

REGIONE PIEMONTE



COMUNE DI POZZOLO FORMIGARO



COMUNE DI BOSCO MARENGO



PROVINCIA DI ALESSANDRIA

Oggetto:

**Impianto “Agrovoltaico Cascina Luna”
con potenza di picco pari a 30,88 MWp – sistema di accumulo integrato da 15 MW
Comune di Pozzolo Formigaro (AL)**

Committente:

LUNA SOLAR s.r.l.
via sant’Orsola n°3
20123 Milano



Progettazione:

S ARCHITETTI
STUDIO FERRERA ARCHITETTI

Corso Aurelio Saffi n° 15/1A - Genova
www.studioferrera.com

info@studioferrera.com
stefano.ferrera@archiworldpec.it

Arch. Stefano Ferrera

Arch. Strada - Arch. Bianconcini - Arch. Profumo - Arch. Riola - Arch. Costaggiu – Arch. Minuto – Arch. Spalla

Progettisti Esterni:

Ing. Federico Micheli – Progettazione e coordinamento
Dott. Delio Barbieri – Agronomia, botanica, faunistica
Ing. Michele Pigliaru – Progettazione Elettrica
CERVI E ASSOCIATI S.R.L. – Acustica
Ing. Alberto Laudadio – Intervisibilità
Ing. Massimiliano Poggini – Calcoli Strutturali
Dott.ssa Valentina Brodasca – Archeologia
Dott. Geol. Luca Sivori – Geologia



NOME ELABORATO:

Relazione di calcolo preliminare delle strutture

REDATTO	CONTROLLATO	AUTORIZZATO	TIPOLOGIA	FASE PROGETTUALE	DATA	REV	CODICE ELABORATO
MP	FM	SF	IMPIANTO AGROVOLTAICO	DEFINITIVO	GIUGNO 2024	0	CL-REL31

RESPONSABILE COORDINAMENTO PROGETTO:
ARCH. STEFANO FERRERA



Firma e timbro

COMMITTENTE:

Firma e timbro

1) Premessa

La presente relazione tecnica è relativa al dimensionamento delle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici costituenti l'impianto ad oggi definito **Agrovoltaico avanzato – elevato** costituito da un impianto fotovoltaico ad inseguimento solare monoassiale per complessivi **30,888 MWp** di potenza di picco e **25,2 MW** di potenza ai fini dell'immissione in rete, integrato da un Sistema di Accumulo elettrochimico (SdA) di potenza nominale pari a **15 MW** (per complessivi **45 MW**) realizzato su suolo privato, e da coltivazioni agricole tra le file e al di sotto dei pannelli fotovoltaici, e opere connesse alla RTN costituite da linee elettriche in MT interrato interne all'impianto e da un elettrodotto a 36kV di trasporto dell'energia in cavidotto interrato in fregio alla viabilità esistente, sino all'allaccio in antenna a 36 kV su nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione in agro del Comune di Bosco Marengo (AL), da realizzarsi su una superficie recintata di circa 441.671 m² di terreni agricoli ubicati nel Comune di Pozzolo Formigaro (AL) in località San Quirico, presso l'Azienda Agricola Cascina Luna, denominato **“Agrovoltaico Cascina Luna”**.

2) Localizzazione dell'impianto

Il Progetto si realizzerà su terreni nel territorio del Comune di Pozzolo Formigaro, in località San Quirico situato a circa 89,5 km dal capoluogo regionale (Torino) e a circa 14 km da quello provinciale (Alessandria), raggiungibile dal tracciato della Strada Statale 35bis dei Giovi (SS 35 bis), nella parte Sud Est della Provincia di Alessandria.

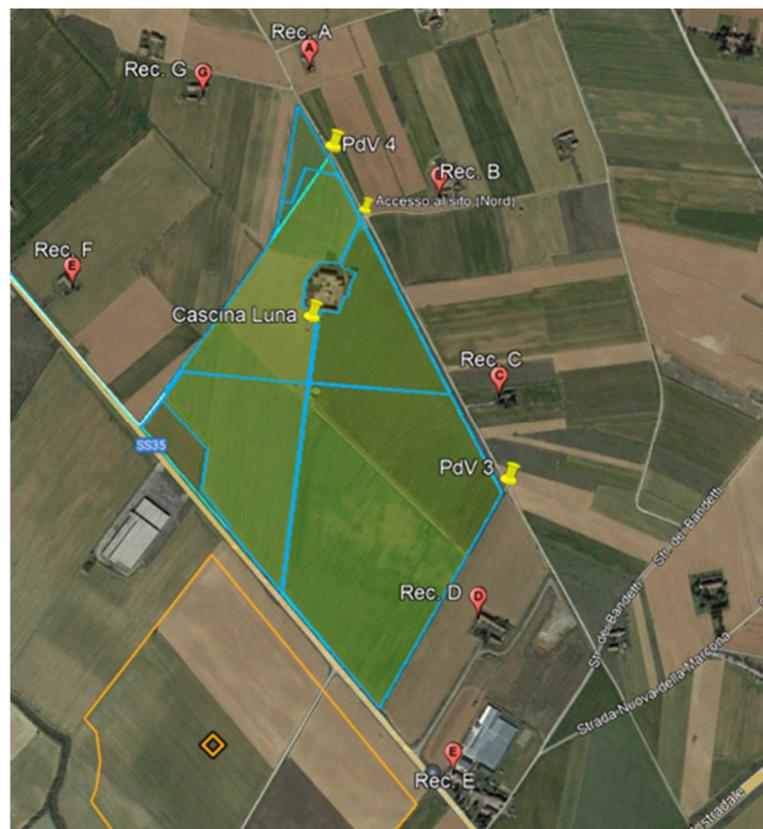


Fig. 1: area di installazione dell'impianto e layout (fornito da: Agreenpower S.r.l.)

3) Descrizione dell'opera

La presente relazione definisce la tipologia della struttura di sostegno e del suo ancoraggio al suolo.

Il tipo di struttura è ad inseguimento solare (tracker) con possibilità di variare l'inclinazione sull'orizzontale, della totalità dei pannelli, da 0° a $\pm 40^\circ$.

Sommariamente tale struttura è così composta:

- n. 2 colonne verticali costituenti i pali di sostegno infissi nel terreno;
- n. 1 corrente orizzontale incernierato alla sommità delle colonne di estremità;
- n. 10 arcarecci posti ad un interasse di 1048 (mm);
- n. 18 pannelli fotovoltaici

Sotto si riportano alcune immagini dei componenti sopra elencati:

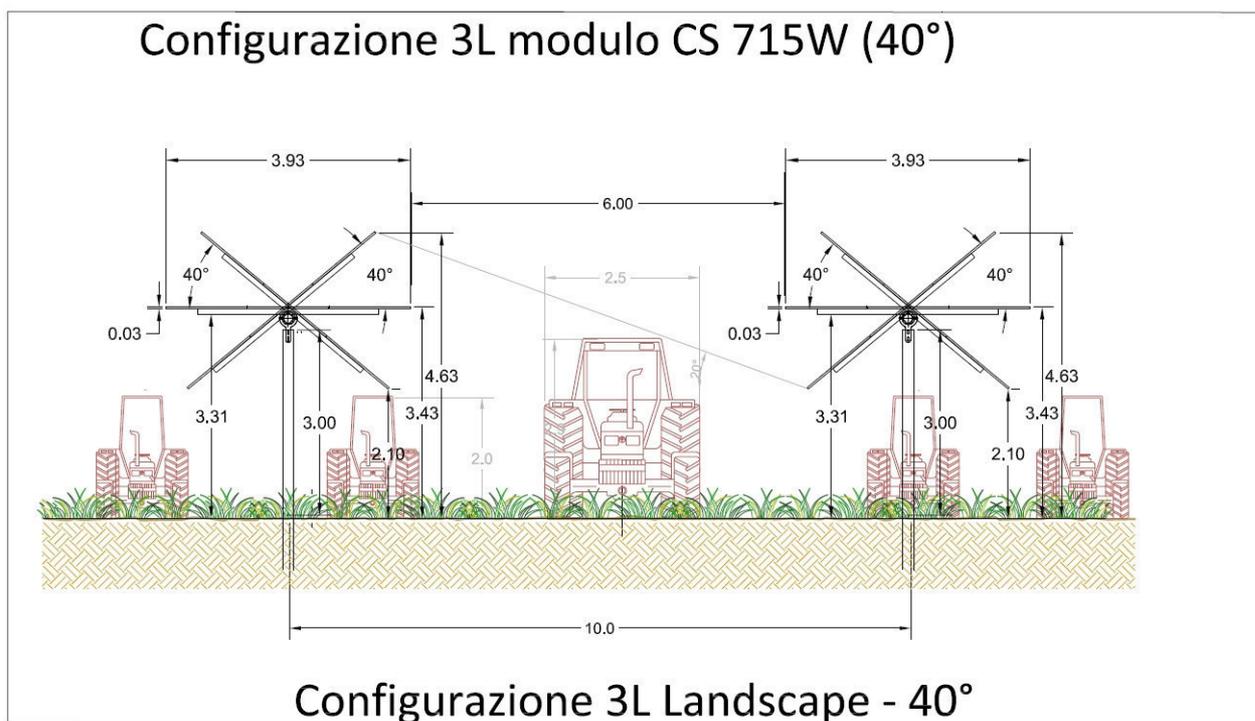


Fig. 2: particolare in elevazione impianto

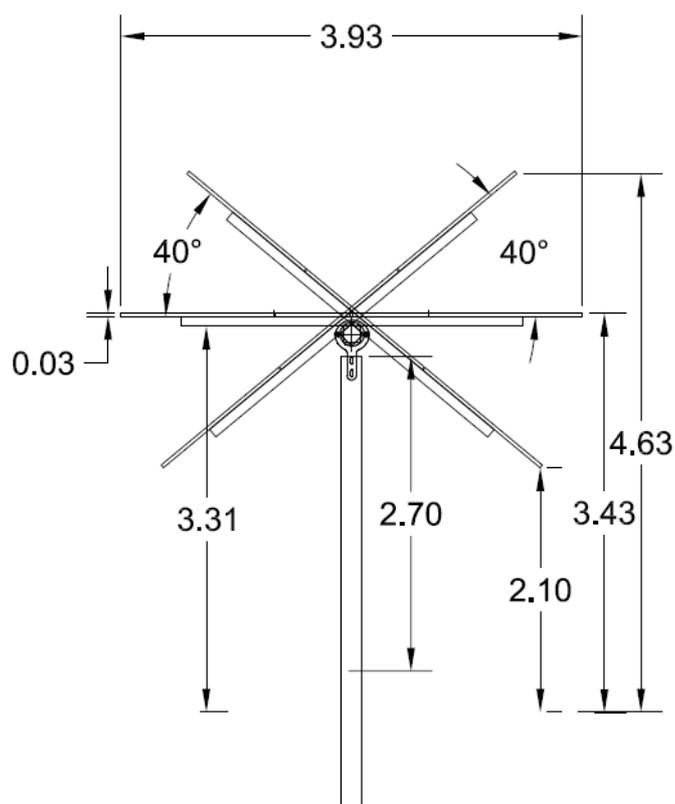


Fig. 3: vista laterale

Tabella 1: caratteristiche geometriche elementi di impianto

Tipologia	Lunghezza totale (mm)	Interasse colonne (mm)	Lungh. Arcareccio (mm)	Dim. Moduli FV (mm)	Interasse moduli (mm)
Tracker	12000	7500	2108	1303x3930	1048

Tabella 2: elevazioni

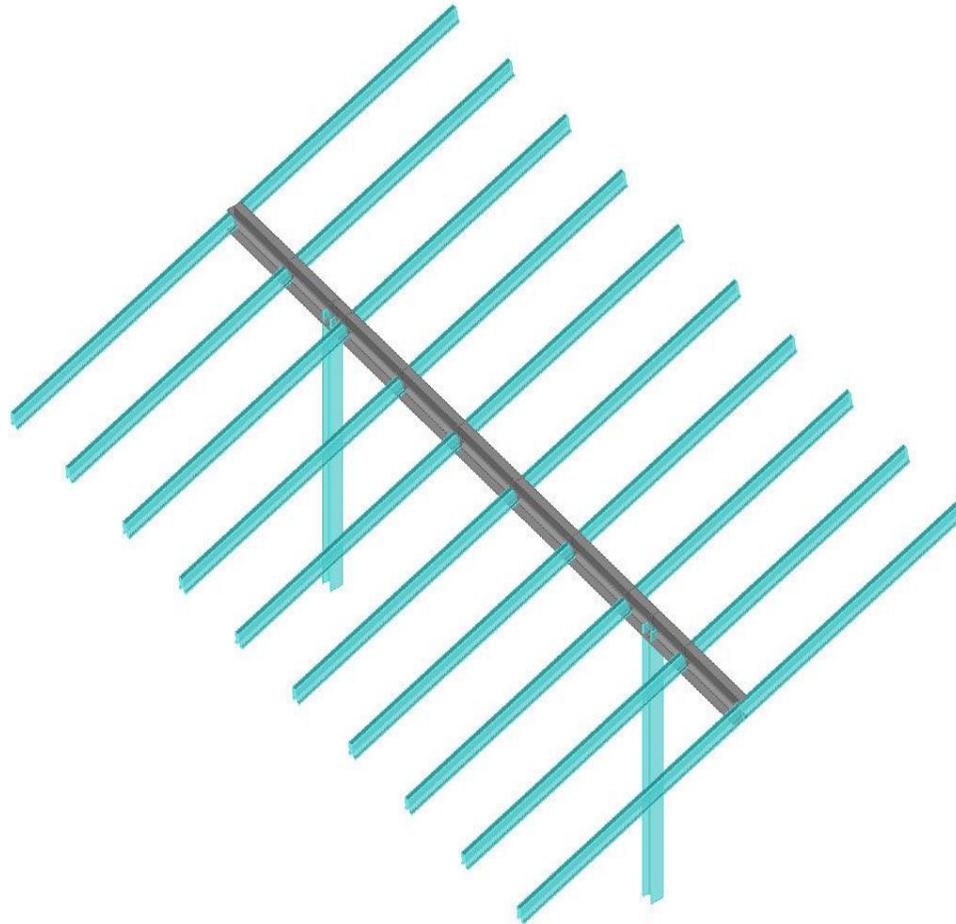
Tipologia	Altezza colonne (mm)	Altezza max (inclinazione = 0°) (mm)	Altezza max (inclinazione = 40°) (mm)
Tracker	3000	3430	4930

Tabella 3: profilati in acciaio per elementi strutturali

Tipologia	Colonne	Corrente orizzontale	Arcarecci
Tracker	HEB160	HEB160	Profilo Sigma 150x45x3

Per le colonne verticali si è impiegato acciaio S 335; per il fissaggio dei moduli ed il corrente orizzontale si è considerato un acciaio S 550

Modello struttura per verifiche strutturali con software PROSap della 2si



4) Normativa di riferimento

- D.M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018 (aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni)
- Circolare 21 gennaio 2019 (istruzione per l'applicazione dell'aggiornamento delle N.T.C 2018;
- Eurocodice 3 (progettazione delle strutture in acciaio)

5) Materiali impiegati e resistenze di calcolo

Tutti i materiali strutturali impiegati devono essere muniti di marcatura "CE", ed essere conformi alle prescrizioni del "REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2011", in merito ai prodotti da costruzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

Materiale/Sollec.	V. caratt.	M.Young	M.Poisson	G	Gamma	Alfa	Altri
	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)		(daN/cm ²)	(daN/cm ³)		
Acciaio S 335		2.100 e ⁺⁰⁶	0.30	8.077 e ⁺⁰⁵	7.85 e ⁻⁰³	1.20e ⁻⁰⁵	
Tensione ft	5100						
Tensione fd	3550						
Tensione amm.	1600						
Rapporto HRDb							1.00e ⁻⁰⁵
Rapporto HRDv							1.00e ⁻⁰⁵
Acciaio S 550		2.100 e ⁺⁰⁶	0.30	8.077 e ⁺⁰⁵	7.85 e ⁻⁰³	1.20e ⁻⁰⁵	
Tensione ft	5500						
Tensione fd	4400						
Tensione amm.	1900						
Rapporto HRDb							1.00e ⁻⁰⁵
Rapporto HRDv							1.00e ⁻⁰⁵

Significato dei simboli	
f _t	Tensione di rottura
f _y	Tensione di snervamento
f _d	Resistenza di calcolo per SL CNR-UNI 10011

6) Principi fondamentali per la progettazione strutturale

Le NTC 2018, unitamente alla circolare n. 7/2019 del C.S.LL.PP., prescrivono che le costruzioni posseggano requisiti di:

- sicurezza delle opere
- sicurezza antincendio
- durabilità
- robustezza.

Gli strumenti normativi citati, per la verifica della sicurezza, prescrivono, il ricorso al metodo semiprobabilistico agli Stati Limite Ultimi (SLU) e di Esercizio (SLE).

– Analisi dei carichi

Il capitolo 3 delle NTC 2018 descrive e definisce i carichi, nominali e/o caratteristici, relativi a costruzioni per uso civile o industriale e prescrive che sia la descrizione sia la definizione dei carichi devono essere espressamente indicate e gli elaborati progettuali.

I carichi sono in genere da considerare come applicati staticamente, salvo casi particolari in cui gli effetti dinamici devono essere debitamente valutati. Oltre che nella situazione definitiva d'uso, si devono considerare le azioni agenti in tutte le fasi esecutive della costruzione.

7) Azioni sulla struttura

Le azioni presenti sulla struttura sono:

- carichi permanenti strutturali e non strutturali;
- azione del vento;
- azione da neve;
- azione sismica.

Le azioni così ottenute sono combinate tra loro in base alle combinazioni di carico indicate dalla norma e appresso riportate. Da queste si ottengono i valori di progetto delle sollecitazioni da impiegare successivamente nelle verifiche. I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite.

– Peso proprio dei materiali strutturali

Le azioni permanenti gravitazionali associate ai pesi propri dei materiali strutturali sono derivate dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali con cui sono realizzate le parti strutturali. Per i materiali più comuni le azioni in argomento sono assunte dalla Tabella 3.1.I. delle N.T.C.

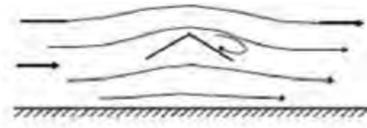
– Carichi permanenti non strutturali

Sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi presenti sulla costruzione durante il suo normale esercizio.

Nel caso in esame appartengono a questa tipologia i pannelli fotovoltaici.

8) Azione del vento

La struttura dell'impianto fotovoltaico è assimilabile ad una tettoia a falda singola e pertanto i criteri per valutare le azioni globali del vento sono forniti dal paragrafo C3.3.8.2, della circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 del C.S.LL.P.P. che tratta appunto di tettoie in cui lo spazio sottostante non sia delimitato in maniera permanente da pareti, ovvero sia uno spazio con coefficiente di bloccaggio $\Phi=0$.



Tettoia senza ostruzioni, $\Phi=0$

La Tabella C3.3. XV e la relativa Figura C.3.3.21 riportano i valori dei coefficienti di forza per le tettoie a semplice falda con vento agente perpendicolarmente alla linea di colmo. I valori dei coefficienti di forza sono espressi in funzione del grado di bloccaggio.

La pressione del vento è data dall'espressione:

$p=q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$	equazione 3.3.4 - NTC 2018
---------------------------------------	----------------------------

- q_r è la pressione cinetica di riferimento;
- c_e è il coefficiente di esposizione;
- c_p è il coefficiente di pressione;
- c_d è il coefficiente dinamico

la pressione cinetica di riferimento è data dall'espressione:

$q_r = 1/2 \rho v_r^2$	equazione 3.3.4 - NTC 2018
------------------------	----------------------------

con:

ρ : densità dell'aria (assunta pari a 1,25 kg/m³);

$v_r = v_b \cdot c_r$ velocità di riferimento del vento (in m/s), data da (equazione 3.3.2 - D.M. 2018):

con " v_b " velocità base di riferimento, di cui al § 3.3.1 e " c_r " coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto " T_R " espresso in anni.

In mancanza di specifiche e adeguate indagini statistiche, il coefficiente di ritorno è fornito dalla relazione

$c_r = 0.75 \sqrt{(1 - 0.2 \ln[-\ln(1 - 1/T_R)])}$	Equazione 3.3.3 NTC 2018
--	--------------------------

– Velocità base di riferimento

La velocità base di riferimento v_b è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II NTC 2018), riferito ad un periodo di ritorno $T_R = 50$ anni.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche, v_b è data dall'espressione: $v_{b,0} \cdot c_a$ dove:

- $v_{b,0}$ è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab. 3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Fig. 3.3.1);
- c_a è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:
 $c_a = 1$ per $a_s \leq a_0$
 $c_a = 1 + k_s \cdot (a_s/a_0 - 1)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m (equazione 3.3.1.b NTC 2018)

c_e : coefficiente di esposizione, che per altezza sul suolo (z) non maggiori di 200 m è dato dalla formula:
 $c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)]$ per $z \geq z_{min}$

$c_e(z) = c_e(z_{min})$ per $z < z_{min}$

k_r , z_0 , z_{min} : parametri forniti dalla Tab. 3.3.II del par. 3.3.7 D.M. 2018 (funzione della categoria di esposizione del sito e della classe di rugosità del terreno);

- c_t : coefficiente di topografia (assunto pari ad 1).

Tabella 3.3.II – parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	K_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Fig. 3.3.1 - Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

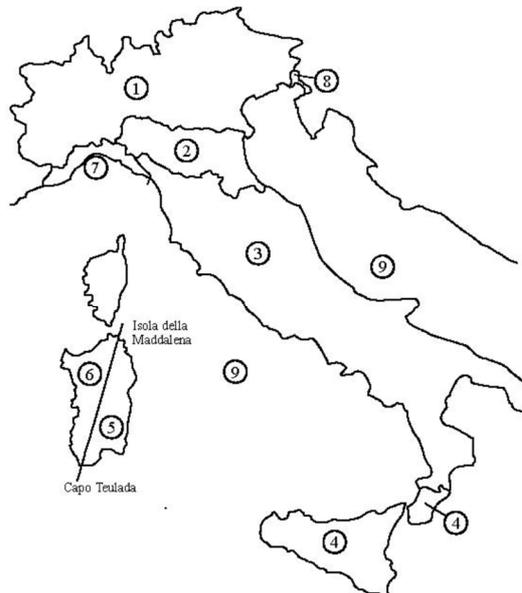
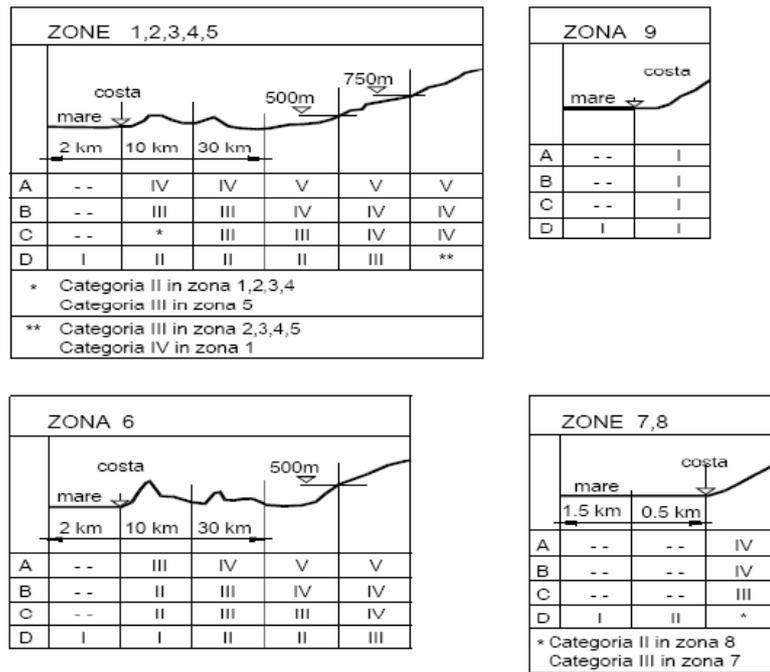


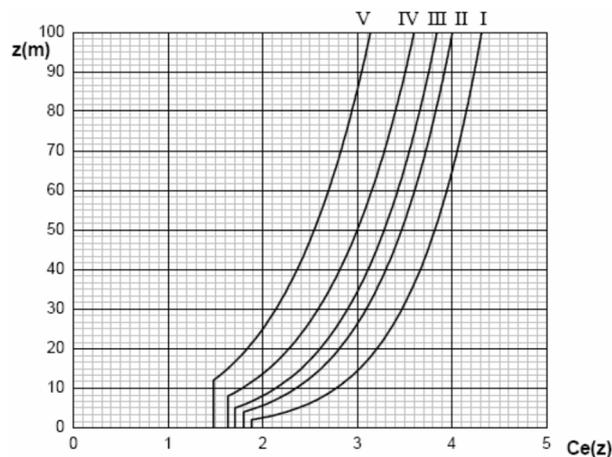
Fig. 3.3.2 definizione delle categorie di esposizione



Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

Fig. 3.3.3- andamento del coefficiente di esposizione c_e in funzione dell'altezza sul suolo (per $c_r=1$)



Per la tettoia a falda singola il coefficiente di forma C_p coincide con il coefficiente di forza C_f che è funzione del grado di bloccaggio e dell'inclinazione α della tettoia.

Figura C3.3.21 - Coefficienti di pressione complessiva per tettoie a semplice falda

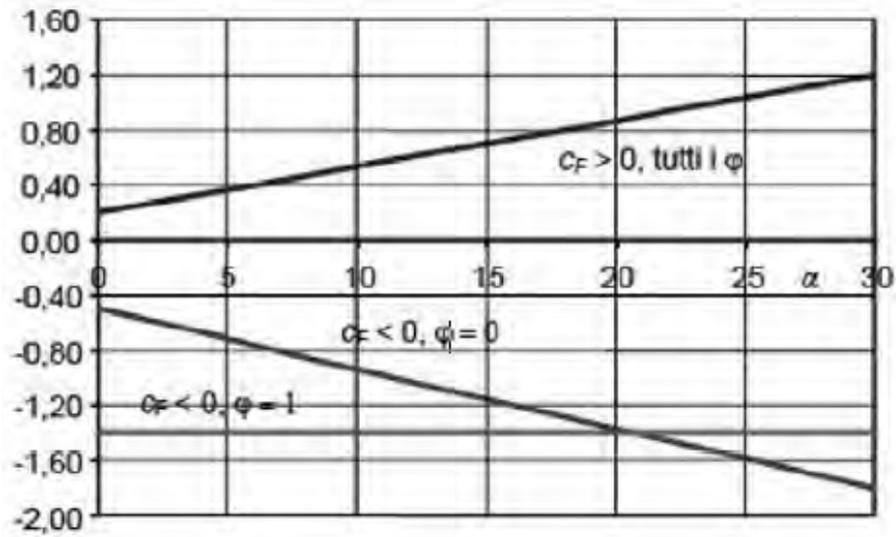
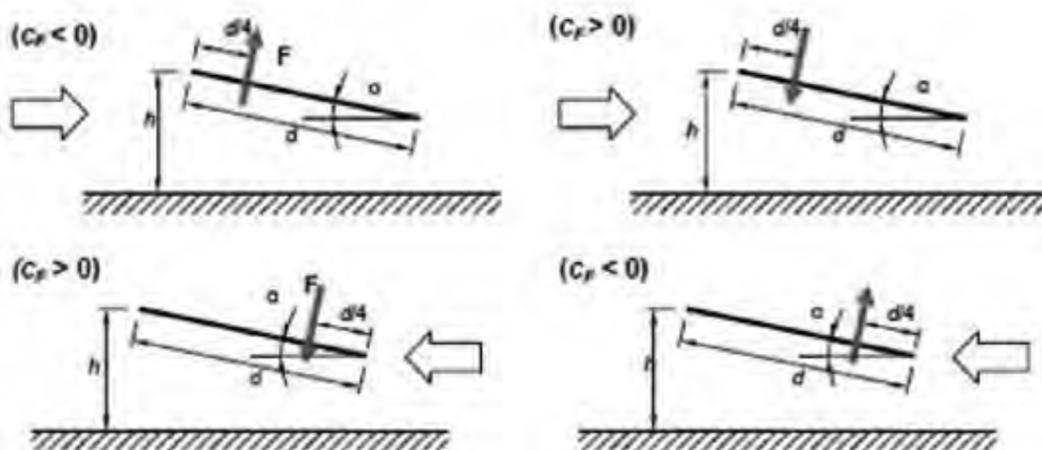


Tabella C3.3. XV - Coefficienti di forza per tettoie a semplice falda (α in $^\circ$).

Valori positivi	Tutti i valori di φ	$C_f = 0,2 + \alpha/30$
Valori negativi	$\varphi = 0$	$C_f = -0,5 - 1,3 * \alpha/30$
	$\varphi = 1$	$C_f = - 1,4$

Figura C3.3.22

Tettoie a semplice falda: posizione del punto di applicazione della forza risultante in funzione della direzione di provenienza del vento e della direzione della forza



Per la configurazione con inclinazione dei pannelli pari a 40 (°) avremo

Per $c_f > 0$: $c_f = 0.2 + \alpha/30 = 0.2 + 40/30 = 1.53$

Per $c_f < 0$: $c_f = -0.5 - 1.3 * (\alpha/30) = -2.23$

Per il calcolo di progetto della tettoia si considerano le condizioni di carico più gravose tra le quattro indicate nella Figura C3.3.22, dove la forza risultante $F = q_p(z) L^2 c_F$

9) Calcolo dell'azione del vento

Per comodità di lettura si riporta appresso l'espressione di calcolo della pressione, sulla struttura, originata dal vento:

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

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

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

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

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

as: altitudine del sito;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

Vb: velocità di riferimento calcolata come segue:

$$Vb = Vb,0 \quad \text{per } as \leq a0$$

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

per $as > 1500 \text{ m}$ vanno ricavati da opportuna documentazione o da indagini comprovate

Tali valori non dovranno essere minori di quelli previsti per $as = 1500 \text{ m}$

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

Vr: velocità di riferimento riferita al periodo di ritorno TR

Zona	Vb,0	a0	ks	as	TR	Vb	Cr	Vr
1	25 m/s	1000 m	0,40	121 m	50 anni	25,00 m/s	1,000	25,00 m/s

Pressione cinetica di riferimento, $q_r = \rho Vr^2 / 2 = 39 \text{ daN/mq}$

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

Esposizione: Cat. IV - Entroterra fino a 500 m di altitudine

Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

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

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

Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive

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

Cp: coefficiente di pressione;

Cd: coefficiente dinamico;

Ct: coefficiente di topografia;

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

z: altezza sul suolo.

Cp	Cd	Ct	Ce	z
1,89	1,00	1,80	3,69	5,00 m

Pressione del vento

$$p = q_r C_e C_p C_d = 273 \text{ daN/m}^2$$

10) Azione della neve

Il carico della neve è stato calcolato seguendo le prescrizioni del §3.4 delle NTC 2018 e le integrazioni della Circolare n. 7 del 2019. Il carico da neve, calcolato come di seguito riportato, è stato combinato con le altre azioni variabili definite al §2.5.3, ed utilizzando i coefficienti di combinazione della Tabella 2.5.I del D.M. 2018. Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_e \cdot C_t$$

dove:

q_{sk} è il valore di riferimento del carico della neve al suolo, di cui al § 3.4.2;

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

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

C_t è il coefficiente termico di cui al § 3.4.5.

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

Il valore di q_{sk} (in kN/mq) è calcolato in base alla posizione ed all'altitudine (as) secondo quanto indicato nella seguente tabella:

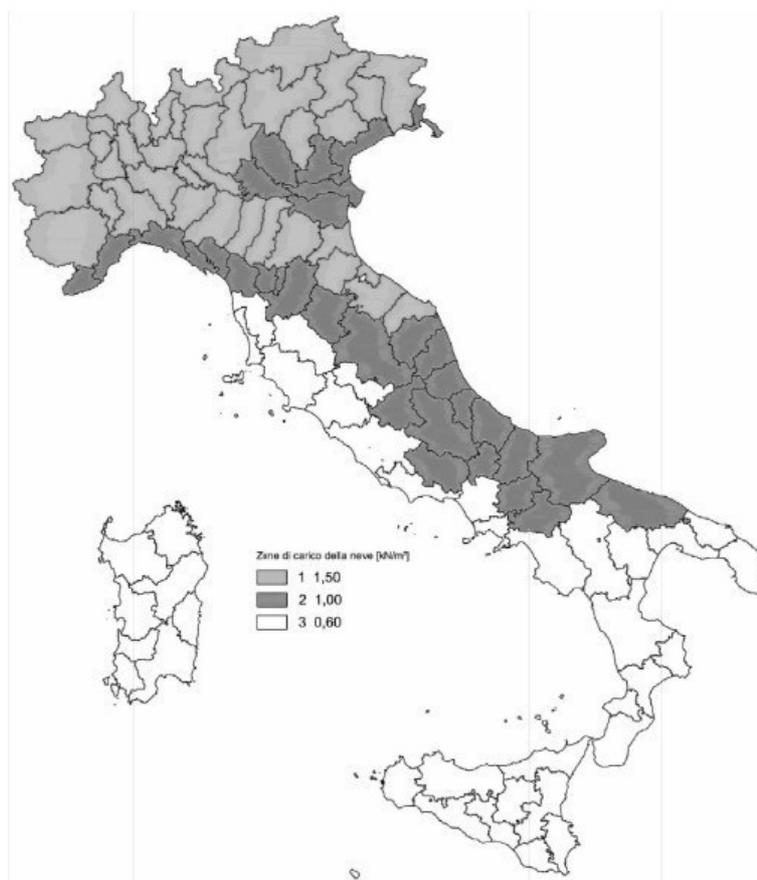


Fig. 3.4.1 – Zone di carico della neve

Tabella C3.4.I coefficienti di forma per il carico di neve (circolare n. 7 2019).

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
μ_1	0.8	$0.8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0.00
μ_2	$0.8 + 0.8 \cdot \alpha / 30$	1.6	

Valori di C_E per diverse classi di esposizione (Tab. 3.4.I NTC 2018)

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati o alberi più alti	0.90
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1.00
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1.10

C_E è il coefficiente termico, cautelativamente pari ad 1 (cfr. 3.4.5 NTC 2018)

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

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale;

Esp.: zona topografica di esposizione al vento;

Ce: coefficiente di esposizione al vento;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

as: altitudine del sito;

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

Zona	Esposizione	Ce	TR	as	qsk
I Mediterranea	Zona normale	1,00	50 anni	121 m	150,00

Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda $\alpha = 0,0^\circ$

- Copertura piana $W = 3.0$ m, $L = 12.0$ m $\Rightarrow Lc = 5.3$, $Cef = 1.000$

$\mu_1 = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 120$ daN/mq

11) Azione sismica

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al §3.2 del D.M. 2018 "Norme tecniche per le Costruzioni".

Si riportano di seguito le coordinate geografiche del sito:

Latitudine	Longitudine	Altitudine
(°)	(°)	(m)
44° 47' 42"	8° 47' 5"	145

L'opera in oggetto è stata progettata per una vita nominale di 50 (anni) e per una classe d'uso CU II.

In base alle indagini geognostiche, la classificazione del sottosuolo è stata effettuata in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio. Tali indagini hanno consentito di conferire al suolo di fondazione la categoria B.

Le verifiche dell'intera struttura soggetta ai massimi carichi indotti dal vento, dall aneve o dal sisma sono interamente riportate in Allegato alla presente.

12) Schematizzazione dei carichi sulla struttura.

I carichi da vento sono stati modellati sulla struttura come carico distribuito sui pannelli di solaio con i quali sono stati simulati i pannelli fotovoltaici. Nei calcoli della modellazione riportata in allegato il vento è mutamente esclusivo al sisma ed alla neve e viene inserito come un carico distribuito costante su tutta la superficie del valore di 273dN/mq. Gli elementi solaio sono stati modellati con scarico monodirezionale in modo tale che generi un carico lineare sugli arcarecci.

In modo analogo si è provveduto ad inserire il carico da neve che risulta comunque di molto inferiore al carico indotto dalla pressione del vento.

13) Definizione delle combinazioni

Le azioni sulla costruzione sono state combinate secondo le regole previste dalle NTC 2018 al paragrafo 2.5.3.

Le combinazioni per lo stato limite SLU sono:

- combinazione Fondamentale;
- combinazione caratteristica Rara;
- combinazione frequente;
- combinazione quasi permanente;
- combinazione sismica.

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali. Le verifiche strutturali sono state effettuate con l'Approccio 2 come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione A1+M1+R3. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 definiti nella Tab. 6.2.I del D.M. 2018.

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella Tab. 6.2.II delle NTC 2018.

I valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della Tab. 6.4.I delle NTC 2018 per le fondazioni superficiali.

14) Progetto e verifica degli elementi strutturali

La verifica degli elementi allo SLU – SLV avviene col seguente procedimento:

- si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni;
- si costruiscono le combinazioni sismiche in base al D.M. 2018 secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018, ottenendo un ulteriore insieme di sollecitazioni;
- per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo, tra tutte le combinazioni, con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

15) Verifiche strutturali elementi in acciaio.

La progettazione delle membrature è avvenuta in modo da soddisfare le verifiche richieste per gli SLU (statici e sismici) e per gli SLE (statici e sismici) mediante l'ausilio del codice di calcolo. Al fine di non appesantire la relazione con informazioni irrilevanti si riportano, per i diversi tipi di tracker, le sole configurazioni che producono effetti più gravosi, ovvero tracker con angolo di inclinazione massimo.

Verifiche SLU – SLV

Le verifiche sono espresse da un fattore di sicurezza F_s espresso come: $F_s = \text{azione}/\text{resistenza}$ pertanto, la verifica risulta soddisfatta se il coefficiente è < 1

Sulle strutture sono state eseguite tutte le verifiche richieste dal D.M. 17/01/2018

Sotto si riportano le più significative:

- La percentuale di sfruttamento ($< 100\%$ verifica soddisfatta)
- Verifica per Taglio-Torsione in accordo con § 4.2.4.1.2 del D.M. 17/01/2018
- Verifica per sforzo normale e momenti in accordo con § 4.2.4.1.2 del D.M. 17/01/2018

16) Verifiche SLE – SLD

Gli spostamenti devono essere verificati per garantire la funzionalità dell'opera.

Per gli spostamenti verticali del corrente orizzontale si assume un limite pari a $L/200$, ovvero,

$$\delta_{v,amm} = 7.5/200 = 0.038 \text{ (m)} = 38 \text{ (mm)}$$

La verifica di deformabilità è condotta in accordo con §4.2.4.2 delle NTC 17/01/2018.

17) Verifiche geotecniche

Per quanto concerne il sistema terreno-fondazione, l'opera in esame prevede che le strutture metalliche verticali siano infisse nel terreno, pertanto, le verifiche sono condotte in accordo a quanto specificato dal § 6.4.3.1 delle NTC 2018 per gli SLU per le fondazioni profonde.

Al fine di poter utilizzare le classiche formule statiche per i pali infissi e per rendere possibile l'utilizzo del software di calcolo, la sezione dei profili HEB impiegati per le colonne verticali (pali) viene ricondotta

ad un palo equivalente il cui perimetro della sezione è uguale al perimetro della sezione della colonna verticale.

18) Calcolo palo equivalente

Profilo palo	Perimetro della sezione	Diametro palo equivalente
HEB 200	(m)	(m)
	1.151	0.367

19) Parametri geotecnici per la caratterizzazione geomeccanica dei terreni di fondazione

I valori dei parametri geotecnici impiegati nel calcolo sono quelli più cautelativi e sono stati desunti dalla relazione geologica, geotecnica e sismica (rif. elab. Relazione Geologica) e si riportano nel seguito.

Angolo d'attrito	Coesione	Litotipo
	(kPa)	
30	2	Vedi relazione geologica

In fase di progettazione esecutiva, avendo a disposizione parametri geotecnici più rappresentativi della stratigrafia del sito, si potranno definire con maggior precisione le caratteristiche della totalità dei componenti strutturali.

20) Riassunto delle verifiche geotecniche

In via preliminare ed alla luce delle limitate indagini in campo eseguite si ritiene che lo strato superficiale non offra sufficienti garanzie di portanza, soprattutto in presenza di piovosità particolare. Si stima pertanto, l'infissione dei pali di sostegno per almeno 1-2 metri e comunque sicuramente sino almeno 1m all'interno del terreno addensato. In fase esecutiva, anche a seguito dell'esecuzione di pali di prova, sarà possibile stabilire una coretta profondità di infissione.

21) Conclusioni

L'opera sopra descritta è conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. del 17/01/2018.

Ulteriori indicazioni e aspetti dovranno essere analizzati nella fase esecutiva del progetto.

Il tecnico progettista

(Dott. Ing. Massimiliano Poggini)



ALLEGATO

Calcoli e verifiche statiche e dinamiche della struttura portante dei pannelli con analisi su modello di calcolo agli elementi finiti con software PROSap della 2si



Relazione di calcolo strutturale impostata e redatta secondo le modalità previste nel D.M. 17 Gennaio 2018 cap. 10 “Redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo”.

Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo	
Codice di calcolo:	PRO SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (build 2023-07-199)
Produttore- Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l. Via Garibaldi, 90 44121 Ferrara FE (Italy) Tel. +39 0532 200091 www.2si.it
Codice Licenza:	Licenza dsi4712

Descrizione	
Progetto	-
Ubicazione	Comune di BOSCO MARENCO (AL) (Regione PIEMONTE) Località BOSCO MARENCO (AL) Longitudine 8.676, Latitudine 44.822
Progettista	-

In merito al punto 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (*Affidabilità dei codici utilizzati*), si fa riferimento al **Documento di Affidabilità** “Test di validazione del software di calcolo PRO_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO_SAP Modulo Geotecnico, PRO_CAD nodi acciaio e PRO_MST” disponibile per il download sul sito: <https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/>

INTESTAZIONE E CONTENUTI DELLA RELAZIONE

Contenuti della relazione:

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

- Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo

- *Affidabilità dei codici utilizzati*

- *Validazione dei codici*

- *Tipo di analisi svolta*

- *Modalità di presentazione dei risultati*

- *Informazioni generali sull'elaborazione*

- *Giudizio motivato di accettabilità dei risultati*

STAMPA DEI DATI DI INGRESSO

- Normative prese a riferimento

- *Criteri adottati per le misure di sicurezza*

- *Criteri seguiti nella schematizzazione della struttura, dei vincoli e delle sconessioni*

- *Interazione tra terreno e struttura*

- *Legami costitutivi adottati per la modellazione dei materiali e dei terreni*

- *Schematizzazione delle azioni, condizioni e combinazioni di carico*

- *Metodologie numeriche utilizzate per l'analisi strutturale*

- *Metodologie numeriche utilizzate per la progettazione e la verifica degli elementi strutturali*

STAMPA DEI RISULTATI

INTESTAZIONE E CONTENUTI DELLA RELAZIONE.....	2
PROGETTO.....	2
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE.....	6
PREMESSA.....	6
DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA.....	6
QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO.....	7
AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE.....	7
MODELLO NUMERICO.....	8
Tipo di analisi strutturale.....	8
Informazioni sul codice di calcolo.....	8
Affidabilità dei codici utilizzati.....	9
MODELLAZIONE DELLE AZIONI.....	10
COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO.....	10
VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI.....	12
VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO.....	12
NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	13

CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI.....	17
LEGENDA TABELLA DATI MATERIALI.....	17
MODELLAZIONE DELLE SEZIONI.....	21
LEGENDA TABELLA DATI SEZIONI.....	21
MODELLAZIONE STRUTTURA: NODI.....	23
LEGENDA TABELLA DATI NODI.....	23
TABELLA DATI NODI.....	23
MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI TRAVE.....	25
TABELLA DATI TRAVI.....	25
MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA: ELEMENTI SOLAIO-PANNELLO.....	28
LEGENDA TABELLA DATI SOLAI-PANNELLI.....	28
MODELLAZIONE DELLE AZIONI.....	32
LEGENDA TABELLA DATI AZIONI.....	32
SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO.....	35
LEGENDA TABELLA CASI DI CARICO.....	35
DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI.....	43
LEGENDA TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO.....	43
AZIONE SISMICA.....	47
VALUTAZIONE DELL' AZIONE SISMICA.....	47
Parametri della struttura.....	47
RISULTATI ANALISI SISMICHE.....	53
LEGENDA TABELLA ANALISI SISMICHE.....	53
RISULTATI NODALI.....	59
LEGENDA RISULTATI NODALI.....	59
RISULTATI ELEMENTI TIPO TRAVE.....	67
LEGENDA RISULTATI ELEMENTI TIPO TRAVE.....	67
VERIFICHE PER ELEMENTI IN ACCIAIO.....	81
LEGENDA TABELLA VERIFICHE PER ELEMENTI IN ACCIAIO.....	81
STATI LIMITE D' ESERCIZIO ACCIAIO.....	84
LEGENDA TABELLA STATI LIMITE D' ESERCIZIO ACCIAIO.....	84

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

PREMESSA

La presente relazione di calcolo strutturale, in conformità al §10.1 del DM 17/01/18, è comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica. Segue inoltre le indicazioni fornite al §10.2 del DM stesso per quanto concerne analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo.

Nella presente parte sono riportati i principali elementi di inquadramento del progetto esecutivo riguardante le strutture, in relazione agli strumenti urbanistici, al progetto architettonico, al progetto delle componenti tecnologiche in generale ed alle prestazioni attese dalla struttura.

DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

Descrizione generale dell'opera	
Fabbricato ad uso	
Ubicazione	Comune di BOSCO MARENGO (AL) (Regione PIEMONTE)
	Località BOSCO MARENGO (AL)
	Longitudine 8.676, Latitudine 44.822
Numero di piani	Fuori terra
	Interrati
	le dimensioni dell'opera in pianta sono racchiuse in un rettangolo di
Numero vani scale	
Numero vani ascensore	
Tipo di fondazione	

Principali caratteristiche della struttura	
Struttura regolare in pianta	
Struttura regolare in altezza	
Classe di duttilità	
Travi: ricalate o in spessore	
Pilastrì	
Pilastrì in falso	
Tipo di fondazione	
Condizioni per cui è necessario considerare la componente verticale del sisma	

Parametri della struttura			
Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]
II	50.0	1.0	50.0

QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO

Le norme ed i documenti assunti quale riferimento per la progettazione strutturale vengono indicati di seguito.

Nel capitolo "normativa di riferimento" è comunque presente l'elenco completo delle normative disponibili.

Progetto-verifica degli elementi	
Progetto cemento armato	D.M. 17-01-2018
Progetto acciaio	D.M. 17-01-2018
Progetto legno	D.M. 17-01-2018
Progetto muratura	D.M. 17-01-2018
Azione sismica	
Norma applicata per l' azione sismica	D.M. 17-01-2018

AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE

Nei capitoli "modellazione delle azioni" e "schematizzazione dei casi di carico" sono indicate le azioni sulla costruzioni.

Nel prosieguo si indicano tipo di analisi strutturale condotta (statico,dinamico, lineare o non lineare) e il metodo adottato per la risoluzione del problema strutturale nonché le metodologie seguite per la verifica o per il progetto-verifica delle sezioni. Si riportano le combinazioni di carico adottate e, nel caso di calcoli non lineari, i percorsi di carico seguiti; le configurazioni studiate per la struttura in esame *sono risultate effettivamente esaustive per la progettazione-verifica.*

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici. L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$$\mathbf{K} \cdot \mathbf{u} = \mathbf{F} \quad \text{dove} \quad \mathbf{K} = \text{matrice di rigidezza}$$

\mathbf{u} = vettore spostamenti nodali

\mathbf{F} = vettore forze nodali

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all'elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

Elemento tipo TRUSS	(biella-D2)
Elemento tipo BEAM	(trave-D2)
Elemento tipo MEMBRANE	(membrana-D3)
Elemento tipo PLATE	(piastra-guscio-D3)
Elemento tipo BOUNDARY	(molla)

Elemento tipo STIFFNESS	(matrice di rigidità)
Elemento tipo BRICK	(elemento solido)
Elemento tipo SOLAIO	(macro elemento composto da più membrane)

MODELLO NUMERICO

In questa parte viene descritto il modello numerico utilizzato (o i modelli numerici utilizzati) per l'analisi della struttura. La presentazione delle informazioni deve essere, coerentemente con le prescrizioni del paragrafo 10.2 e relativi sottoparagrafi delle NTC-18, tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità

Tipo di analisi strutturale	
Sismica statica lineare	SI
Sismica dinamica lineare	NO
Sismica statica non lineare (prop. masse)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo)	NO
Sismica statica non lineare (triangolare)	NO
Non linearità geometriche (fattore P delta)	NO
Analisi lineare	SI

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione, estremi della licenza d'uso:

Informazioni sul codice di calcolo	
Titolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (build 2023-07-199)
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara
Dati utente finale:	Massimiliano Poggini
Codice Utente:	dsi4712
Codice Licenza:	Licenza dsi4712

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software **ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico**. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:

Affidabilità dei codici utilizzati
2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.
E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/

Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:	
nodi	34
elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)	33
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	0
elementi solaio	18
elementi solidi	0
Dimensione del modello strutturale [cm]:	
X min =	2068.00
Xmax =	3253.00
Ymin =	1052.00
Ymax =	1832.00
Zmin =	0.00
Zmax =	390.00
Strutture verticali:	
Elementi di tipo asta	NO
Pilastri	SI
Pareti	NO
Setti (a comportamento membranale)	NO
Strutture non verticali:	
Elementi di tipo asta	NO
Travi	SI
Gusci	NO
Membrane	NO
Orizzontamenti:	
Solai con la proprietà piano rigido	NO
Solai senza la proprietà piano rigido	SI
Tipo di vincoli:	
Nodi vincolati rigidamente	SI
Nodi vincolati elasticamente	NO
Nodi con isolatori sismici	NO
Fondazioni puntuali (plinti/plinti su palo)	NO
Fondazioni di tipo trave	NO
Fondazioni di tipo platea	NO
Fondazioni con elementi solidi	NO

MODELLAZIONE DELLE AZIONI

Si veda il capitolo **“Schematizzazione dei casi di carico”** per le informazioni necessarie alla comprensione ed alla ricostruzione delle azioni applicate al modello numerico, coerentemente con quanto indicato nella parte **“2.6. Azioni di progetto sulla costruzione”**.

COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO

Si veda il capitolo **“Definizione delle combinazioni”** in cui sono indicate le combinazioni di carico adottate e, nel caso di calcoli non lineari, i percorsi di carico seguiti.

Combinazioni dei casi di carico	
APPROCCIO PROGETTUALE	Approccio 2
SLU	SI
SLV (SLU con sisma)	SI
SLC	NO
SLD	SI
SLO	NO
SLU GEO A2 (per approccio 1)	NO
SLU EQU	NO
Combinazione caratteristica (rara)	SI
Combinazione frequente	SI
Combinazione quasi permanente (SLE)	SI
SLA (accidentale quale incendio)	SI

Principali risultati

I risultati devono costituire una sintesi completa ed efficace, presentata in modo da riassumere il comportamento della struttura, per ogni tipo di analisi svolta.

Nella presente relazione di calcolo sono riportati i seguenti risultati che il progettista ritiene di interesse per la descrizione e la comprensione del/i modello/i e del comportamento della struttura:

per l'analisi modale:

- periodi dei modi di vibrare della struttura
- masse eccitate dai singoli modi
- massa eccitata totale

deformate e sollecitazioni:

- spostamenti e rotazioni dei singoli nodi della struttura
- reazioni vincolari (nel caso siano presenti nodi vincolati rigidamente)
- pressioni sul terreno (nel caso siano presenti elementi di fondazione)
- sollecitazioni sugli elementi d2 nelle combinazioni di calcolo più significative
- tensioni sugli elementi d3 nelle combinazioni di calcolo più significative

- sollecitazioni sui macroelementi da elementi d3 nelle combinazioni di calcolo più significative

La presente relazione, oltre ad illustrare in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare, riporta una serie di immagini:

per i dati in ingresso:

- modello solido della struttura
- numerazione di nodi e ed elementi
- configurazioni di carico statiche
- configurazioni di carico sismiche con baricentri delle masse e eccentricità

per le combinazioni più significative (statisticamente più gravose per la struttura):

- configurazioni deformate
- diagrammi e involuipi delle azioni interne
- mappe delle tensioni
- reazioni vincolari
- mappe delle pressioni sul terreno

per il progetto-verifica degli elementi:

- diagrammi di armatura
- percentuali di sfruttamento
- mappe delle verifiche più significative per i vari stati limite

Informazioni generali sull'elaborazione e giudizio motivato di accettabilità dei risultati.

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni anormali. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni. Si allega al termine della presente relazione elenco sintetico dei controlli svolti (verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.) .

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Nel capitolo relativo alla progettazione degli elementi strutturali agli SLU vengono indicate, con riferimento alla normativa adottata, le modalità ed i criteri seguiti per valutare la sicurezza della struttura nei confronti delle possibili situazioni di crisi ed i risultati delle valutazioni svolte. In via generale, oltre alle verifiche di resistenza e di spostamento, devono essere prese in considerazione verifiche nei confronti dei fenomeni di instabilità, locale e globale, di fatica, di duttilità, di degrado.

VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Nel capitolo relativo alla progettazione degli elementi strutturali agli SLE vengono indicate, con riferimento alla normativa adottata, le modalità seguite per valutare l'affidabilità della struttura nei confronti delle possibili situazioni di perdita di funzionalità (per eccessive deformazioni, fessurazioni, vibrazioni, etc.) ed i risultati delle valutazioni svolte.

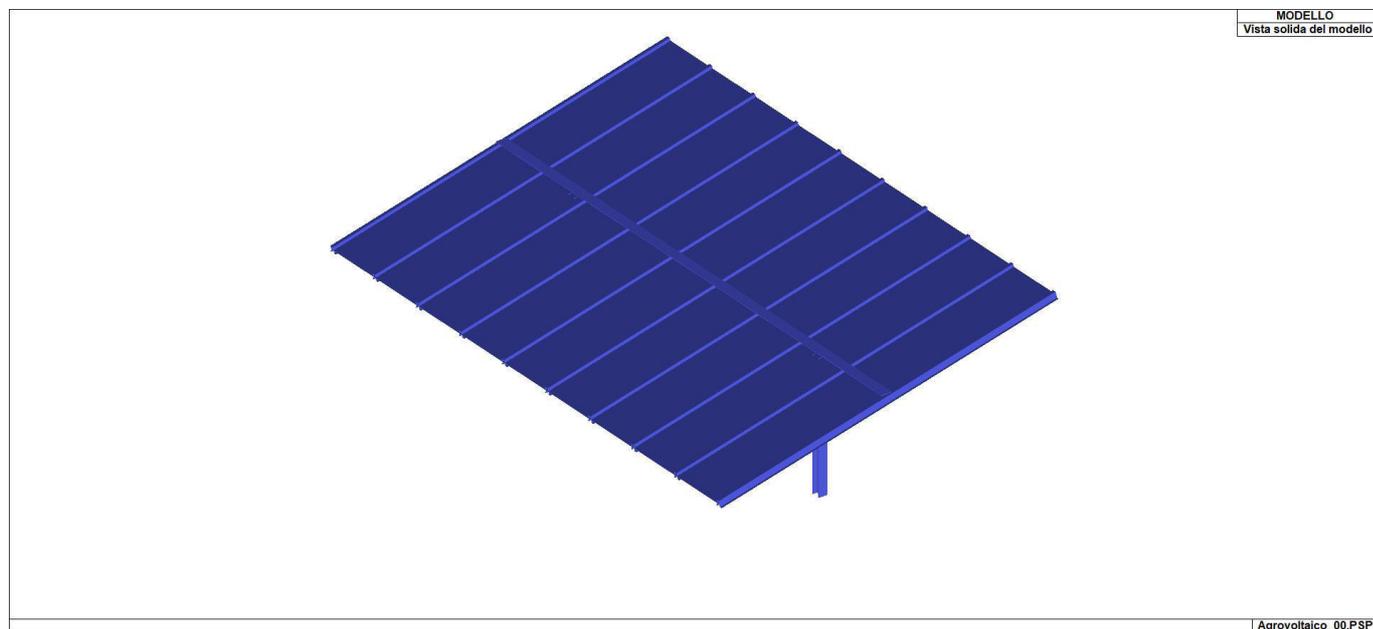
NORMATIVA DI RIFERIMENTO

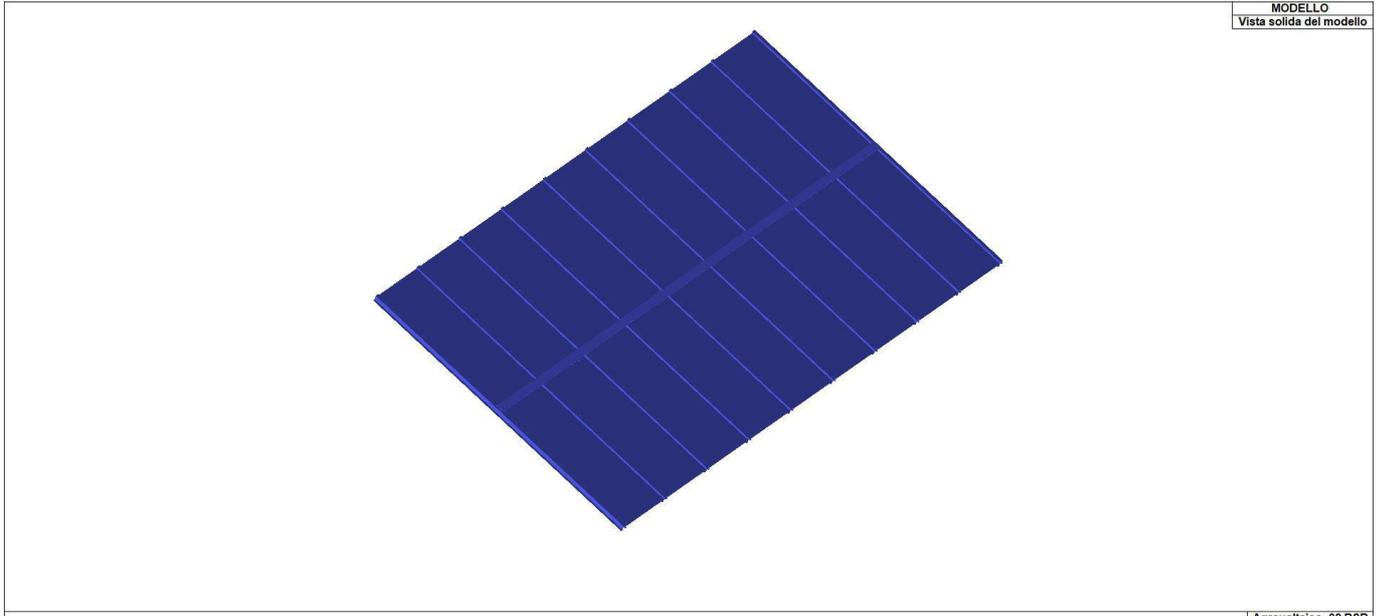
1. D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
2. Circolare 21/01/19, n. 7 C.S.LL.PP "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"
3. D.Min. Infrastrutture e trasporti 14 Settembre 2005 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
4. D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
5. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>".
6. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
7. Circolare 4/07/96, n.156AA.GG./STC. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>" di cui al D.M. 16/01/96.
8. Circolare 10/04/97, n.65AA.GG. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/96.
9. D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
10. Circolare 4 Gennaio 1989 n. 30787 "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
11. D.M. LL.PP. 11 Marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
12. D.M. LL.PP. 3 Dicembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
13. UNI 9502 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso - edizione maggio 2001
14. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni e integrazioni.
15. UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.
16. UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.
17. UNI EN 1991-2:2005 01/03/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti.
18. UNI EN 1991-1-3:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve.
19. UNI EN 1991-1-4:2005 01/07/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
20. UNI EN 1991-1-5:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche.
21. UNI EN 1992-1-1:2005 24/11/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
22. UNI EN 1992-1-2:2005 01/04/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio.
23. UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
24. UNI EN 1993-1-8:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.
25. UNI EN 1994-1-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
26. UNI EN 1994-2:2006 12/01/2006 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti.
27. UNI EN 1995-1-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici.
28. UNI EN 1995-2:2005 01/01/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 2: Ponti.
29. UNI EN 1996-1-1:2006 26/01/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1:

- Regole generali per strutture di muratura armata e non armata.
30. UNI EN 1996-3:2006 09/03/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata.
 31. UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
 32. UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
 33. UNI EN 1998-3:2005 01/08/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.
 34. UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
 35. CNR DT-200/2013 - Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati
 36. CNR DT-215/2018 - Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica

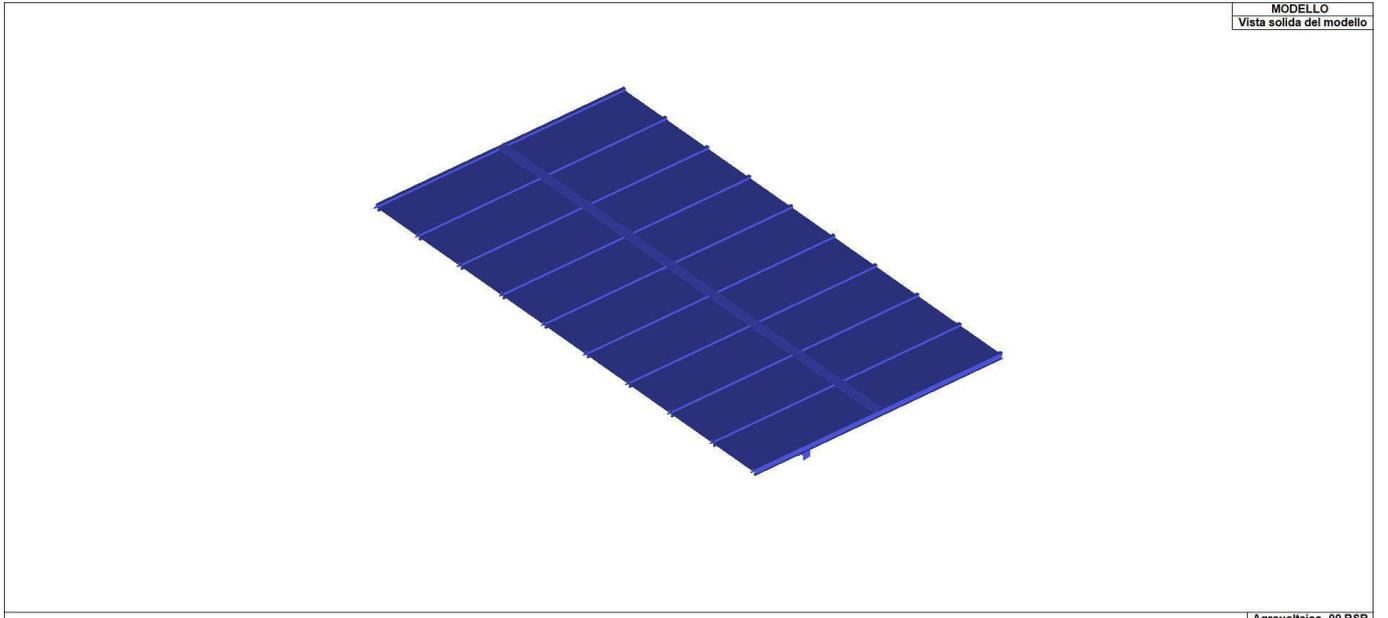
NOTA: il presente capitolo riporta l'elenco delle normative implementate nel software. Le norme utilizzate per la struttura oggetto della presente relazione sono indicate nel precedente capitolo "RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE" "ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO".

Laddove nei capitoli successivi vengano richiamate normative antecedenti al DM 17.01.18 è dovuto alla progettazione simulata di edificio esistente.

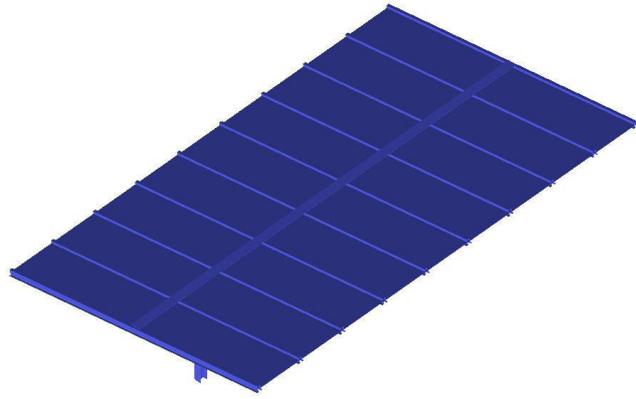




01_INT_VISTA_SOLIDATA_002



01_INT_VISTA_SOLIDATA_003



CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI

LEGENDA TABELLA DATI MATERIALI

Il programma consente l'uso di materiali diversi. Sono previsti i seguenti tipi di materiale:

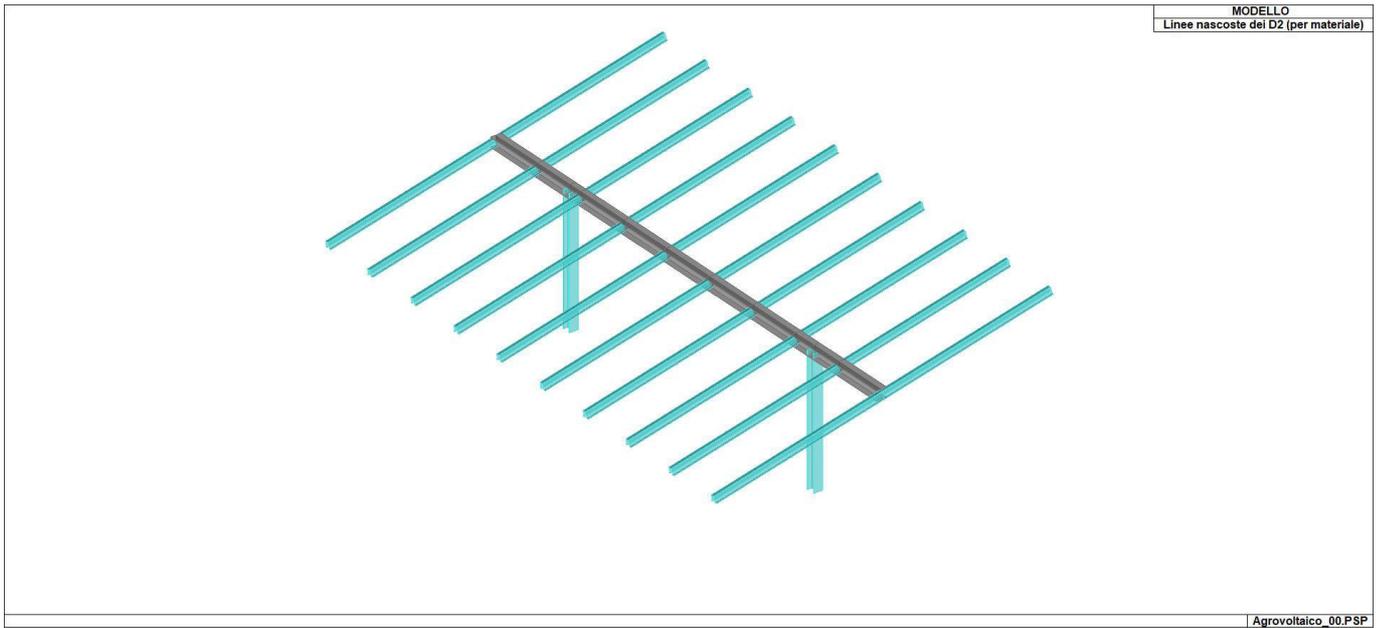
1	materiale tipo cemento armato
2	materiale tipo acciaio
3	materiale tipo muratura
4	materiale tipo legno
5	materiale tipo generico

I materiali utilizzati nella modellazione sono individuati da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni materiale vengono riportati in tabella i seguenti dati:

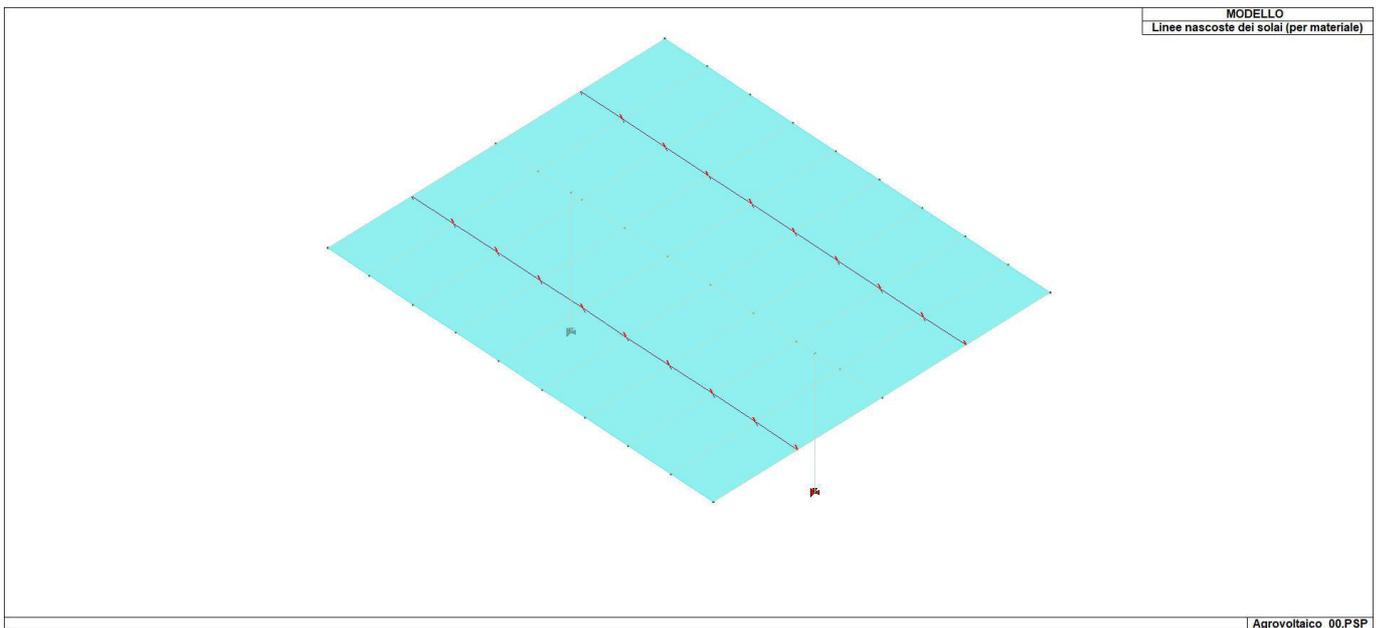
Young	modulo di elasticità normale E
Poisson	coefficiente di contrazione trasversale ν
G	modulo di elasticità tangenziale
Gamma	peso specifico
Alfa	coefficiente di dilatazione termica
Fattore di confidenza FC m	Fattore di confidenza specifico per materiale; (è riportato solo se diverso da quello globale della struttura)
Fattore di confidenza FC a	Fattore di confidenza specifico per l'armatura (è riportato solo se diverso da quello globale della struttura)
Elasto-plastico	Materiale elastico perfettamente plastico per aste non lineari
Massima compressione	Massima tensione di compressione per aste non lineari
Massima trazione	Massima tensione di trazione per aste non lineari
Fattore attrito	Coefficiente di attrito per aste non lineari
Rapporto HRDb	Rapporto di hardening a flessione
Rapporto HRDv	Rapporto di hardening a taglio

I dati soprariportati vengono utilizzati per la modellazione dello schema statico e per la determinazione dei carichi inerziali e termici. In relazione al tipo di materiale vengono riportati inoltre:

1	c.a.	Resistenza Rc	resistenza a compressione cubica
		Resistenza fctm	resistenza media a trazione semplice
		Coefficiente ksb	Coefficiente di riduzione della resistenza a compressione da utilizzare nello stress block
2	acciaio	Tensione ft	Valore della tensione di rottura
		Tensione fy	Valore della tensione di snervamento
		Resistenza fd	Resistenza di calcolo per SL CNR-UNI 10011
		Resistenza fd (>40)	Resistenza di calcolo per SL CNR-UNI 10011 per spessori > 40mm
		Tensione ammissibile	Tensione ammissibile CNR-UNI 10011
		Tensione ammissibile(>40)	Tensione ammissibile CNR-UNI 10011 per spessori > 40mm
3	muratura	Muratura consolidata	Muratura per la quale si prevedono interventi di rinforzo"
		Incremento resistenza	Incremento conseguito in termini di resistenza



11_MOD_MATERIALI_D2



11_MOD_MATERIALI_SOLAI

Pilastrini acc.	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Lunghezze libere						
Metodo di calcolo 2-2	Assegnato					
2-2 Beta assegnato	2.00					
2-2 Beta * L assegnato [cm]	0.0					
Metodo di calcolo 3-3	Assegnato					
3-3 Beta assegnato	2.00					
3-3 Beta * L assegnato [cm]	0.0					
1-1 Beta assegnato	1.00					
1-1 Beta * L assegnato [cm]	0.0					
Generalità						
Coefficiente gamma M0	1.05					

Pilastracci acc.	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Coefficiente gamma M1	1.05					
Coefficiente gamma M2	1.25					
Effetti del 2 ordine	SI					
Momenti equivalenti	SI					
Usa condizioni I e II	SI					

Travi acc.	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Lunghezze libere						
3-3 Beta * L automatico	SI					
3-3 Beta assegnato	1.00					
3-3 Beta assegnato [cm]	0.0					
2-2 Beta * L automatico	SI					
2-2 Beta assegnato	1.00					
2-2 Beta * L assegnato [cm]	0.0					
1-1 Beta * L automatico	SI					
1-1 Beta assegnato	1.00					
1-1 Beta * L assegnato [cm]	0.0					
Generalità						
Coefficiente gamma M0	1.05					
Coefficiente gamma M1	1.05					
Coefficiente gamma M2	1.25					
Luce di taglio per GR [cm]	1.00					
Usa condizioni I e II	SI					
Momenti equivalenti	SI					

Solai e pannelli	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Generalità						
Usa tensioni ammissibili	NO					
Af inf: da traliccio	SI					
Consenti armatura a taglio	NO					
Incrementa armatura longitudinale per taglio	SI					
Af inf: da q*L*L /	20.00					
Incremento fascia piena [cm]	5.00					
Armatura						
Minima tesa	0.15					
Massima tesa	3.00					
Minima compressa	0.0					
Af/h [cm]	7.000e-02					
Stati limite ultimi						
Tensione fy [daN/cm ²]	4500.00					
Tipo acciaio	tipo C					
Coefficiente gamma s	1.15					
Coefficiente gamma c	1.50					
Fattore di redistribuzione	0.0					
Tensioni ammissibili						
Tensione amm. cls [daN/cm ²]	85.00					
Tensione amm. acciaio [daN/cm ²]	2600.00					
Rapporto omogeneizzazione N	15.00					
Massimo rapporto area compressa/tesa	1.00					
Verifica freccia						
Infinita	250.00					
Istantanea	500.00					
Fattore viscosità	3.00					
Usa J non fessurato	NO					
Elementi non strutturali						
Tamponatura antiespulsione	NO					
Tamponatura con armatura	NO					
Fattore di struttura/comportamento	2.00					
Coefficiente gamma m	0.0					
Periodo Ta	0.0					
Altezza pannello	0.0					

MODELLAZIONE DELLE SEZIONI

LEGENDA TABELLA DATI SEZIONI

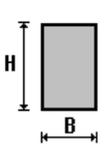
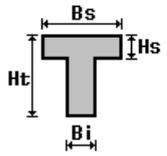
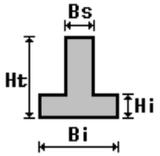
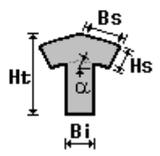
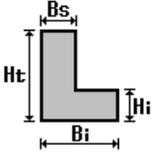
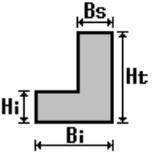
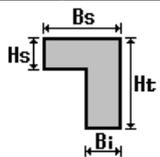
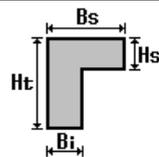
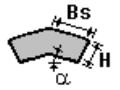
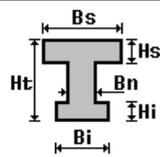
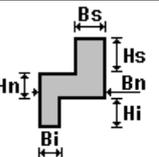
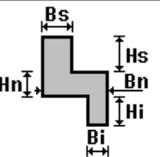
Il programma consente l'uso di sezioni diverse. Sono previsti i seguenti tipi di sezione:

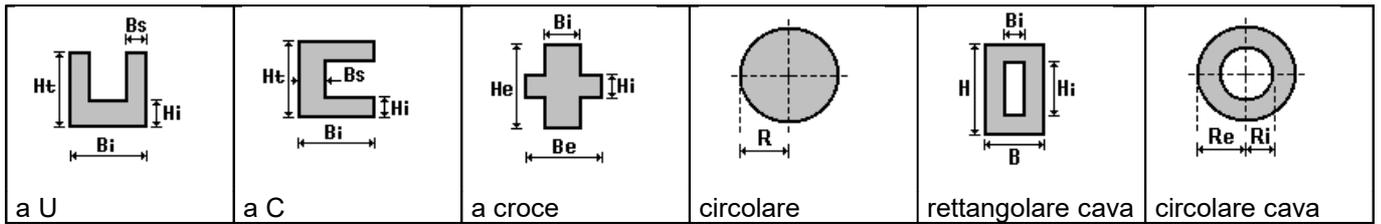
1. sezione di tipo generico
2. profilati semplici
3. profilati accoppiati e speciali

Le sezioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni sezione vengono riportati in tabella i seguenti dati:

Area	area della sezione
A V2	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 2)
A V3	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 3)
Jt	fattore torsionale di rigidezza
J2-2	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 2
J3-3	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 3
W2-2	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 2
W3-3	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 3
Wp2-2	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 2
Wp3-3	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 3

I dati sopra riportati vengono utilizzati per la determinazione dei carichi inerziali e per la definizione delle rigidezze degli elementi strutturali; qualora il valore di Area V2 (e/o Area V3) sia nullo la deformabilità per taglio V2 (e/o V3) è trascurata. La valutazione delle caratteristiche inerziali delle sezioni è condotta nel riferimento 2-3 dell'elemento.

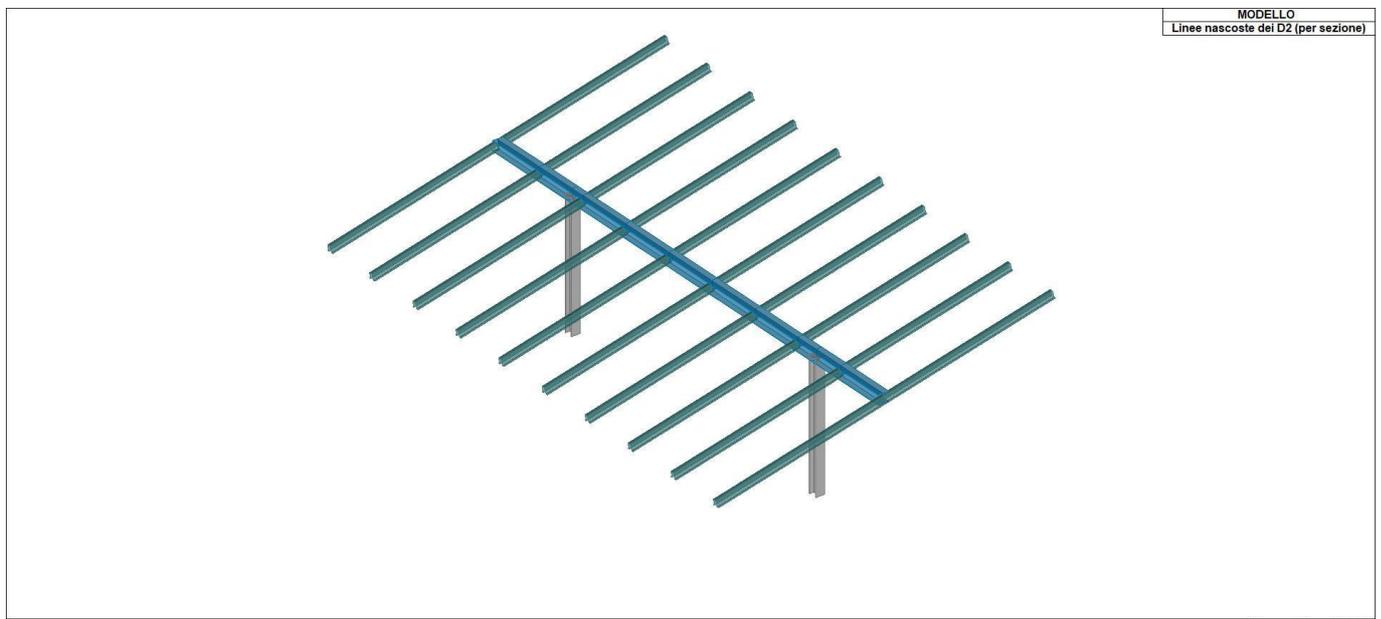
					
rettangolare	a T	a T rovescia	a T di colmo	a L	a L specchiata
					
a L specchiata rovescia	a L rovescia	a L di colmo	a doppio T	a quattro specchiata	a quattro



Per quanto concerne i profilati semplici ed accoppiati l'asse 2 del riferimento coincide con l'asse x riportato nei più diffusi profilati.

Per quanto concerne le sezioni di tipo generico (tipo 1.):
 i valori dimensionali con prefisso B sono riferiti all'asse 2
 i valori dimensionali con prefisso H sono riferiti all'asse 3

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
1	HEB 200	78.10	0.0	0.0	59.30	2003.00	5696.00	200.30	569.60	305.80	642.50
2	HEA 240	76.80	0.0	0.0	41.60	2769.00	7763.00	230.70	675.10	351.70	744.60
3	profilo OMG150x80x45x3.0 (Section Maker)	13.49	0.0	0.0	0.40	237.32	410.48	28.94	53.56	53.15	66.67



MODELLAZIONE STRUTTURA: NODI

LEGENDA TABELLA DATI NODI

Il programma utilizza per la modellazione nodi strutturali.

Ogni nodo è individuato dalle coordinate cartesiane nel sistema di riferimento globale (X Y Z).

Ad ogni nodo è eventualmente associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale, ed un set di sei molle (tre per le traslazioni, tre per le rotazioni). Le tabelle sottoriportate riflettono le succitate possibilità.

In particolare per ogni nodo viene indicato in tabella:

Nodo	numero del nodo.
X	valore della coordinata X
Y	valore della coordinata Y
Z	valore della coordinata Z

Per i nodi ai quali sia associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale o un set di molle viene indicato in tabella:

Nodo	numero del nodo.
X	valore della coordinata X
Y	valore della coordinata Y
Z	valore della coordinata Z
Note	eventuale codice di vincolo (es. v=110010 sei valori relativi ai sei gradi di libertà previsti per il nodo TxTyTzRxRyRz, il valore 1 indica che lo spostamento o rotazione relativo è impedito, il valore 0 indica che lo spostamento o rotazione relativo è libero).
Note	(FS = 1, 2,...) eventuale codice del tipo di fondazione speciale (1, 2,... fanno riferimento alle tipologie: plinto, palo, plinto su pali,...) che è collegato al nodo. (ISO = "id SIGLA") indice e sigla identificativa dell' eventuale isolatore sismico assegnato al nodo
Rig. TX	valore della rigidezza dei vincoli elastici eventualmente applicati al nodo, nello specifico TX (idem per TY, TZ, RX, RY, RZ).

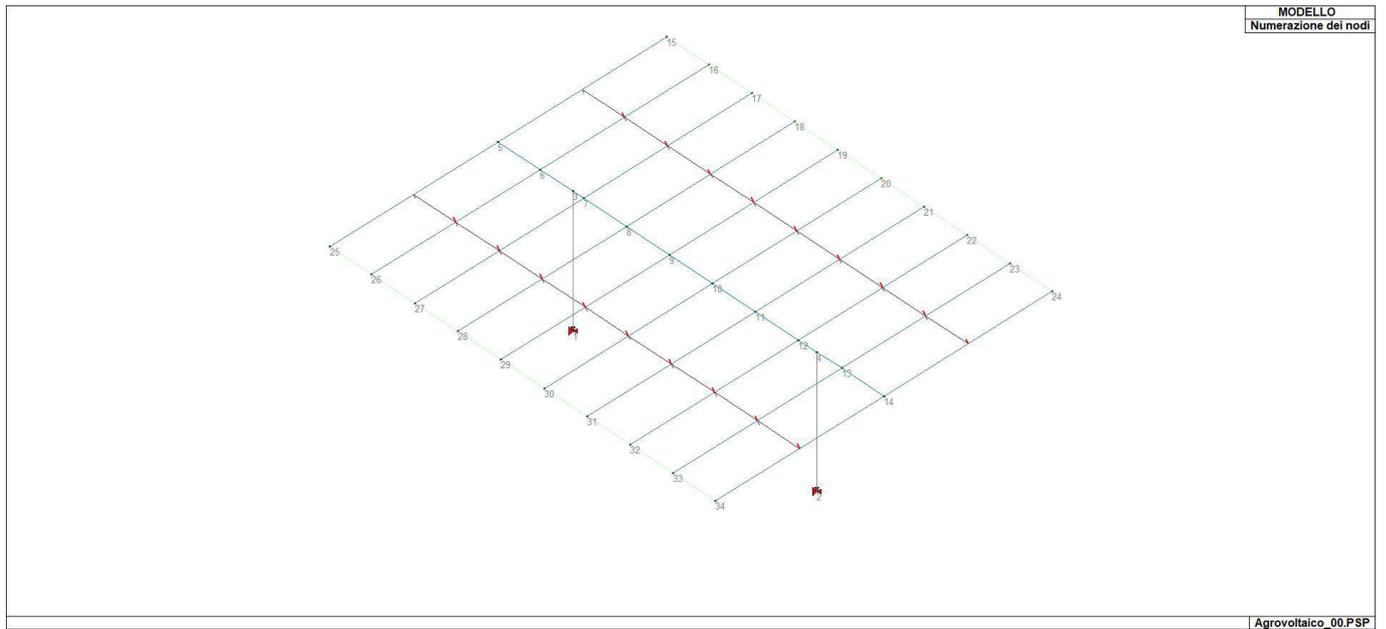
Per strutture sismicamente isolate viene inoltre inserita la tabella delle caratteristiche per gli isolatori utilizzati; le caratteristiche sono indicate in conformità al cap. 7.10 del D.M. 17/01/18

TABELLA DATI NODI

Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z
	cm	cm	cm		cm	cm	cm		cm	cm	cm
3	2298.0	1442.0	300.0	4	3048.0	1442.0	300.0	5	2068.0	1442.0	300.0
6	2197.0	1442.0	300.0	7	2330.0	1442.0	300.0	8	2462.0	1442.0	300.0
9	2594.0	1442.0	300.0	10	2727.0	1442.0	300.0	11	2859.0	1442.0	300.0
12	2991.0	1442.0	300.0	13	3123.0	1442.0	300.0	14	3253.0	1442.0	300.0
15	2068.0	1832.0	390.0	16	2197.0	1832.0	390.0	17	2330.0	1832.0	390.0
18	2462.0	1832.0	390.0	19	2594.0	1832.0	390.0	20	2727.0	1832.0	390.0

21	2859.0	1832.0	390.0	22	2991.0	1832.0	390.0	23	3123.0	1832.0	390.0
24	3253.0	1832.0	390.0	25	2068.0	1052.0	210.0	26	2197.0	1052.0	210.0
27	2330.0	1052.0	210.0	28	2462.0	1052.0	210.0	29	2594.0	1052.0	210.0
30	2727.0	1052.0	210.0	31	2859.0	1052.0	210.0	32	2991.0	1052.0	210.0
33	3123.0	1052.0	210.0	34	3253.0	1052.0	210.0				

Nodo	X cm	Y cm	Z cm	Note	Rig. TX daN/cm	Rig. TY daN/cm	Rig. TZ daN/cm	Rig. RX daN cm/rad	Rig. RY daN cm/rad	Rig. RZ daN cm/rad
1	2298.0	1442.0	0.0	v=111111						
2	3048.0	1442.0	0.0	v=111111						



14_MOD_NUMERAZIONE_NODI

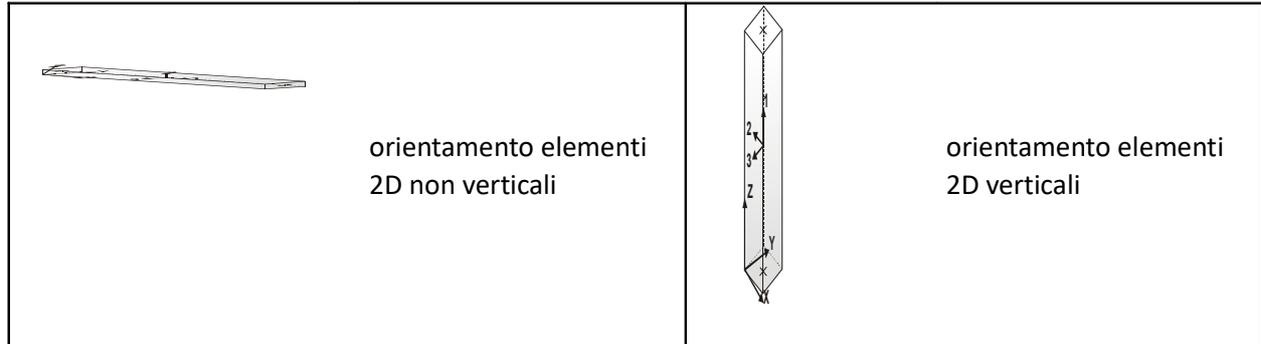
MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI TRAVE

TABELLA DATI TRAVI

Il programma utilizza per la modellazione elementi a due nodi denominati in generale travi.

Ogni elemento trave è individuato dal nodo iniziale e dal nodo finale.

Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione.

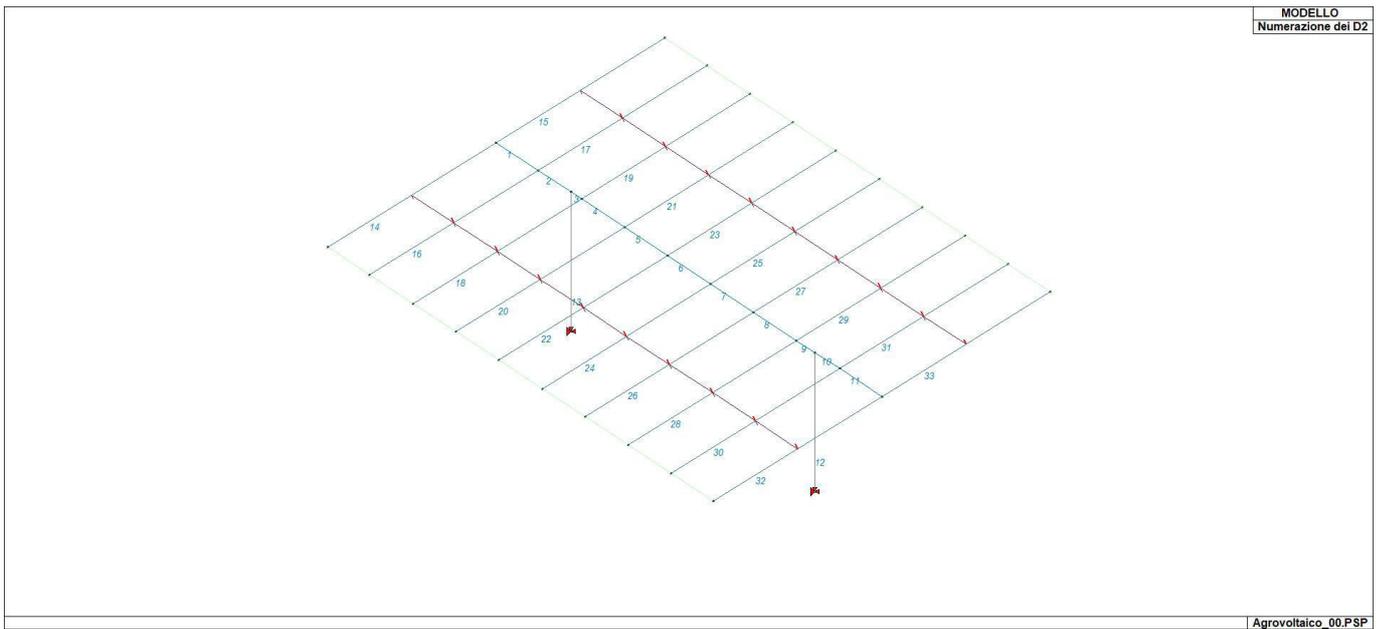


In particolare per ogni elemento viene indicato in tabella:

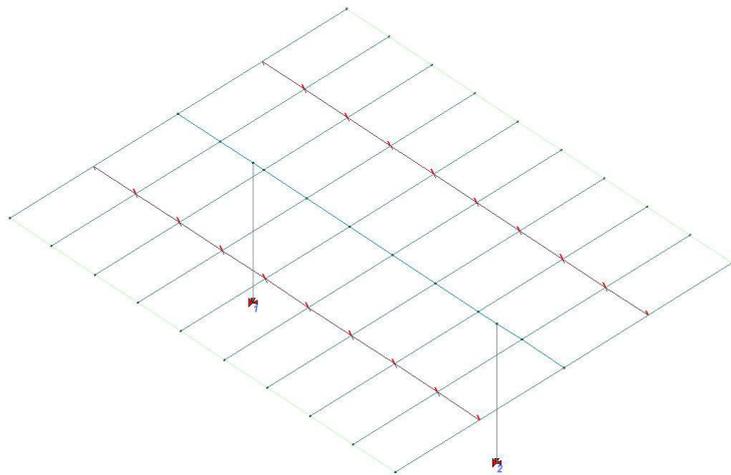
Elem.	numero dell'elemento
Note	codice di comportamento: trave, trave di fondazione, pilastro, asta, asta tesa, asta compressa,
Nodo I (J)	numero del nodo iniziale (finale)
Mat.	codice del materiale assegnato all'elemento
Sez.	codice della sezione assegnata all'elemento
Rotaz.	valore della rotazione dell'elemento, attorno al proprio asse, nel caso in cui l'orientamento di default non sia adottabile; l'orientamento di default prevede per gli elementi non verticali l'asse 2 contenuto nel piano verticale e l'asse 3 orizzontale, per gli elementi verticali l'asse 2 diretto secondo X negativo e l'asse 3 diretto secondo Y negativo
Svincolo I (J)	codici di svincolo per le azioni interne; i primi sei codici si riferiscono al nodo iniziale, i restanti sei al nodo finale (il valore 1 indica che la relativa azione interna non è attiva)
Wink V	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione della trave su suolo elastico
Wink O	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione del suolo elastico orizzontale

Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Mat.	Sez.	Crit.	Rotaz. gradi	Svincolo I	Svincolo J	Wink V daN/cm3	Wink O daN/cm3
1	Trave	5	6	12	2	1					
2	Trave	6	3	12	2	1					
3	Trave	3	7	12	2	1					
4	Trave	7	8	12	2	1					
5	Trave	8	9	12	2	1					
6	Trave	9	10	12	2	1					

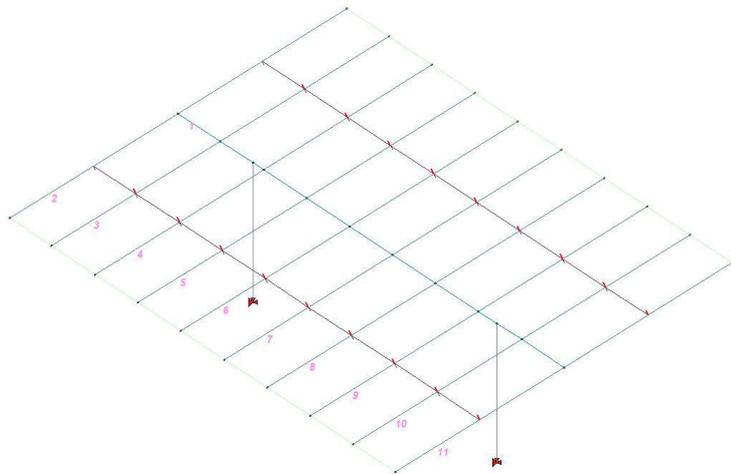
7	Trave	10	11	12	2	1
8	Trave	11	12	12	2	1
9	Trave	12	4	12	2	1
10	Trave	4	13	12	2	1
11	Trave	13	14	12	2	1
12	Pilas.	2	4	13	1	1
13	Pilas.	1	3	13	1	1
14	Trave	25	5	13	3	1
15	Trave	5	15	13	3	1
16	Trave	26	6	13	3	1
17	Trave	6	16	13	3	1
18	Trave	27	7	13	3	1
19	Trave	7	17	13	3	1
20	Trave	28	8	13	3	1
21	Trave	8	18	13	3	1
22	Trave	29	9	13	3	1
23	Trave	9	19	13	3	1
24	Trave	30	10	13	3	1
25	Trave	10	20	13	3	1
26	Trave	31	11	13	3	1
27	Trave	11	21	13	3	1
28	Trave	32	12	13	3	1
29	Trave	12	22	13	3	1
30	Trave	33	13	13	3	1
31	Trave	13	23	13	3	1
32	Trave	34	14	13	3	1
33	Trave	14	24	13	3	1



15_MOD_NUMERAZIONE_D2



15_MOD_NUMERAZIONE_D2_PILASTRATE



15_MOD_NUMERAZIONE_D2_TRAVATE

MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA: ELEMENTI SOLAIO-PANNELLO

LEGENDA TABELLA DATI SOLAI-PANNELLI

Il programma utilizza per la modellazione elementi a tre o più nodi denominati in generale solaio o pannello.

Ogni elemento solaio-pannello è individuato da una poligonale di nodi 1,2, ..., N.

L'elemento solaio è utilizzato in primo luogo per la modellazione dei carichi agenti sugli elementi strutturali. In secondo luogo può essere utilizzato per la corretta ripartizione delle forze orizzontali agenti nel proprio piano. L'elemento balcone è derivato dall'elemento solaio.

I carichi agenti sugli elementi solaio, raccolti in un archivio, sono direttamente assegnati agli elementi utilizzando le informazioni raccolte nell' archivio (es. i coefficienti combinatori). La tabella seguente riporta i dati utilizzati per la definizione dei carichi e delle masse.

L'elemento pannello è utilizzato solo per l'applicazione dei carichi, quali pesi delle tamponature o spinte dovute al vento o terre. In questo caso i carichi sono applicati in analogia agli altri elementi strutturali (si veda il cap. SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO).

Id.Arch.	Identificativo dell' archivio
Tipo	Tipo di carico Variab. Carico variabile generico Var. rid. Carico variabile generico con riduzione in funzione dell' area (c.5.5. ...) Neve Carico di neve
G1k	carico permanente (comprensivo del peso proprio)
G2k	carico permanente non strutturale e non compiutamente definito
Qk	carico variabile
Fatt. A	fattore di riduzione del carico variabile (0.5 o 0.75) per tipo "Var.rid."
S sis.	fattore di riduzione del carico variabile per la definizione delle masse sismiche per D.M. 96 (vedi NOTA sul capitolo "normativa di riferimento")
Psi 0	Coefficiente combinatorio dei valori caratteristici delle azioni variabili: per valore raro
Psi 1	Coefficiente combinatorio dei valori caratteristici delle azioni variabili: per valore frequente
Psi 2	Coefficiente combinatorio dei valori caratteristici delle azioni variabili: per valore quasi permanente
Psi S 2	Coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente dell'azione variabile: per la definizione delle masse sismiche
Fatt. Fi	Coefficiente di correlazione dei carichi per edifici

Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione. In particolare per ogni elemento viene indicato in tabella:

Elem	numero dell'elemento
Tipo	codice di comportamento

	S	elemento utilizzato solo per scarico
	C	elemento utilizzato per scarico e per modellazione piano rigido
	P	elemento utilizzato come pannello
	M	scarico monodirezionale
	B	scarico bidirezionale
Id.Arch.	Identificativo dell' archivio	
Mat	codice del materiale assegnato all'elemento	
Spessore	spessore dell'elemento (costante)	
Orditura	angolo (rispetto all'asse X) della direzione dei travetti principali	
Gk	carico permanente solaio (comprensivo del peso proprio)	
Qk	carico variabile solaio	
Nodi	numero dei nodi che definiscono l'elemento (5 per riga)	

La progettazione viene eseguita con il metodo degli stati limite. I simboli utilizzati in tabella assumono il seguente significato:

Elem.	numero identificativo dell'elemento
Stato	Codici di verifica relativi alle tensioni normali e alle tensioni tangenziali
Note	Viene riportato il codice relativo alla sezione(s) e relativo al materiale(m);
Pos.	Ascissa del punto di verifica
F ist, F infi	Frecce istantanee e a tempo infinito
Momento	Momento flettente
Taglio	Sollecitazione di taglio
Af inf.	Area di armatura longitudinale posta all'intradosso della trave
Af sup.	Area di armatura longitudinale posta all'estradosso della trave
AfV	Area dell'armatura atta ad assorbire le azioni di taglio
Beff	Base della sezione di cls per l'assorbimento del taglio
x/d	rapporto tra posizione dell'asse neutro e altezza utile alla rottura della sezione (per sola flessione)
verif.	rapporto S_d/S_u con sollecitazioni ultime proporzionali: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
Verif.V	rapporto S_d/S_u con sollecitazioni taglianti proporzionali valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
rRfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione f_{ck} in combinazioni rare [normalizzato a 1]
rFfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione f_{ck} in combinazioni freq. [normalizzato a 1]

rPfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione fck in combinazioni quasi perm. [normalizzato a 1]
rRfyk	rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione fyk in combinazioni frequenti [normalizzato a 1]
rFyk	rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione fyk in combinazioni rare [normalizzato a 1]
rPfyk	rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione fyk in combinazioni quasi permanenti [normalizzato a 1]
wR	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni rare [mm]
wF	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni frequenti [mm]
wP	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni quasi permanenti [mm]

Nel caso in cui si sia proceduto alla verifica delle tamponature secondo il D.M. 17.01.2018 - §7.2.3 viene riportata una tabella riassuntiva delle verifiche degli elementi pannello. La verifica confronta i momenti sollecitanti indotti dal sisma con i momenti resistenti, secondo tre ipotesi, due basate sulla resistenza a pressoflessione della tamponatura ed una basata sul cinematismo a seguito della formazione di tre cerniere plastiche sulla tamponatura (rif. Ufficio di Vigilanza sulle Costruzioni, Provincia di Terni).

Qualora la tamponatura sia di tipo antiespulsione (nelle due possibili varianti ordinaria o armata) viene condotta una verifica con meccanismo ad arco con degrado di resistenza. La verifica confronta le pressioni sollecitanti indotte dal sisma con le pressioni resistenti che la tamponatura sviluppa attraverso il meccanismo ad arco. La verifica considera anche il degrado di resistenza dovuto al danneggiamento nel piano della tamponatura.

Per quest'ultima tamponatura sono disponibili, in funzione del materiale impiegato (materiale [52] o materiale [53]):

- **Tamponatura Antiespulsione ordinaria Poroton® Cis Edil** sp.30 cm; con metodo di verifica per meccanismo ad arco con degrado di resistenza, sviluppato attraverso i risultati di un progetto di ricerca sperimentale condotto dall'Università degli Studi di Padova.

Utilizzabile per il materiale [52].

- **Tamponatura Antiespulsione armata Poroton® Cis Edil** sp.30 cm; con metodo di verifica per meccanismo ad arco con degrado di resistenza, sviluppato attraverso i risultati di un progetto di ricerca sperimentale condotto dall'Università degli Studi di Padova.

Utilizzabile per il materiale [53].

La verifica è stata calibrata sulla base di prove sperimentali sul sistema di Tamponatura Antiespulsione anche in presenza di aperture.

(rif. Rapporti di Prova redatti dal Dipartimento ICEA - Università degli Studi di Padova di test sperimentali condotti sul sistema Tamponatura Antiespulsione di Cis Edil)

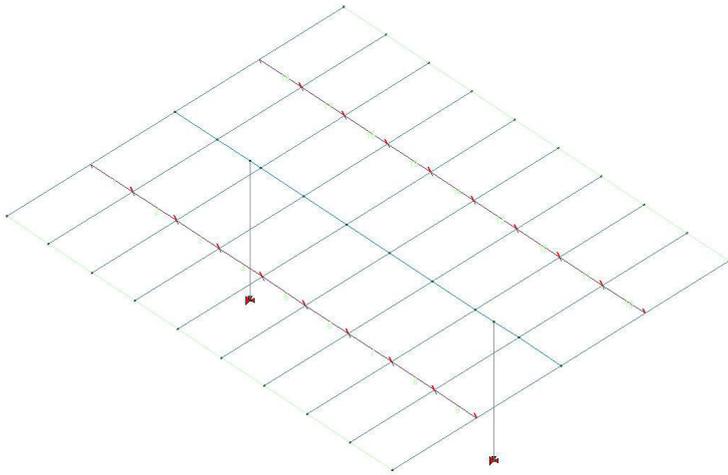
In particolare i simboli utilizzati in tabella assumono il seguente significato:

Elem.	Numero identificativo dell'elemento
Stato	Codice di verifica
Ver. c.c.	Verifica nell'ipotesi di trave appoggiata con carico concentrato in mezzeria
Ver. c.d.	Verifica nell'ipotesi di trave appoggiata con carico distribuito
Ver. c.cin.	Verifica nell'ipotesi di cinematismo con formazione di cerniere plastiche in appoggio e mezzeria
Ver. CIS	Rapporto pa/pr (valore minore o uguale a 1 per verifica positiva)
Z	Quota del baricentro dell'elemento
T1	Periodo proprio dell'edificio nella direzione di interesse (ortogonale al pannello)

Ta	Periodo proprio della parete
Sa	Accelerazione massima, adimensionalizzata allo SLV
pa	Pressione sulla parete causata dall'azione sismica
pr	Pressione resistente del meccanismo ad arco
Drift	Spostamento relativo interpiano allo SLV valutato secondo il D.M. 14.01.2018 - § 7.3.3.3
Beta a	Coef. riduttivo per tener conto del danneggiamento del piano dipendente dallo spostamento, ottenuto sperimentalmente

ID Arch.	Tipo	G1	G2	Q	Fatt. A	s sis.	Psi 0	Psi 1	Psi 2	Psi S 2	Fatt. Fi
		daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2							
4	Neve Variab.	5.00e-03	3.00e-03	2.73e-02		1.00	0.0 0.50	0.0 0.20	0.0 0.0	0.0	1.00

Elem.	Tipo	ID Arch.	Mat.	Spessore	Orditura	G1	G2	Q	Nodo 1/6..	Nodo 2/7..	Nodo 3/8..	Nodo..	Nodo..
						daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2					
1	SM	4	m=13	1.0	0.0	5.00e-03	3.00e-03	2.73e-02	25	26	6	5	
2	SM	4	m=13	1.0	0.0	5.00e-03	3.00e-03	2.73e-02	26	27	7	3	6
3	SM	4	m=13	1.0	0.0	5.00e-03	3.00e-03	2.73e-02	27	28	8	7	
4	SM	4	m=13	1.0	0.0	5.00e-03	3.00e-03	2.73e-02	28	29	9	8	
5	SM	4	m=13	1.0	0.0	5.00e-03	3.00e-03	2.73e-02	29	30	10	9	
6	SM	4	m=13	1.0	0.0	5.00e-03	3.00e-03	2.73e-02	30	31	11	10	
7	SM	4	m=13	1.0	0.0	5.00e-03	3.00e-03	2.73e-02	31	32	12	11	
8	SM	4	m=13	1.0	0.0	5.00e-03	3.00e-03	2.73e-02	32	33	13	4	12
9	SM	4	m=13	1.0	0.0	5.00e-03	3.00e-03	2.73e-02	33	34	14	13	
10	SM	4	m=13	1.0	0.0	5.00e-03	3.00e-03	2.73e-02	13	14	24	23	
11	SM	4	m=13	1.0	0.0	5.00e-03	3.00e-03	2.73e-02	12	4	13	23	22
12	SM	4	m=13	1.0	0.0	5.00e-03	3.00e-03	2.73e-02	11	12	22	21	
13	SM	4	m=13	1.0	0.0	5.00e-03	3.00e-03	2.73e-02	20	10	11	21	
14	SM	4	m=13	1.0	0.0	5.00e-03	3.00e-03	2.73e-02	19	9	10	20	
15	SM	4	m=13	1.0	0.0	5.00e-03	3.00e-03	2.73e-02	18	8	9	19	
16	SM	4	m=13	1.0	0.0	5.00e-03	3.00e-03	2.73e-02	17	7	8	18	
17	SM	4	m=13	1.0	0.0	5.00e-03	3.00e-03	2.73e-02	16	6	3	7	17
18	SM	4	m=13	1.0	0.0	5.00e-03	3.00e-03	2.73e-02	15	5	6	16	



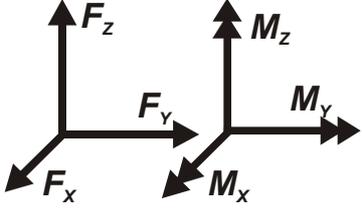
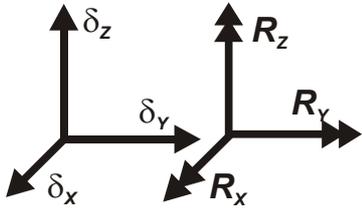
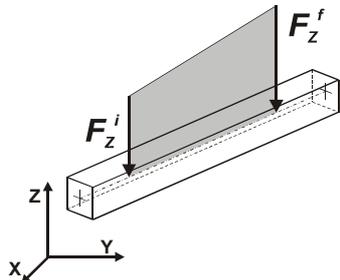
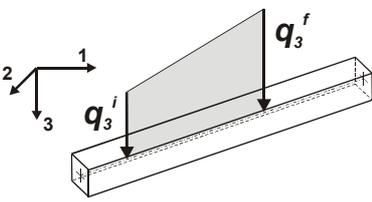
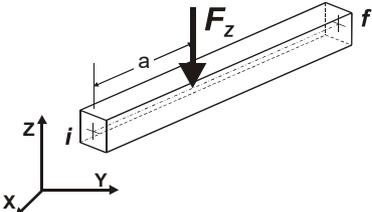
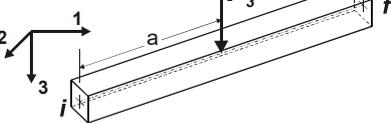
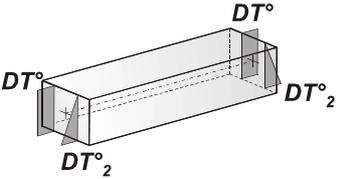
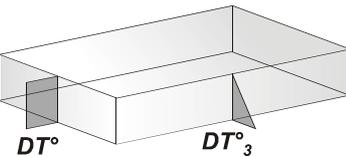
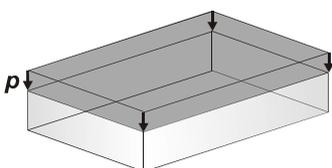
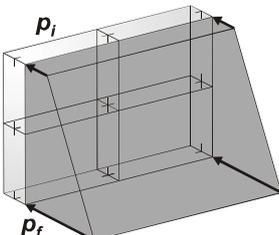
MODELLAZIONE DELLE AZIONI

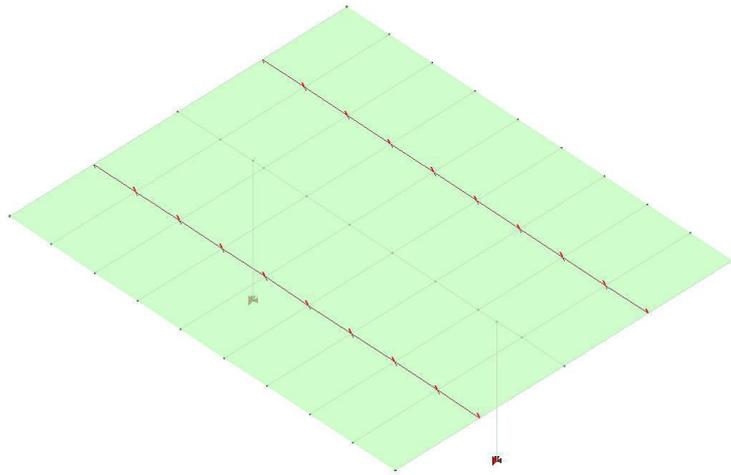
LEGENDA TABELLA DATI AZIONI

Il programma consente l'uso di diverse tipologie di carico (azioni). Le azioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni azione applicata alla struttura viene di riportato il codice, il tipo e la sigla identificativa. Le tabelle successive dettagliano i valori caratteristici di ogni azione in relazione al tipo. Le tabelle riportano infatti i seguenti dati in relazione al tipo:

1	carico concentrato nodale 6 dati (forza F_x , F_y , F_z , momento M_x , M_y , M_z)
2	spostamento nodale impresso 6 dati (spostamento T_x , T_y , T_z , rotazione R_x , R_y , R_z)
3	carico distribuito globale su elemento tipo trave 7 dati (f_x , f_y , f_z , m_x , m_y , m_z , ascissa di inizio carico) 7 dati (f_x , f_y , f_z , m_x , m_y , m_z , ascissa di fine carico)
4	carico distribuito locale su elemento tipo trave 7 dati (f_1 , f_2 , f_3 , m_1 , m_2 , m_3 , ascissa di inizio carico) 7 dati (f_1 , f_2 , f_3 , m_1 , m_2 , m_3 , ascissa di fine carico)
5	carico concentrato globale su elemento tipo trave 7 dati (F_x , F_y , F_z , M_x , M_y , M_z , ascissa di carico)
6	carico concentrato locale su elemento tipo trave 7 dati (F_1 , F_2 , F_3 , M_1 , M_2 , M_3 , ascissa di carico)
7	variazione termica applicata ad elemento tipo trave 7 dati (variazioni termiche: uniforme, media e differenza in altezza e larghezza al nodo iniziale e finale)
8	carico di pressione uniforme su elemento tipo piastra 1 dato (pressione)
9	carico di pressione variabile su elemento tipo piastra 4 dati (pressione, quota, pressione, quota)
10	variazione termica applicata ad elemento tipo piastra 2 dati (variazioni termiche: media e differenza nello spessore)
11	carico variabile generale su elementi tipo trave e piastra 1 dato descrizione della tipologia 4 dati per segmento (posizione, valore, posizione, valore) la tipologia precisa l'ascissa di definizione, la direzione del carico, la modalità di carico e la larghezza d'influenza per gli elementi tipo trave
12	gruppo di carichi con impronta su piastra

9 dati (numero di ripetizioni in direzione X e Y, valore di ciascun carico, posizione centrale del primo, dimensioni dell'impronta, interasse tra i carichi)

 <p>Carico concentrato nodale</p>	 <p>Spostamento impresso</p>
 <p>Carico distribuito globale</p>	 <p>Carico distribuito locale</p>
 <p>Carico concentrato globale</p>	 <p>Carico concentrato locale</p>
 <p>Carico termico 2D</p>	 <p>Carico termico 3D</p>
 <p>Carico pressione uniforme</p>	 <p>Carico pressione variabile</p>



SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO

LEGENDA TABELLA CASI DI CARICO

Il programma consente l'applicazione di diverse tipologie di casi di carico.

Sono previsti i seguenti 11 tipi di casi di carico:

	Sigla	Tipo	Descrizione
1	Ggk	A	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	Gk	NA	caso di carico con azioni permanenti
3	Qk	NA	caso di carico con azioni variabili
4	Gsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	Qsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
6	Qnk	A	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
7	Qtk	SA	caso di carico comprensivo di una variazione termica agente sulla struttura
8	Qvk	NA	caso di carico comprensivo di azioni da vento sulla struttura
9	Esk	SA	caso di carico sismico con analisi statica equivalente
10	Edk	SA	caso di carico sismico con analisi dinamica
11	Etk	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti dall' incremento di spinta delle terre in condizione sismica
12	Pk	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

Sono di tipo automatico A (ossia non prevedono introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico: 1-Ggk; 4-Gsk; 5-Qsk; 6-Qnk.

Sono di tipo semi-automatico SA (ossia prevedono una minima introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico:

7-Qtk, in quanto richiede solo il valore della variazione termica;

9-Esk e 10-Edk, in quanto richiedono il valore dell'angolo di ingresso del sisma e l'individuazione dei casi di carico partecipanti alla definizione delle masse.

Sono di tipo non automatico NA ossia prevedono la diretta applicazione di carichi generici agli elementi strutturali (si veda il precedente punto Modellazione delle Azioni) i restanti casi di carico.

Nella tabella successiva vengono riportati i casi di carico agenti sulla struttura, con l'indicazione dei dati relativi al caso di carico stesso:

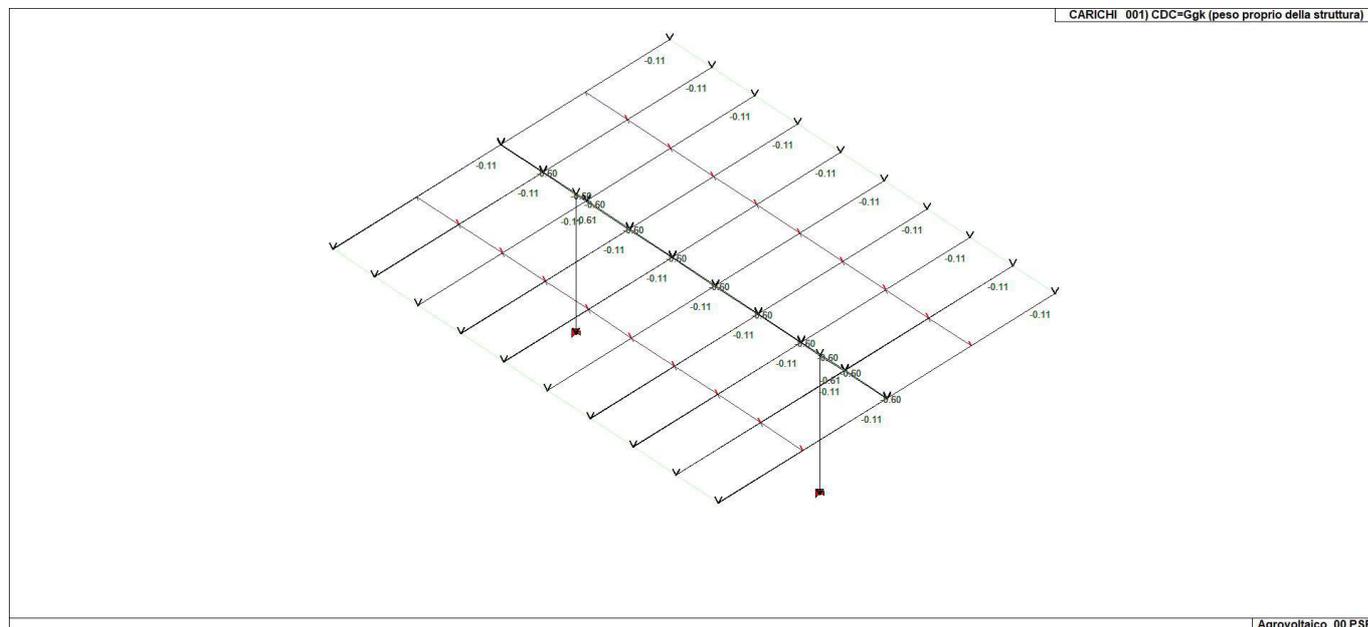
Numero Tipo e Sigla identificativa, Valore di riferimento del caso di carico (se previsto).

In successione, per i casi di carico non automatici, viene riportato l'elenco di nodi ed elementi direttamente caricati con la sigla identificativa del carico.

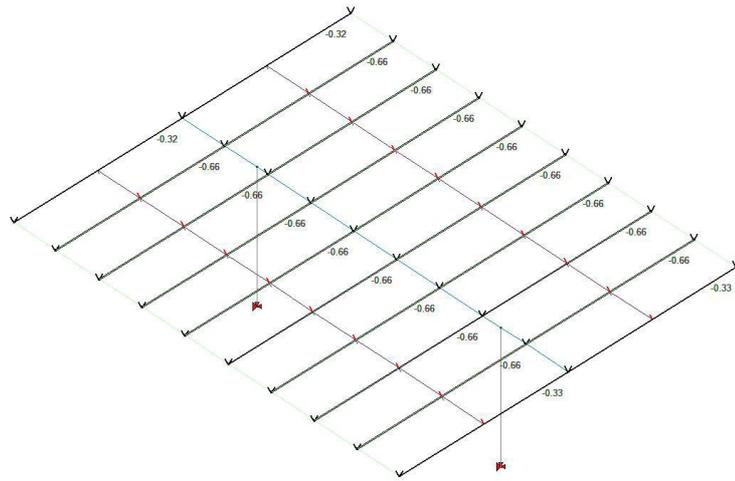
Per i casi di carico di tipo sismico (9-Esk e 10-Edk), viene riportata la tabella di definizione delle masse: per ogni

caso di carico partecipante alla definizione delle masse viene indicata la relativa aliquota (partecipazione) considerata. Si precisa che per i caso di carico 5-Qsk e 6-Qnk la partecipazione è prevista localmente per ogni elemento solaio o copertura presente nel modello (si confronti il valore Sksol nel capitolo relativo agli elementi solaio) e pertanto la loro partecipazione è di norma pari a uno.

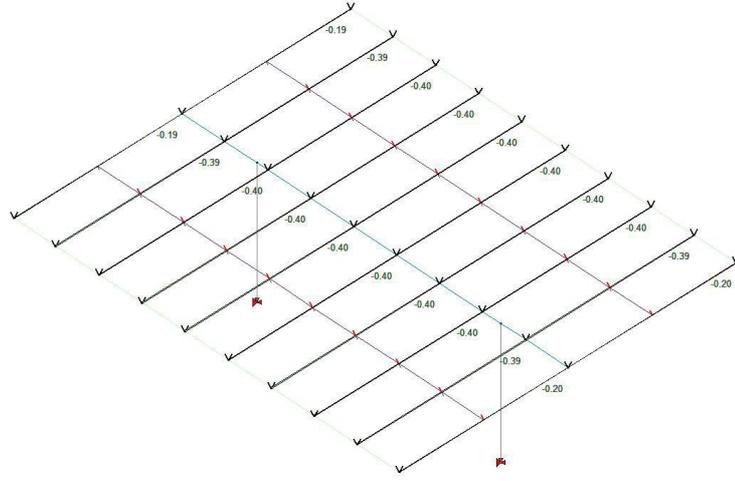
CDC	Tipo	Sigla Id	Note	Per non automatici:
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)		
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)		
3	Gsk	CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)		
4	Qsk	CDC=Qsk (variabile solai)		
5	Qnk	CDC=Qnk (carico da neve)		
6	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	partecipazione:1.00 per 1 CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
			partecipazione:1.00 per 2 CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
			partecipazione:1.00 per 3 CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)	
			partecipazione:1.00 per 4 CDC=Qsk (variabile solai)	
			partecipazione:1.00 per 5 CDC=Qnk (carico da neve)	
7	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico	
8	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico	
9	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico	
10	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	come precedente CDC sismico	
11	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico	
12	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico	
13	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico	



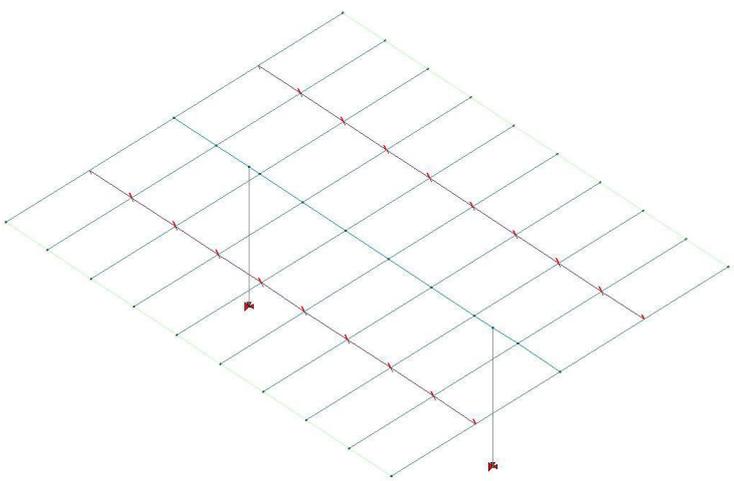
22_CDC_001_CDCGgk peso proprio della struttura



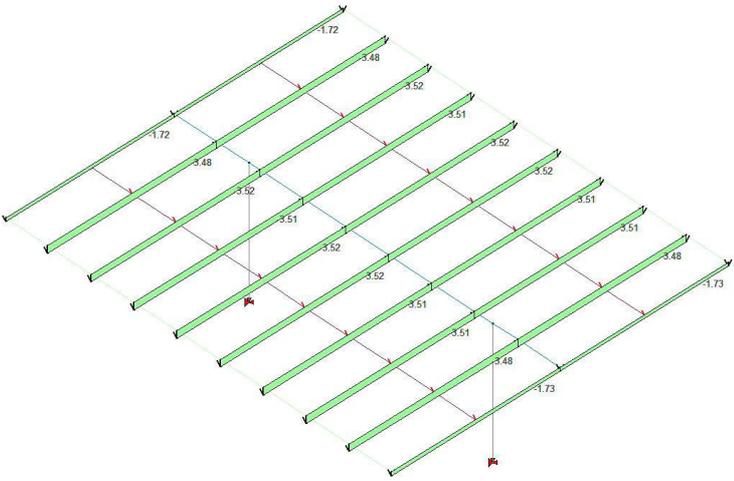
22_CDC_002_CDCG1sk permanente solai-coperture



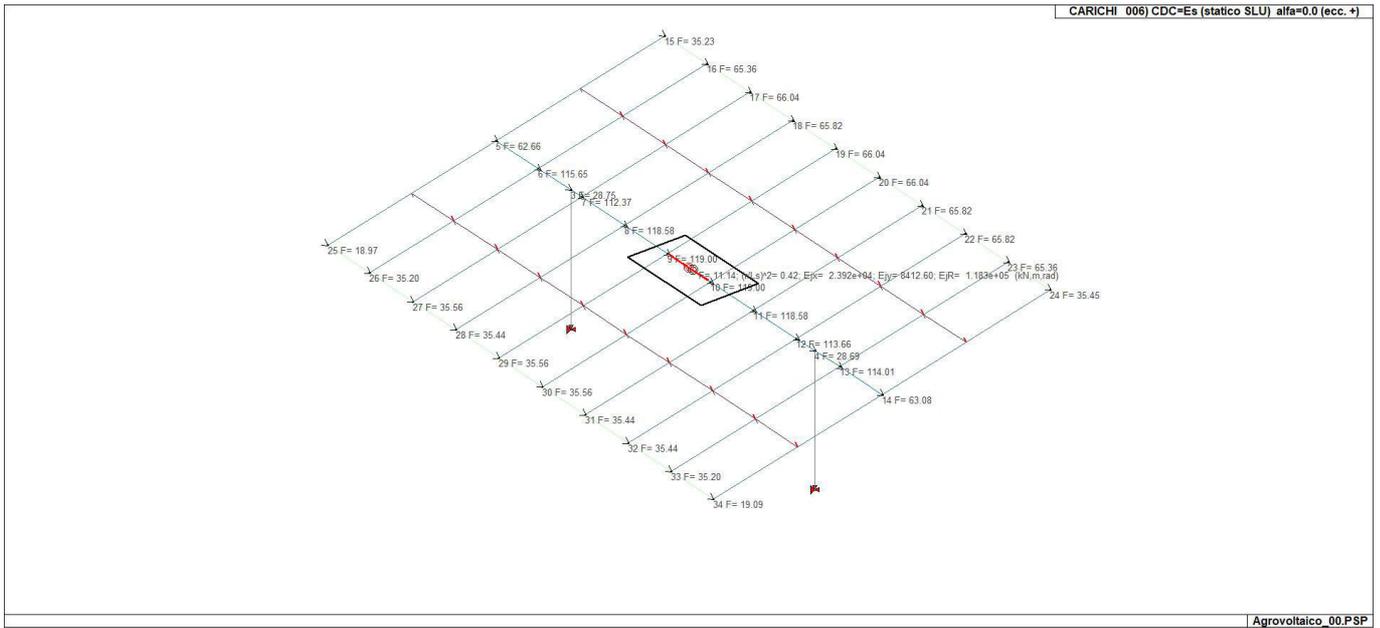
22_CDC_003_CDCG2sk permanente solai-coperture ncd



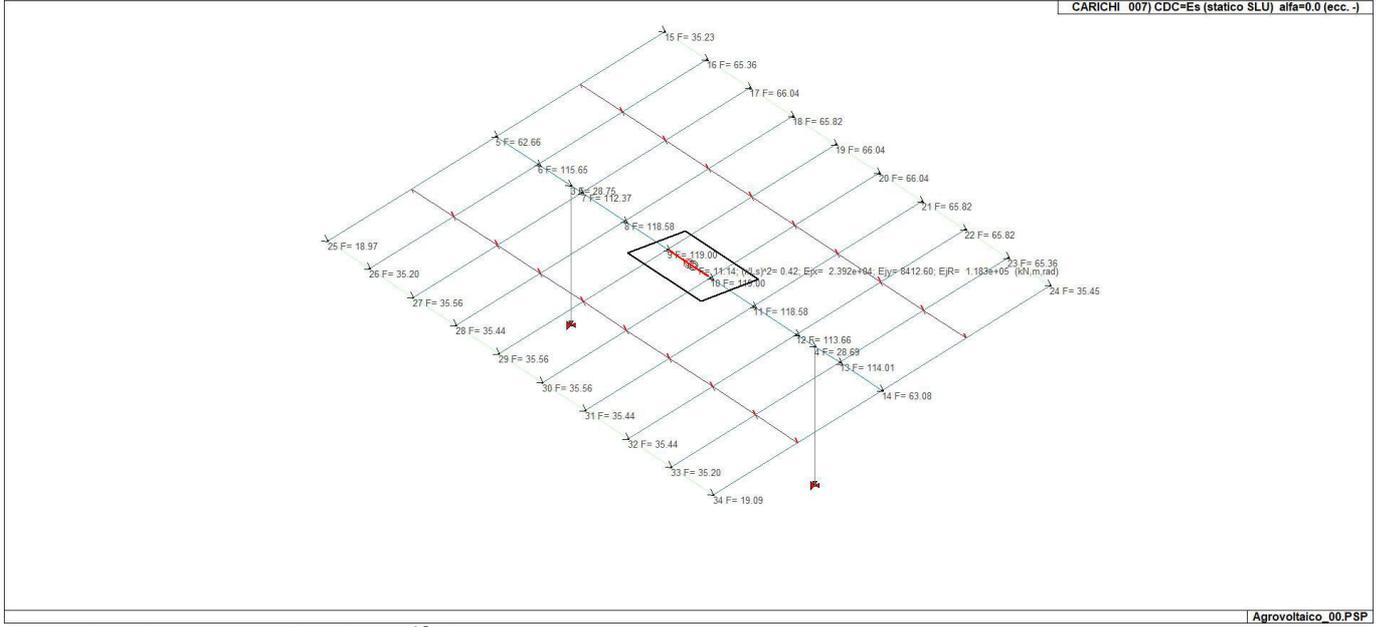
22_CDC_004_CDCQsk variabile solai



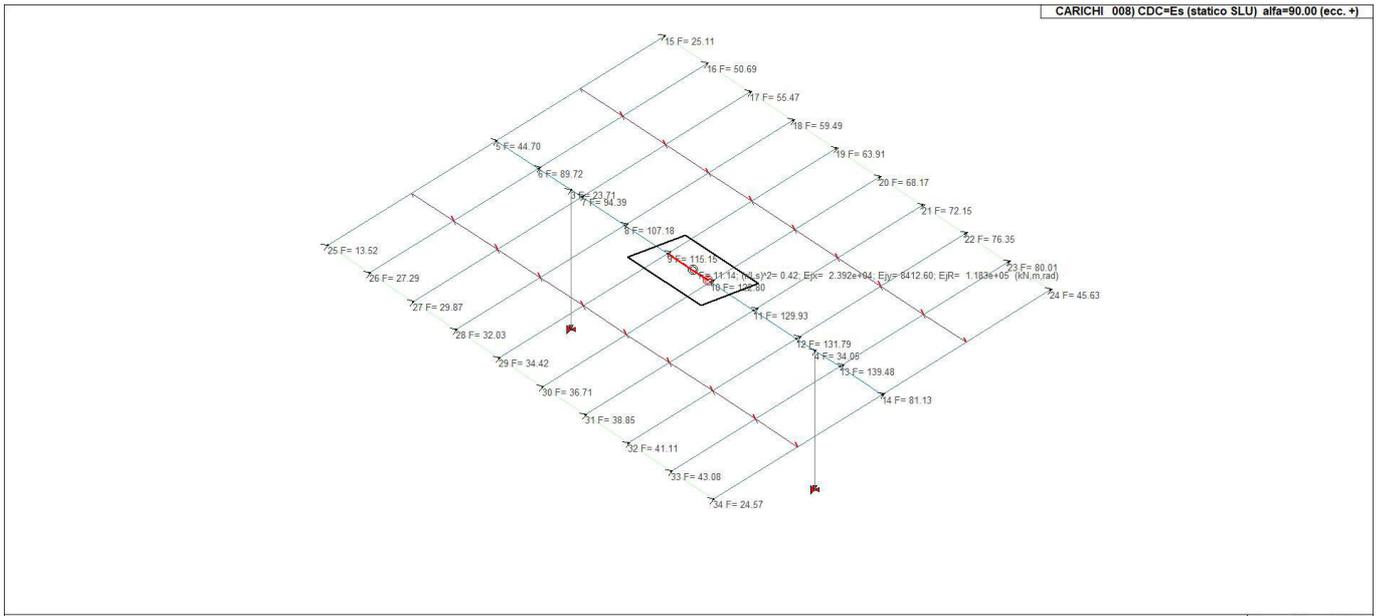
22_CDC_005_CDCQnk carico da neve



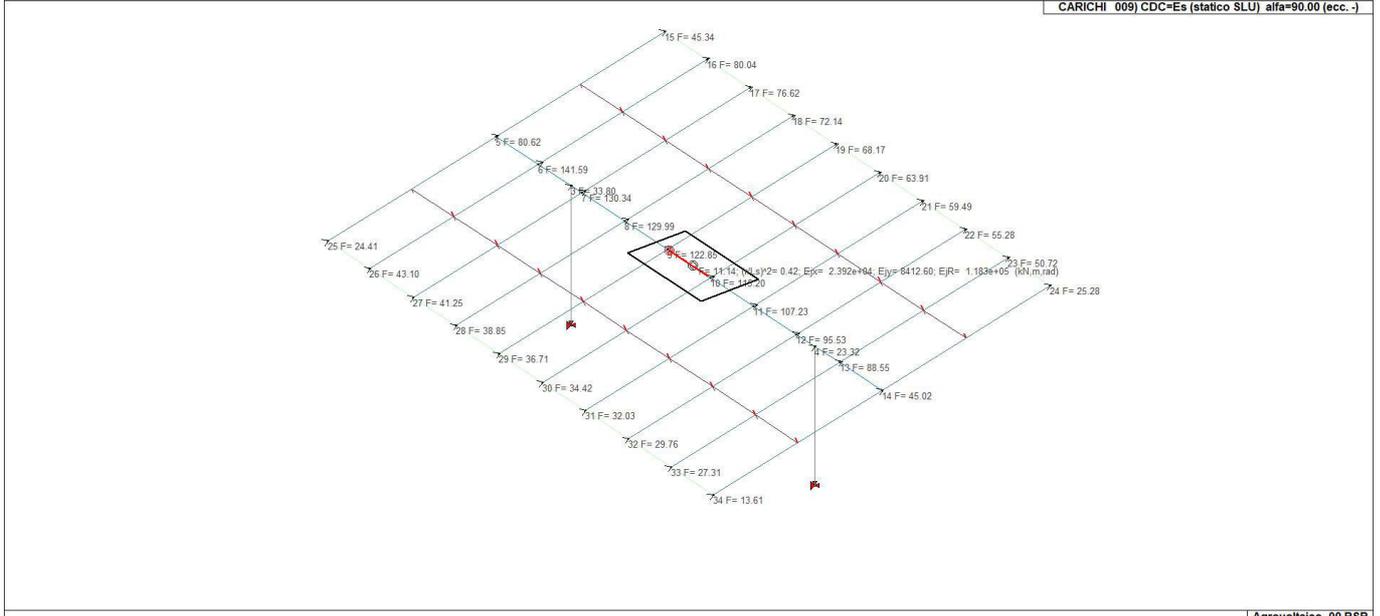
22_CDC_006_CDCEs statico SLU alfa00 ecc +



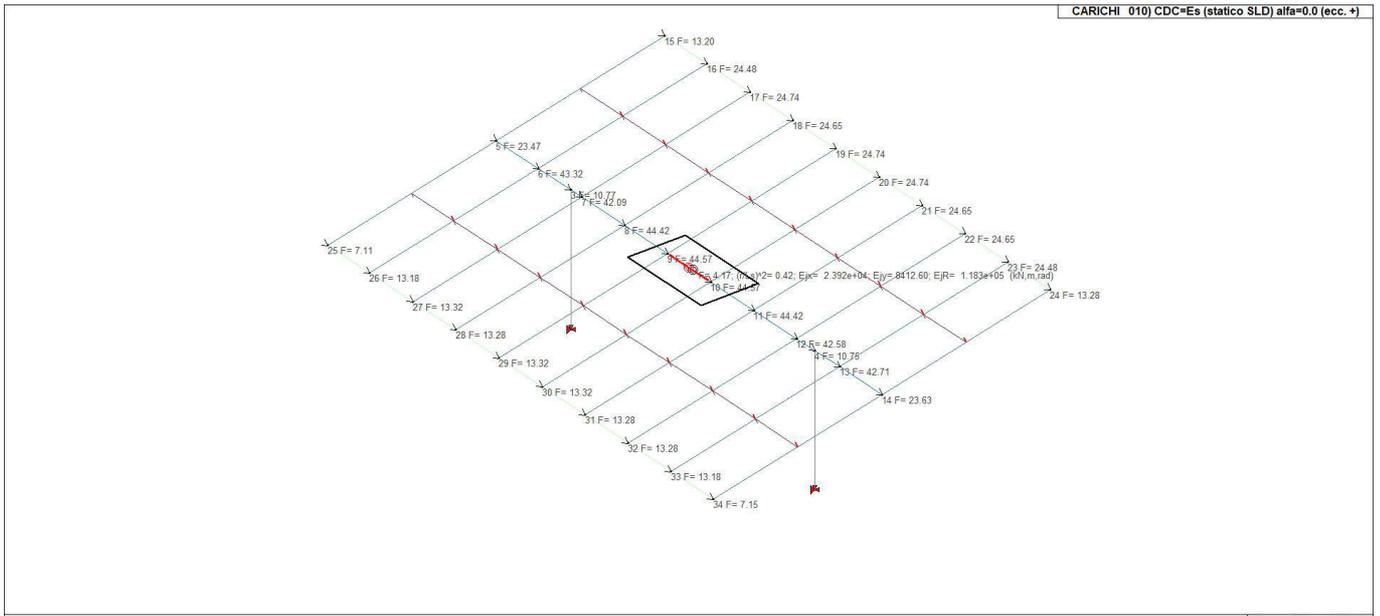
22_CDC_007_CDCEs statico SLU alfa00 ecc -



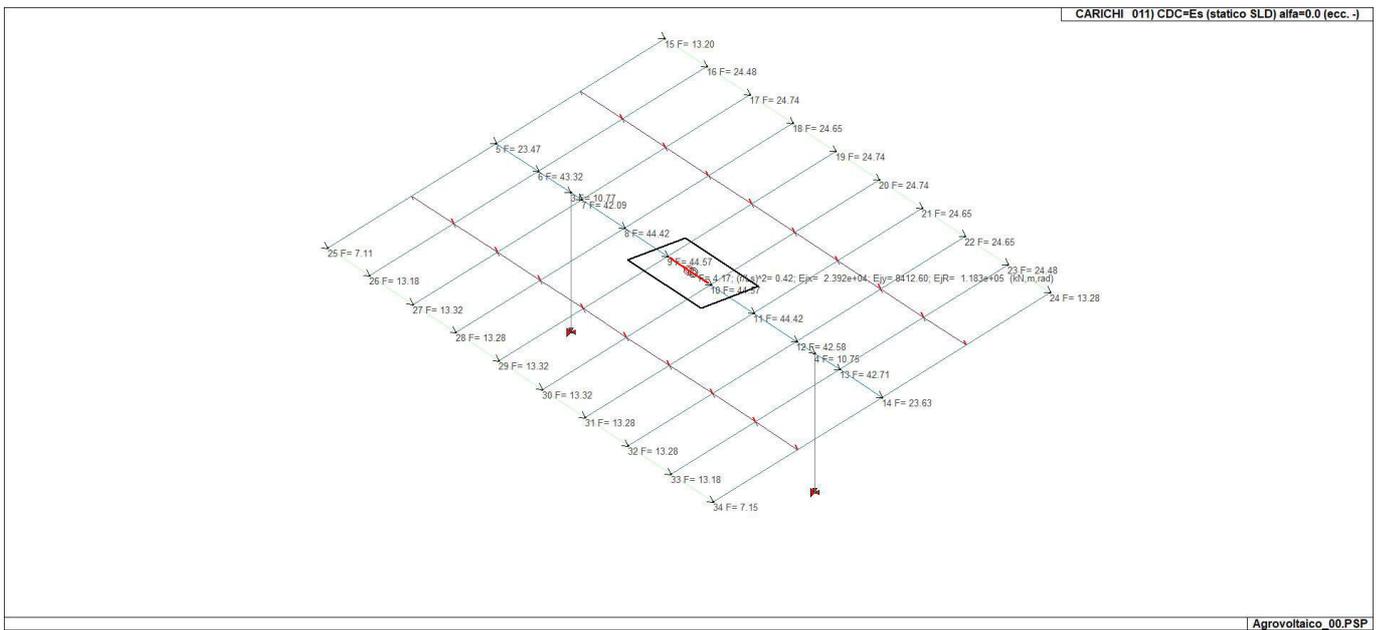
22_CDC_008_CDCEs statico SLU alfa9000 ecc +



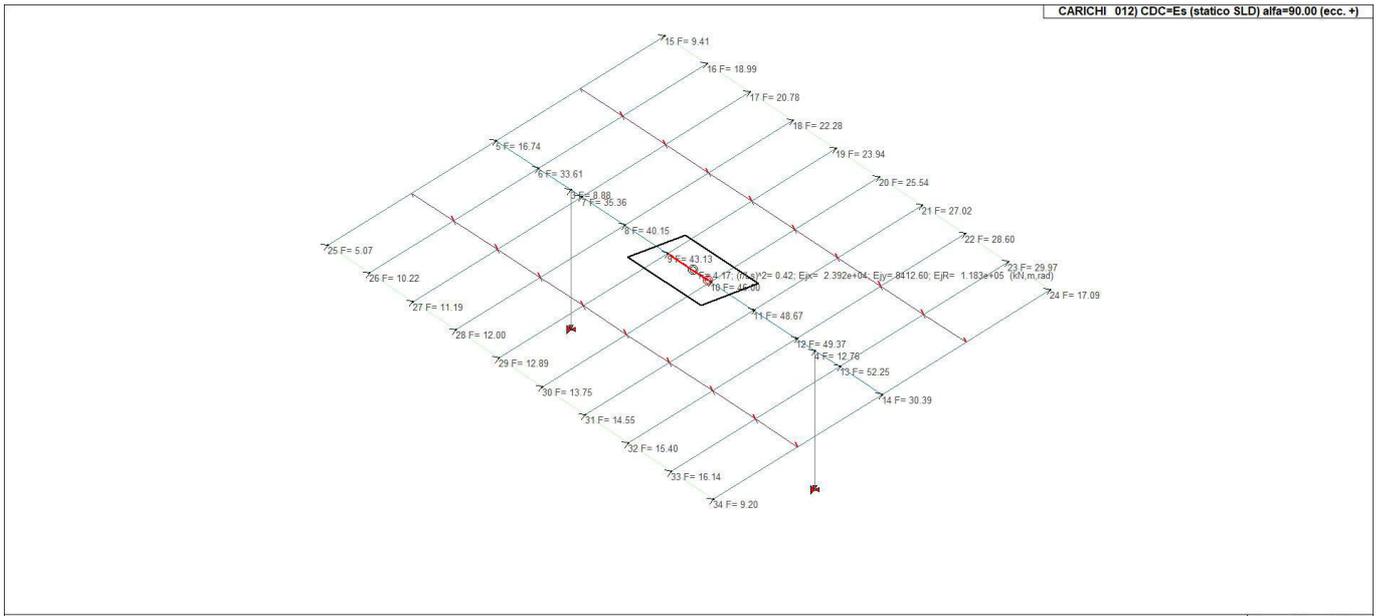
22_CDC_009_CDCEs statico SLU alfa9000 ecc -



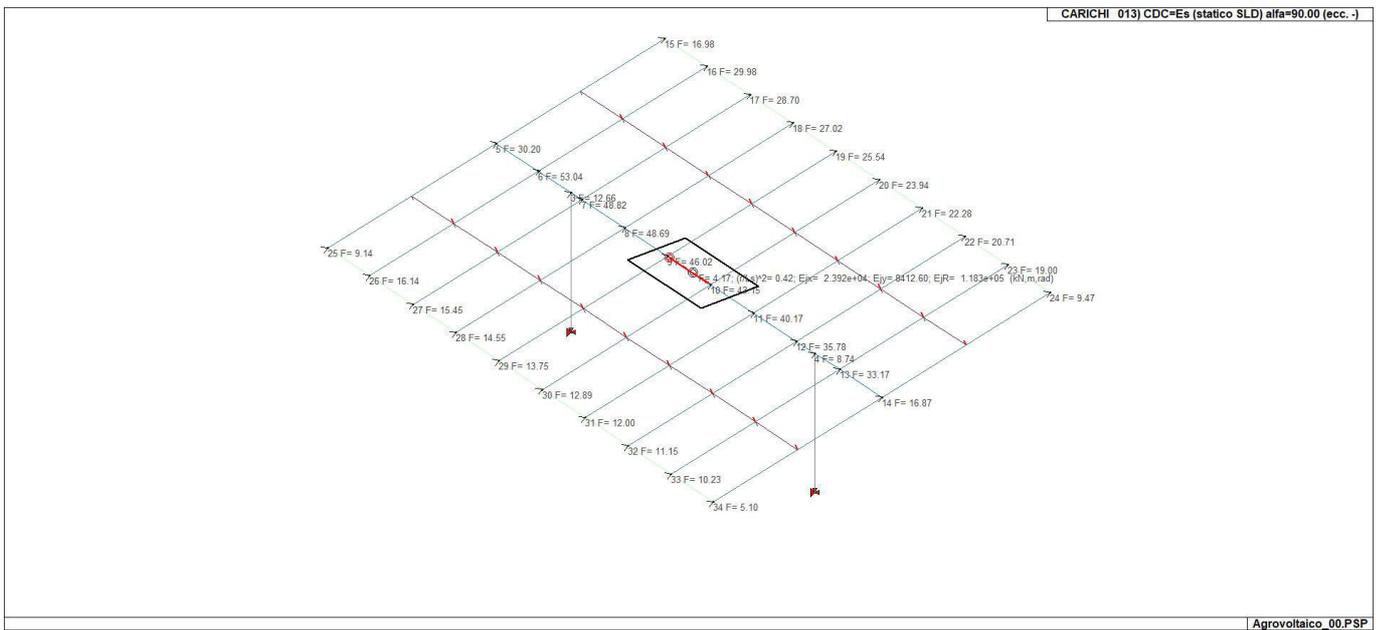
22_CDC_010_CDCEs statico SLD alfa00 ecc +



22_CDC_011_CDCEs statico SLD alfa00 ecc -



22_CDC_012_CDCEs statico SLD alfa9000 ecc +



22_CDC_013_CDCEs statico SLD alfa9000 ecc -

DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

LEGENDA TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO

Il programma combina i diversi tipi di casi di carico (CDC) secondo le regole previste dalla normativa vigente.

Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

La prima tabella delle combinazioni riportata di seguito comprende le seguenti informazioni: Numero, Tipo, Sigla identificativa. Una seconda tabella riporta il peso nella combinazione assunto per ogni caso di carico.

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

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G_1 \cdot G_1 + \gamma G_2 \cdot G_2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q_1 \cdot Q_{k1} + \gamma Q_2 \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma Q_3 \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

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

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

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali

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

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.1

Destinazione d'uso/azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli ≤ 30 kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli > 30 kN)	0,70	0,50	0,30

Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota <= 1000 m	0,50	0,20	0,00
Neve a quota > 1000 m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa due diversi approcci progettuali:

- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),

- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale (con coefficienti A1).

NTC 2018 Tabella 2.6.1

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_f			
Carichi permanenti	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali <i>(Non compiutamente definiti)</i>	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
1	SLU	Comb. SLU A1 1	
2	SLU	Comb. SLU A1 2	
3	SLU	Comb. SLU A1 3	
4	SLU	Comb. SLU A1 4	
5	SLU	Comb. SLU A1 5	
6	SLU	Comb. SLU A1 6	
7	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 7	
8	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 8	
9	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 9	
10	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 10	
11	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 11	
12	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 12	

AZIONE SISMICA

VALUTAZIONE DELL' AZIONE SISMICA

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Per punti non coincidenti con il reticolo di riferimento e periodi di ritorno non contemplati direttamente si opera come indicato nell' allegato alle NTC (rispettivamente media pesata e interpolazione).

L' azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento V_r che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri della struttura). Fissato il periodo di riferimento V_r e la probabilità di superamento P_{ver} associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno T_r e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;

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;

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita V_n [anni]	Coeff. Uso	Periodo V_r [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
II	50.0	1.0	50.0	B	T1

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali riportati in tabella:

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_s \cdot S_t$ (3.2.3)

F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale

F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido orizzontale

T_b è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante.

T_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante.

T_d è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico, S_e , è definito dalle seguenti espressioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Dove per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e C_c valgono 1; mentre per le categorie di sottosuolo B, C, D, E i coefficienti S_s e C_c vengono calcolati mediante le espressioni riportate nella seguente Tabella

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella seguente Tabella

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale del moto sismico, S_{ve} , è definito dalle espressioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

I valori di S_S , T_B , T_C e T_D , sono riportati nella seguente Tabella

Categoria di sottosuolo	S_S	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza
			Km
Loc.	8.676	44.822	
15138	8.631	44.786	5.492
15139	8.701	44.789	4.227
14917	8.697	44.839	2.381

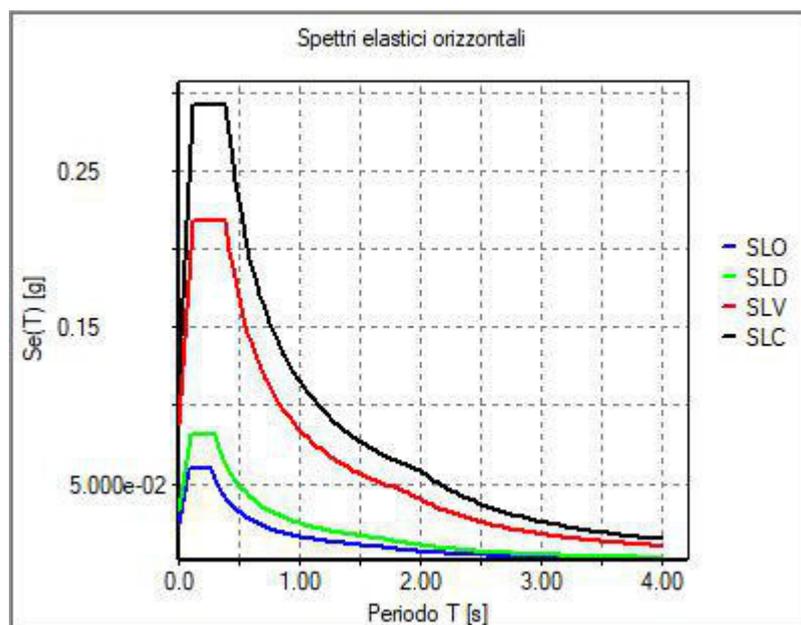
Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza
14916	8.627	44.836	4.211

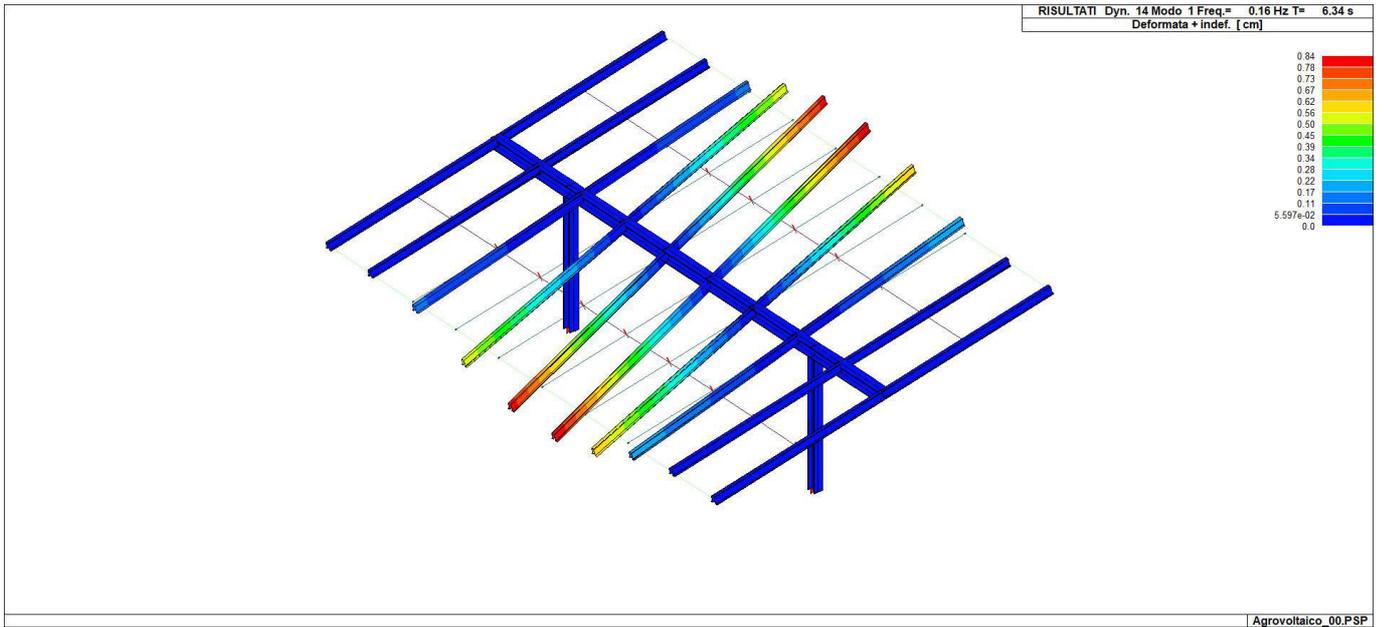
SL	Pver	Tr	ag	Fo	T*c
		Anni	g		sec
SLO	81.0	30.1	0.020	2.532	0.172
SLD	63.0	50.3	0.027	2.508	0.200
SLV	10.0	474.6	0.073	2.472	0.274
SLC	5.0	974.8	0.099	2.452	0.280

SL	ag	S	Fo	Fv	Tb	Tc	Td
	g				sec	sec	sec
SLO	0.020	1.200	2.532	0.481	0.090	0.269	1.679
SLD	0.027	1.200	2.508	0.557	0.101	0.304	1.708
SLV	0.073	1.200	2.472	0.904	0.130	0.390	1.894
SLC	0.099	1.200	2.452	1.043	0.132	0.397	1.997

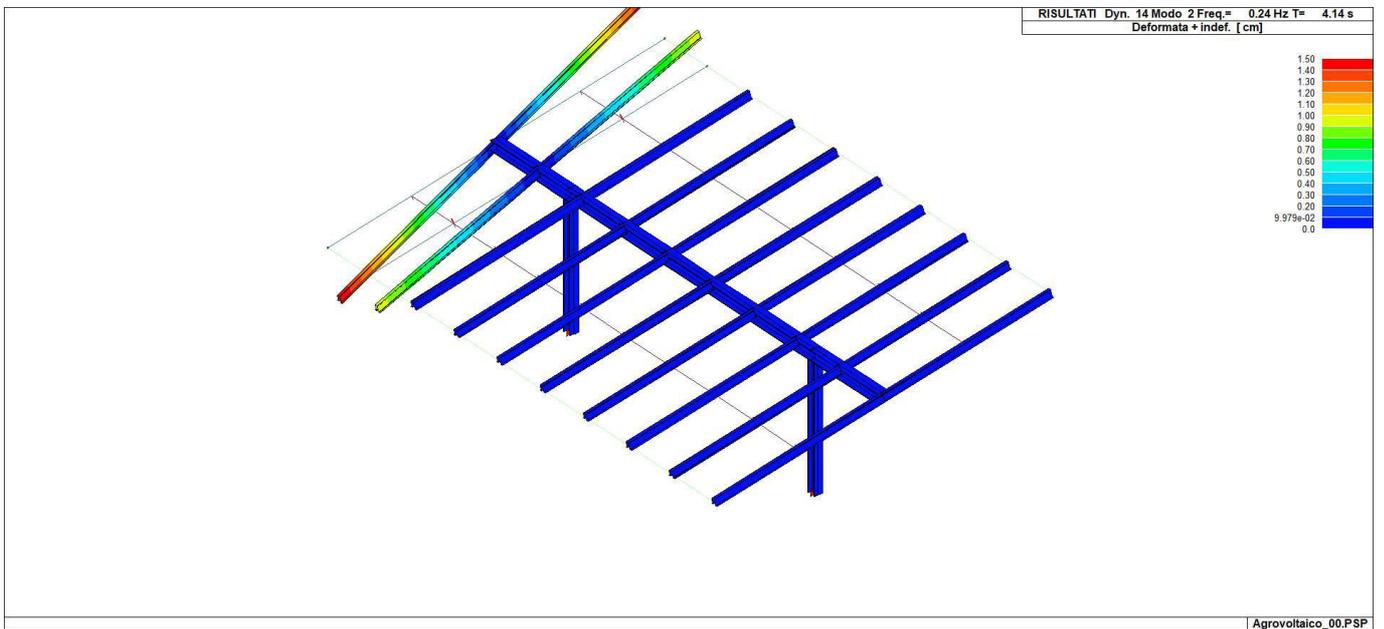
Modo	Frequenza	Periodo	X M efficace x g	%	Y M efficace x g	%	Z M efficace x g	%	RZ M efficace x g	%
	1/sec	sec	daN		daN		daN		daN cm2	
1	0.16	6.34	0.0	0	0.9	0	0.0	0	2.92e-04	0
2	0.24	4.14	0.0	0	1.6	0	2.68e-06	0	44.5	0
3	0.27	3.72	0.0	0	2.2	0	5.51e-06	0	68.8	0
4	0.30	3.31	0.0	0	5.40e-03	0	0.0	0	78.5	0
5	0.42	2.37	0.0	0	6.3	0	1.08e-04	0	0.5	0
6	0.51	1.96	5.50e-06	0	0.1	0	7.54e-06	0	289.8	0

24_DIA_SPETTRI_ELASTICI_O

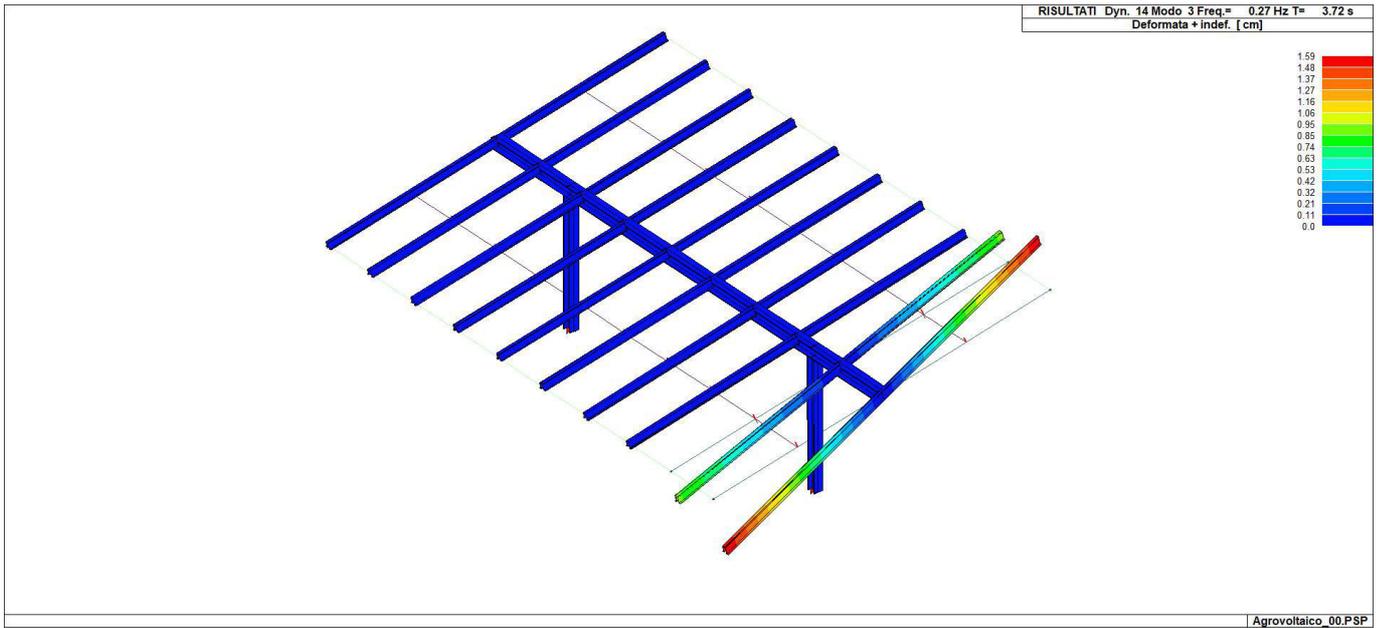




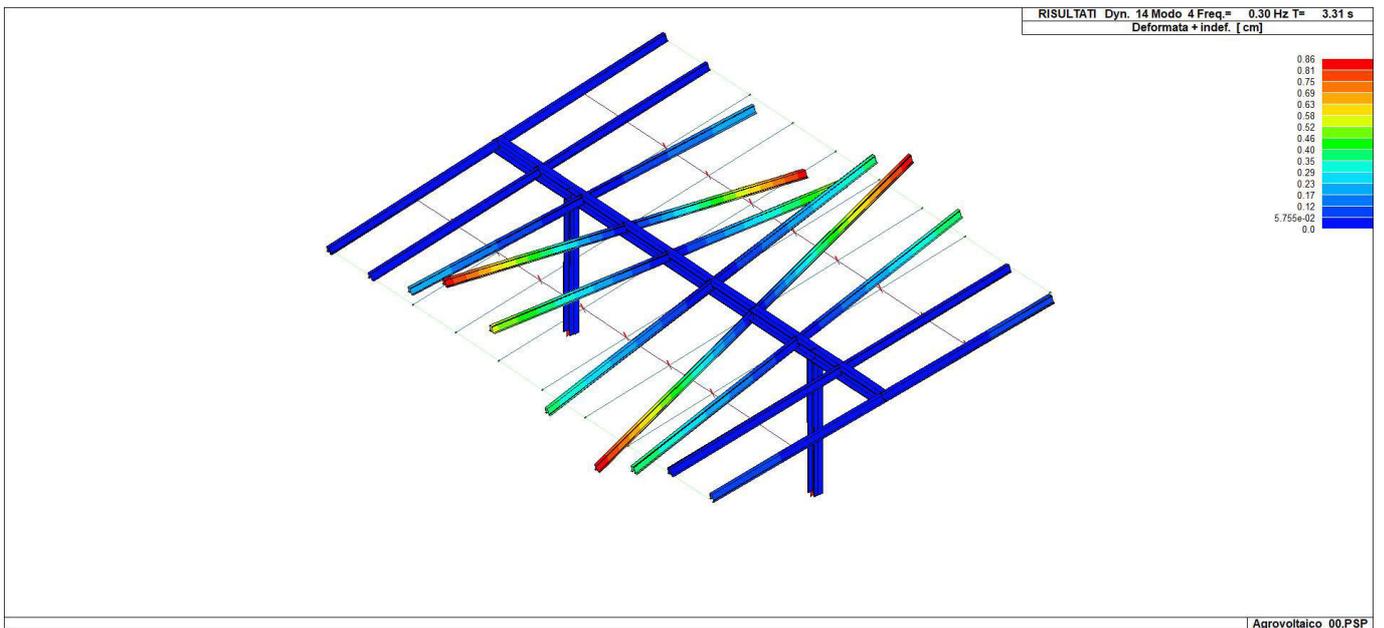
24_INPSIS_001_FORME MODALI



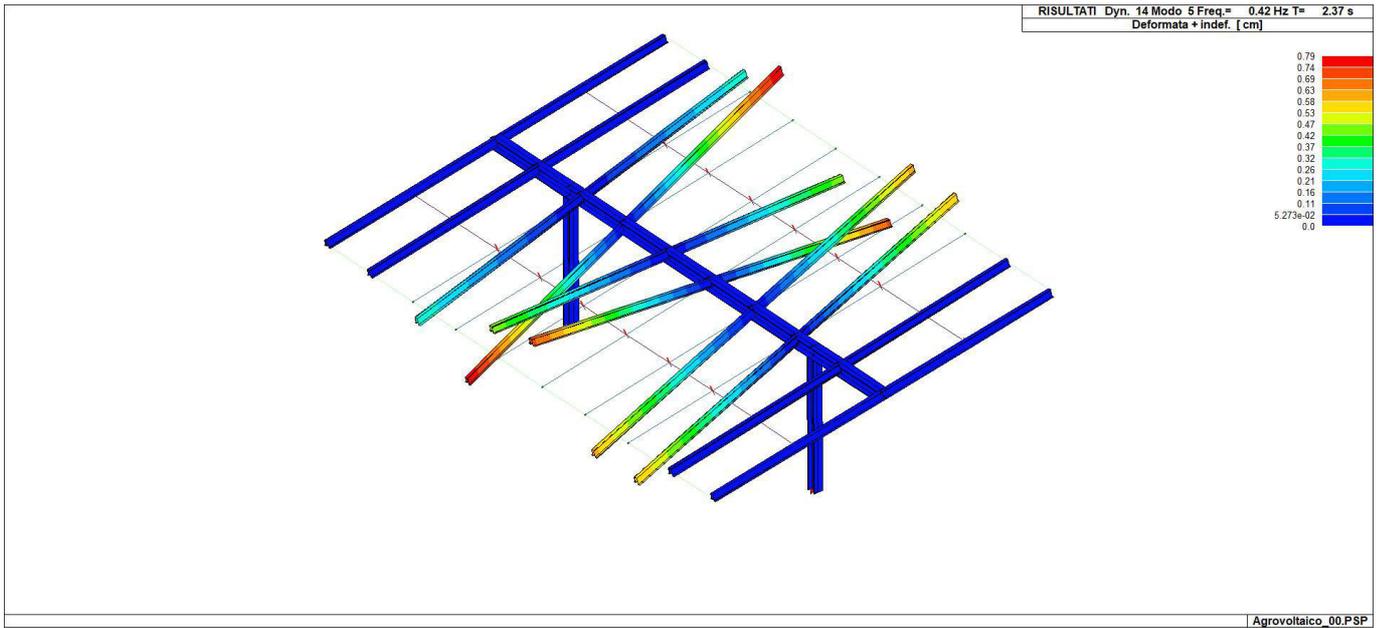
24_INPSIS_002_FORME MODALI



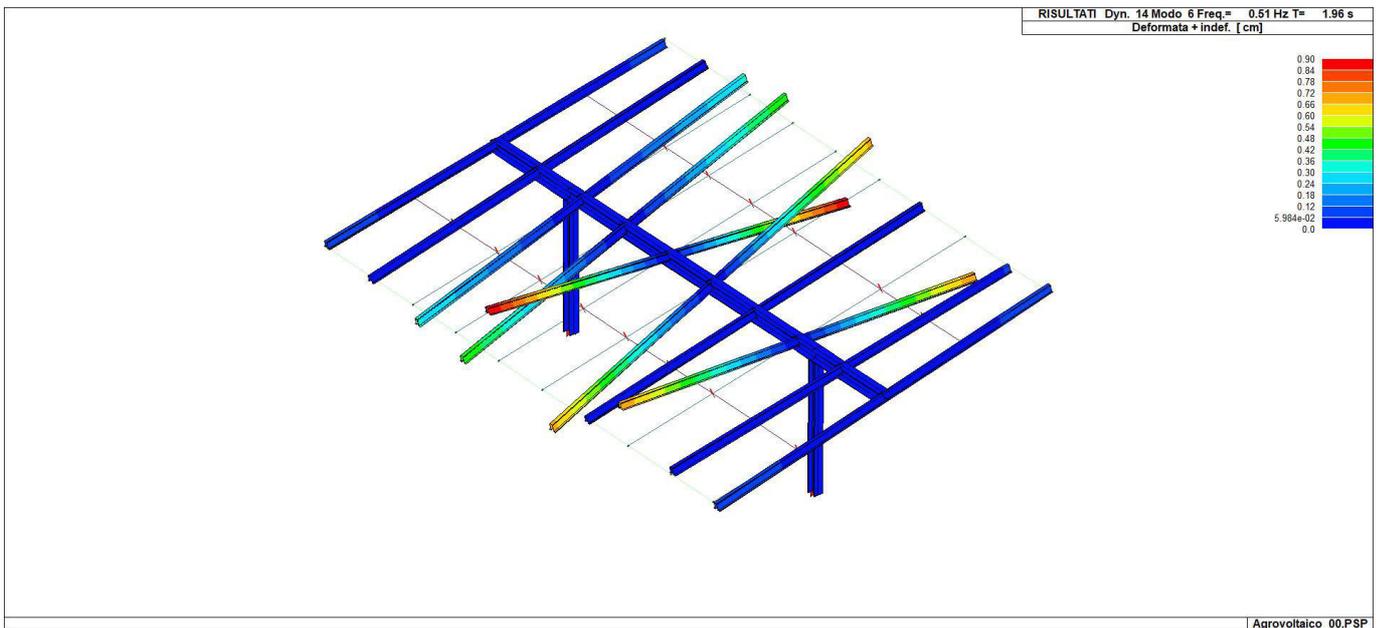
24_INPSIS_003_FORME MODALI



24_INPSIS_004_FORME MODALI



24_INPSIS_005_FORME MODALI



24_INPSIS_006_FORME MODALI

RISULTATI ANALISI SISMICHE

LEGENDA TABELLA ANALISI SISMICHE

Il programma consente l'analisi di diverse configurazioni sismiche.

Sono previsti, infatti, i seguenti casi di carico:

9. Esk caso di carico sismico con analisi statica equivalente

10. Edk caso di carico sismico con analisi dinamica

Ciascun caso di carico è caratterizzato da un angolo di ingresso e da una configurazione di masse determinante la forza sismica complessiva (si rimanda al capitolo relativo ai casi di carico per chiarimenti inerenti questo aspetto).

Nella colonna Note, in funzione della norma in uso sono riportati i parametri fondamentali che caratterizzano l'azione sismica: in particolare possono essere presenti i seguenti valori:

Angolo di ingresso	di	Angolo di ingresso dell'azione sismica orizzontale
Fattore di importanza	di	Fattore di importanza dell'edificio, in base alla categoria di appartenenza
Zona sismica		Zona sismica
Accelerazione ag		Accelerazione orizzontale massima sul suolo
Categoria suolo		Categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione
Fattore q		Fattore di struttura/di comportamento. Dipendente dalla tipologia strutturale
Amplificazione ND		Coefficiente di amplificazione q/q_{ND} delle azioni sismiche (solo per elementi progettati in campo non dissipativo)
Fattore di sito S		Fattore dipendente dalla stratigrafia e dal profilo topografico
Classe di duttilità CD		Classe di duttilità della struttura – "A" duttilità alta, "B" duttilità bassa
Fattore SLD	riduz.	Fattore di riduzione dello spettro elastico per lo stato limite di danno
Periodo T1	proprio	Periodo proprio di vibrazione della struttura
Coefficiente Lambda		Coefficiente dipendente dal periodo proprio T1 e dal numero di piani della struttura
Ordinata Sd(T1)	spettro	Valore delle ordinate dello spettro di progetto per lo stato limite ultimo, componente orizzontale (verticale Svd)
Ordinata Se(T1)	spettro	Valore delle ordinate dello spettro elastico ridotta del fattore SLD per lo stato limite di danno, componente orizzontale (verticale Sve)
Ordinata S (Tb-Tc)	spettro	Valore dell'ordinata dello spettro in uso nel tratto costante
N° di considerati	modi	Numero di modi di vibrare della struttura considerati nell'analisi dinamica

Nel caso di elementi progettati in campo non dissipativo vengono adottate le sollecitazioni calcolate con un fattore q_{ND} ricavato come da 7.3.2 in funzione del fattore di comportamento q utilizzato per la struttura: $1 < q_{ND} = 2/3 * q < 1.5$

Il coefficiente di amplificazione delle azioni sismiche rispetto alle azioni calcolate con il fattore di comportamento globale viene indicato nelle relative tabelle.

Per ciascun caso di carico sismico viene riportato l'insieme di dati sotto riportati (le masse sono espresse in unità di forza):

- a) analisi sismica statica equivalente:
 - quota, posizione del centro di applicazione e azione orizzontale risultante, posizione del baricentro delle rigidezze, rapporto r/L_s (per strutture a nucleo), indici di regolarità e/r secondo EC8 4.2.3.2
 - azione sismica complessiva
- b) analisi sismica dinamica con spettro di risposta:
 - quota, posizione del centro di massa e massa risultante, posizione del baricentro delle rigidezze, rapporto r/L_s (per strutture a nucleo) , indici di regolarità e/r secondo EC8 4.2.3.2
 - frequenza, periodo, accelerazione spettrale, massa eccitata nelle tre direzioni globali per tutti i modi
 - massa complessiva ed aliquota di massa complessiva eccitata.

Per ciascuna combinazione sismica definita SLD o SLO viene riportato il livello di deformazione η_{dT} (dr) degli elementi strutturali verticali. Per semplicità di consultazione il livello è espresso anche in unità $1000 * \eta_{dT}/h$ da confrontare direttamente con i valori forniti nella norma (es. 5 per edifici con tamponamenti collegati rigidamente alla struttura, 10.0 per edifici con tamponamenti collegati elasticamente, 3 per edifici in muratura ordinaria, 4 per edifici in muratura armata).

Qualora si applichi il D.M. 96 (vedi NOTA sul capitolo "normativa di riferimento") l'analisi sismica dinamica può essere comprensiva di sollecitazione verticale contemporanea a quella orizzontale, nel qual caso è effettuata una sovrapposizione degli effetti in ragione della radice dei quadrati degli effetti stessi. Per ciascuna combinazione sismica - analisi effettuate con il D.M. 96 (vedi NOTA sul capitolo "normativa di riferimento") - viene riportato il livello di deformazione η_{dT} , η_{dP} e η_{dD} degli elementi strutturali verticali. Per semplicità di consultazione il livello è espresso in unità $1000 * \eta_{dT}/h$ da confrontare direttamente con il valore 2 o 4 per la verifica.

Per gli edifici sismicamente isolati si riportano di seguito le verifiche condotte sui dispositivi di isolamento. Le verifiche sono effettuate secondo la circolare n.7/2019 del C.S.LL.PP nelle combinazioni in SLC come previsto dal DM 17-01-2018. Per ogni combinazione è riportato il codice di verifica ed i valori utilizzati per la verifica: spostamento dE , area ridotta e dimensione A_2 , azione verticale, deformazioni di taglio dell'elastomero e tensioni nell'acciaio.

In particolare la tabella, per ogni combinazione di calcolo, riporta:

Nodo	Nodo di appoggio dell' isolatore
Cmb	Combinazione oggetto della verifica
Verif.	Codice di verifica ok – verifica positiva , NV – verifica negativa, ND – verifica non completata
dE	Spostamento relativo tra le due facce combinato con la regola del 30%
Ang fi	Angolo utilizzato per il calcolo dell' area ridotta A_r (per dispositivi circolari)
V	Azione verticale agente
A_r	Area ridotta efficace
Dim A_2	Dimensione utile per il calcolo della deformazione per rotazione
Sig s	Tensione nell' inserto in acciaio
Gam c(a,s,t)	Deformazioni di taglio dell' elastomero
V_{cr}	Carico critico per instabilità

Affinché la verifica sia positiva deve essere:

- 1) $V > 0$
- 2) $\text{Sig } s < f_{yk}$
- 3) $\text{Gam } t < 5$
- 4) $\text{Gam } s < \text{Gam}^*$ (caratteristica dell' elastomero)
- 5) $\text{Gam } s < 2$
- 6) $V < 0.5 V_{cr}$

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
6	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.218 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.300 s
			fattore q: 1.000
			amplificazione ND (non dissipativi): 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: B
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Sd(T1): 0.218

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
390.00	596.98	596.98	2109.06	2660.49	1832.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300.00	1114.02	1711.00	5116.45	2660.94	1442.00	0.0	0.0	2673.00	1442.00	0.423	0.032	0.0
210.00	321.45	2032.45	2109.06	2660.49	1052.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	2032.45		9334.56									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
7	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.218 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.300 s
			fattore q: 1.000
			amplificazione ND (non dissipativi): 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: B
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Sd(T1): 0.218

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
390.00	596.98	596.98	2109.06	2660.49	1832.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300.00	1114.02	1711.00	5116.45	2660.94	1442.00	0.0	0.0	2673.00	1442.00	0.423	0.032	0.0

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
210.00	321.45	2032.45	2109.06	2660.49	1052.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	2032.45		9334.56									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
8	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.218 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.300 s
			fattore q: 1.000
			amplificazione ND (non dissipativi): 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: B
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Sd(T1): 0.218

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
390.00	596.98	596.98	2109.06	2660.49	1832.00	59.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300.00	1114.02	1711.00	5116.45	2660.94	1442.00	59.25	0.0	2673.00	1442.00	0.423	0.032	0.0
210.00	321.45	2032.45	2109.06	2660.49	1052.00	59.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	2032.45		9334.56									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
9	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.218 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.300 s
			fattore q: 1.000
			amplificazione ND (non dissipativi): 1.000
			fattore per spost. mu d: 1.000
			classe di duttilità CD: B
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Sd(T1): 0.218

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
390.00	596.98	596.98	2109.06	2660.49	1832.00	-59.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300.00	1114.02	1711.00	5116.45	2660.94	1442.00	-59.25	0.0	2673.00	1442.00	0.423	0.032	0.0
210.00	321.45	2032.45	2109.06	2660.49	1052.00	-59.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	2032.45		9334.56									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
10	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.082 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.300 s
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Se(T1): 0.082

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
390.00	223.62	223.62	2109.06	2660.49	1832.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300.00	417.30	640.92	5116.45	2660.94	1442.00	0.0	0.0	2673.00	1442.00	0.423	0.032	0.0
210.00	120.41	761.33	2109.06	2660.49	1052.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	761.33		9334.56									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
11	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.082 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.300 s
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Se(T1): 0.082

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
390.00	223.62	223.62	2109.06	2660.49	1832.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300.00	417.30	640.92	5116.45	2660.94	1442.00	0.0	0.0	2673.00	1442.00	0.423	0.032	0.0
210.00	120.41	761.33	2109.06	2660.49	1052.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	761.33		9334.56									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
12	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.082 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.300 s
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Se(T1): 0.082

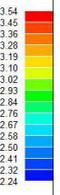
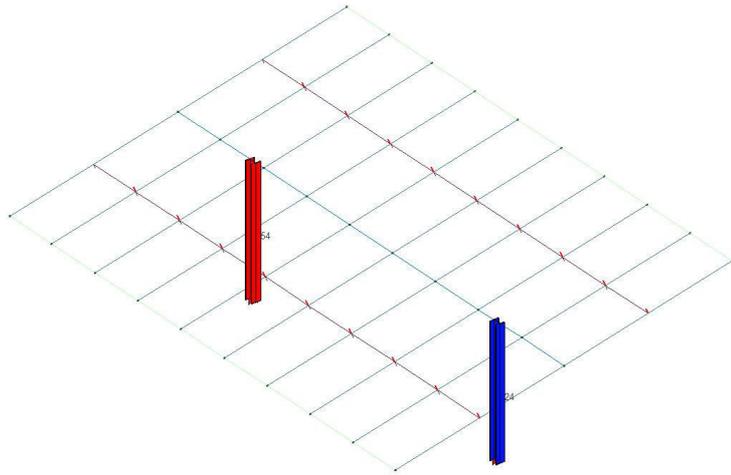
Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
390.00	223.62	223.62	2109.06	2660.49	1832.00	59.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300.00	417.30	640.92	5116.45	2660.94	1442.00	59.25	0.0	2673.00	1442.00	0.423	0.032	0.0

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
210.00	120.41	761.33	2109.06	2660.49	1052.00	59.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	761.33		9334.56									

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
13	Esk	CDC=Es (statico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.082 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.300 s
			coefficiente Lambda: 1.000
			ordinata spettro Se(T1): 0.082

Quota	Forza Sismica	Tot. parziale	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	(r/Ls)^2	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	daN	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
390.00	223.62	223.62	2109.06	2660.49	1832.00	-59.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300.00	417.30	640.92	5116.45	2660.94	1442.00	-59.25	0.0	2673.00	1442.00	0.423	0.032	0.0
210.00	120.41	761.33	2109.06	2660.49	1052.00	-59.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta	761.33		9334.56									

Cmb	Pilas. 1000 etaT/h	etaT	inter. h	Pilas. 1000 etaT/h	etaT	inter. h	Pilas. 1000 etaT/h	etaT	inter. h
		cm	cm		cm	cm		cm	cm
39	12	0.76	300.0	13	1.23	0.37	300.0		
40	12	1.43	300.0	13	0.60	0.18	300.0		
41	12	1.39	300.0	13	0.52	0.16	300.0		
42	12	0.68	300.0	13	1.19	0.36	300.0		
43	12	0.58	300.0	13	1.48	0.44	300.0		
44	12	1.18	300.0	13	0.80	0.24	300.0		
45	12	1.14	300.0	13	0.74	0.22	300.0		
46	12	0.47	300.0	13	1.45	0.43	300.0		
...									
70	12	2.23	300.0	13	3.53	1.06	300.0		
Cmb	1000 etaT/h	3.54							



RISULTATI NODALI

LEGENDA RISULTATI NODALI

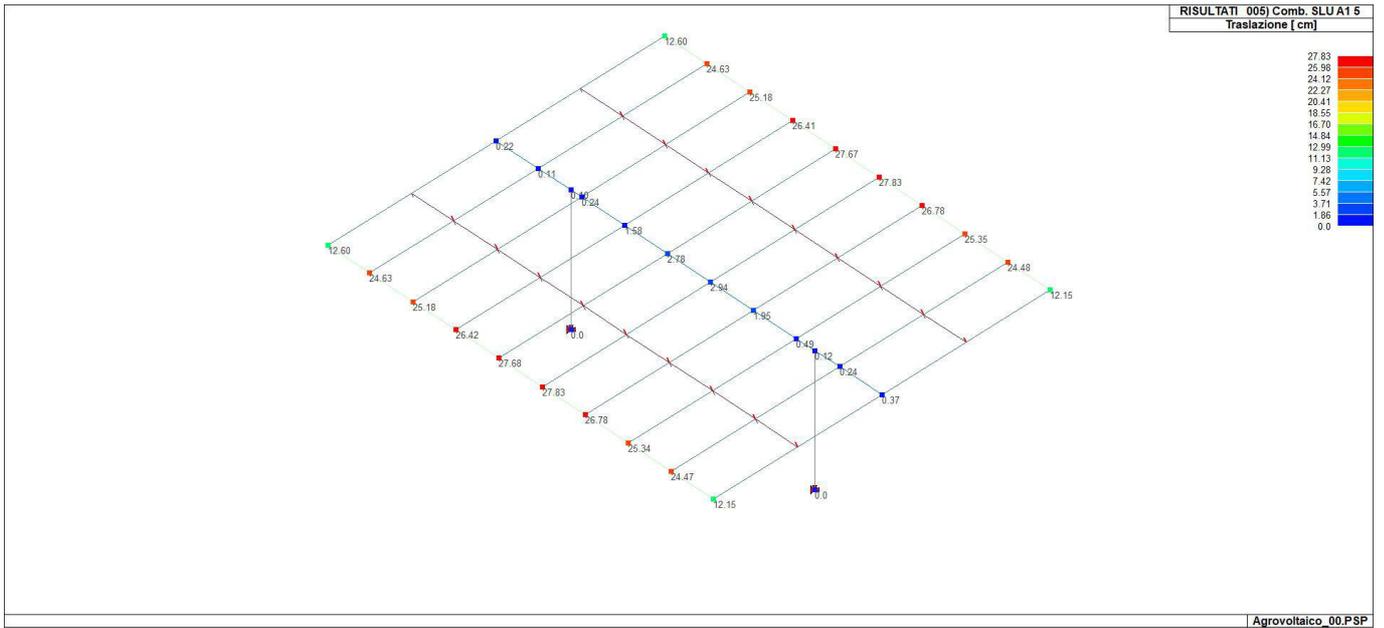
Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne i nodi strutturali, è possibile in relazione alle tabelle sottoriportate.

Una prima tabella riporta infatti per ogni nodo e per ogni combinazione (o caso di carico) gli spostamenti nodali.

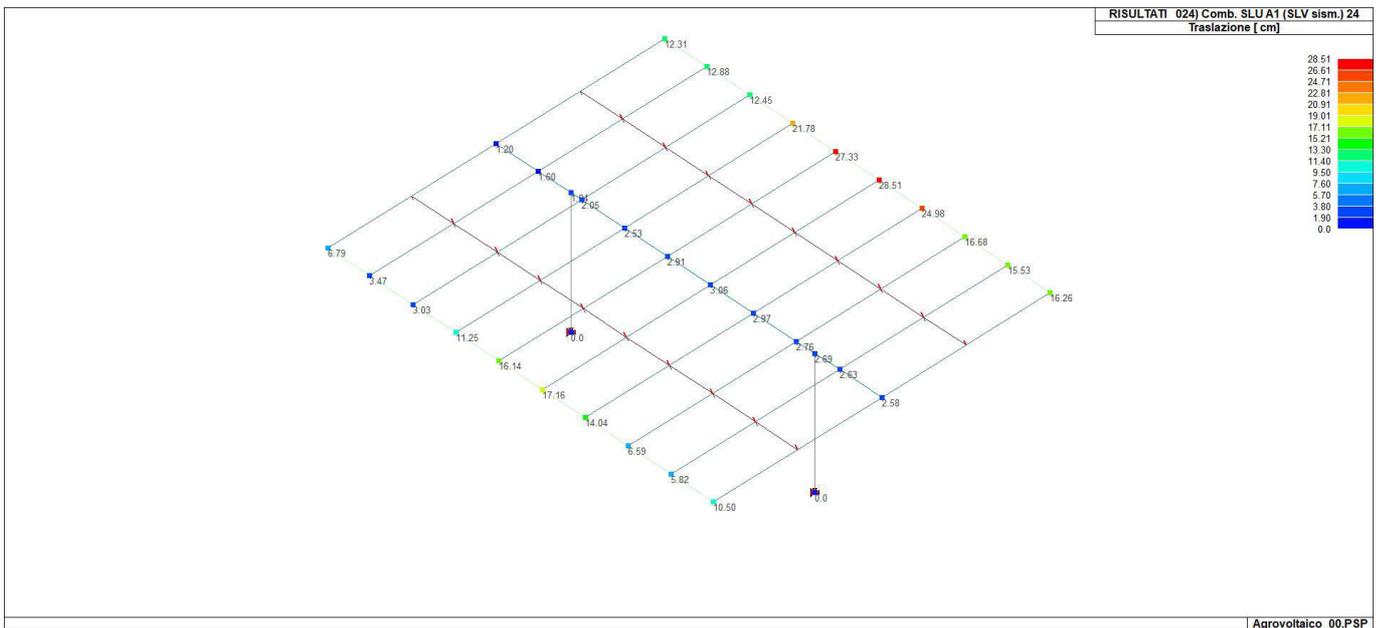
Una seconda tabella riporta per ogni nodo a cui sia associato un vincolo rigido e/o elastico o una fondazione speciale e per ogni combinazione (o caso di carico) i valori delle azioni esercitate dalla struttura sui vincoli (reazioni vincolari cambiate di segno).

Una terza tabella, infine riassume per ogni nodo le sei combinazioni in cui si attingono i valori minimi e massimi della reazione Fz, della reazione Mx e della reazione My.

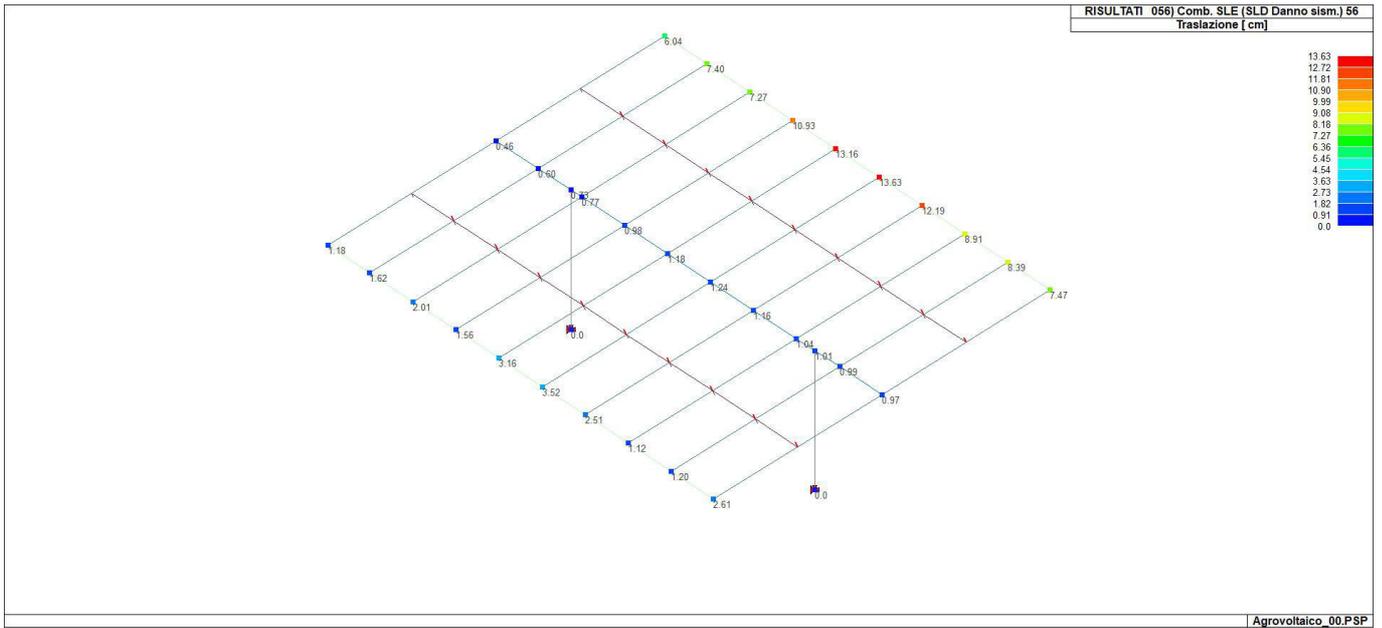
Nodo	Cmb	Traslazione X	Traslazione Y	Traslazione Z	Rotazione X	Rotazione Y	Rotazione Z
		cm	cm	cm			
1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	39	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	71	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
...							
34	76	-0.02	0.51	-2.16	7.56e-03	-4.74e-05	0.0
Nodo		Traslazione X	Traslazione Y	Traslazione Z	Rotazione X	Rotazione Y	Rotazione Z
		-4.21	-2.98	-27.26	-0.08	-0.01	-0.01
		4.18	9.11	7.20	0.08	0.01	0.01



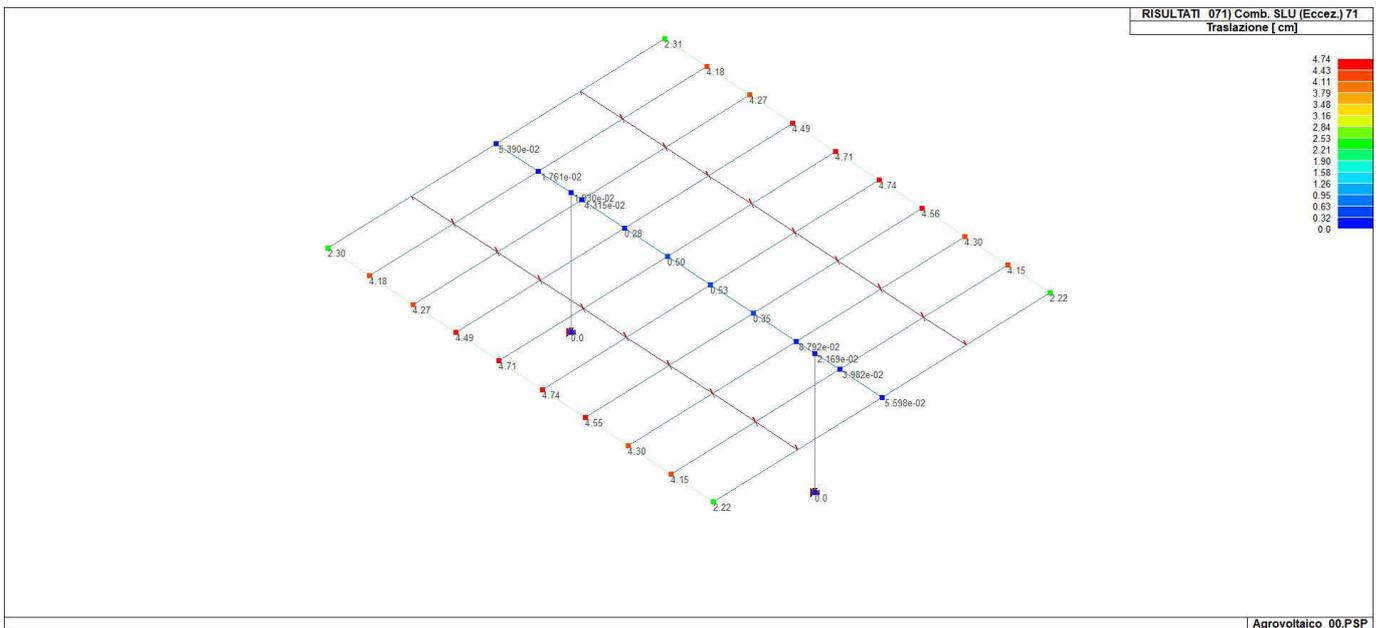
41_RIS_SPOSTAMENTI_005_Comb SLU A1 5



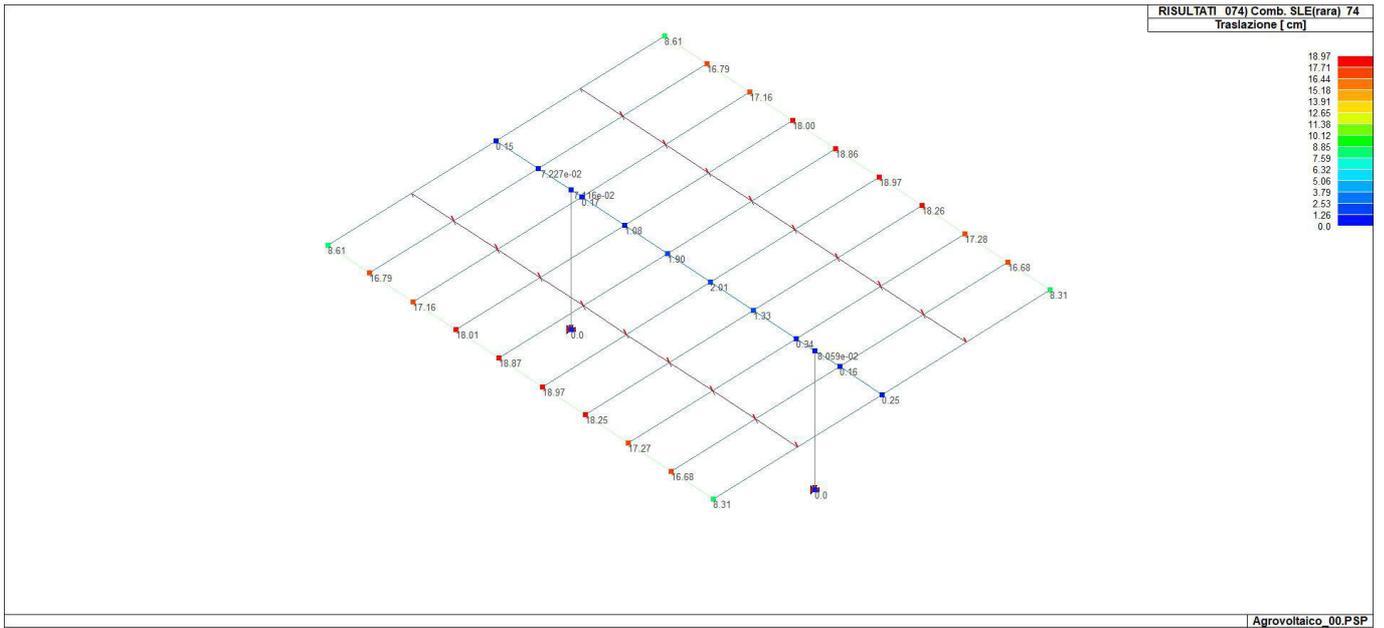
41_RIS_SPOSTAMENTI_024_Comb SLU A1 SLV sism 24



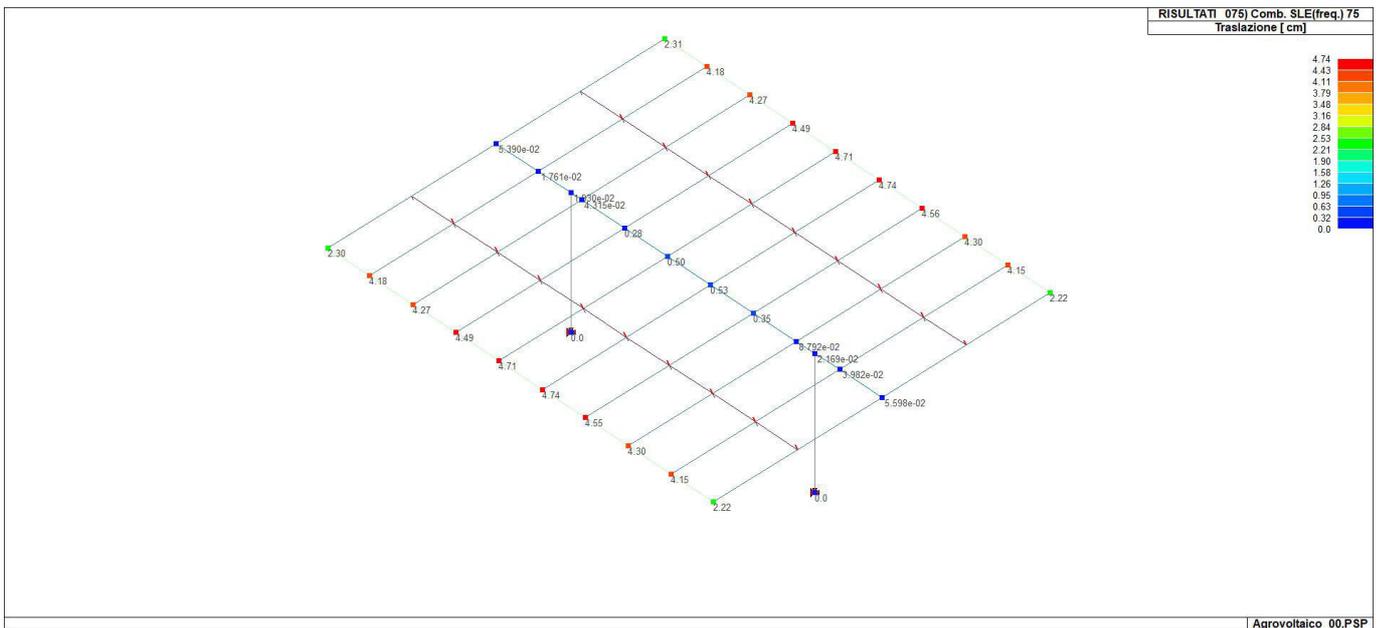
41_RIS_SPOSTAMENTI_056_Comb SLE SLD Danno sism 56



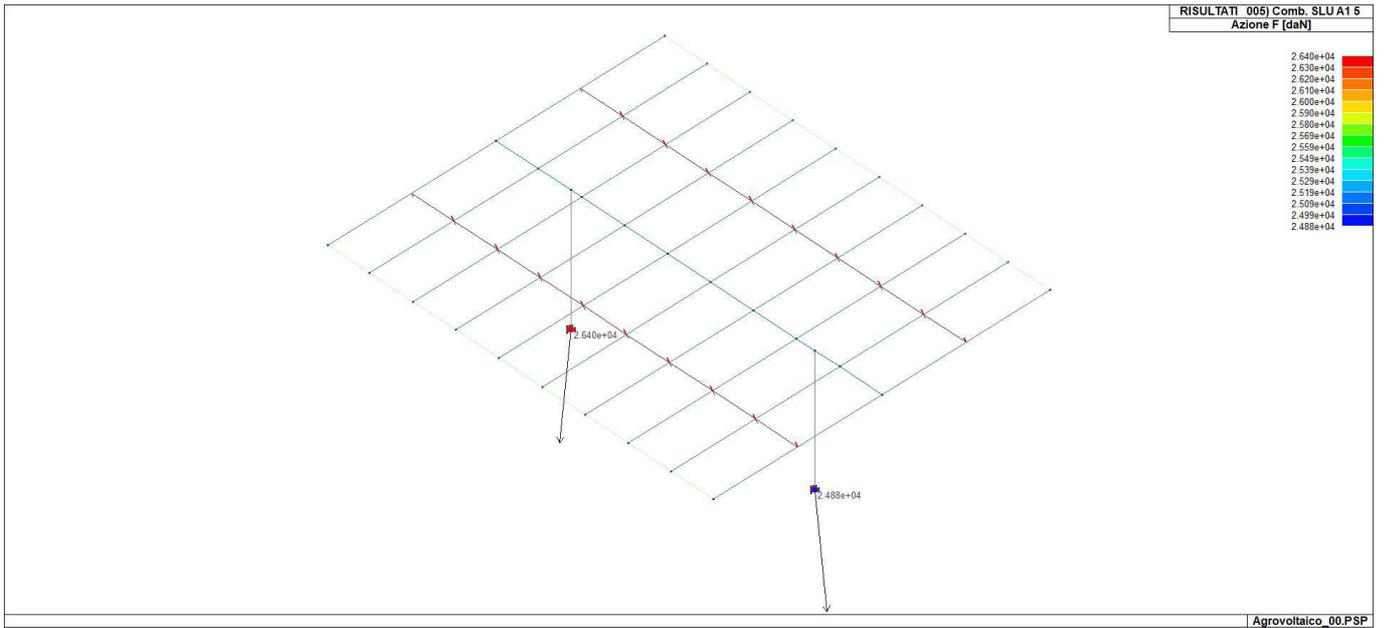
41_RIS_SPOSTAMENTI_071_Comb SLU Eccez 71



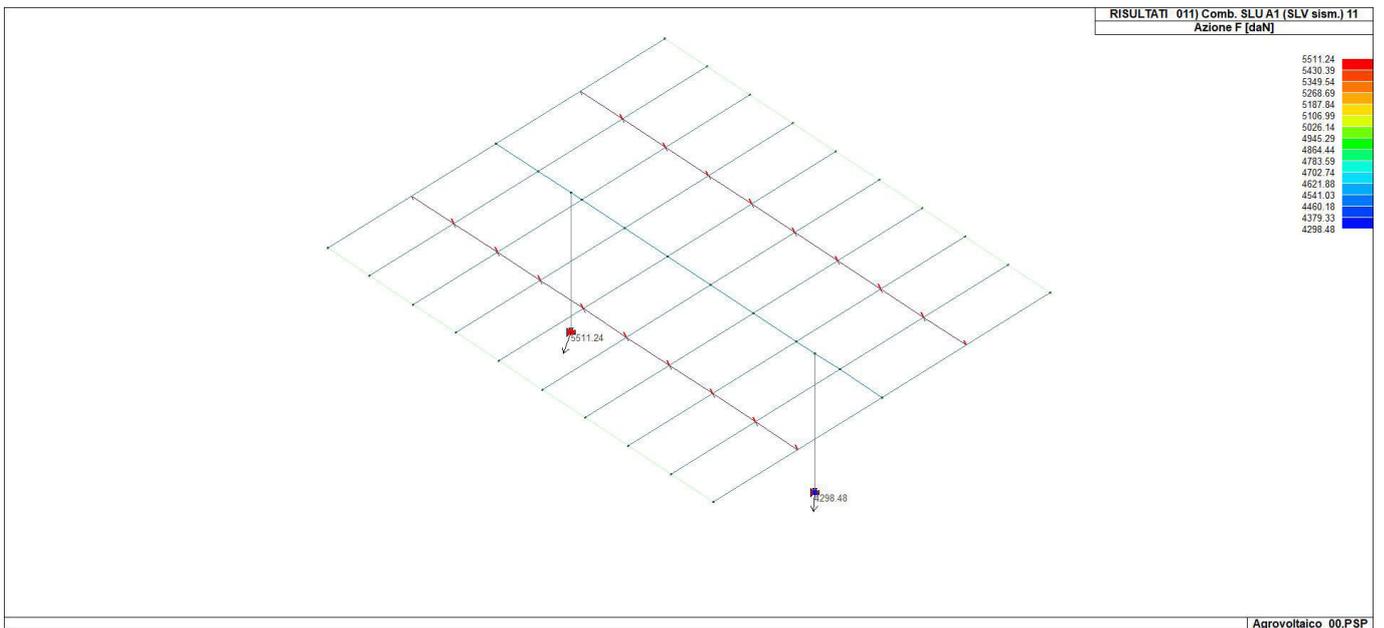
41_RIS_SPOSTAMENTI_074_Comb SLErara 74



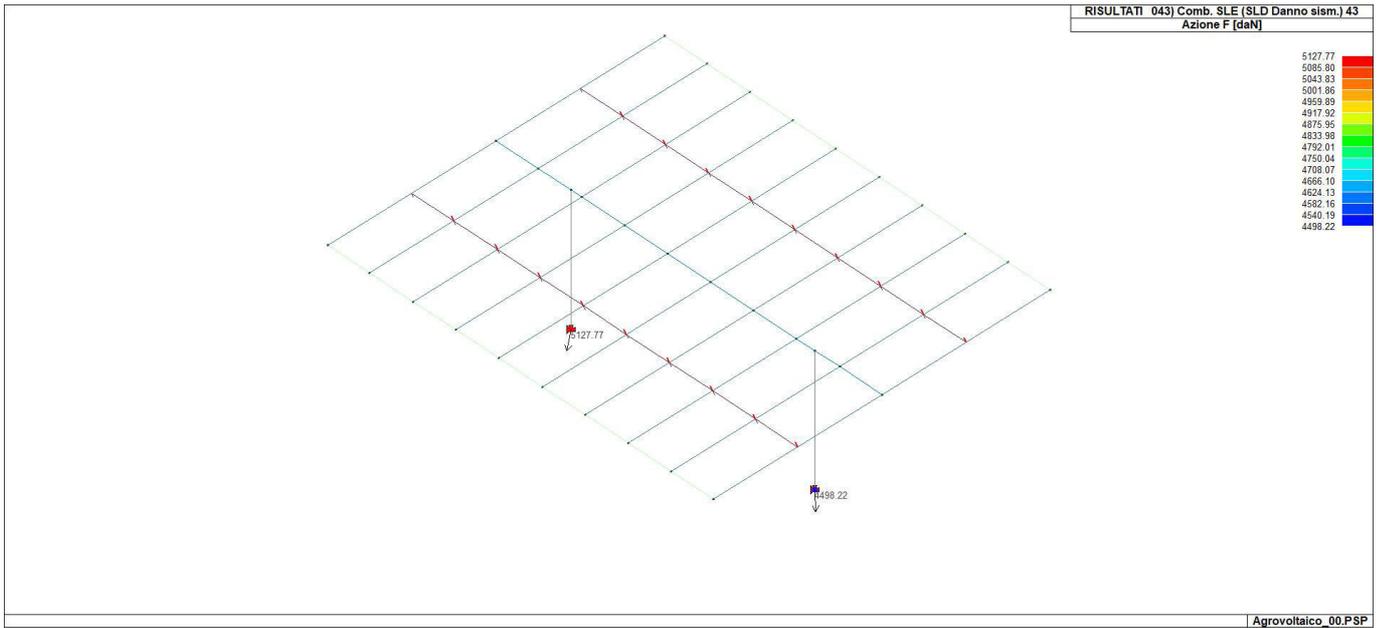
41_RIS_SPOSTAMENTI_075_Comb SLEfreq 75



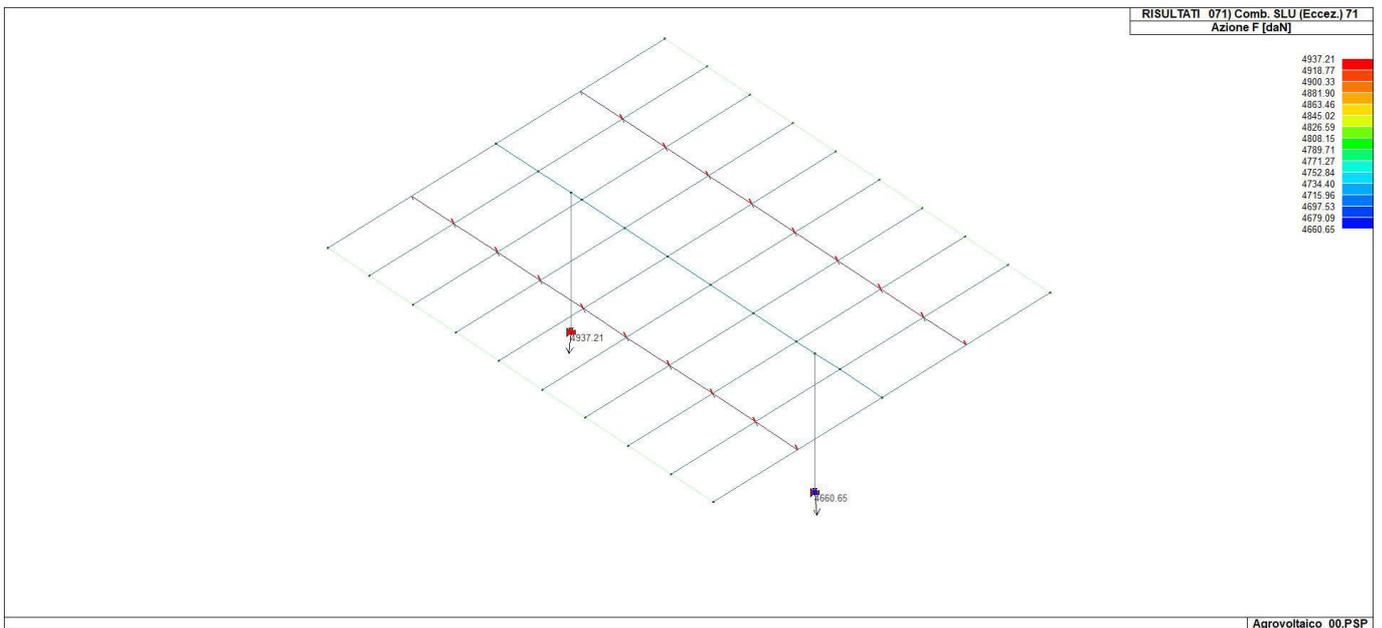
42_RIS_REAZIONI_005_Comb SLU A1 5



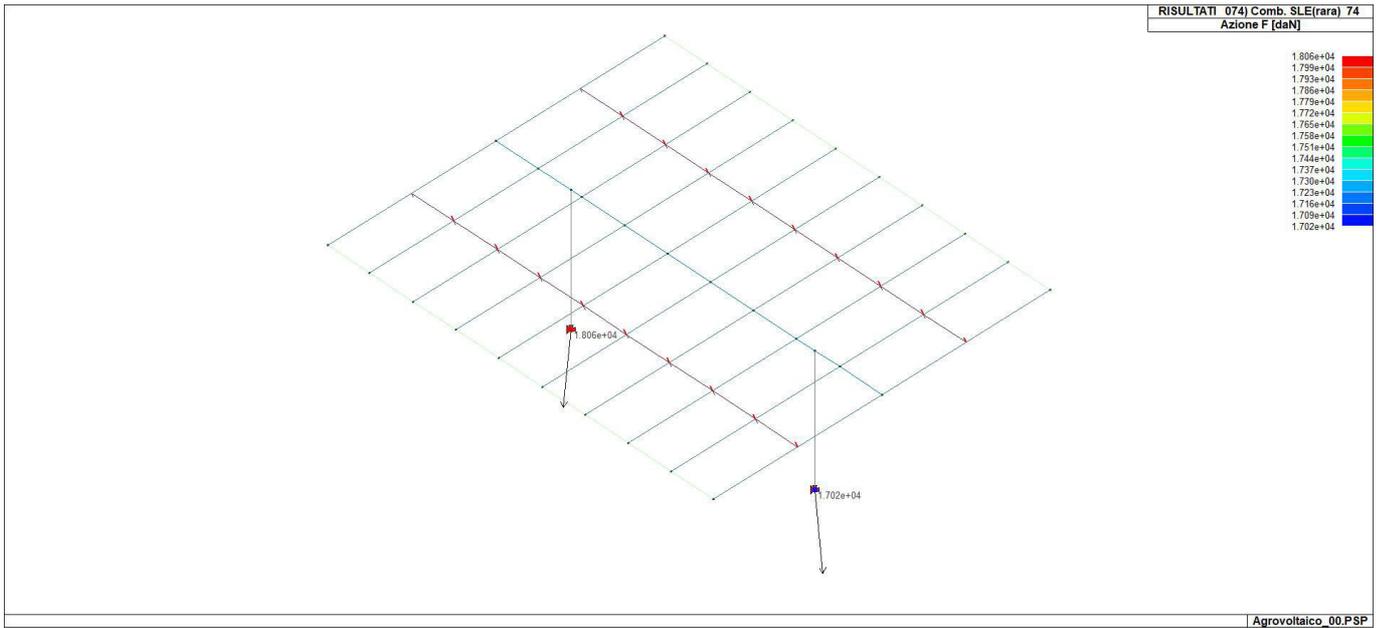
42_RIS_REAZIONI_011_Comb SLU A1 SLV sism 11



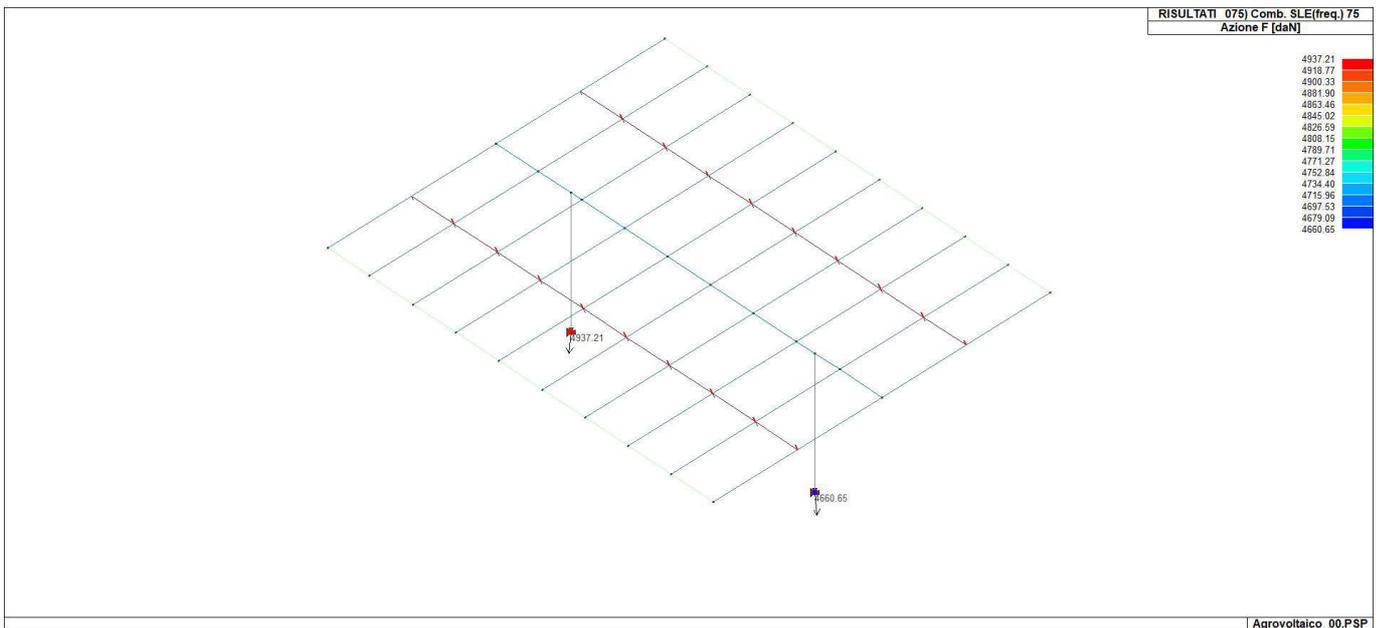
42_RIS_REAZIONI_043_Comb SLE SLD Danno sism 43



42_RIS_REAZIONI_071_Comb SLU Eccez 71



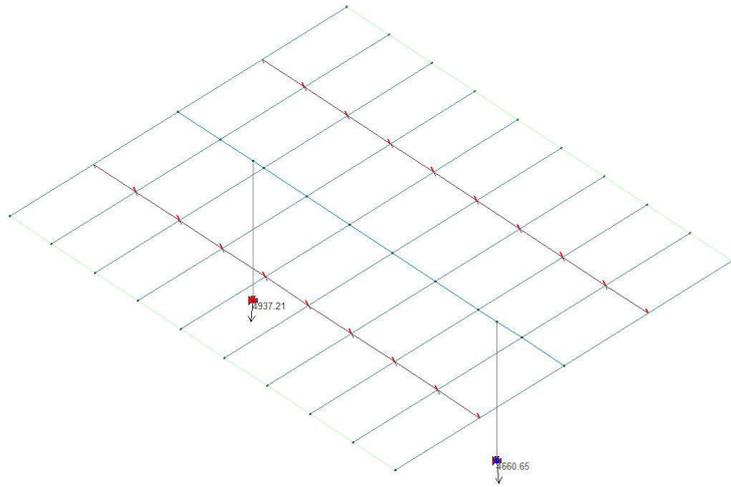
42_RIS_REAZIONI_074_Comb SLErara 74



42_RIS_REAZIONI_075_Comb SLEfreq 75

RISULTATI 076) Comb. SLE(perm.) 76
Azione F [daN]

- 4937.21
- 4918.77
- 4900.33
- 4881.90
- 4863.46
- 4845.02
- 4826.59
- 4808.15
- 4789.71
- 4771.27
- 4752.84
- 4734.40
- 4715.96
- 4697.53
- 4679.09
- 4660.65



42_RIS_REAZIONI_076_Comb SLEperm 76

Agrovoltaiico_00.PSP

RISULTATI ELEMENTI TIPO TRAVE

LEGENDA RISULTATI ELEMENTI TIPO TRAVE

Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne gli elementi tipo trave, è possibile in relazione alle tabelle sotto riportate.

Gli elementi vengono suddivisi in relazione alle proprietà in elementi:

- tipo **pilastro**
- tipo **trave in elevazione**
- tipo **trave in fondazione**

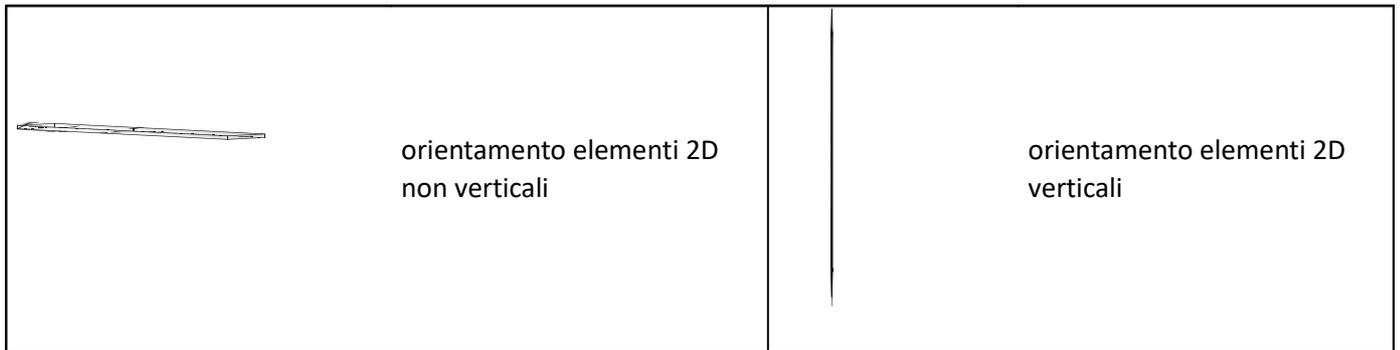
Per ogni elemento e per ogni combinazione (o caso di carico) vengono riportati i risultati più significativi.

Per gli elementi tipo *pilastro* sono riportati in tabella i seguenti valori:

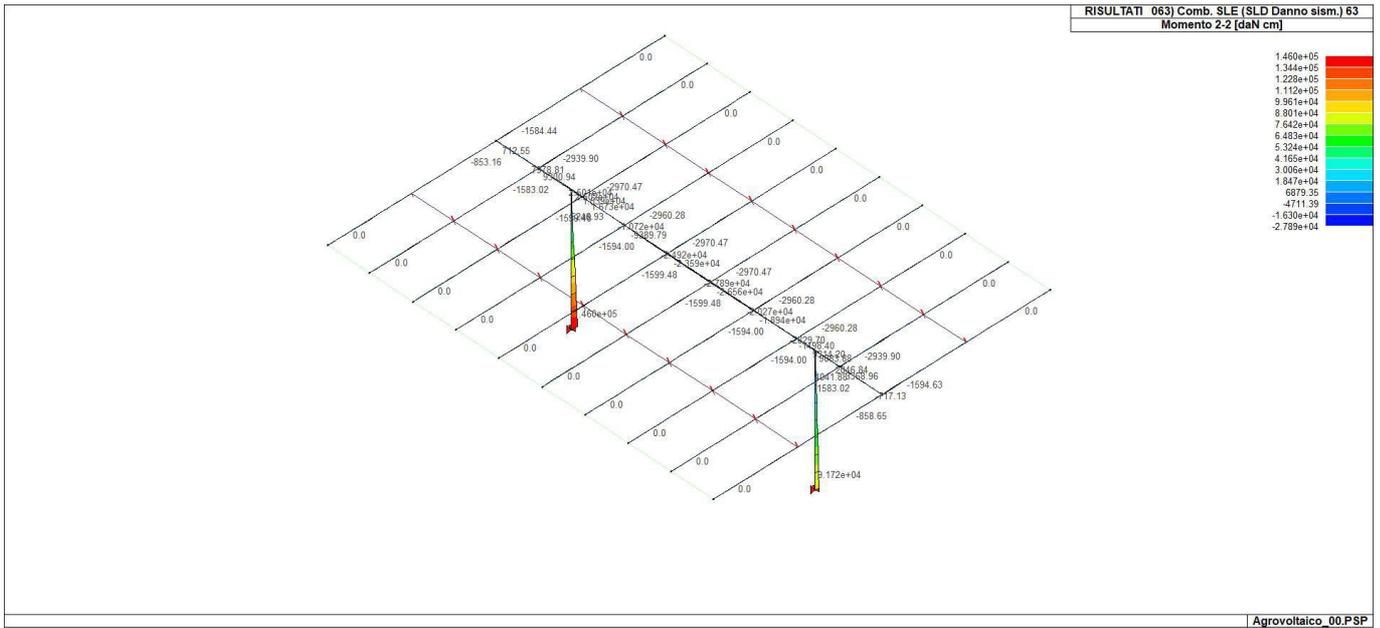
Pilas.	numero dell'elemento pilastro
Cmb	combinazione in cui si verificano i valori riportati
M3 mx/mn	momento flettente in campata M3 max (prima riga) / min (seconda riga)
M2 mx/mn	momento flettente in campata M2 max (prima riga) / min (seconda riga)
D2/D3	freccia massima in direzione 2 (prima riga) / direzione 3 (seconda riga)
Q2/Q3	carico totale in direzione 2 (prima riga) / direzione 3 (seconda riga)
Pos.	ascissa del punto iniziale e finale dell'elemento
N, V2, ecc..	sei componenti di sollecitazione al piede ed in sommità dell'elemento

Per gli elementi tipo *trave in elevazione* sono riportati, oltre al numero dell'elemento, i medesimi risultati visti per i pilastri.

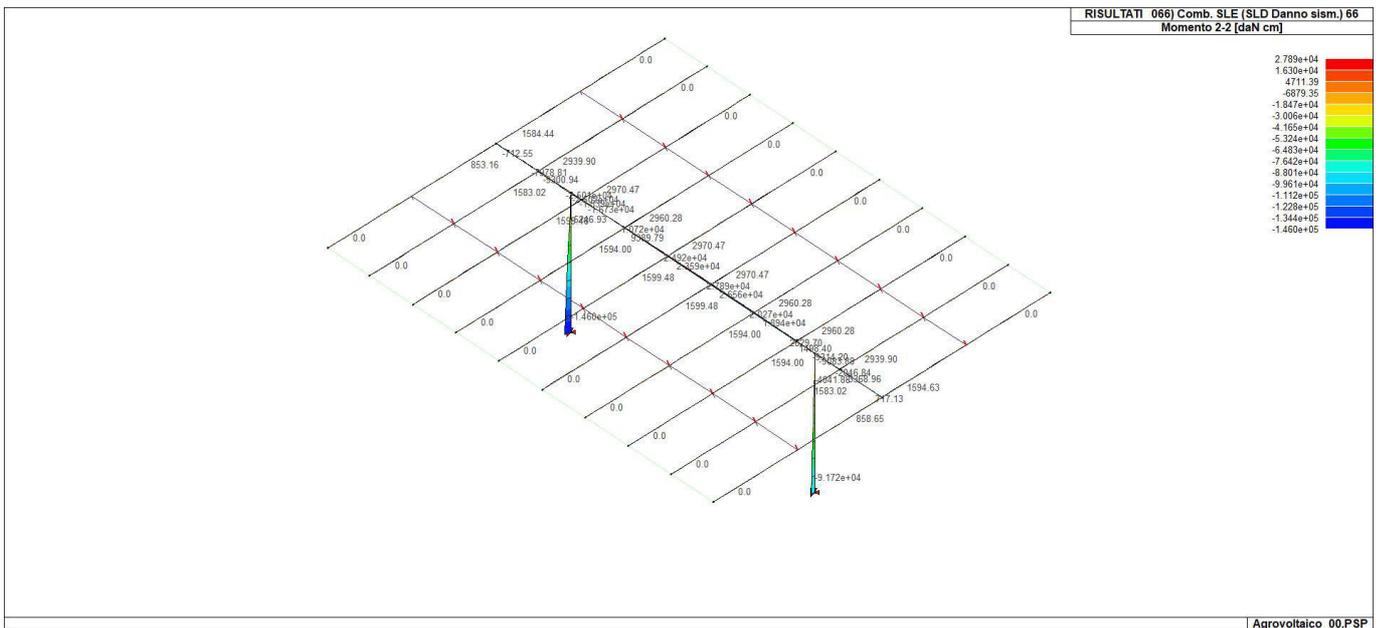
Per gli elementi tipo *trave in fondazione* (trave f.) sono riportati, oltre al numero dell'elemento, i medesimi risultati visti per i pilastri e la massima pressione sul terreno.



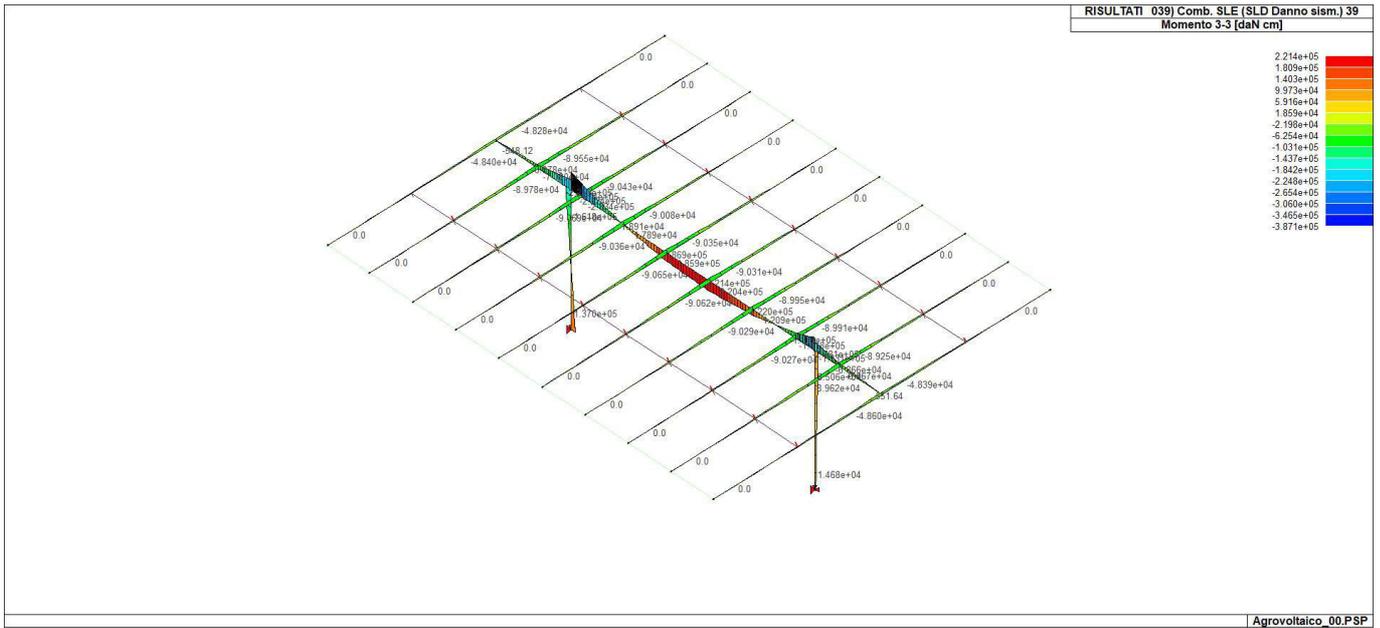
Pilas.	Cmb	M3 mx/mn	M2 mx/mn	D 2 / D 3	Q 2 / Q 3	Pos.	N	V 2	V 3	T	M 2	M 3
		daN cm	daN cm	cm	daN	cm	daN	daN	daN	daN cm	daN cm	daN cm
12	1	1.755e+05	0.0	-0.04	0.0	0.0	-6281.65	841.10	0.0	0.0	0.0	-7.686e+04
		-7.686e+04	0.0	0.0	0.0	150.0	-6162.10	841.10	0.0	0.0	0.0	4.931e+04
						300.0	-6042.55	841.10	0.0	0.0	0.0	1.755e+05
12	3	1.200e+05	0.0	-0.02	0.0	0.0	-4343.92	574.84	0.0	0.0	0.0	-5.248e+04
		-5.248e+04	0.0	0.0	0.0	150.0	-4251.95	574.84	0.0	0.0	0.0	3.374e+04
						300.0	-4159.99	574.84	0.0	0.0	0.0	1.200e+05
12	5	7.396e+05	0.0	-0.15	0.0	0.0	-2.463e+04	3553.16	0.0	0.0	0.0	-3.263e+05
		-3.263e+05	0.0	0.0	0.0	150.0	-2.451e+04	3553.16	0.0	0.0	0.0	2.066e+05
...												
13	76	-1.186e+05	0.0	0.0	0.0	300.0	-4714.75	-615.63	0.0	0.0	0.0	-1.186e+05
Pilas.		M3 mx/mn	M2 mx/mn	D 2 / D 3	Q 2 / Q 3		N	V 2	V 3	T		
		-6.860e+05	-3.897e+05	-2.83	0.0		-2.616e+04	-3553.16	-1252.24	-358.00		
		7.396e+05	3.897e+05	2.83	0.0		-4094.49	3553.16	1252.24	253.33		
Trave	Cmb	M3 mx/mn	M2 mx/mn	D 2 / D 3	Q 2 / Q 3	Pos.	N	V 2	V 3	T	M 2	M 3
		daN cm	daN cm	cm	daN	cm	daN	daN	daN	daN cm	daN cm	daN cm
1	1	0.0	0.0	0.07	-101.10	0.0	0.0	-678.13	0.0	0.0	0.0	0.0
		-9.400e+04	0.0	0.0	0.0	64.5	0.0	-728.68	0.0	0.0	0.0	-4.537e+04
						129.0	0.0	-779.23	0.0	0.0	0.0	-9.400e+04
1	3	0.0	0.0	0.05	-77.77	0.0	0.0	-466.83	0.0	0.0	0.0	0.0
		-6.524e+04	0.0	0.0	0.0	64.5	0.0	-505.71	0.0	0.0	0.0	-3.136e+04
						129.0	0.0	-544.60	0.0	0.0	0.0	-6.524e+04
1	5	0.0	0.0	0.25	-101.10	0.0	0.0	-2738.32	0.0	0.0	0.0	0.0
		-3.598e+05	0.0	0.0	0.0	64.5	0.0	-2788.87	0.0	0.0	0.0	-1.783e+05
...												
33	76	-4.885e+04	0.0	-4.27e-03	0.0	400.2	0.0	3.83e-06	0.0	0.0	0.0	0.0
Trave		M3 mx/mn	M2 mx/mn	D 2 / D 3	Q 2 / Q 3		N	V 2	V 3	T		
		-1.887e+06	-7.694e+04	-27.16	-2684.00		-3553.16	-1.602e+04	-803.34	-8799.27		
		1.199e+06	7.694e+04	26.57	0.0		619.38	1.756e+04	803.34	8799.27		



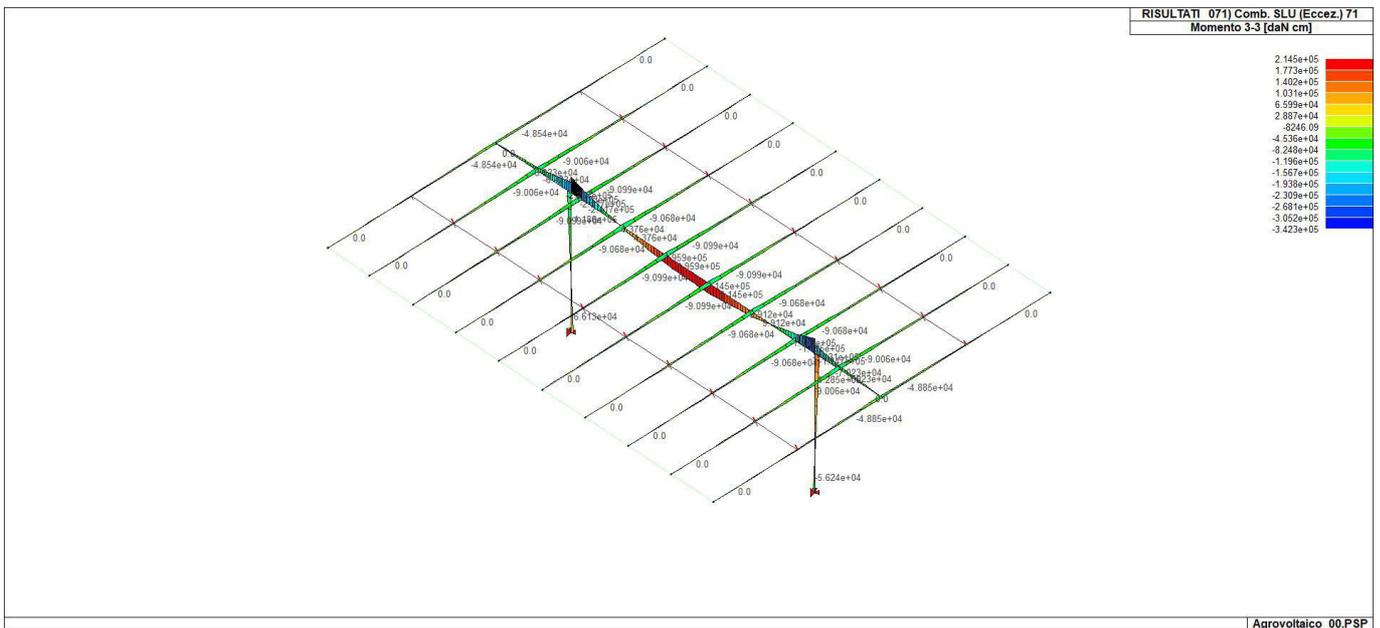
43_RIS_M2_063_Comb SLE SLD Danno sism 63



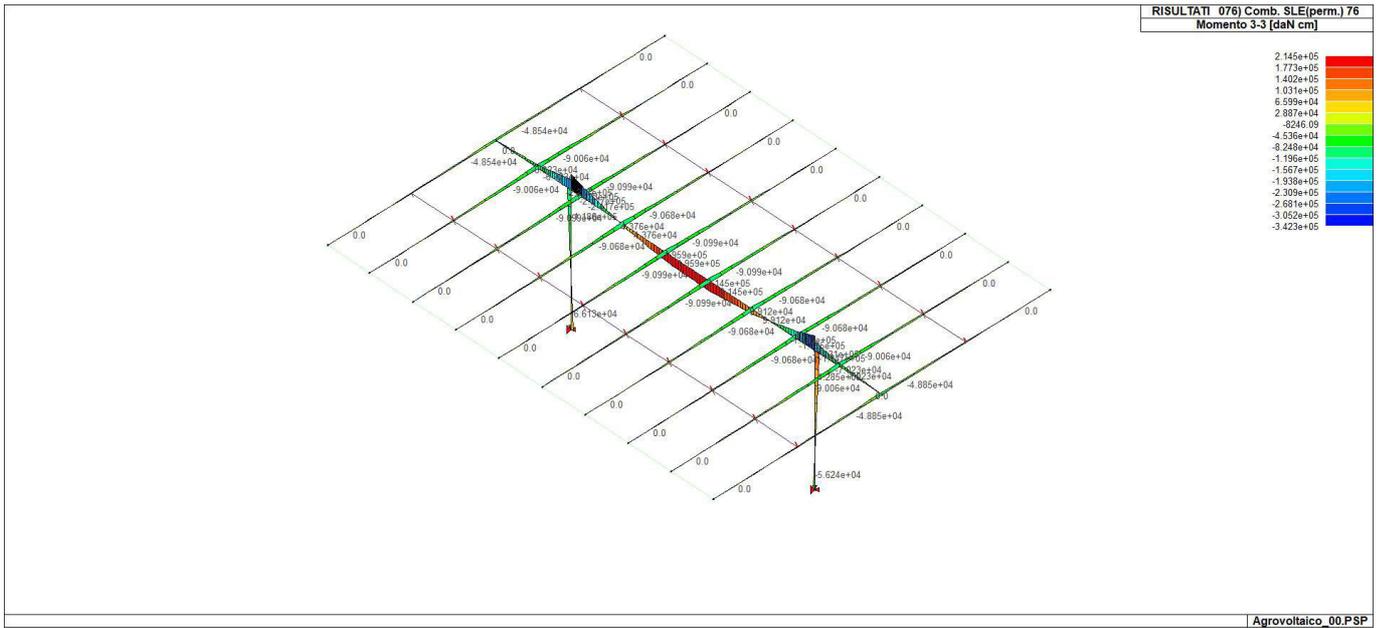
43_RIS_M2_066_Comb SLE SLD Danno sism 66



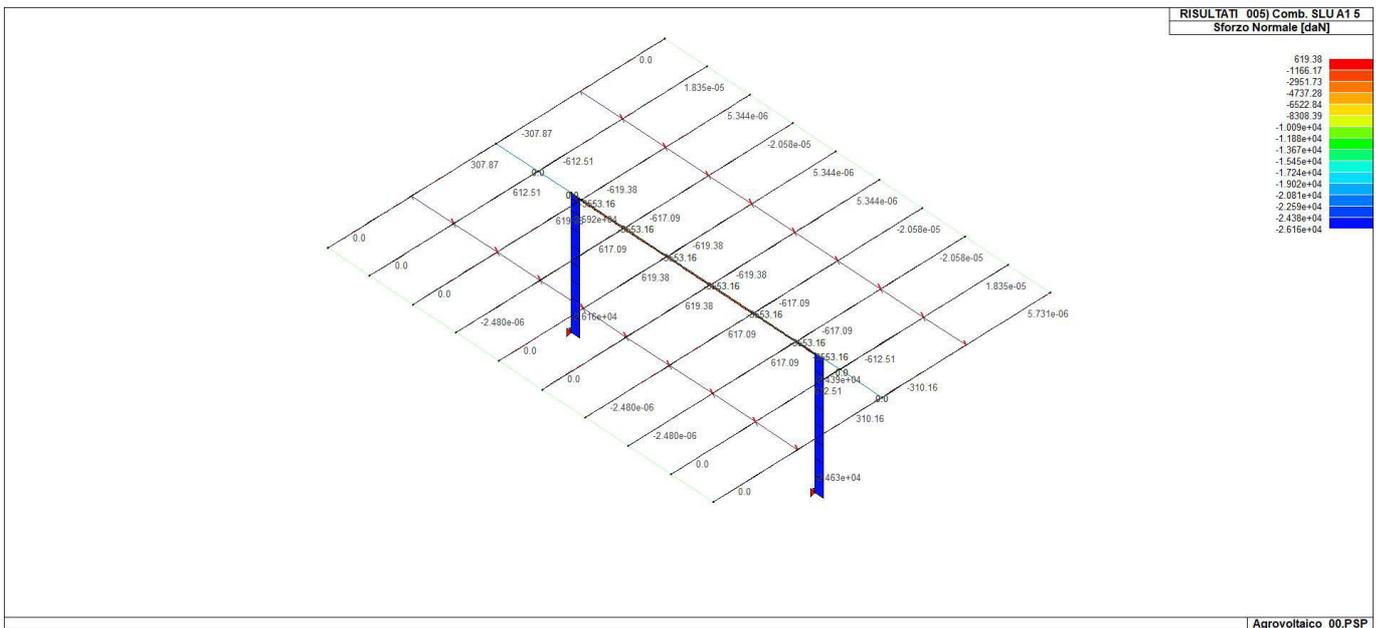
43_RIS_M3_039_Comb SLE SLD Danno sism 39



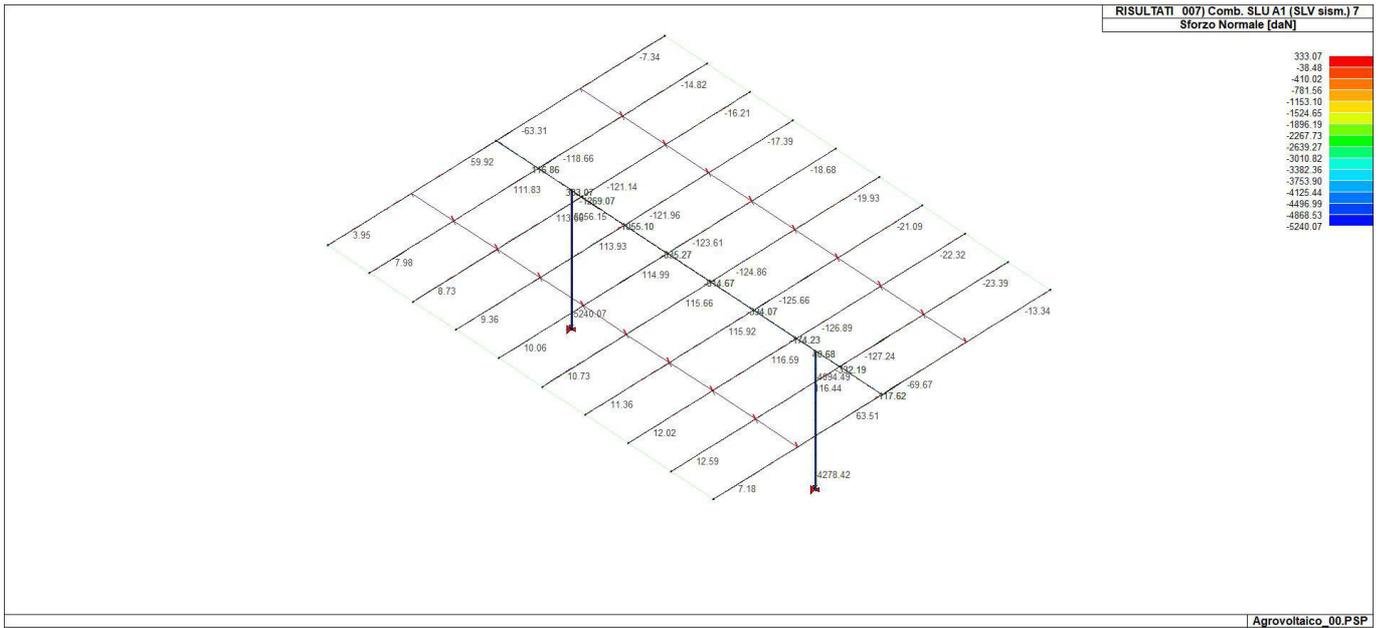
43_RIS_M3_071_Comb SLU Eccez 71



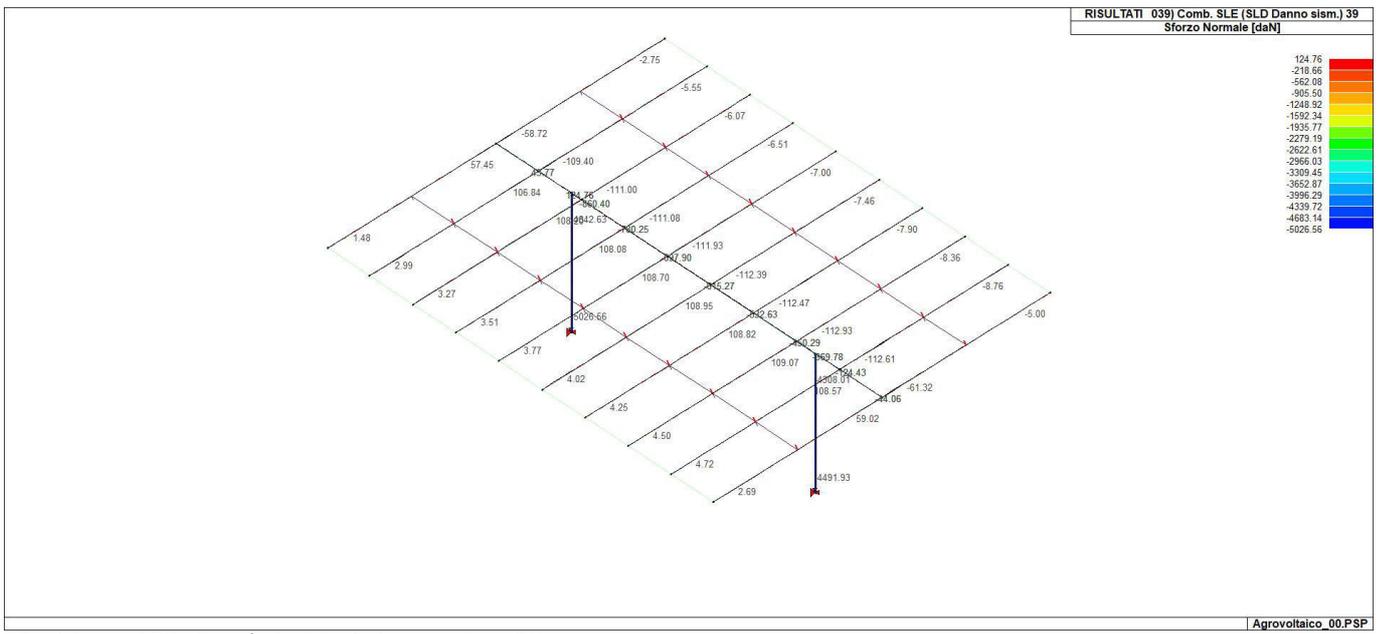
43_RIS_M3_076_Comb SLEperm 76



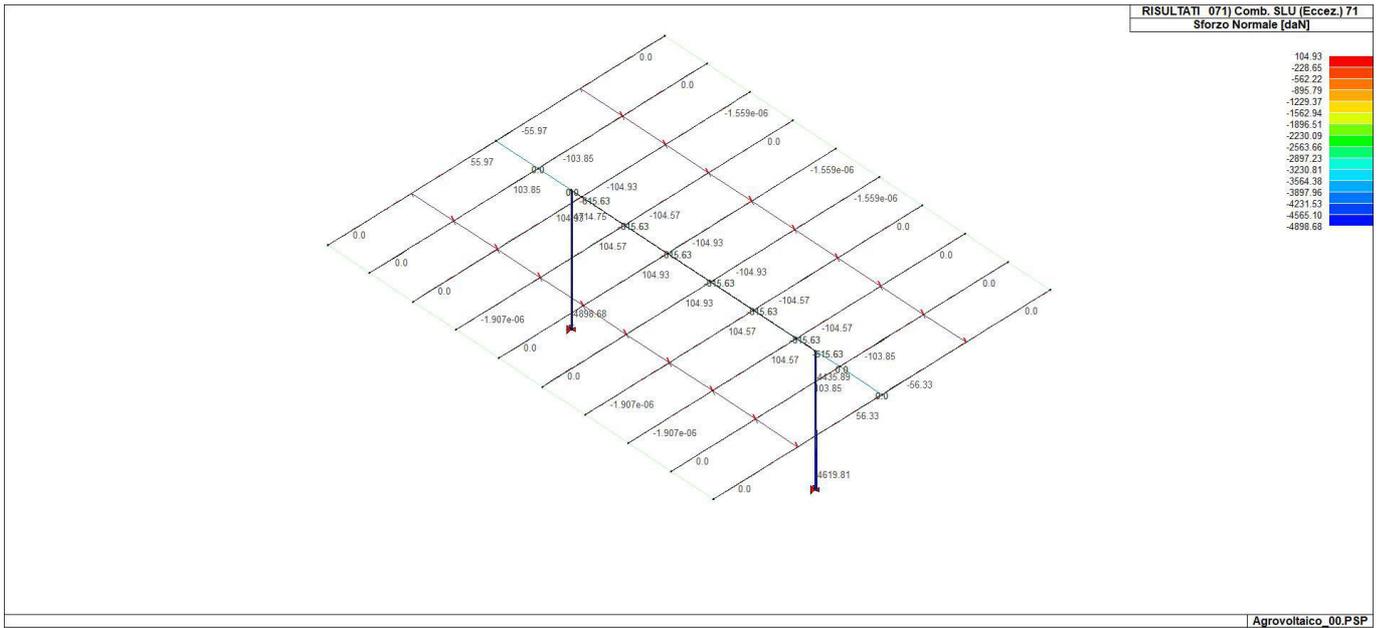
43_RIS_N_005_Comb SLU A1 5



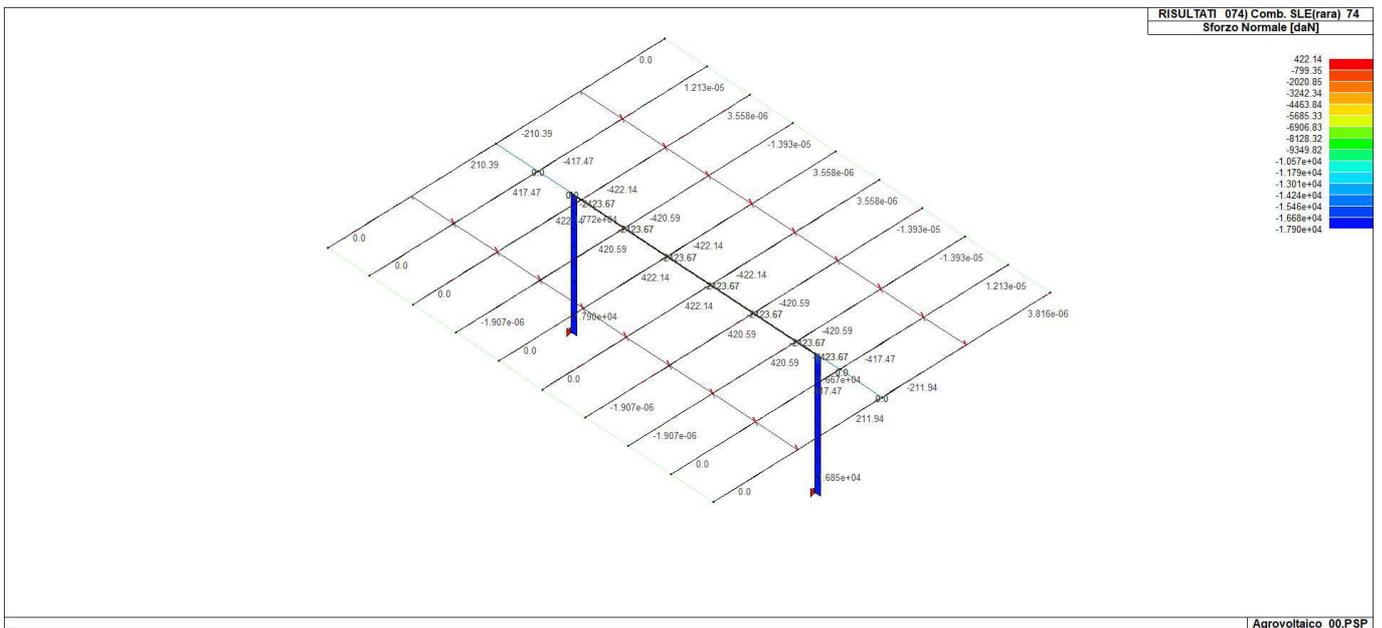
43_RIS_N_007_Comb SLU A1 SLV sism 7



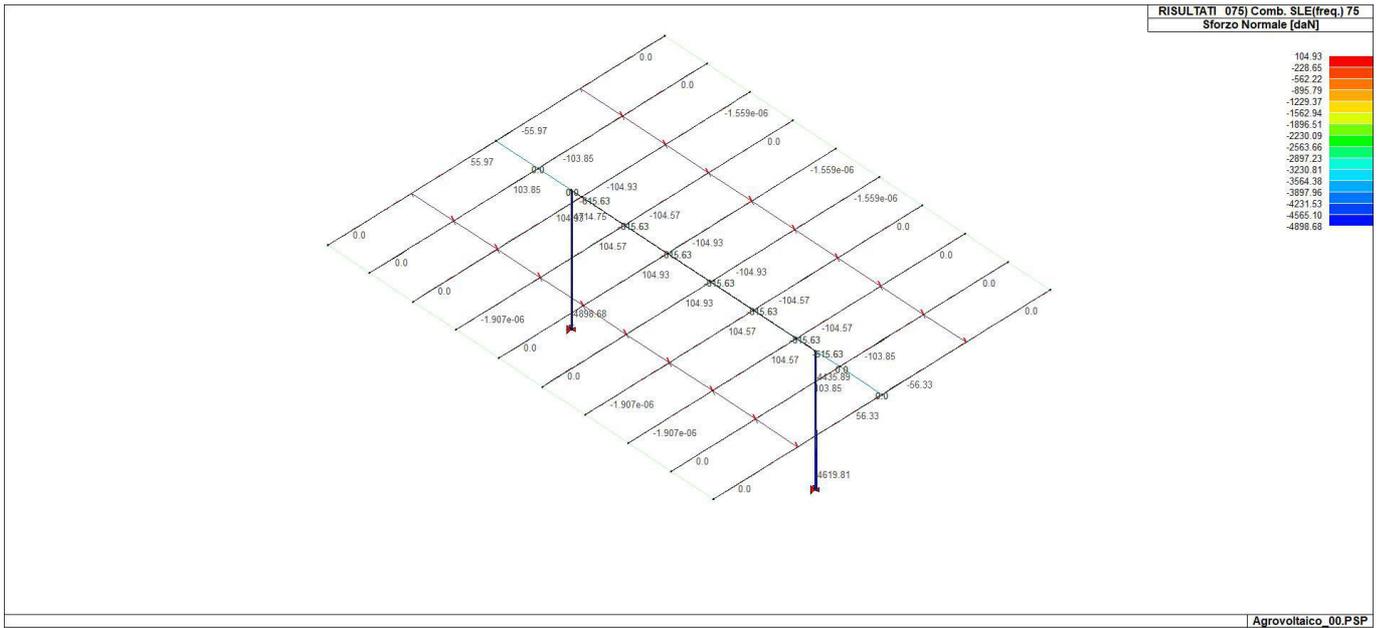
43_RIS_N_039_Comb SLE SLD Danno sism 39



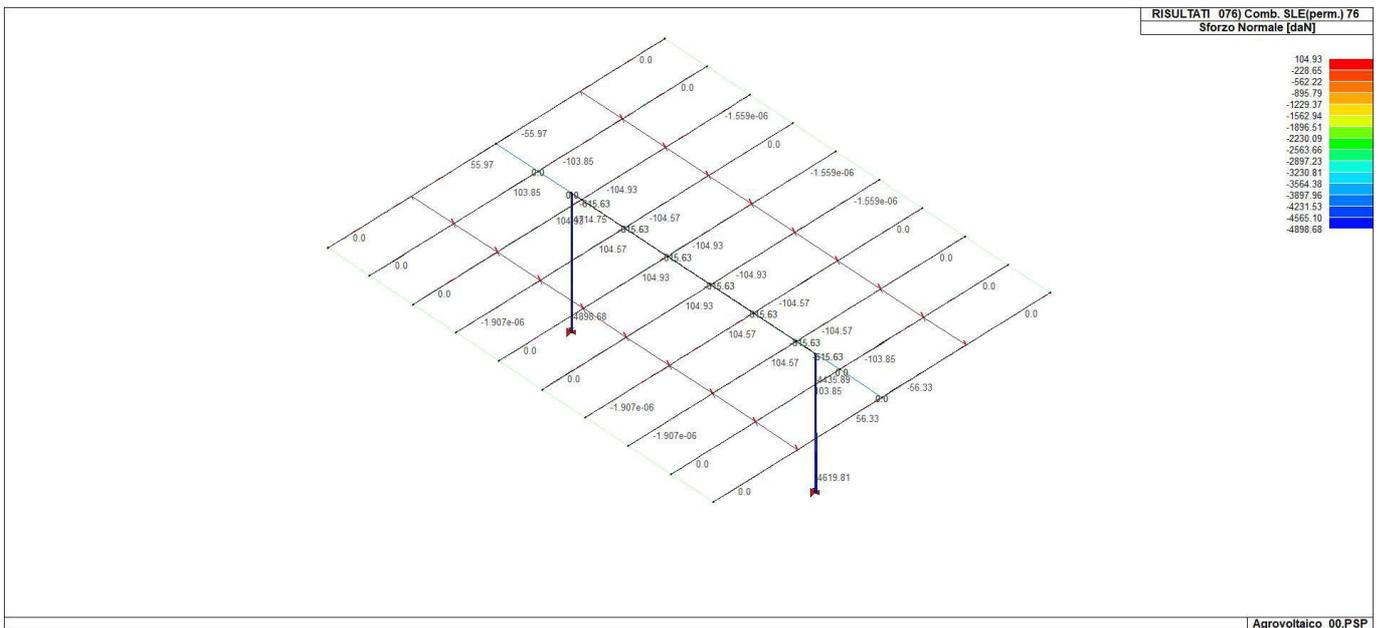
43_RIS_N_071_Comb SLU Eccez 71



43_RIS_N_074_Comb SLErara 74



43_RIS_N_075_Comb SLEfreq 75



43_RIS_N_076_Comb SLEperm 76

VERIFICHE PER ELEMENTI IN ACCIAIO

LEGENDA TABELLA VERIFICHE PER ELEMENTI IN ACCIAIO

Il programma consente la verifica dei seguenti tipi di elementi:

1. **aste** 2. **travi** 3. **pilastri**

L'esito delle verifiche è espresso con un codice come di seguito indicato

Ok: verifica con esito positivo

NV: verifica con esito negativo

Nr: verifica non richiesta.

Per comodità gli elementi vengono raggruppati in tabelle in relazione al tipo.

Ai fini delle verifiche (come da D.M. 17 Gennaio 2018 e circolare 21 Gennaio 2019 n.7) i tipi elementi differiscono per i seguenti aspetti:

Verifica	Aste	Travi	Pilastri
4.2.3.1 Classificazione	X	X	X
4.2.4.1.2.1 Trazione	X	X	X
4.2.4.1.2.2 Compressione	X	X	X
4.2.4.1.2.4 Taglio		X	X
4.2.4.1.2.5 Torsione		X	X
Flessione, taglio e forza assiale		X	X
4.2.4.1.3.1 Aste compresse	X	X	X
4.2.4.1.3.2 Instabilità flessio-torsionale		X	X
4.2.4.1.3.3 Membrature inflesse e compresse		X	X

Ai fini delle verifiche per strutture dissipative (come da D.M. 17 Gennaio 2018 e 2018 e circolare 21 Gennaio 2019 n.7) per strutture intelaiate e a controventi concentrici) si considerano le verifiche del capitolo 4 con azioni amplificate e le verifiche del capitolo 7:

Verifica	Travi	Pilastri
4.2.4.1.2.1 Trazione	X	X
4.2.4.1.2.2 Compressione	X	X

4.2.4.1.2.4	Taglio	X	X
4.2.4.1.2.5	Torsione	X	X
	Flessione, taglio e forza assiale	X	X
4.2.4.1.3.1	Aste compresse	X	X
4.2.4.1.3.2	Instabilità flesso-torsionale	X	X
4.2.4.1.3.3	Membrature inflesse e compresse	X	X
7.5.3	Sfruttamento per momento	X	
7.5.4	Sfruttamento per sforzo normale	X	
7.5.5	Sfruttamento per taglio da capacità flessionale	X	
7.5.9	Sfruttamento per taglio amplificato		X

Viene inoltre riportata la verifica della “Gerarchia delle resistenze trave-colonna” per ogni colonna, considerando piede e testa in entrambe le direzioni globali X e Y.

L’ insieme delle verifiche sopra riportate è condotto sugli elementi purché dotati di sezione idonea come da tabella seguente:

Azione	SEZIONI GENERICHE	PROFILI SEMPLICI	PROFILI ACCOPPIATI	
4.2.3.1	Classificazione automatica	L, doppio T, C, rettangolare cava, circolare cava	Tutti	Da profilo semplice
4.2.3.1	Classificazione di default 2	Circolare		
4.2.3.1	Classificazione di default 3	restanti		
4.2.4.1.2.1	Trazione	si	si	si
4.2.4.1.2.2	Compressione	si	si	si
4.2.4.1.2.4	Taglio	si	si	si
4.2.4.1.2.5	Torsione	si	si	si
	Flessione, taglio e forza assiale	si	si	si
4.2.4.1.3.1	Aste compresse	si	si	per elementi ravvicinati e a croce o coppie calastrellate
4.2.4.1.3.2	Travi inflesse	doppio T simmetrica	doppio T	no

Le verifiche sono riportate in tabelle con il significato sotto indicato; le verifiche sono espresse dal rapporto tra l'azione di progetto e la capacità ultima, pertanto la verifica ha esito positivo per rapporti non superiori all'unità.

Asta	Trave	Pilastro	numero dell'elemento			
Stato			codice di verifica per resistenza, stabilità, svergolamento			
Note			sezione e materiali adottati per l'elemento			
V N			(ASTE) verifica come da par. 4.2.4.1.2 per punto (4.2.6) e (4.2.10)			
V V/T			(TRAVI E PILASTRI) verifica di resistenza come da par. 4.2.4.1.2 per azioni taglio-torsione (4.2.16 e 4.2.28)			
V N/M			(TRAVI E PILASTRI) verifica di resistenza come da par. 4.2.4.1.2 per azioni composte (4.2.33) con riduzione per taglio (4.2.40) ove richiesto			
N	M3	M2	V2	V3	T	sollecitazioni di interesse per la verifica
V stab			(ASTE) verifica come da par. 4.2.4.1.3.1 per punto (4.2.41)			
V stab			(TRAVI E PILASTRI) verifica come da par. 4.2.4.1.3 per punti (C4.2.32) o (C4.2.36) (membrature inflesse e compresse senza/con presenza di instabilità flessio-torsionale)			
Beta _{xL}		B22 _{xL}	B33 _{xL}		lunghezze libere di inflessione (se indicato riferiti al piano di normale 22 o 33 rispettivamente)	
Snellezza			snellezza massima			
Classe			classe del profilo			
Chi mn			coefficiente di riduzione (della capacità) per la modalità di instabilità pertinente			
Rif. cmb			combinazioni in cui si sono rispettivamente attinti i valori di verifica più elevati			
V flst			(TRAVI E PILASTRI) verifica di stabilità come da par. 4.2.4.1.3.2 per punto (4.2.48)			
B1-1 x L			Beta1-1 x L: interasse tra i ritegni torsionali			
Chi LT			coefficiente di riduzione (della capacità) per la modalità di instabilità flessio-torsionale			
Snell adim			Valore della snellezza adimensionale, utilizzato per il controllo previsto al par. 7.5.5			
v.Omeg			Valore del rapporto capacità/domanda per l'azione di interesse (momento per travi e azione assiale per aste) utilizzato per l'amplificazione delle azioni			
f.Om. N			Fattore di amplificazione delle azioni assiali per travi e colonne (prodotto di 1.1 x Omega x gamma rd materiale); utilizzato come specificato al par. 7.5.5			
f.Om. T			Fattore di amplificazione delle azioni (assiali, flettenti e taglianti) per colonne (prodotto di 1.1 x Omega x gamma rd materiale); utilizzato come specificato al par. 7.5.4			
V.7.5.4 M Ed			Verifica come prevista al punto 7.5.4 e valore dell'azione flettente			
V.7.5.5 N Ed			Verifica come prevista al punto 7.5.5 e valore dell'azione assiale			
V.7.5.6 V Ed,G V Ed,M			Verifica come prevista al punto 7.5.6 e valore dei tagli dovuti ai carichi e alla capacità			

STATI LIMITE D' ESERCIZIO ACCIAIO

LEGENDA TABELLA STATI LIMITE D' ESERCIZIO ACCIAIO

In tabella vengono riportati i valori di interesse per il controllo degli stati limite d'esercizio.

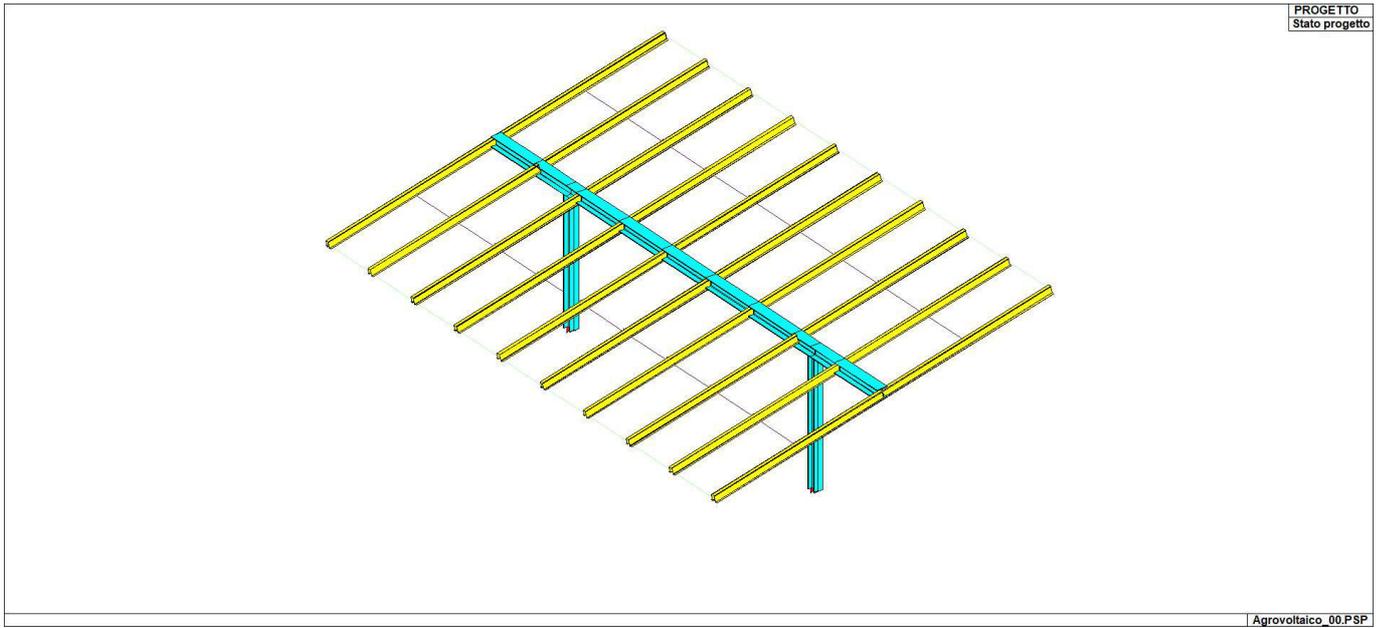
In particolare vengono riportati, per gli elementi trave, i risultati relativi alle combinazioni considerate (rare o caratteristiche).

I valori di interesse sono i seguenti:

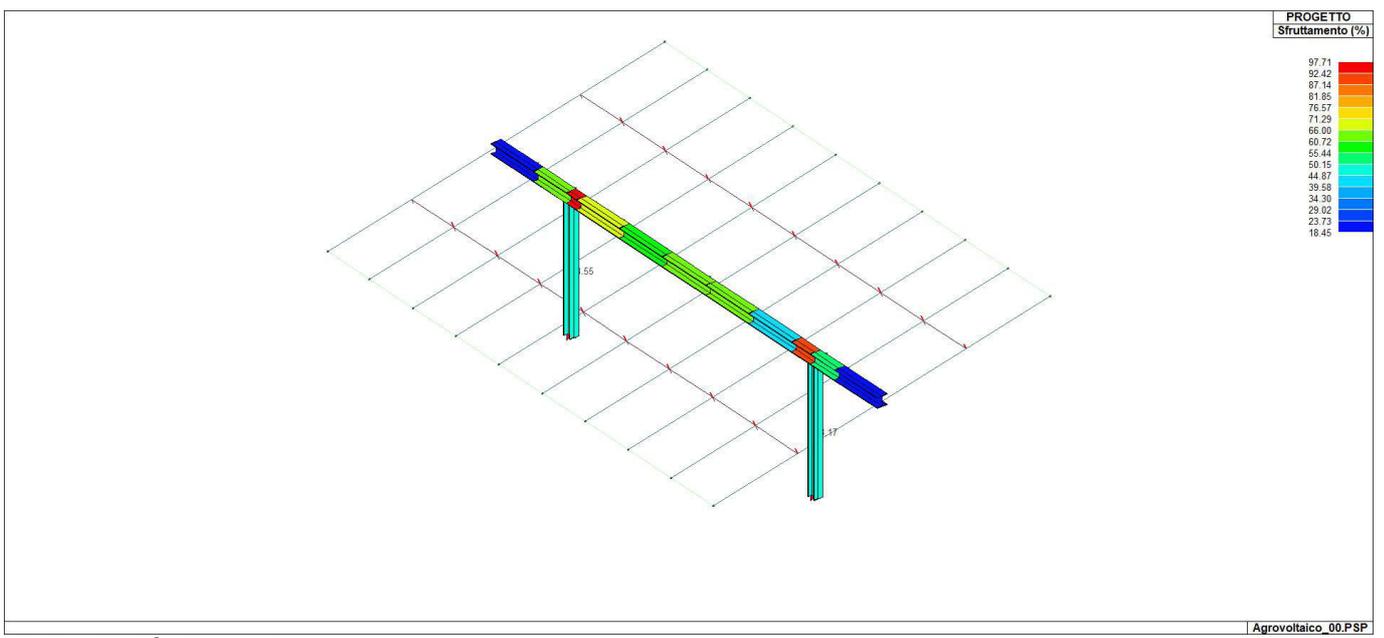
f*1000/L	massima deformazione normalizzata in combinazioni rare
----------	--

Si precisa che i valori di massima deformazione per travi sono riferiti ai due piani locali (1-2 con momenti flettenti 3-3 e 1-3 con momenti flettenti 2-2). Il valore riportato (massimo) è espresso in 1000/L per rendere agevole il confronto di più valori e in particolare di più range di valori (ad esempio 2 rappresenta L/500, 4 L/250 e così via).

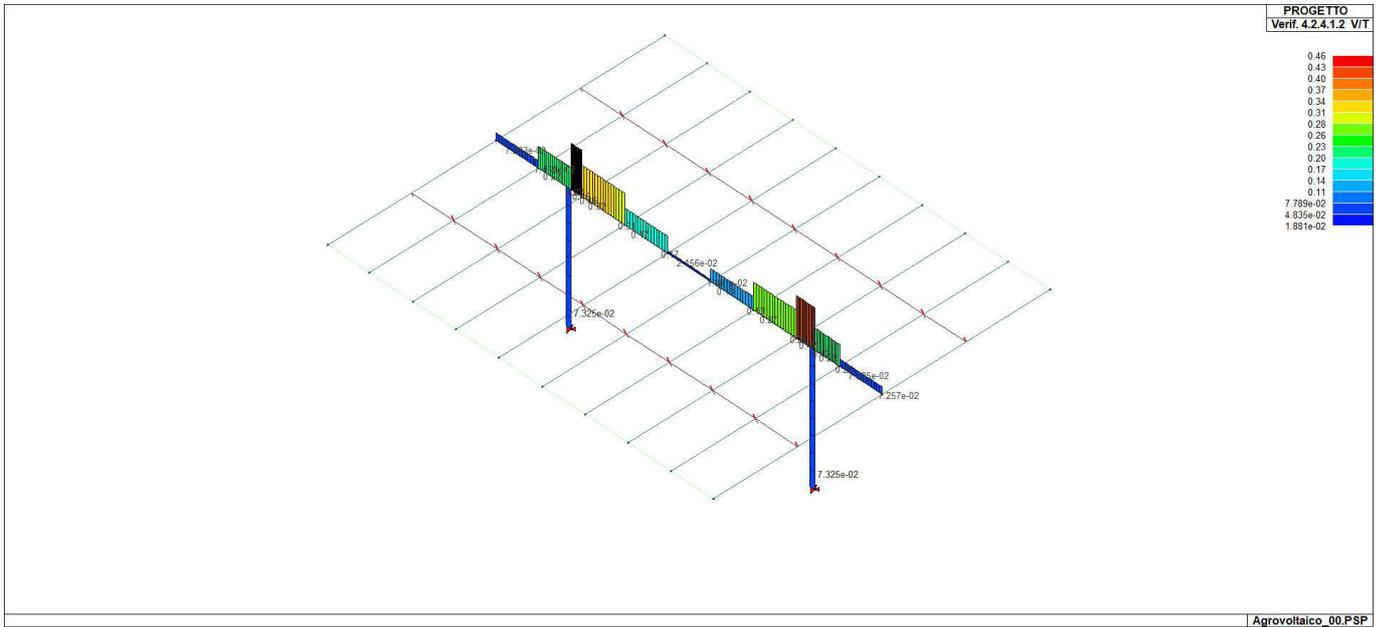
Trave	f*1000/L												
1	1.3	2	0.7	3	3.8	4	7.0	5	6.2	6	0.8	7	5.2
8	7.6	9	5.2	10	2.3	11	0.7						



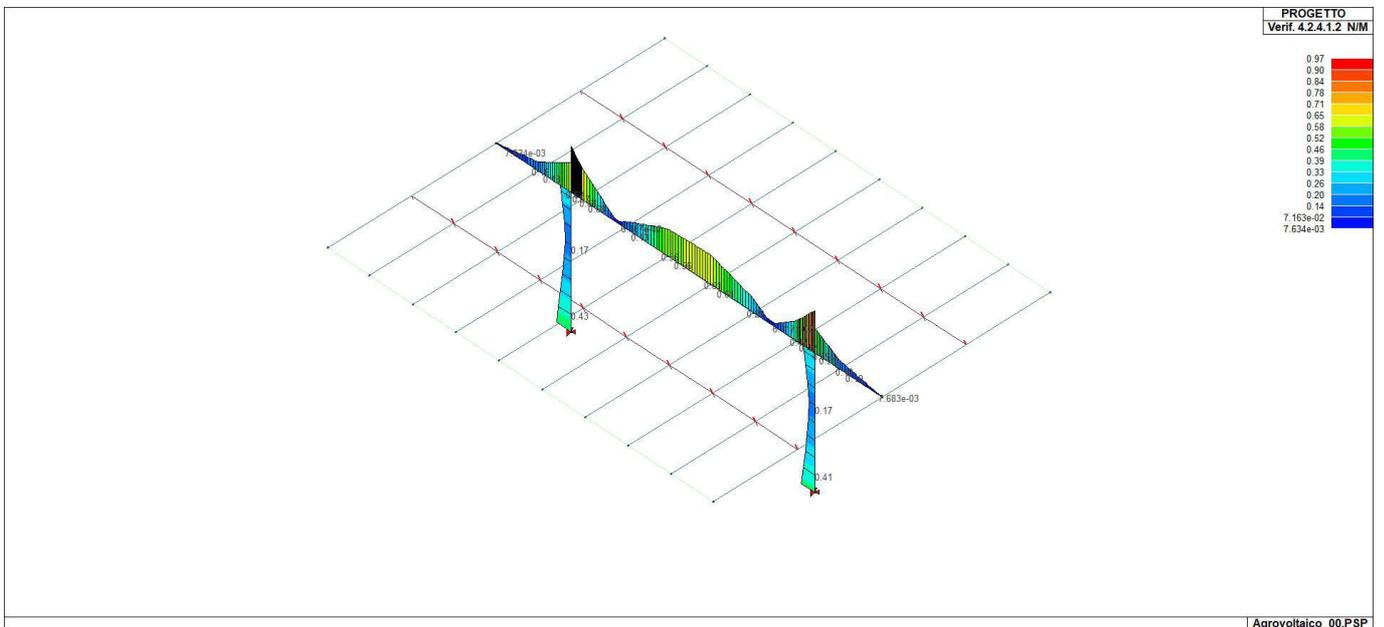
73_ST_01_Stato progetto



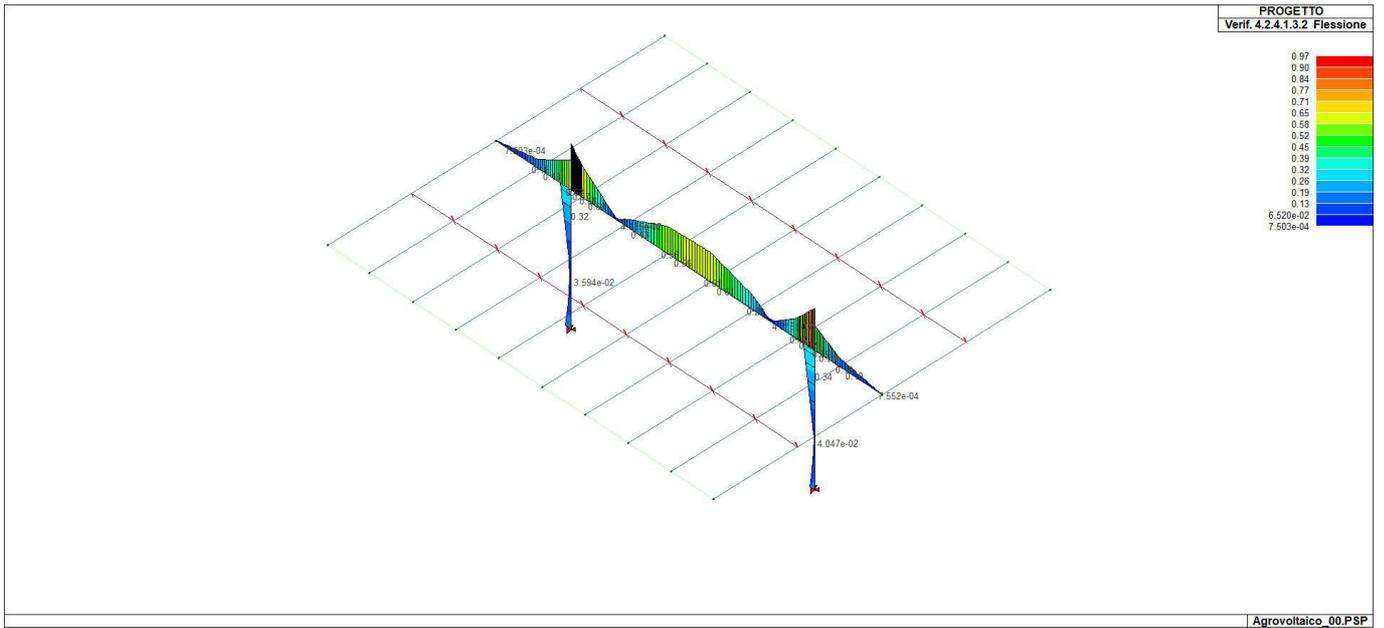
73_ST_02_Sfruttamento



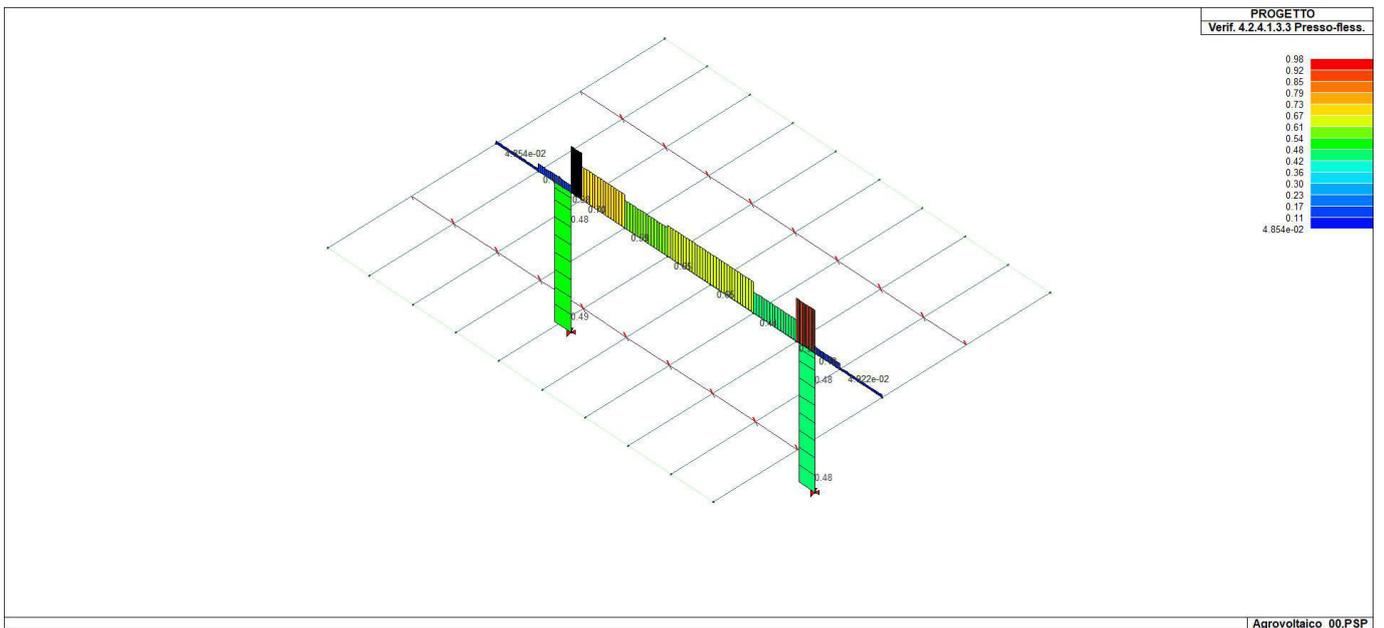
73_ST_15_Verif 42412 VT



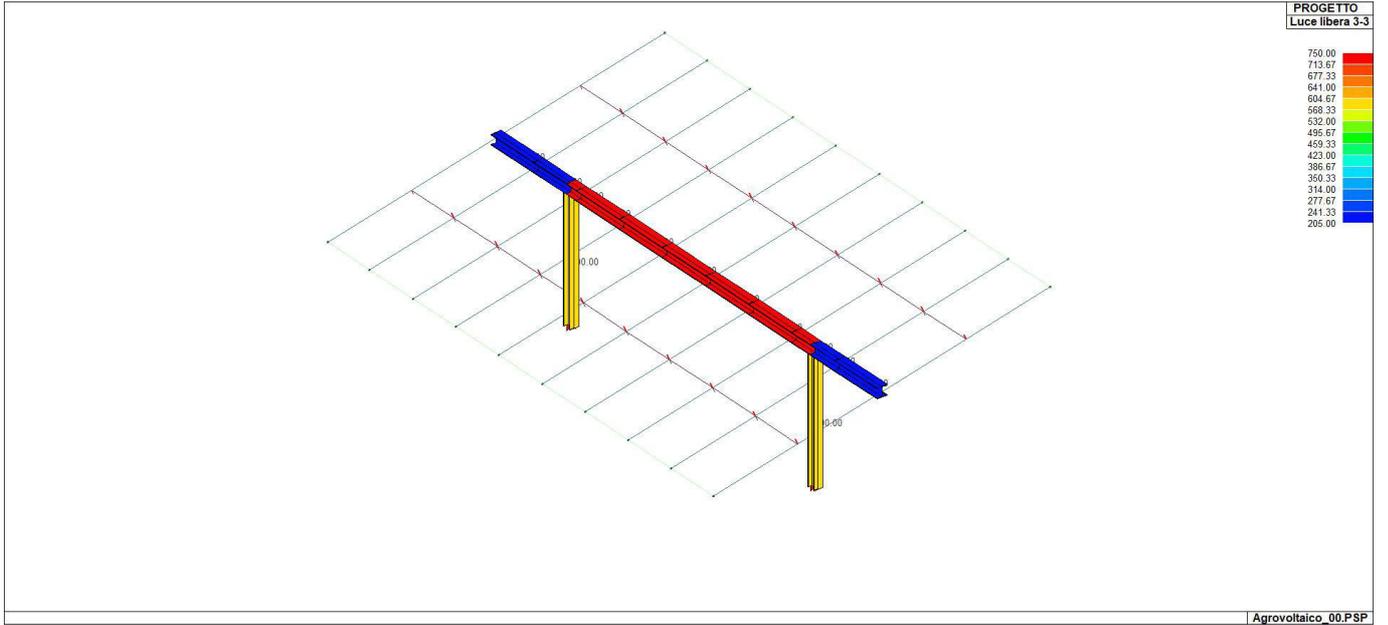
73_ST_16_Verif 42412 NM



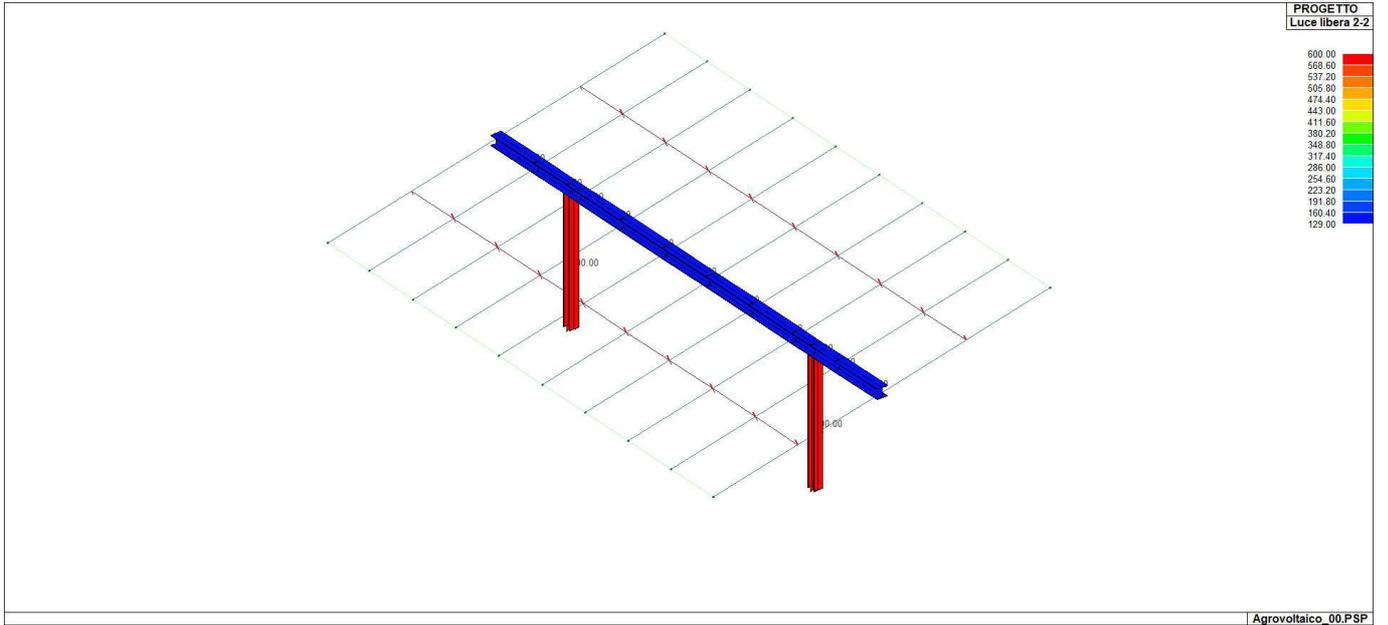
73_ST_17_Verif 424132 Flessione



73_ST_18_Verif 424133 Presso-fless

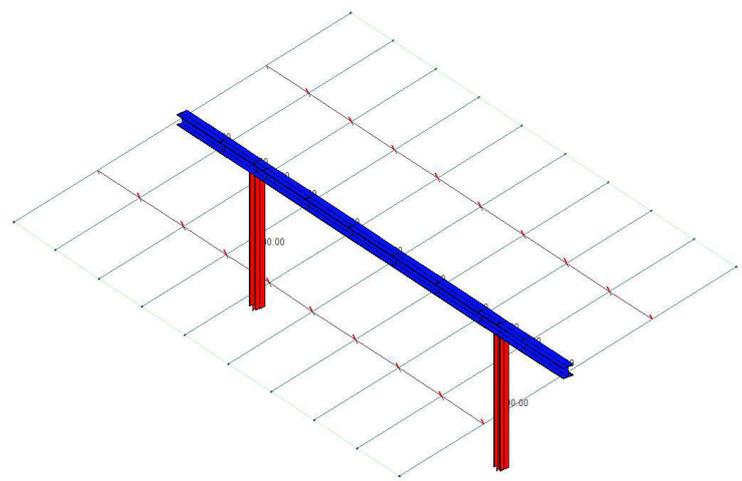
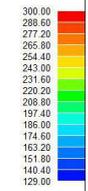


73_ST_43_Luce libera 3-3



73_ST_44_Luce libera 2-2

PROGETTO
Luce svergol.



Agrovoltatico_00.PSP

73_ST_45_Luce svergol