PALO-TRAVE
LAMIERA PRESSO-PIEGATA sp 4 mm E PIATTO sp. 8 mm
MAT. S355JR



GIUNTO TRAVE-TRAVE POS.10
LAMIERA PRESSO-PIEGATA sp 4 mm
MAT. S355JR



STAFFA
TONDO Ø8 mm
MAT. S275JR



DISTINTA COMPONENTI					
POSIZIONE	DESCRIZIONE	QUANTITA'	MATERIALE	DIMENSIONI	
1	TUBOLARE 120X120X3	1	S355 JR EN10025-2	6800 mm	
2	TUBOLARE 120X120X3	2	S355 JR EN10025-2	7300 mm	
3	TUBOLARE 120X120X3	1	S355 JR EN10025-2	7900 mm	
4	HEA 160	1	S275 JR EN10025-2	*2400 mm	
5	Z 150X50X20X4	4	S355 JR EN10025-2	*2800 mm	
6	Z 65X30X25X2	27	S355JR EN10025-2	460 mm	
7	Z 65X30X25X2	2	S280GD EN10336	956.5 mm	
8	Z 25X65X25X3	2	S280GD EN10336	460 mm	
9	STAFFA Ø8	31	S275 JR EN10025-2	410 mm	
10	GIUNTO TRAVE-TRAVE	4	S355 JR EN10025-2		
11	GIUNTO PALO-TRAVE	4	S355 JR EN10025-2		
12	FLANGIA MOTORE	2	S355 JR EN10025-2		
13	CUSCINETTI	4			
14	MOTORE	1			

DISTINTA BOLLONERIA						
POSIZIONE	DIAMETRO	LUNGHEZZA	QUANTITA'	STANDARD	COPPIA S. (Nm)	
15	M6	20 mm	108	UNE EN 14399 A-70	106	216 M
28	M8	20 mm	108	UNE EN 14399 8.8 K10.16	62	124 M
38	M12	40 mm	32	UNE EN 14399 8.8 K10.16	32	32 M-32
48	M16	50 mm	8	UNE EN 14399 10.9 K10.16	8	16 M
58	M16	170 mm	8	UNE EN 14399 8.8 K10.16	8	16
68	M20	40 mm	8	UNE EN 14399 8.8 K10.16	4	4 M-4
78	M16	60 mm	4	UNE EN 14399 10.9 K10.16	4	4 M-4

Sommario

PREMESSE	2
C ARATT ERIS TIC HE DELL'INTERVENTO.....	2
INDAGINI GEOLOGICA E STRATIGRAFIA	2
CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEL TERRENI	3
CONDIZIONI DI CARICO	4
VERIFICA DELLA FONDAZIONE.....	5
CONCLUSIONI.	6

PREMESSE

La presente relazione tecnica si riferisce al progetto dell'allacciamento e messa in servizio di un impianto di produzione fotovoltaica di potenza pari a 98.89(DC) MW denominato "Bona Energia" sito in territorio del comune di Catania in c/da Sigona.

Sono state eseguite le indagini specifiche finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico ai sensi della vigente NTC 2018 – DM 17 gennaio 2018 e della circolare 21/01/2019 n°7.

CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO

L'intervento consiste nella realizzazione di un campo fotovoltaico a terra con strutture in acciaio per il supporto di pannelli fotovoltaici. Le strutture sono fondate su pali infissi direttamente nel terreno tramite battitura di un'unica tipologia

- **Tubi in acciaio S355JR ϕ 220 con spessore 5 mm .**

Al fine di operare a vantaggio di sicurezza, sebbene il palo verrà infisso per circa 3,00 ml al fine di superare lo strato di terreno agrario con modestissime caratteristiche geotecniche, la capacità portante dello stesso verrà calcolata sulla base di infissione pari a 2,00 ml, mentre verrà considerata l'intera profondità di infissione nel calcolo degli spostamenti e delle rotazioni intesta.

Ai fini del calcolo della capacità portante verrà considerato esclusivamente lo strato di *Argilla Marnosa di colore nocciola di media consistenza, con presenza di apparato radicale*.

Sulla scorta di queste considerazioni cautelative sono state effettuate le verifiche.

INDAGINI GEOLOGICA E STRATIGRAFIA

Le prove hanno individuate, in generale, tre strati differenti per il volume di terreno interessato:

1. **Terreno vegetale (circa 1,0 m)**
2. Argilla limosa beige giallastra (spessore variabile)
3. Argilla limosa grigio azzurra (spessore variabile)

In linea pratica, i pali verranno infissi nello strato di argilla giallastra, e non interesseranno mai lo strato di argilla grigio azzurra.

CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEL TERRENI

Al fine di operare a vantaggio di sicurezza, tra i vari risultati legati ai pozzetti esplorativi, si è proceduto alla selezione dei parametri geotecnici maggiormente penalizzanti, qui di seguito si riporta un estratto della Relazione geologica con evidenziati i parametri geotecnici prescelti.

AREA IMPIANTO "SABUCI 3"																				
Sond.	Camp.	prof. (m)	W (%)	Y (t/m ³)	Y _s	e ₀	n	S _r (%)	granulometria				limiti			Taglio			ELL cu	Descrizione visiva
									Ghialia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL	LP	I _c	CLASS. UNI 10886	c' (KN/m ²)	φ°		
PG1	C 1	4,00 - 4,50	17,00	1,96	2,71	0,61	0,38	74,96	0,00	0,00	37,96	62,04	50	24	1,26	A7-6	31	22	172,74	Argilla marmosa, di colore grigio a media consistenza
PG4	C 1	2,00 - 2,50	19,02	2,12	2,72	0,53	0,34	98,52	0,00	0,00	45,54	54,46	46	21	1,07	A7-6	28	19	66,51	Argilla marmosa di colore nocciola a media consistenza. Presenza di apparato radicale

Tabella 2. Caratteristiche generali dei pozzetti eseguiti, dei campioni prelevati e delle prove eseguite (Aree Impianti "Sabuci 2 e 3"), nonché, i risultati ottenuti dalle prove di laboratorio.

In funzione dei dati di partenza, si avranno i seguenti valori di progetto :

$$P = N_q \cdot \sigma'_{vL} + N_c \cdot C' = 900,00 \text{ KN} \quad \text{Carico limite portata di punta}$$

$$S = \mu \cdot K \cdot \sigma'_{v0} = 12,40 \text{ KN} \quad \text{Carico limite portata laterale}$$

dove :

$$\phi = 19,00 \text{ }^\circ \quad \text{Angolo attrito terreno}$$

$$C = 0,00 \quad \text{Coesione terreno}$$

$$\gamma = 18,00 \text{ KN/mc} \quad \text{Peso specifico terreno}$$

$$L = 2,00 \text{ m} \quad \text{Lunghezza palo}$$

$$\sigma'_v = \gamma \cdot L = 36,00 \text{ KN/mq}$$

$$N_q = 25$$

$$N_c = (N_a - 1) \cdot ctg \phi$$

$$\mu = \tan \phi = 0,34$$

$$K = 1,00$$

$$K = 1,00 \quad \text{Tubo in acciaio}$$

CONDIZIONI DI CARICO

Si prenderà in esame la condizione di carico più gravosa, che risulta essere il carico del vento.

Si è operato prendendo in considerazione la pressione del vento su tre configurazioni geometriche assunte dai tracker, la prima di perfetta verticalità, la seconda di perfetta orizzontalità, e la terza con inclinazione operative massima pari a 55°.

Per le verifiche è stata presa in considerazione la configurazione a 55°, essendo quella operative.

Qui di seguito si riportano le sollecitazioni statiche indotte dal vento, in funzione delle configurazioni geometriche assunte :

Carico del vento :

p =	2400,00 Pa	Vela ortogonale all'azione del vento
p =	1199,00 Pa	Vela inclinata di 0° rispetto all'azione del vento
p =	687,72 Pa	Vela inclinata di 55° rispetto all'azione del vento

Dimensione vela :

L =	2,28 m	
B =	30,13 m	
H =	2,5 ml	(altezza al mozzo)

Calcolo sollecitazioni massime :

N _{0°} =	91,07 KN	(forza sfilamento complessiva)	<i>Modulo orizzontale</i>
N _{55°} =	52,23 KN	(forza sfilamento complessiva)	<i>Modulo inclinato a 55°</i>
T =	182,29 KN	(taglio complessivo)	
M =	455,715 KN m	(Momento complessivo)	

Considerata la presenza di **5** distinti supporti, le sollecitazioni di calcolo sono le seguenti

N _{0°} =	18,21 KN	(forza sfilamento complessiva)	<i>Modulo orizzontale</i>
N _{55°} =	10,45 KN	(forza sfilamento complessiva)	<i>Modulo inclinato a 55°</i>
T =	36,46 KN	(taglio complessivo)	
M =	91,14 KN m	(Momento complessivo)	

Da un'analisi dei tabulati di calcolo si rilevano le seguenti azioni di compression sui pilastri dei tracker:

Azioni di compressione				
P1	P2	P3	P4	P4
36,41 kN	52,01 kN	51,62 kN	33,37 kN	51,99 kN

VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Le verifiche saranno condotte con secondo l'Approccio 2 con la combinazione A1+M1+R3, utilizzando come coefficienti di sicurezza quelli tratti dalle tabelle 6.4.II e 6.4.VI.

Resistenza	R3
Laterale compressione (pali infissi)	1,15
Laterale trazione (pali infissi)	1,25
Carchi trasversali	1,30

La resistenza di progetto del palo è calcolata a partire dalla resistenza caratteristica decurtata del corrispettivo coefficiente di sicurezza, per cui si applicherà la seguente relazione:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma}$$

I carichi limite verranno calcolati, considerando il contributo dovuto alla portata di punta e quello dovuto alla portanza laterale :

$$P = N_q \cdot \sigma'_{vL} + N_c \cdot C' = 1060,00 \text{ KN} \quad \text{Carico limite portata di punta}$$

$$S = \mu \cdot K \cdot \sigma'_{v0} = 14,60 \text{ KN} \quad \text{Carico limite portata laterale}$$

Adottando i coefficienti di riduzione previsti dalla Norma, si avranno I seguenti valori da utilizzare nelle verifiche :

$$P_d = \frac{P_k}{\gamma} = \frac{1060}{1.15} = 921.74 \text{ kN}$$

$$P_{LAT-d} = \frac{P_{LAT-k}}{\gamma} = \frac{14.60}{1.25} = 11.68 \text{ kN}$$

La relazione per il calcolo della resistenza allo sfilamento è la seguente , $T_{ULT} = T_{LAT} + 0.90 \cdot W$ dove :

$$T_{LAT} = \frac{1}{2} \cdot S \cdot \gamma \cdot L_{CR}^2 \cdot k_u \cdot tg(\phi) + S \cdot \gamma \cdot L_{CR} \cdot k_u \cdot tg(\phi) \cdot (L - L_{CR}) =$$

Al fine di operare a vantaggio di sicurezza, il valore di confronto che verrà preso in considerazione sarà la resistenza alla portanza laterale, valore maggiormente conservative in quanto non tiene conto dell'apporto della lunghezza critica e, seppur trascurabile, del peso proprio.

CONCLUSIONI.

La fondazione è verificata come riassunto nelle seguenti relazioni di confronto :

$N_{\max \text{ compressione}} = 51.99 \text{ kN} < 933.42 \text{ kN}$ *Verificato*

$N_{\max \text{ trazione}} = 10.45 \text{ kN} < 11.68 \text{ kN}$ *Verificato*

IL CALCOLISTA

(DOTT. ING. GIUSEPPE DE LUCA)

