

# COMUNE DI CASTELLANETA

(Provincia di Taranto)

Realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp, denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"

Proponente

**PIVEXO 6 S.r.l.**

PIVEXO 6 S.R.L.  
Via Stazione snc - 74011 Castellaneta (TA) ,  
Tel +39 0998441860, Fax +39 0998445168,  
P.IVA 03358000739, REA TA-210853,  
mail: pivexo6@pec.it

Sviluppatore

 **Greenergy**

GREENERGY SRL  
Via Stazione snc - 74011 Castellaneta (TA)  
Tel +39 0998441860, Fax +39 0998445168  
P.IVA 02599060734, REA TA-157230  
www.greenergy.it, mailinfo@greenergy.it

Elaborato RELAZIONE PRELIMINARE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

Data  
02/05/2024

Codice Progetto

GREEN GP - 16

Nome File MPGHVQ4\_CalcoliPreIStrutture\_01

Codice Elaborato

P\_15

Revisione

00

Foglio

A4

Scala

-

00

Prima emissione

02/05/2024

Ing. Vito De Carolis

Ing. Mancini Giuseppe

Pivexo 6 S.r.l.

Rev.

Descrizione

Data

Redatto

Verificato

Approvato

**INDICE**

1.	RELAZIONE PRELIMINARE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE .....	1
2.	RELAZIONE DI CALCOLO SINTETICA .....	2
2.1.	PREMESSA .....	2
2.2.	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO .....	5
2.3.	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA .....	6
3.	MODELLAZIONE IMPIANTO A 55° .....	7
3.1.	ELEMENTI FINITI – SEZIONI E SPESSORI.....	8
3.2.	CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI .....	14
3.2.1.	ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI .....	14
3.3.	NEVE E VENTO .....	15
3.4.	AZIONE SISMICA .....	18
3.4.1.	CALCOLO FATTORE DI COMPORTAMENTO .....	21
3.5.	SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO.....	29
3.6.	DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI.....	38
3.6.1.	TIPO DI ANALISI EFFETTUATE .....	40
3.6.2.	COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO.....	41
3.7.	PRINCIPALI RISULTATI.....	45
3.7.1.	SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA.....	45
4.	MODELLAZIONE IMPIANTO A 0° .....	49
4.1.	ELEMENTI FINITI – SEZIONI E SPESSORI.....	50
4.2.	CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI .....	56
4.2.1.	ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI .....	56
4.3.	NEVE E VENTO .....	57
4.4.	AZIONE SISMICA .....	60
4.4.1.	CALCOLO FATTORE DI COMPORTAMENTO .....	63
4.5.	SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO.....	66

4.6.	DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI.....	72
4.6.1.	TIPO DI ANALISI EFFETTUATE .....	74
4.6.2.	COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO.....	75
4.7.	PRINCIPALI RISULTATI.....	78
4.7.1.	SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA.....	91
5.	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	96
6.	MODALITA' DI REALIZZAZIONE ED INSTALLAZIONE DELLE FONDAZIONI.....	96
6.1.	RECINZIONE.....	97
6.2.	FONDAZIONE DELLE STRUTTURE DI SUPPORTO DEI MODULI FOTOVOLTAICI.....	98
7.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	99
8.	CONCLUSIONI .....	100

## 1. RELAZIONE PRELIMINARE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

Il presente documento costituisce la "Relazione di calcolo preliminare" relativo al progetto di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare tramite conversione fotovoltaica, della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" in zona agricola del Comune di Castellaneta in località Papatonno e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione necessarie per la cessione dell'energia prodotta.

L'impianto agrivoltaico sarà collegato tramite cavidotto interrato in Media Tensione (MT) alla Stazione di Elevazione Utenza 30/150 kV la quale a sua volta verrà collegata in antenna a 150 kV su di una futura Stazione Elettrica di Smistamento a 150 kV della RTN da inserire in entra-esce alla direttrice a 150kV denominata "Pisticci – Taranto N2", previa realizzazione di:

- Nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150kV da collegare in entra-esce alle linee a 150 kV della RTN "Pisticci – Taranto N2" e "Ginosa-Matera";
- Potenziamento/Rifacimento della linea a 150 kV della RTN "Ginosa – Matera" nel tratto compreso tra la nuova SE succitata e la SE RTN a 380/150 kV di Matera;
- Potenziamento/Rifacimento della direttrice a 150 kV della RTN "Ginosa – Palagiano".

**Ubicazione:** Località Castellaneta (TA)  
Provincia di Taranto (Regione Puglia) Località "Papatonno"

**Progetto:** Realizzazione di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare tramite conversione fotovoltaica, della potenza nominale in DC di 46,65 MWp e potenza in AC di 40 MW denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione dell'energia elettrica Nazionale (RTN)

**Committente:** PIVEXO 6 S.r.l.

**P.I.** 03358000739

Amministratore: VVIVNT82A19C136S- Valentino Vivo

**Progettista:** Greenergy srl  
Via Peucezia, snc, 74011 Castellaneta TA

**P.I.** 02599060734

Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo	
Codice di calcolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	ENTRY (build 2023-06-199)
Produttore- Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l. Via Garibaldi, 90 44121 Ferrara FE ( Italy) Tel. +39 0532 200091 <a href="http://www.2si.it">www.2si.it</a>
Codice Licenza:	ENTRY

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/>

## 2. RELAZIONE DI CALCOLO SINTETICA

### 2.1. PREMESSA

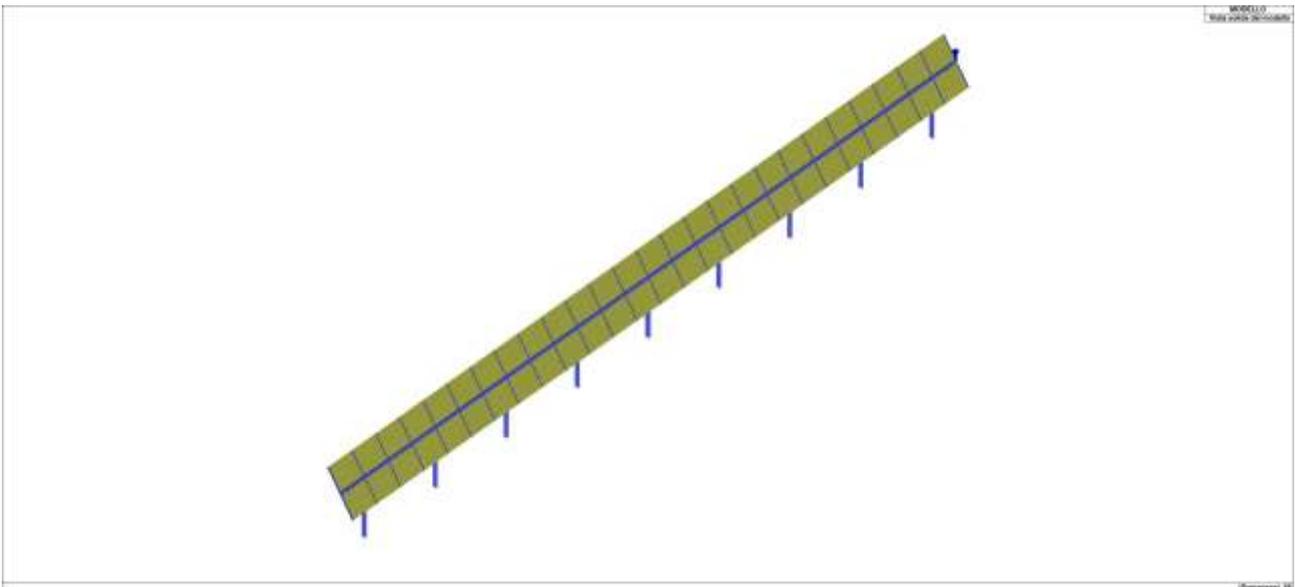
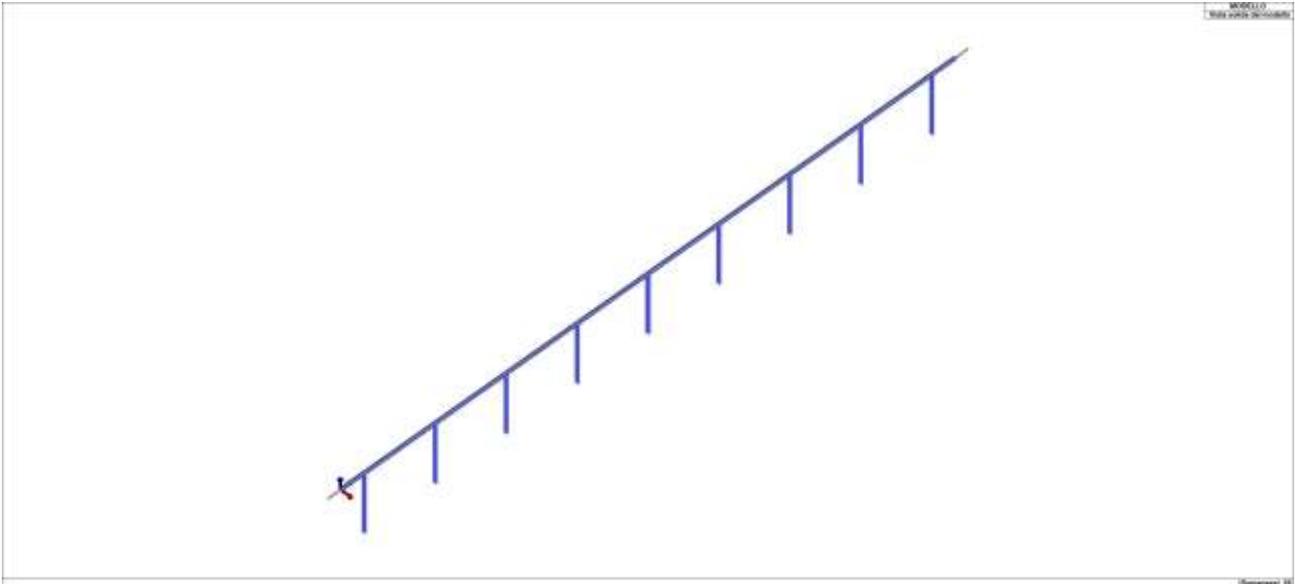
Nella presente introduzione sono riportati i principali elementi di inquadramento del progetto preliminare riguardante le strutture, delle componenti tecnologiche in generale e alle prestazioni attese dalla struttura.



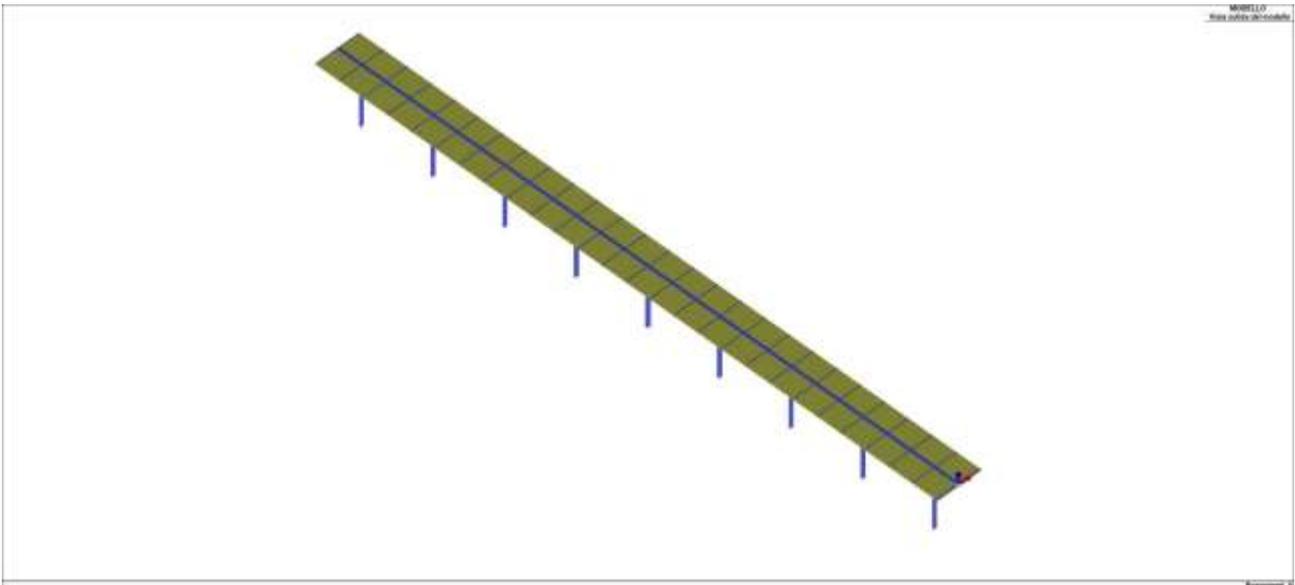
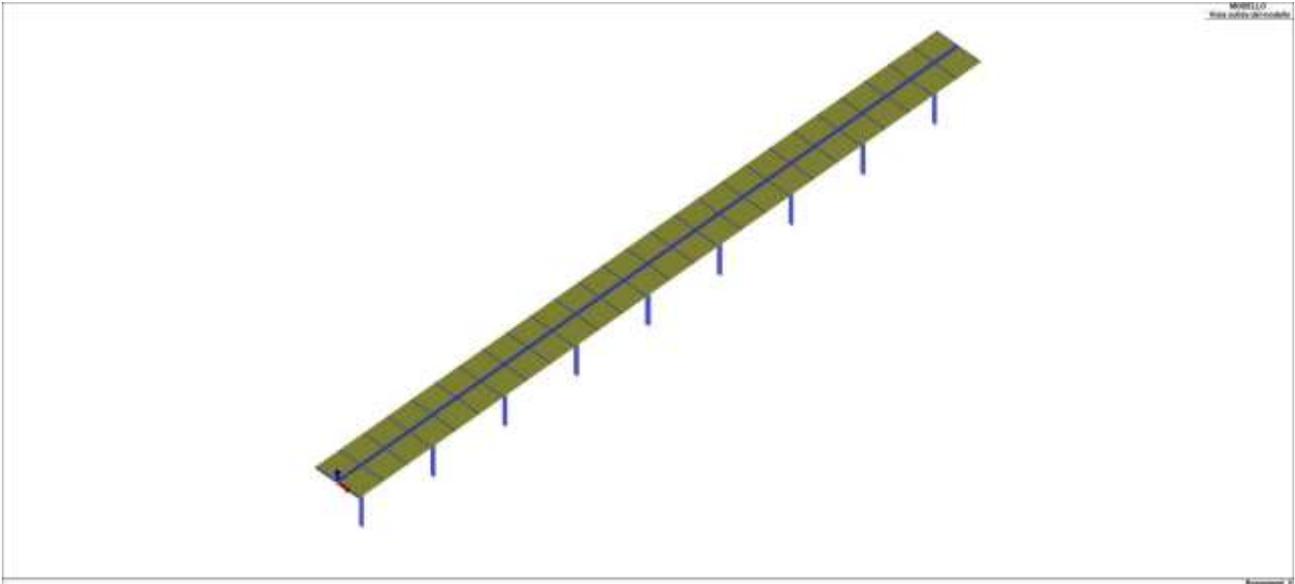
Nella presente relazione si procederà con la modellazione di una struttura di supporto dei moduli fotovoltaici del tipo **“TRACKER” del tipo 1P con inclinazione di  $\pm 55^\circ$**

Al fine di massimizzare le azioni prevedibili durante la vita dell’impianto si sono utilizzati due modelli, il primo con l’inclinazione massima prevista a  $55^\circ$ , in grado di massimizzare la sollecitazione indotta dalla spinta del vento, e la seconda con pannelli orizzontali in grado di massimizzare l’azione della neve.

Di seguito si riportano le immagini del modello strutturale:

**1. Modello con inclinazione a 55°:**

## 2. Modello con inclinazione a 0°:



### 2.2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO

Le Norme e i documenti assunti a riferimento per la progettazione strutturale vengono indicati di seguito.

<b>Progetto-verifica degli elementi</b>	
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
<b>Azione sismica</b>	
Norma applicata per l'azione sismica	D.M. 17-01-2018

### 2.3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

<b>Descrizione generale dell'opera</b>	
Opera di nuova realizzazione	SI
Struttura	Supporti per sostegni pannelli
Ubicazione	Comune di CASTELLANETA (TA) (Regione PUGLIA)
	Località CASTELLANETA (TA)
	662523,48 E – 4490235,93 N, WGS84 UTM 33N
Tipo di fondazione	Pali infissi nel terreno

<b>Materiali impiegati</b>	
Cemento Armato	NO
Acciaio	SI
Legno	NO
Muratura	NO

<b>Principali caratteristiche della struttura</b>	
Struttura regolare in pianta	SI

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"

Struttura regolare in altezza	SI		
Classe di duttilità	B media		
Analisi per carichi non sismici	SI		
Analisi sismica	Di lineare		
Verifica SLD di resistenza	NO		
<b>Parametri della struttura</b>			
Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]
I	50.0	0.7	35.0

### 3. MODELLAZIONE IMPIANTO A 55°

L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo 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 tenso-deformativo 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:

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

$\mathbf{u}$  = vettore spostamenti nodali

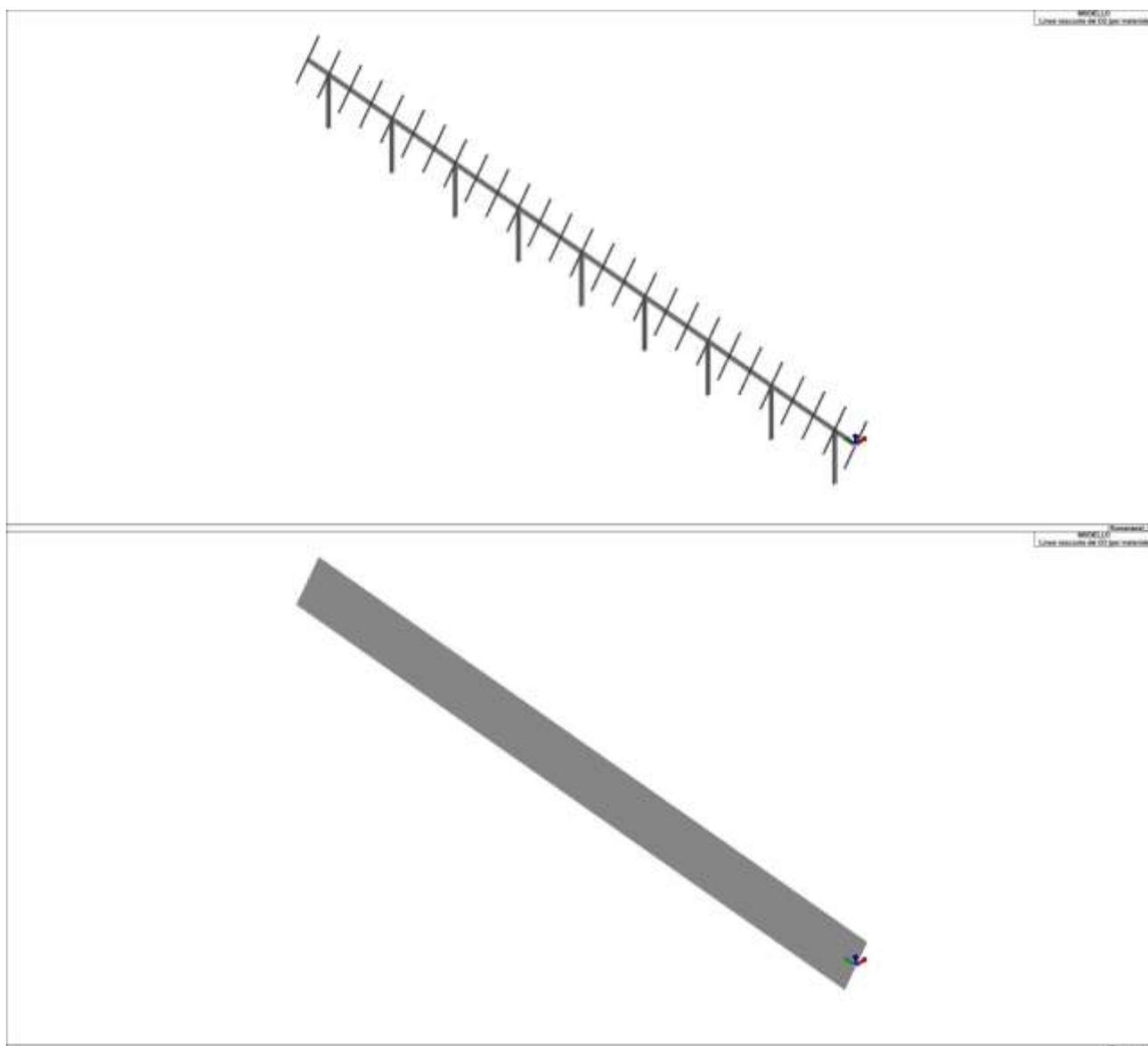
$\mathbf{F}$  = vettore forze nodali

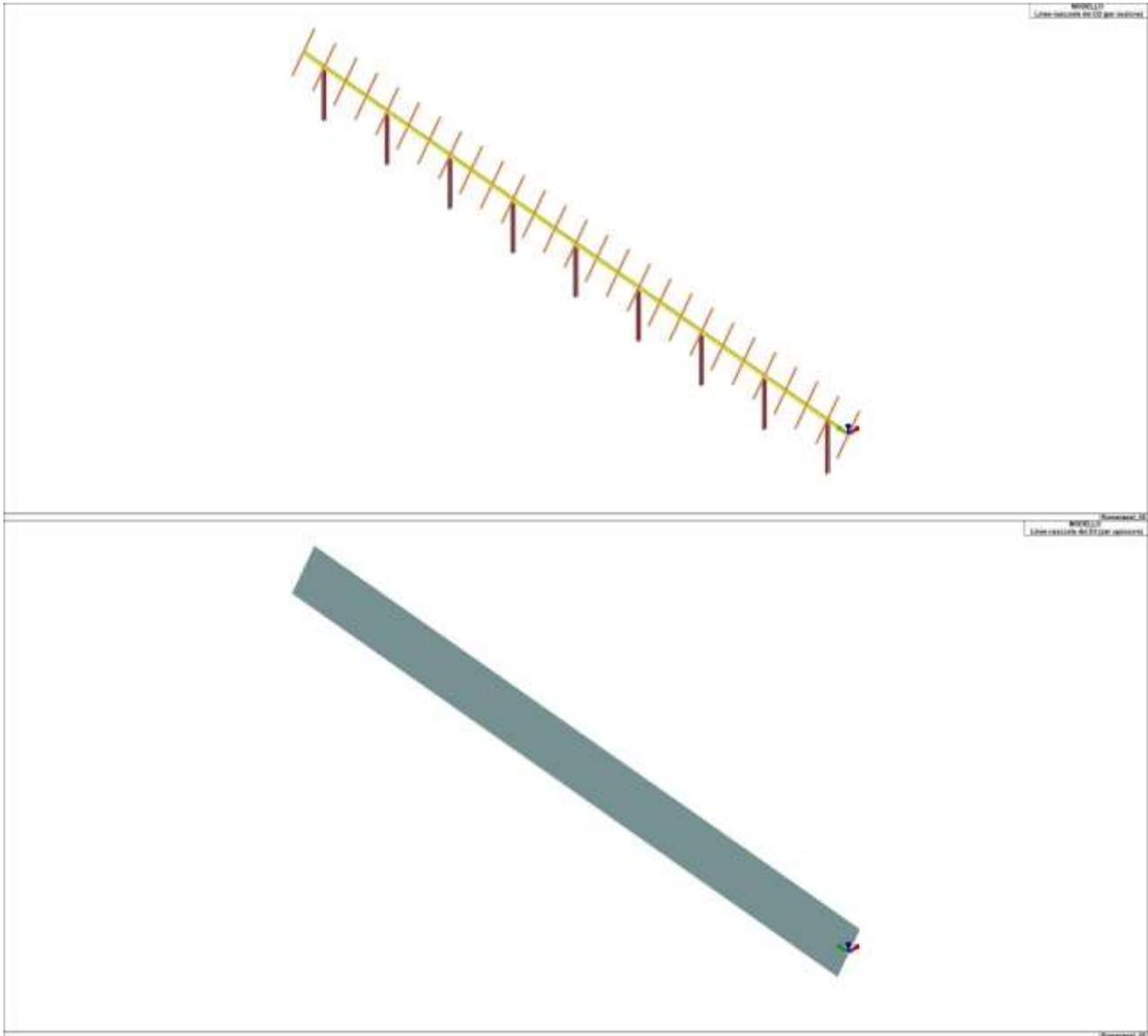
Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente a una terna locale all'elemento stesso.

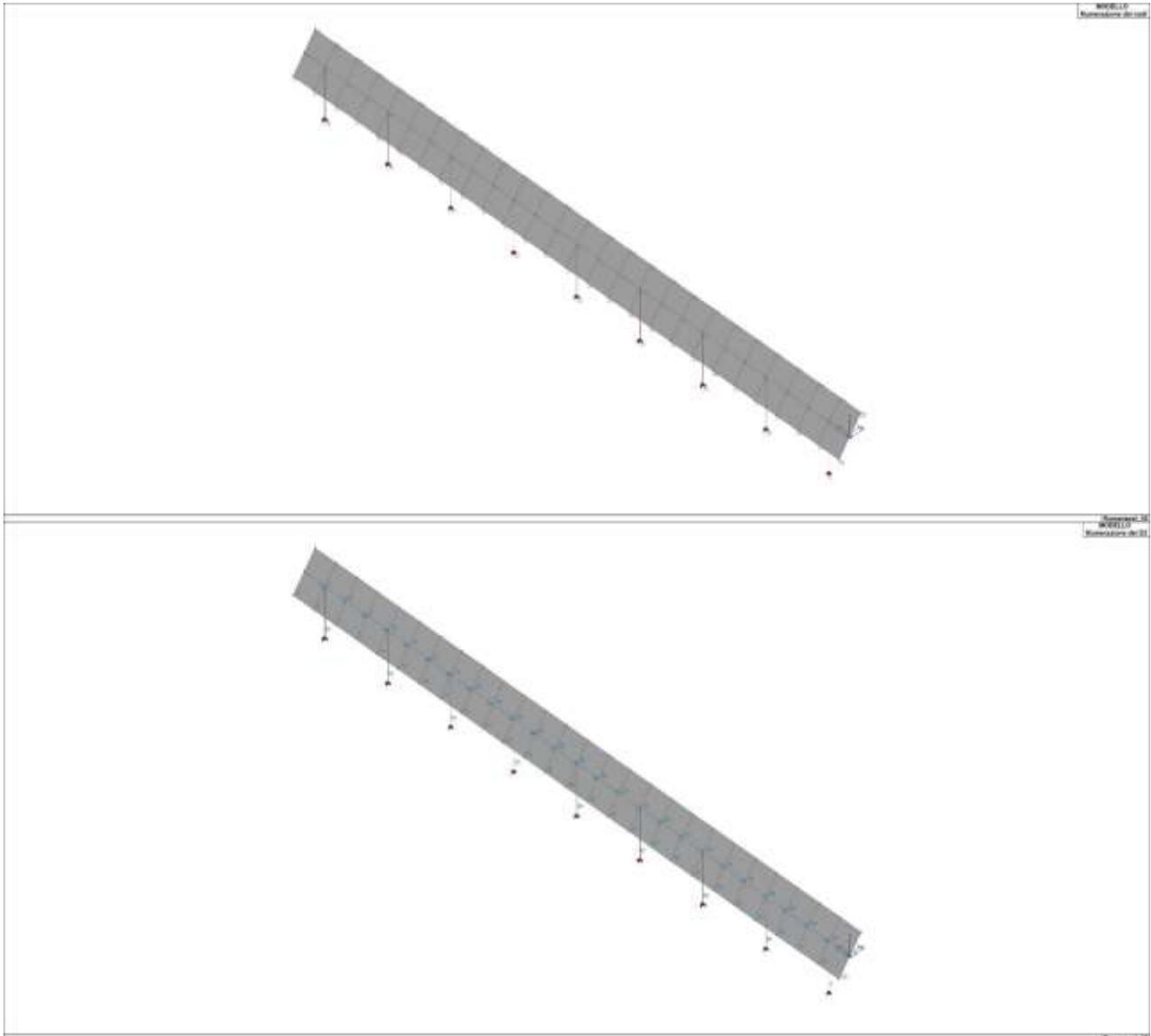
Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

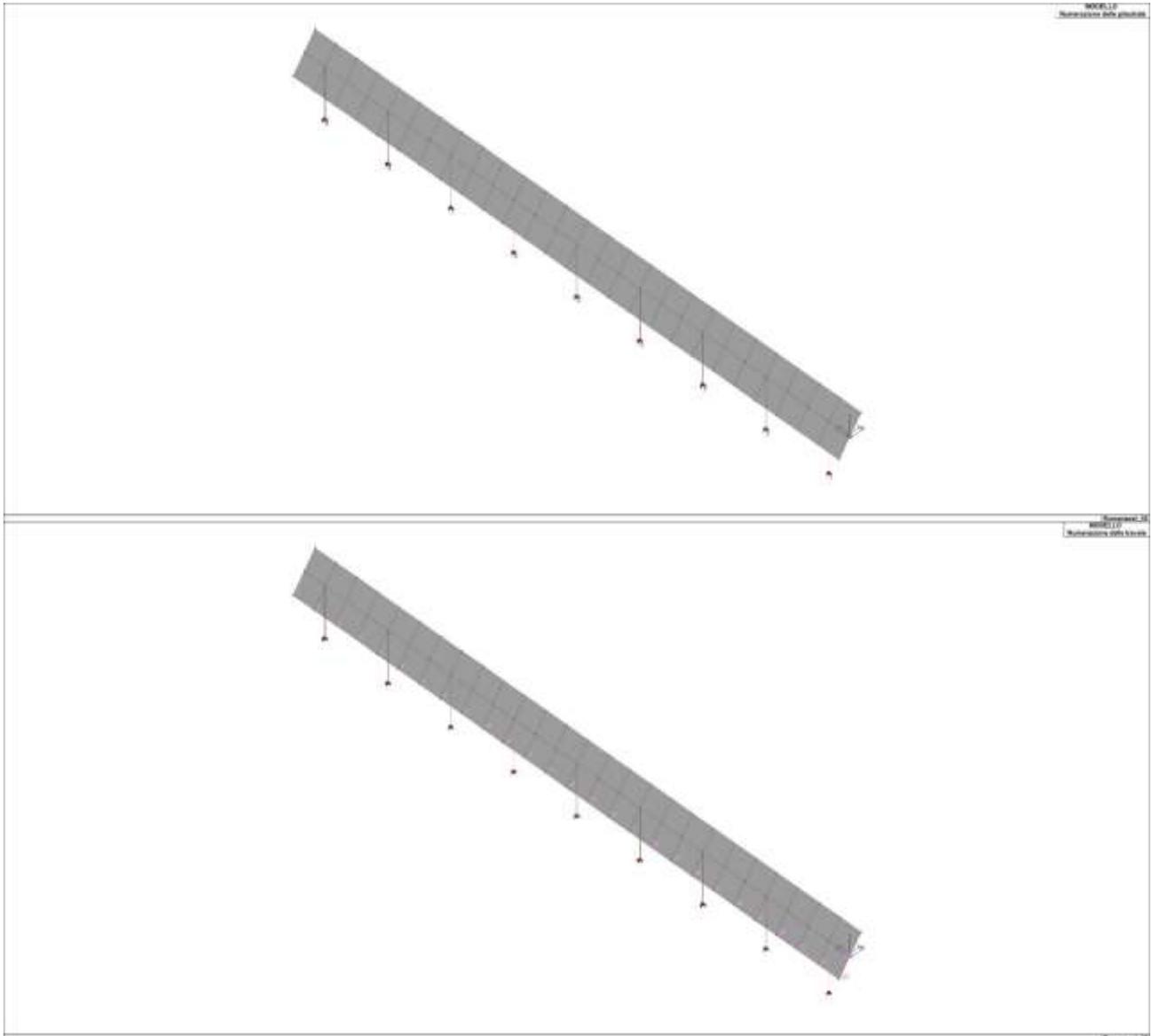
### 3.1. ELEMENTI FINITI – SEZIONI E SPESSORI

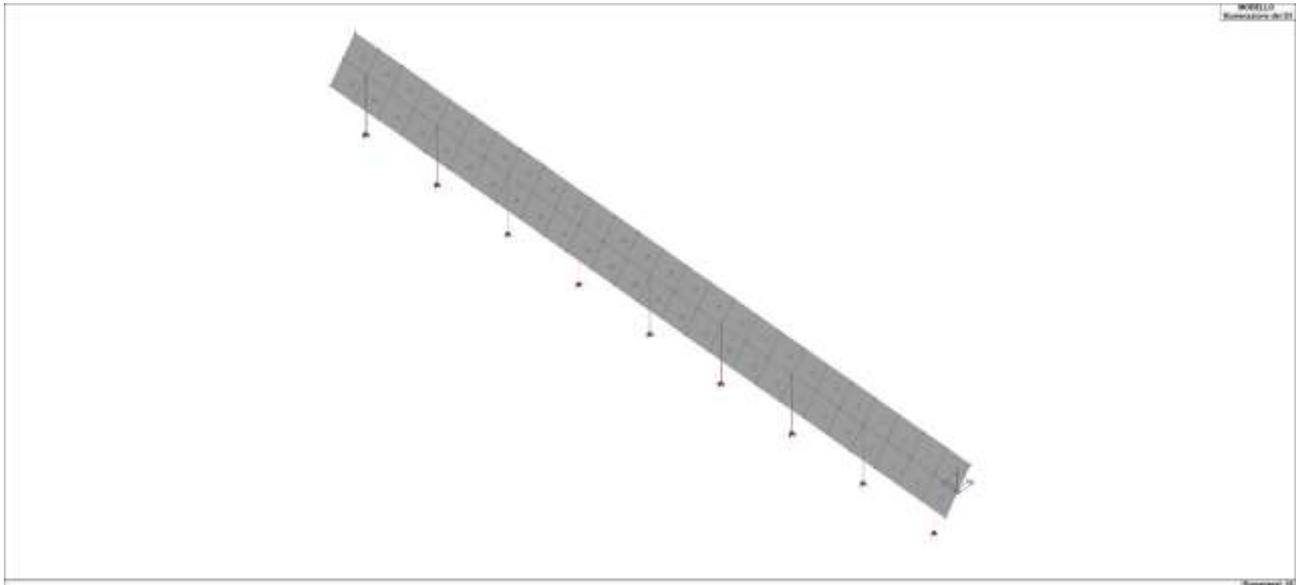
A seguire si riportano le immagini relative alle numerazioni di interesse:











Si riportano di seguito le caratteristiche di sezioni e spessori degli elementi strutturali, in formato tabellare e immagini:

TABELLA\_SEZIONI

TABELLA_SEZIONI											
Id	Tipo SEZ	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
-	-	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
16	HEA 140	31.40	0.0	0.0	8.10	389.00	1033.00	55.60	155.40	84.80	173.50
34	UNP 80	11.00	0.0	0.0	2.16	19.40	106.00	6.30	26.50	12.10	31.80
35	T.QU 140x140x5.6	29.30	0.0	0.0	1390.71	869.55	869.55	124.22	124.22	146.25	146.25

**Legenda**

Tipo SEZ	Indica il nome identificativo e la tipologia di sezione
Area	Area della sezione
A V2	Area della sezione/Fattore di taglio (direzione 2)
A V3	Area della sezione/Fattore di taglio (direzione 3)
Jt	Momento di inerzia torsionale della sezione
J 2-2	Momento di inerzia della sezione riferito all'Asse 2

J 3-3	Momento di inerzia della sezione riferito all'Asse 3
W 2-2	Modulo di resistenza della sezione riferito all'Asse 2
W 3-3	Modulo di resistenza della sezione riferito all'Asse 3
Wp 2-2	Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'Asse 2
Wp 3-3	Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'Asse 3

TABELLA\_SPESSORI

<b>Id</b>	<b>Spessore Gusci</b>	<b>Spessore Setti</b>	<b>Sp. solai piano rigido</b>
-	- cm	cm	cm
1	3.00	-	-

## Legenda

Spessore Gusci      Spessore degli elementi shell con sviluppo orizzontale

Spessore Setti      Spessore degli elementi shell con sviluppo verticale

### 3.2. CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI

Nell'esecuzione delle opere oggetto della presente relazione è previsto l'utilizzo dei seguenti materiali con le relative caratteristiche:

#### 3.2.1. ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI

[11]- MATERIALE PER ELEVAZIONE -

<b>Acciaio Fe360 - S235-acciaio Fe360-S235</b>			
<b>Id</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>u.m.</b>
11			
	Tensione ft	3.600e+07	daN/ m2
	Tensione fy	2.350e+07	daN/ m2
	Coefficiente gammaM0 (resistenza)	1.1	
	Coefficiente gammaM1 (stabilità)	1.1	
	Coefficiente gammaM2 (frattura)	1.2	

[158]- MATERIALE PER ELEVAZIONE -

<b>Pannello fotovoltaico - materiale E = 7.138e+05</b>			
<b>Id</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>u.m.</b>
158	PANNELLO FOTOVOLTAICO		

### 3.3.NEVE E VENTO

Si riportano a seguire i calcoli effettuati per la determinazione delle azioni di neve e vento.

#### LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Ubicazione:

Località	CASTELLANETA
Provincia	TARANTO
Regione	PUGLIA
Latitudine	N 4490235,93
Longitudine	E 662523,48
Altitudine s.l.m.	65,0 m

#### CALCOLO DELLE AZIONI DELLA NEVE E DEL VENTO

Normativa di riferimento:

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

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

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

#### NEVE

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

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale;

Esp.: zona topografica di esposizione al vento;

Ce: coefficiente di esposizione al vento;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

as: altitudine del sito;

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

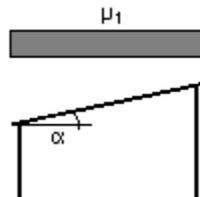
Zona	Esposizione	Ce	TR	as	qsk
III	Zona normale	1,00	50 anni	78 m	60,00

Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda  $\alpha = 55^\circ$

$\mu_1 = 0,13 \Rightarrow Q_1 = 8 \text{ daN/mq}$

Schema di carico:



## VENTO

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

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

$V_{b,0}$ : velocità base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

$a_0$ : altitudine base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

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

$a_s$ : altitudine del sito;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

$V_b$ : velocità di riferimento calcolata come segue:

$$V_b = V_{b,0} \text{ per } a_s \leq a_0$$

$$V_b = V_{b,0} (1 + k_s ((a_s / a_0) - 1)) \text{ per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

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

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

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

Vr: velocità di riferimento riferita al periodo di ritorno TR

Zona	Vb,0	a0	ks	as	TR	Vb	Cr	Vr
3	27 m/s	500 m	0,37	78 m	50 anni	27,00 m/s	1,000	27,00 m/s

Pressione cinetica di riferimento,  $q_r = r V_r^2 / 2 = 46$  daN/mq

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

Esposizione:

Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

Kr	z0	z min
0,19	0,05 m	4 m

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

Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D

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

Cp: coefficiente di pressione;

Cd: coefficiente dinamico;

Ct: coefficiente di topografia;

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

z: altezza sul suolo.

Cp	Cd	Ct	Ce	z
1,00	1,00	1,00	1,92	4,90 m

### Pressione del vento

$$p = q_r C_e C_p C_d = 87 \text{ daN/mq}$$

### TEMPERATURA DELL'ARIA ESTERNA

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

$$T_{\min} = -15 - 4 a_s / 1000 \quad (\text{NTC 3.5.1})$$

$$T_{\max} = 42 - 6 a_s / 1000 \quad (\text{NTC 3.5.2})$$

dove  $a_s$  è l'altitudine di riferimento

Zona	$a_s$	T min	T max
I	50 m	-15,20 °C	41,70 °C

### 3.4. 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.

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

Dove per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti SS e CC valgono 1; mentre per le categorie di sottosuolo **B, C, D, E** i coefficienti SS e CC 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:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

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

La struttura è localizzata in:

Latitudine	N 4490235,93
Longitudine	E 662523,48

<b>Localizzazione</b>
Località CASTELLANETA (TA)
Comune di CASTELLANETA (TA)
Regione Puglia
Longitudine E 662523,48, Latitudine N 4490235,93 (Riferimento WGS84 UTM 33N)

L'azione sismica viene definita in relazione a 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;

<b>Parametri della struttura</b>						
Classe d'uso	Vita $V_n$	Coeff. Uso	Periodo $V_r$	Tipo di suolo	Categoria topografica	Quota relativa
	[anni]		[anni]			[%]
I	50.0	0.7	35.0	C	T1	-

La risposta sismica locale (RSL) è definita come da NTC 2018 Tab. 3.2.II e Tab. 3.2.III.

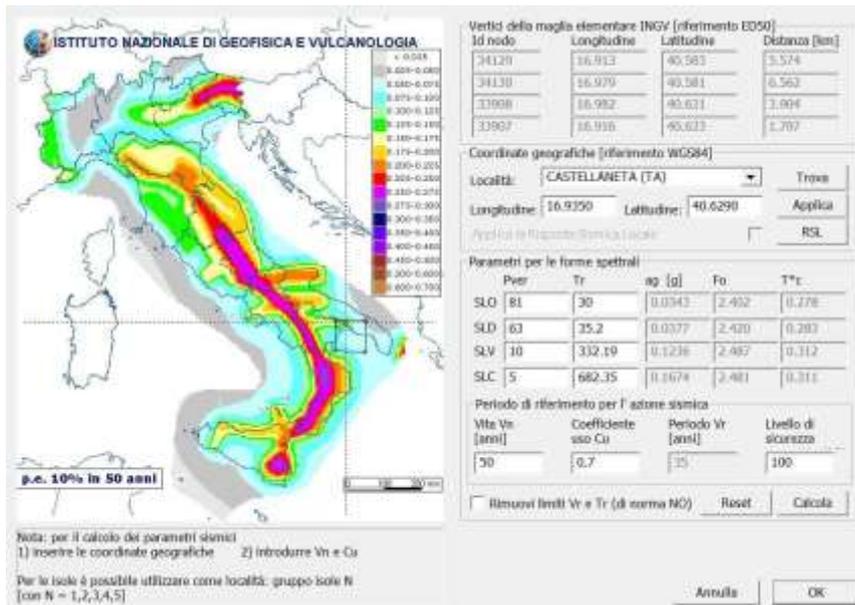
### 3.4.1. CALCOLO FATTORE DI COMPORTAMENTO

Principali caratteristiche della struttura	
Opera di nuova realizzazione	SI
Struttura regolare in pianta	SI
Struttura regolare in altezza	SI
Classe di duttilità	B media
Analisi per carichi non sismici	SI
Analisi sismica	Dinamica lineare
Verifica SLD di resistenza	NO

Fattori di comportamento utilizzati SLU			
	Dissipativi	Verifiche fragili	Non Dissipativi
q SLU x	1.00	1.00	1.00
q SLU y	1.00	1.00	1.00
q SLU z	1.50	-	-

Fattori di comportamento utilizzati SLD	
q SLD x	1.00
q SLD y	1.00
q SLD z	1.00
Eta SLO	1.00

Si riportano di seguito, per completezza, le videate delle opzioni così come impostate nel programma:



**Classe d'uso**

- I edifici di minor importanza per la sicurezza pubblica [edifici agricoli...]
- II edifici ordinari
- III edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (scuole, teatri...)
- IV edifici la cui funzionalità ha importanza fondamentale per la protezione civile (ospedali, municipi...)

**Pericolosità e zonazione**

pericolosità sismica

agS per SLV: **0.185**

Modalità di progettazione semplificata per agS < 0.075

Strutture esistenti:

- LD1: conoscenza limitata
- LD2: conoscenza adeguata
- LD3: conoscenza accurata

Fattore di confidenza FC: **1.35**

**Categoria di suolo di fondazione**

- A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi...
- B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti...
- C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti...
- D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti...
- E Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D...

**Categoria topografica**

- T1
- T2 in sommità al pendio
- T3 in cresta al rilievo con moderata pendenza
- T4 in cresta al rilievo

100 quota relativa (%)

**Spettri di progetto**

Usa spettri esterni

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"

Parametri e fattori spettrali							
S.L	ag	S	Fo	Fv	TB	TC	TD
SLO	0.034	1.500	2.402	0.601	0.148	0.445	1.737
SLD	0.038	1.500	2.420	0.634	0.150	0.451	1.751
SLV	0.124	1.500	2.487	1.180	0.160	0.481	2.094
SLC	0.167	1.451	2.481	1.370	0.160	0.480	2.270
Verticale per tutti:		1.000			0.050	0.150	1.000
eta SLO q SLD x q SLD y q SLD z q SLU x q SLU y q SLU z							
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	Aiuto...
Smorzamento...				1.0	1.0	<= Esistenti v. fragili	

**Duttilità**

ND - non dissipativa

B - media

A - alta

**Regolarità**

in pianta

in altezza

**Edifici isolati**

2.0 T is

10.0 s esi

Info...

Dati comuni per le analisi		Dati per analisi statica lineare e non lineare			
Quota spiccato [cm]	0.0	Altezza edificio [cm]	481.658		
Contributo carichi in fondazione	<input type="checkbox"/>	Fatt. Lambda [0.85 - 1]	1.0		
Eccentricità aggiuntiva X:	5	Periodo T1 [primo modo]	dir. x-x	dir. y-y	dir. z-z
ex. muratura	Y: 5	Sd (T1) - SLU	0.3	0.3	0.3
Spost. relativo rapp. SLC/SLD:	5	Se (T1) - SLD	0.146	0.146	0.009
		Rapp T1/TrZ	0.05	0.05	0.003
			0.734	1.154	
<b>Dati per analisi dinamica</b>		Accelerazione uniforme [Fi=Fh] <input type="checkbox"/> NO			
N. modi	9	Eccentricità convenzionale con momenti Mz <input type="checkbox"/> NO			
N. modi rigidi	0	Usa spostamenti medi di piano per pushover <input checked="" type="checkbox"/> SI			

C.D.C. sismico  Nodo cont. 0 (\*\*)

C.D.C.

Analisi modale di riferimento  Sfogliare Modo rifer. 0 (\*\*)

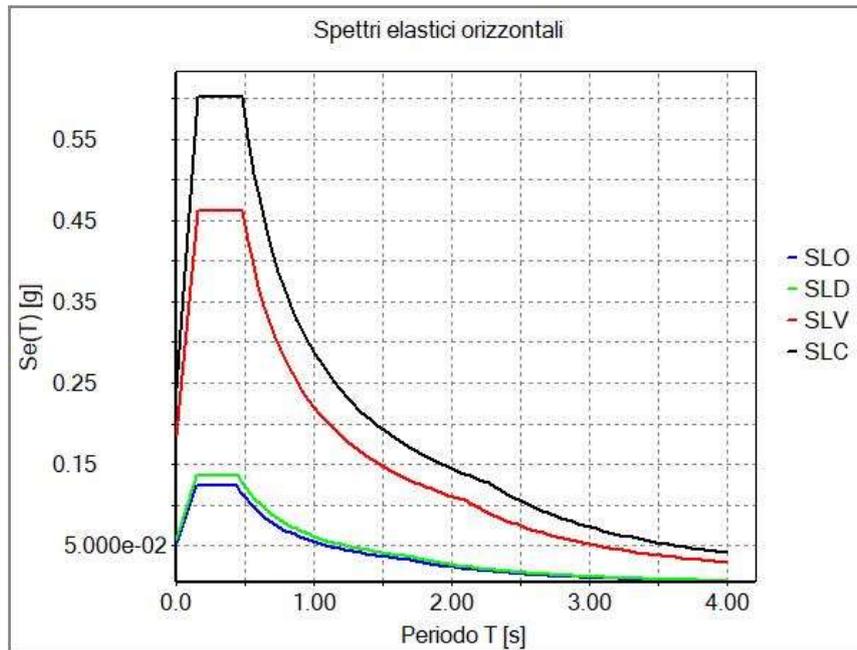
Sisma	LC 1	LC 6 [°]	LC 7
LC U 8	1.00	0.80	1.00
LC U 9	1.00	0.80	1.00
LC U 10	1.00	0.80	1.00
LC U 11	1.00	0.80	1.00
LC D 12	1.00	0.80	1.00
LC D 13	1.00	0.80	1.00
LC D 14	1.00	0.80	1.00

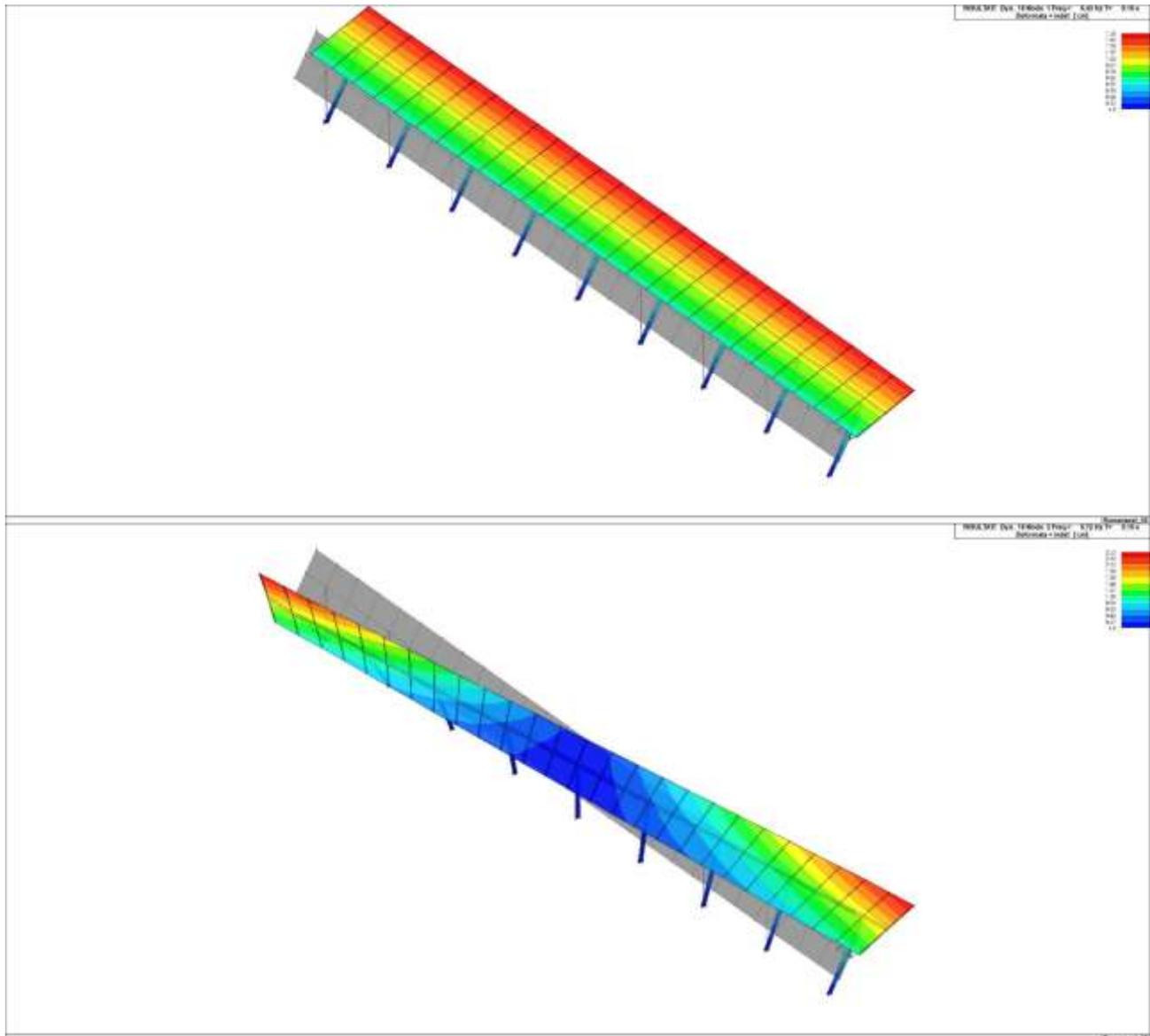
NOTA: (\*) coefficienti per carichi variabili Q  
cdc Qk : utilizzare psi 2  
cdc Qsk/Qnk : utilizzare di regola 1 (psi 2 da archivio carico)

(\*\*) 0 per default in pushover

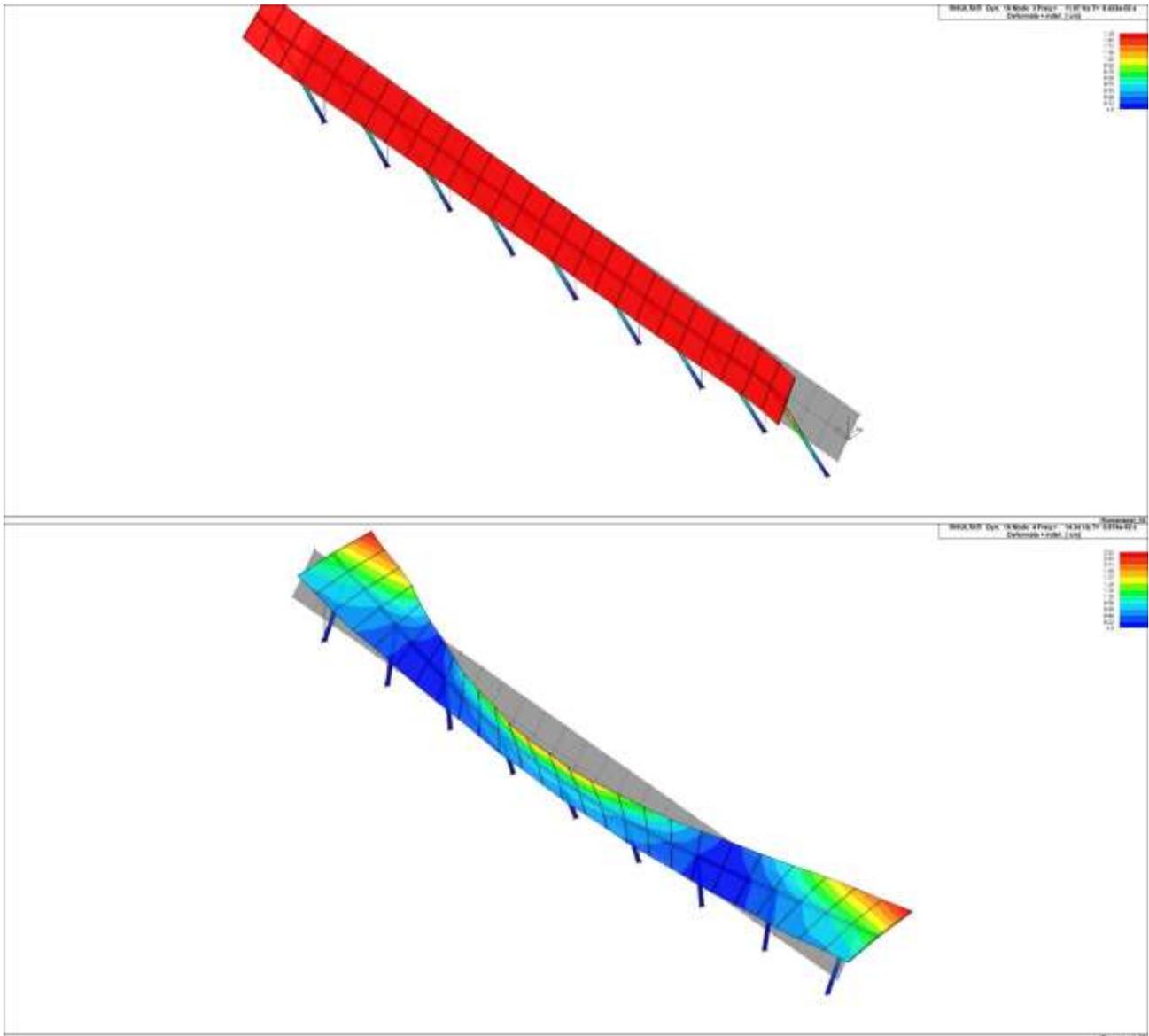
Definizione masse automatica

Si riportano di seguito gli SPETTRI di input sismico e le caratteristiche dinamiche proprie della struttura, pertanto in assenza di eccentricità aggiuntive:

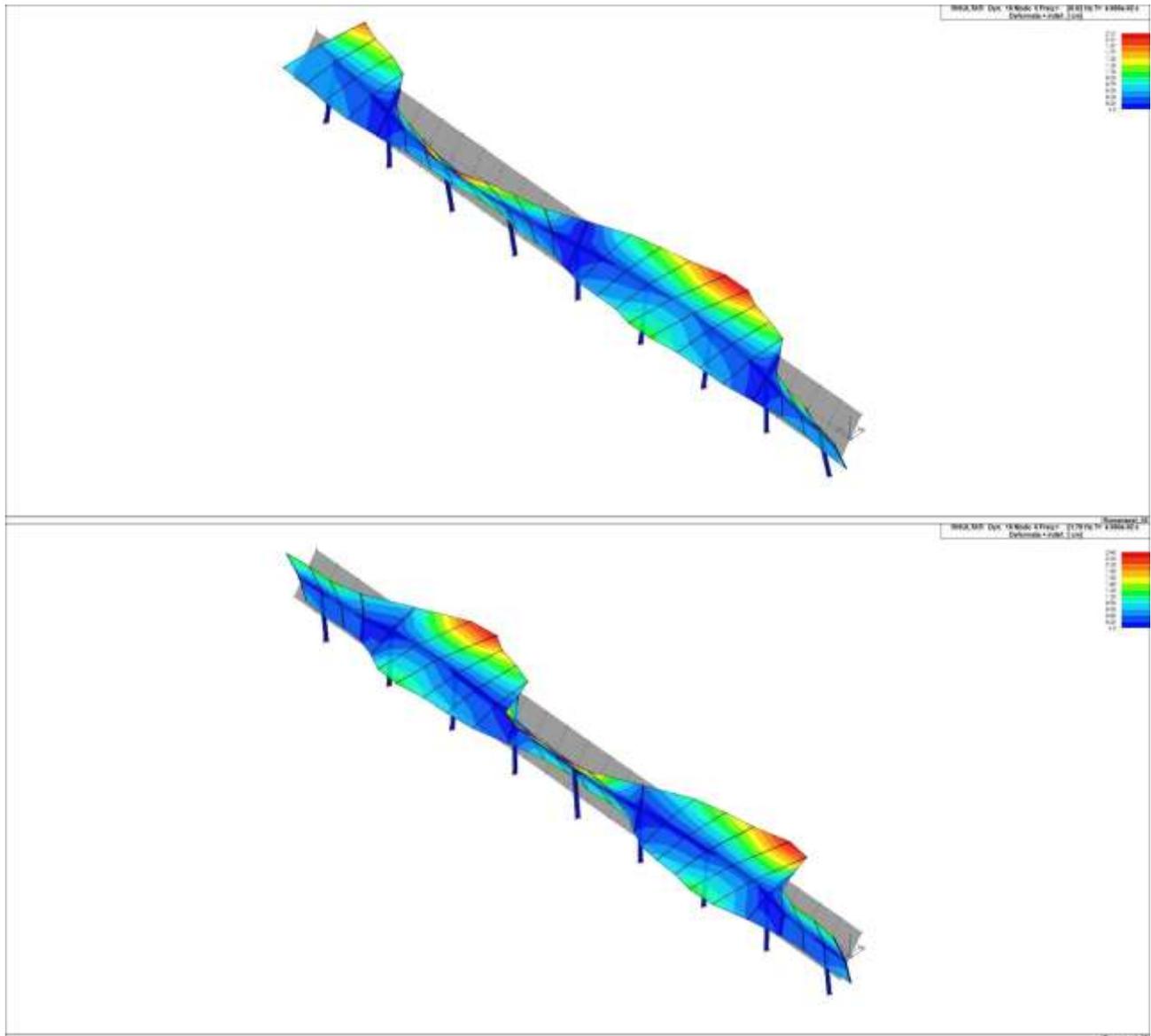




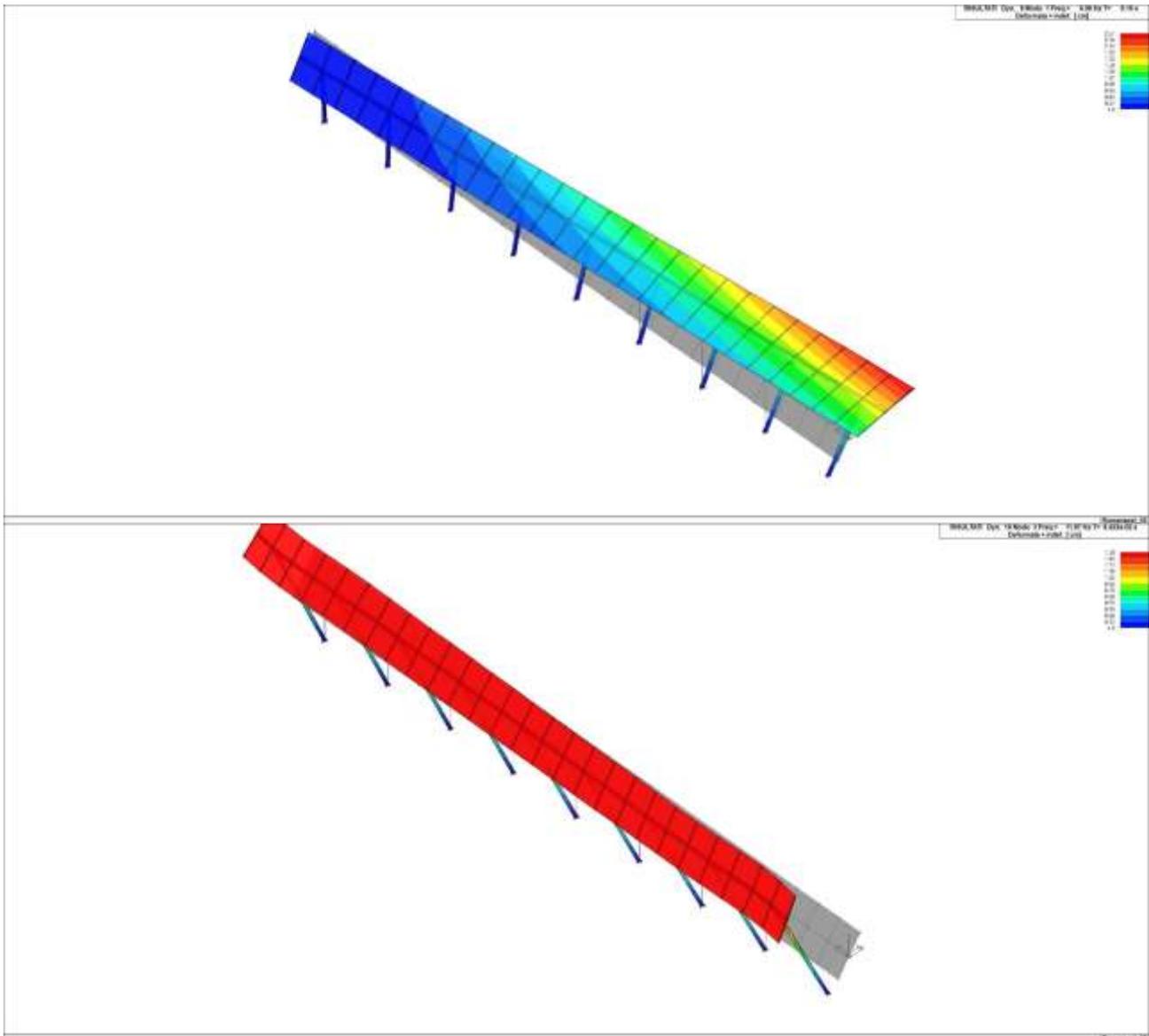
Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"



Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"



Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"



ANALISI\_MODALE\_NO\_ECCENTRICITA

Modo	Frequenza	Periodo	X M efficace x g	%	Y M efficace x g	%	Z M efficace x g	%	RZ M efficace x g	%
-	Hz	sec	daN	-	daN	-	daN	-	daN m2	-
1	6.43	0.16	389.3	94	0.0	0	24.3	5	0.0	0
2	6.72	0.15	0.0	0	1.6	0	0.0	0	3.8	94
3	11.87	0.08	0.0	0	411.5	99	0.0	0	3.88e-04	0
4	14.34	0.07	3.76e-02	0	0.0	0	6.09e-04	0	0.0	0
5	20.02	0.05	0.0	0	1.68e-03	0	0.0	0	8.73e-04	0
6	21.79	0.05	3.12e-03	0	0.0	0	9.46e-03	0	0.0	0

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"

### 3.5. SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO

E' possibile definire i casi di carico scegliendo fra le dodici tipologie elencate nella tabella seguente:

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

I casi di carico utilizzati nella modellazione oggetto della presente relazione sono i seguenti:

TABELLA\_CASI\_DI\_CARICO

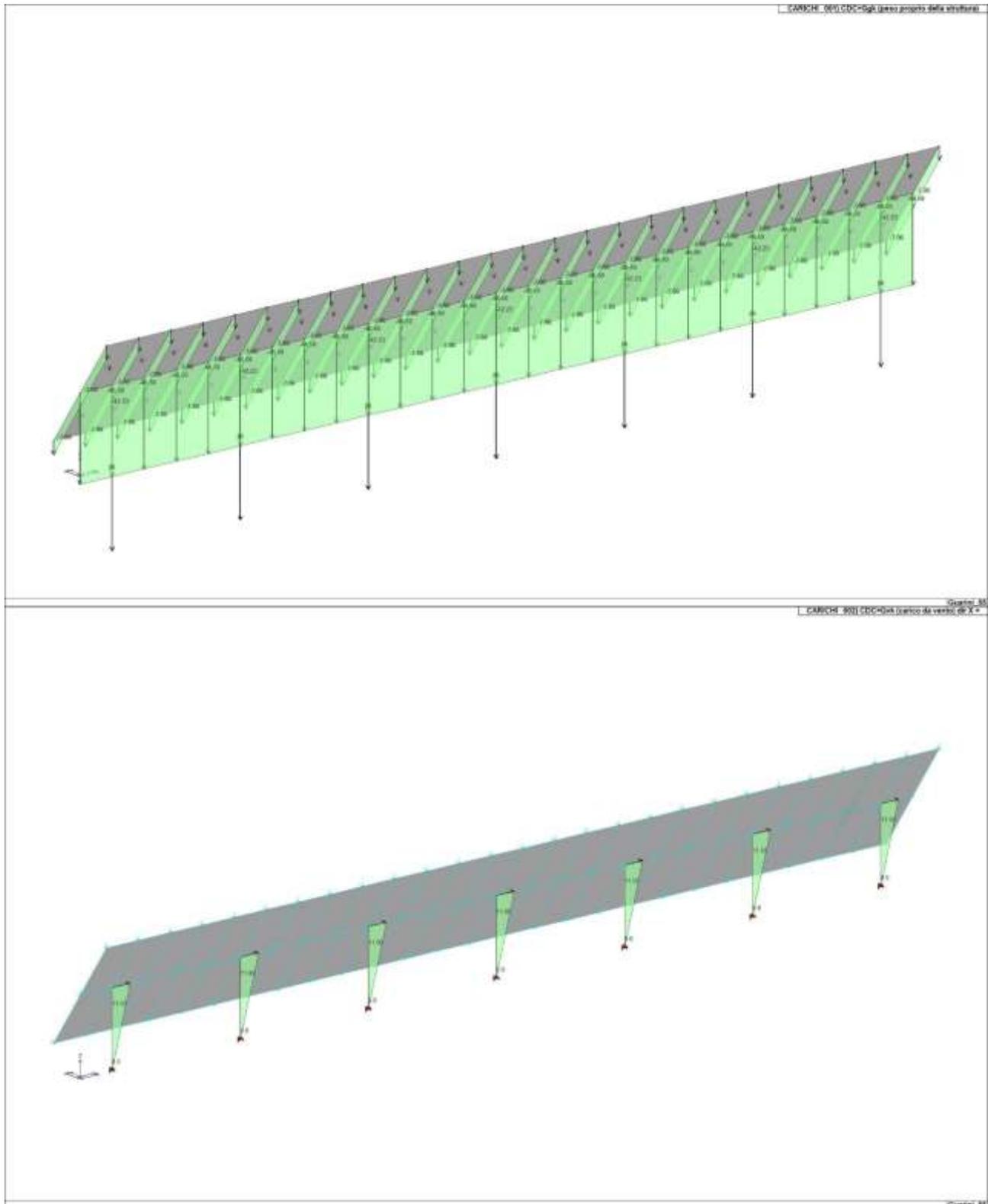
CDC	Tipo CDC	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir X +	
3	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir X -	
4	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir Y +	
5	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir Y -	
6	Qk	CDC=Qk carico neve	
7	Gk	CDC=Gk (permanente generico) .....	
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	

9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	
11	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	
12	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	
13	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	
14	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	
15	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	

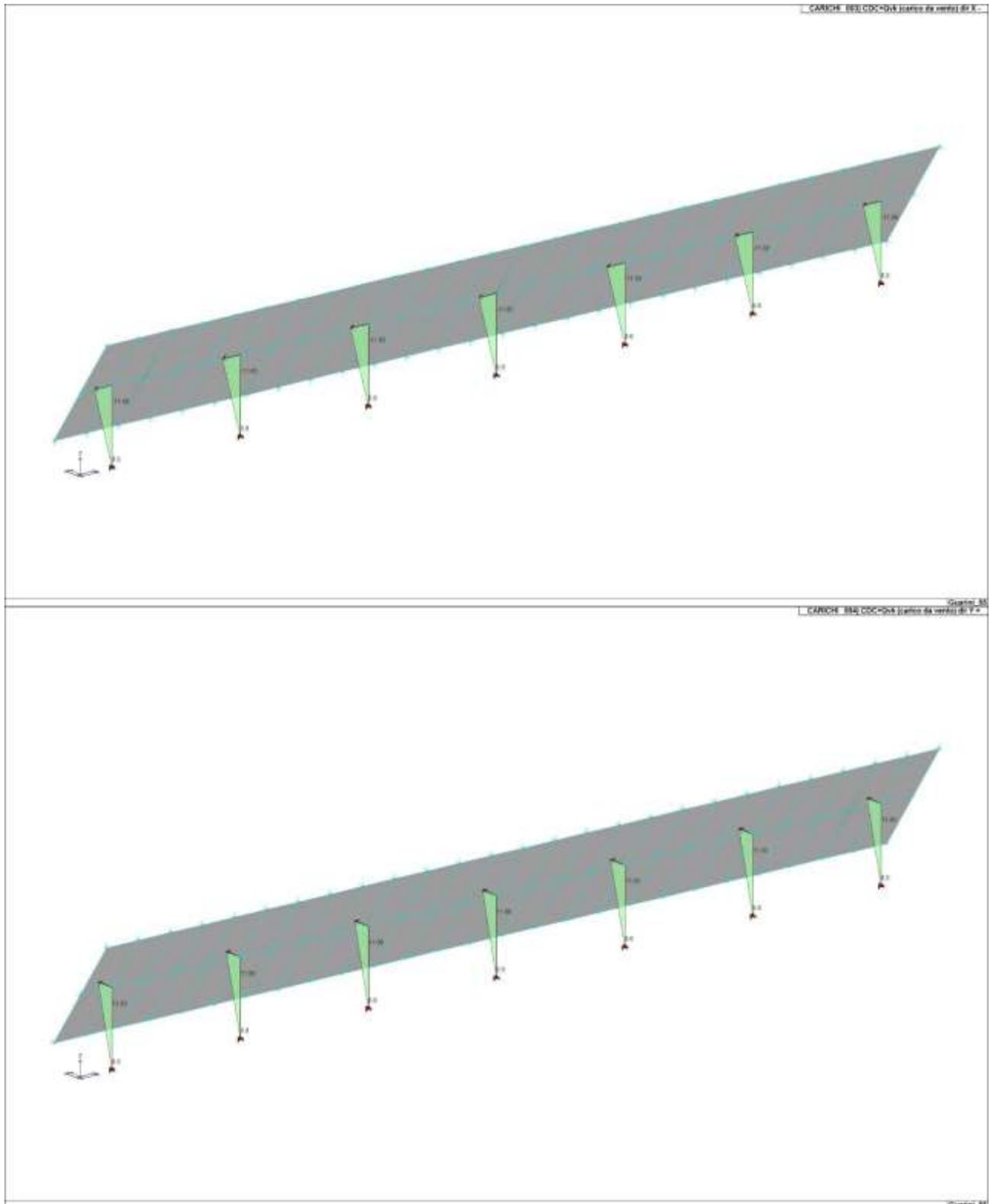
## Legenda

Tipo CDC

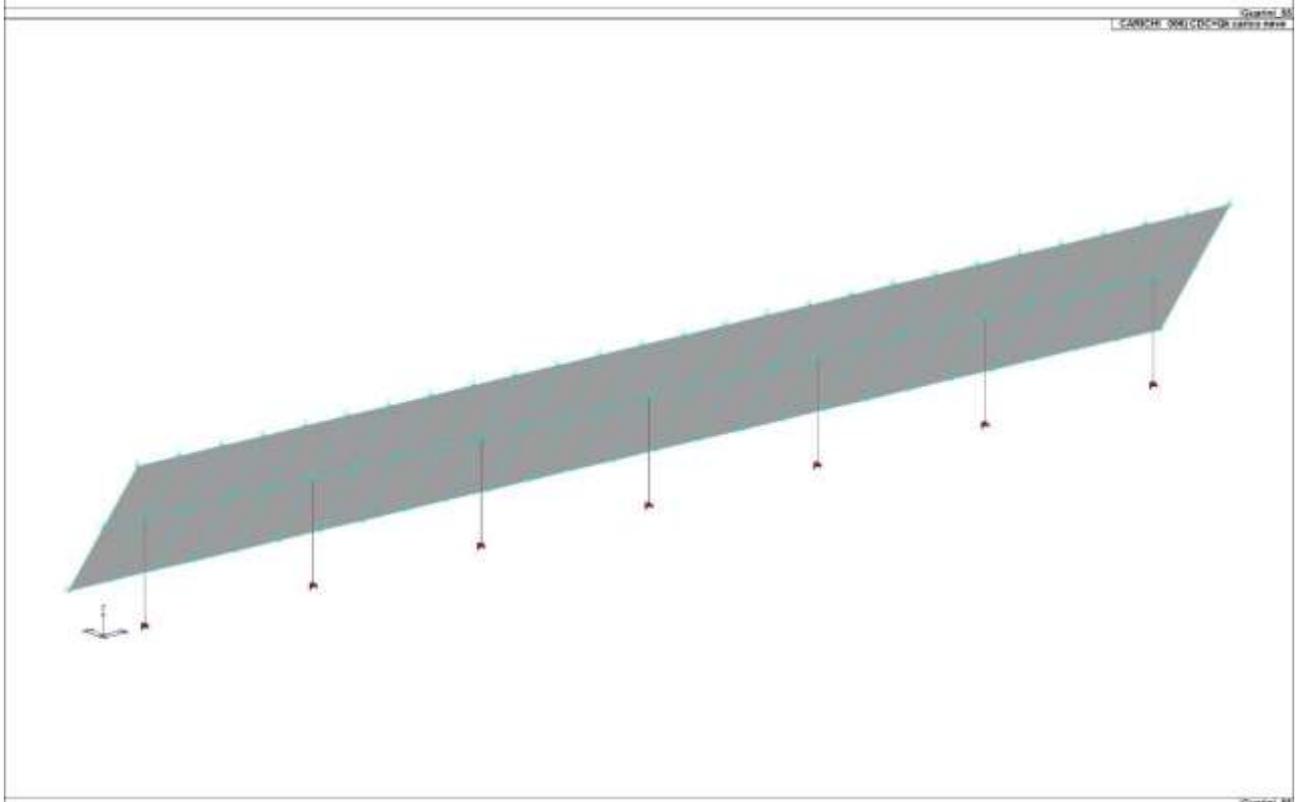
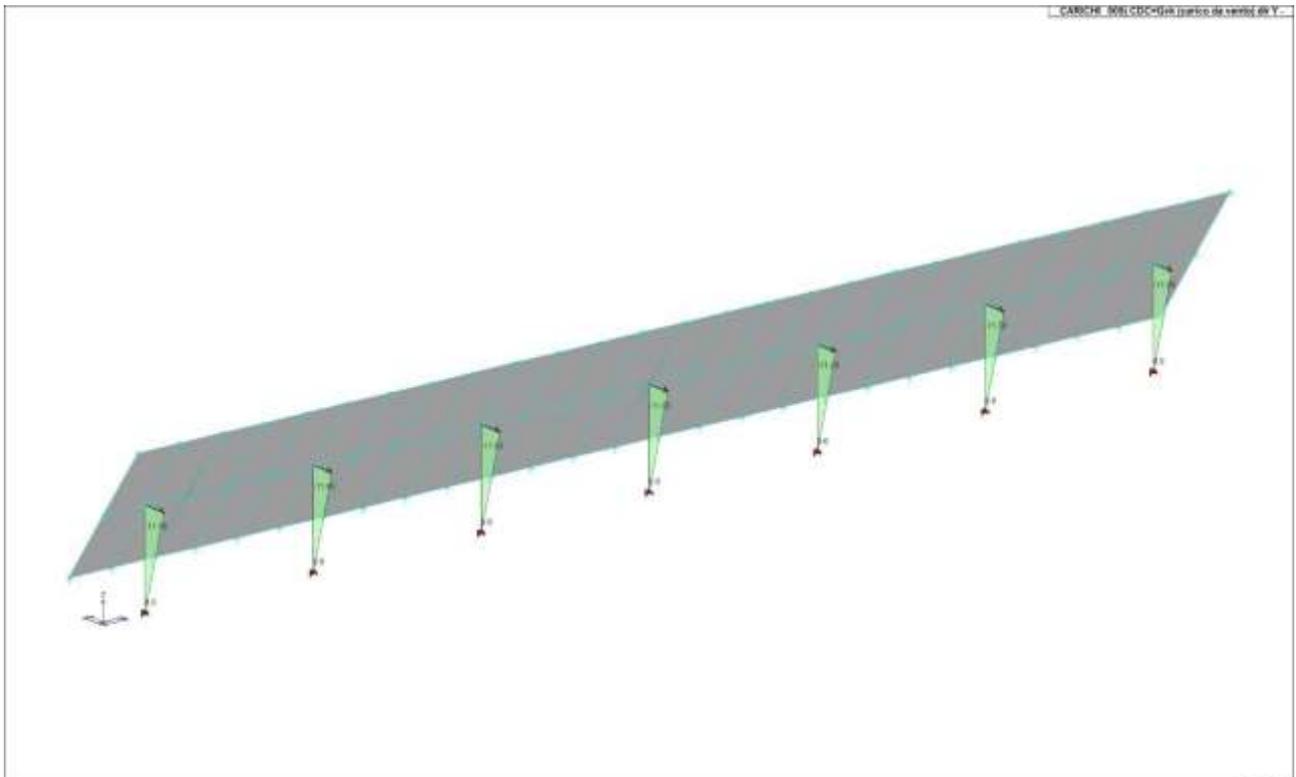
Indica il tipo di caso di carico



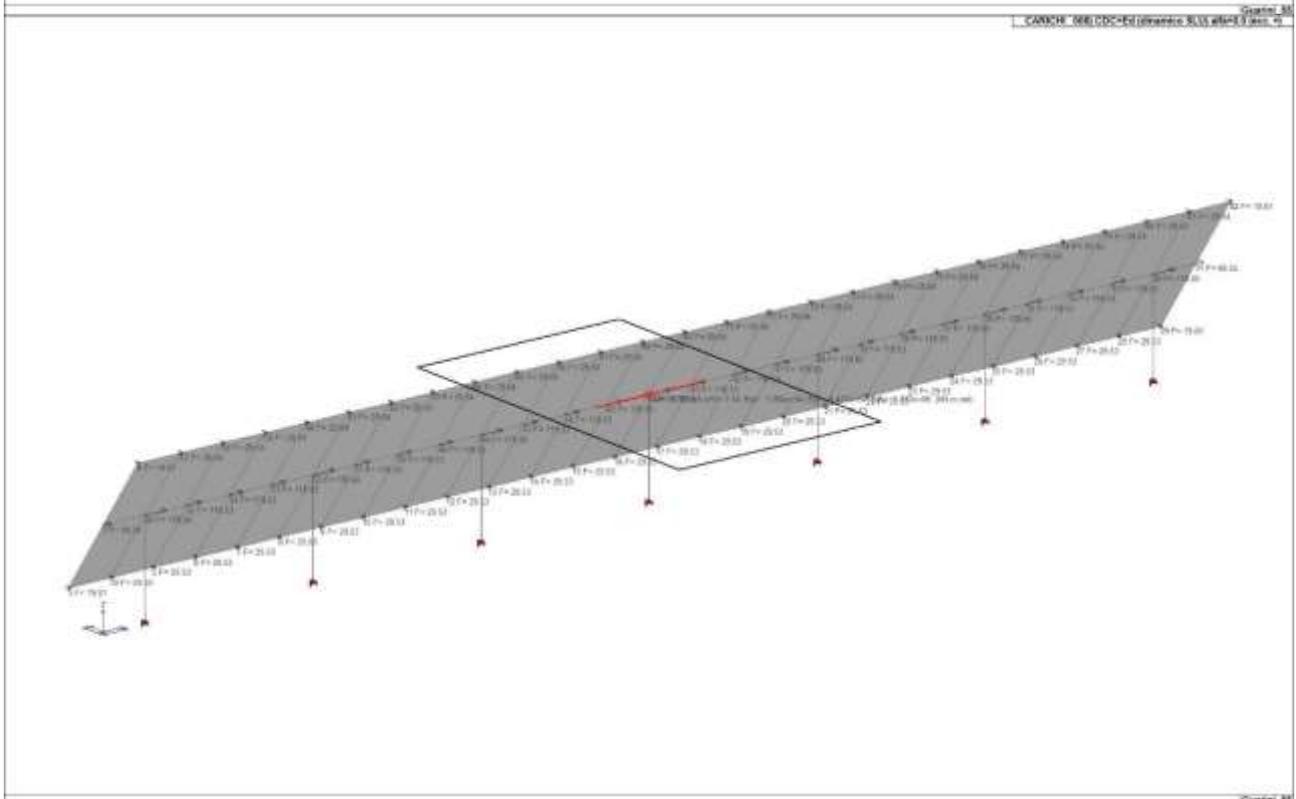
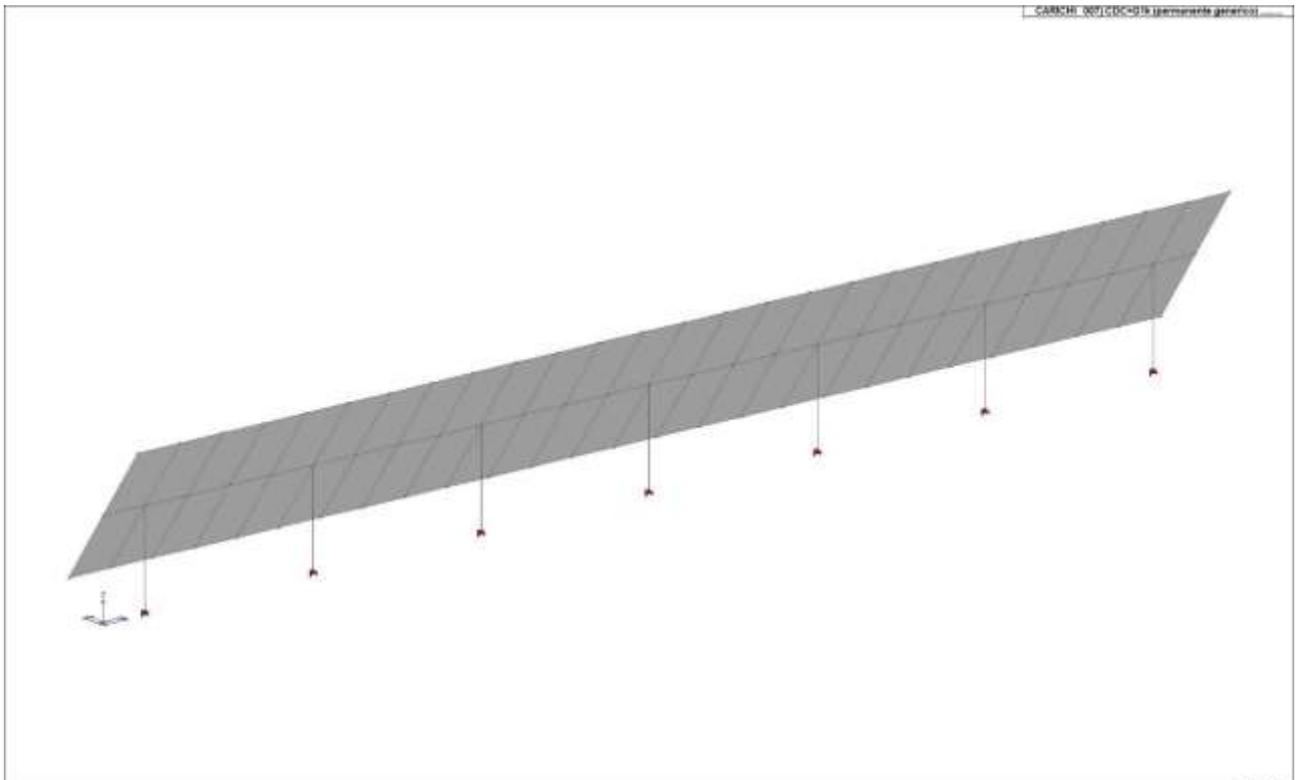
Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"



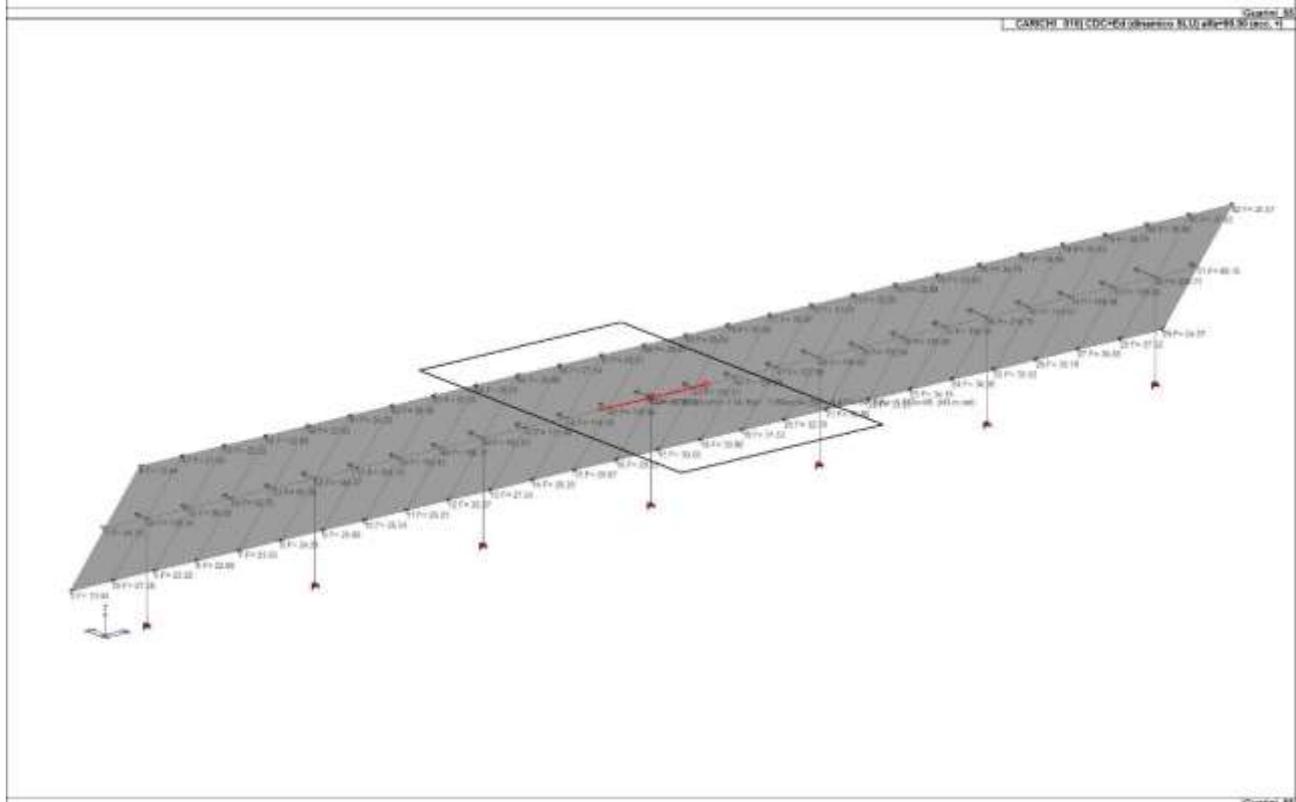
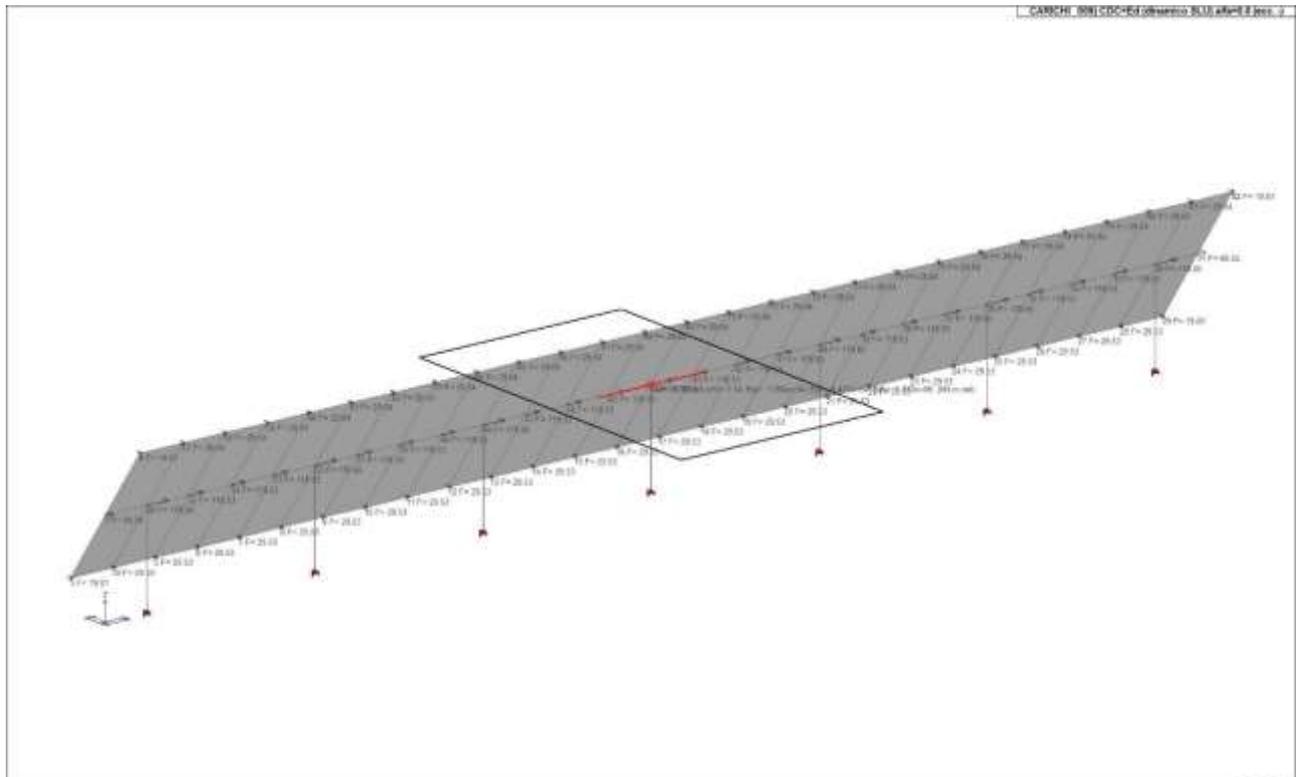
Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"



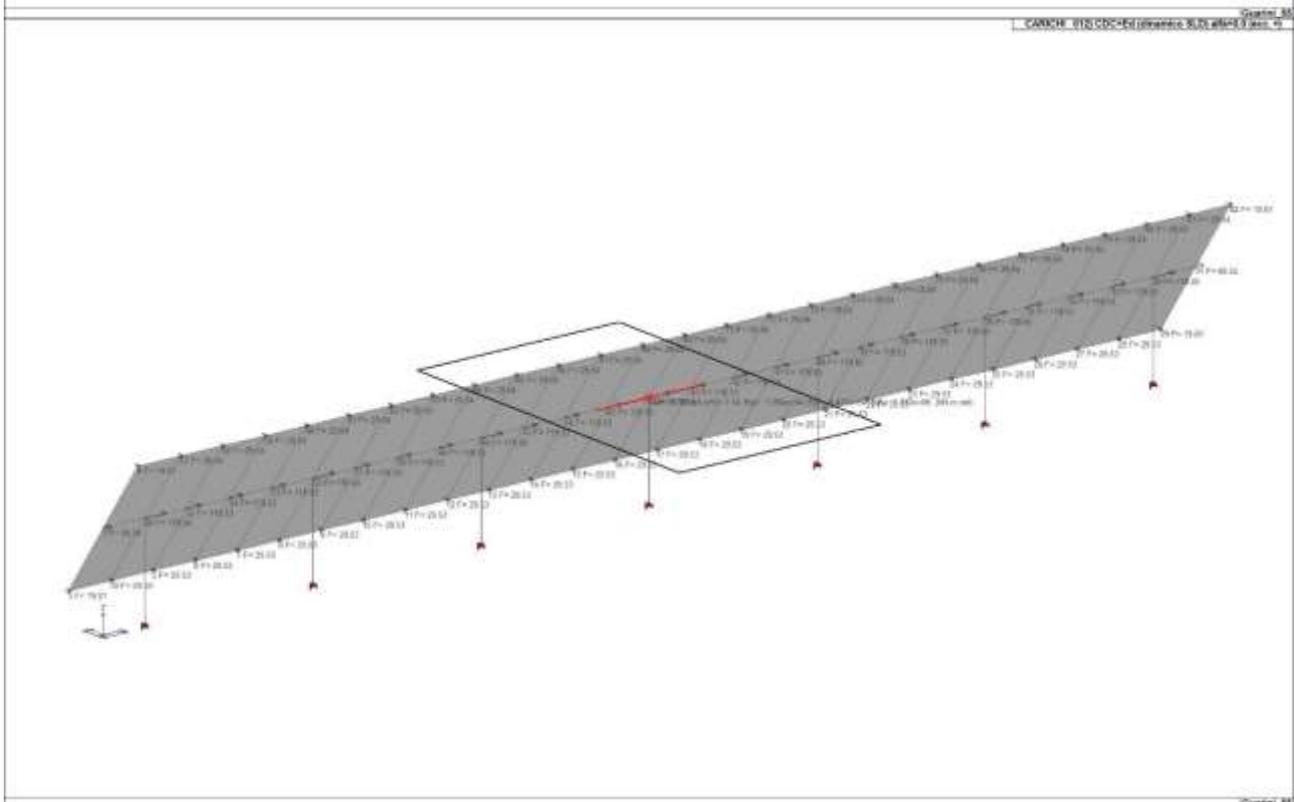
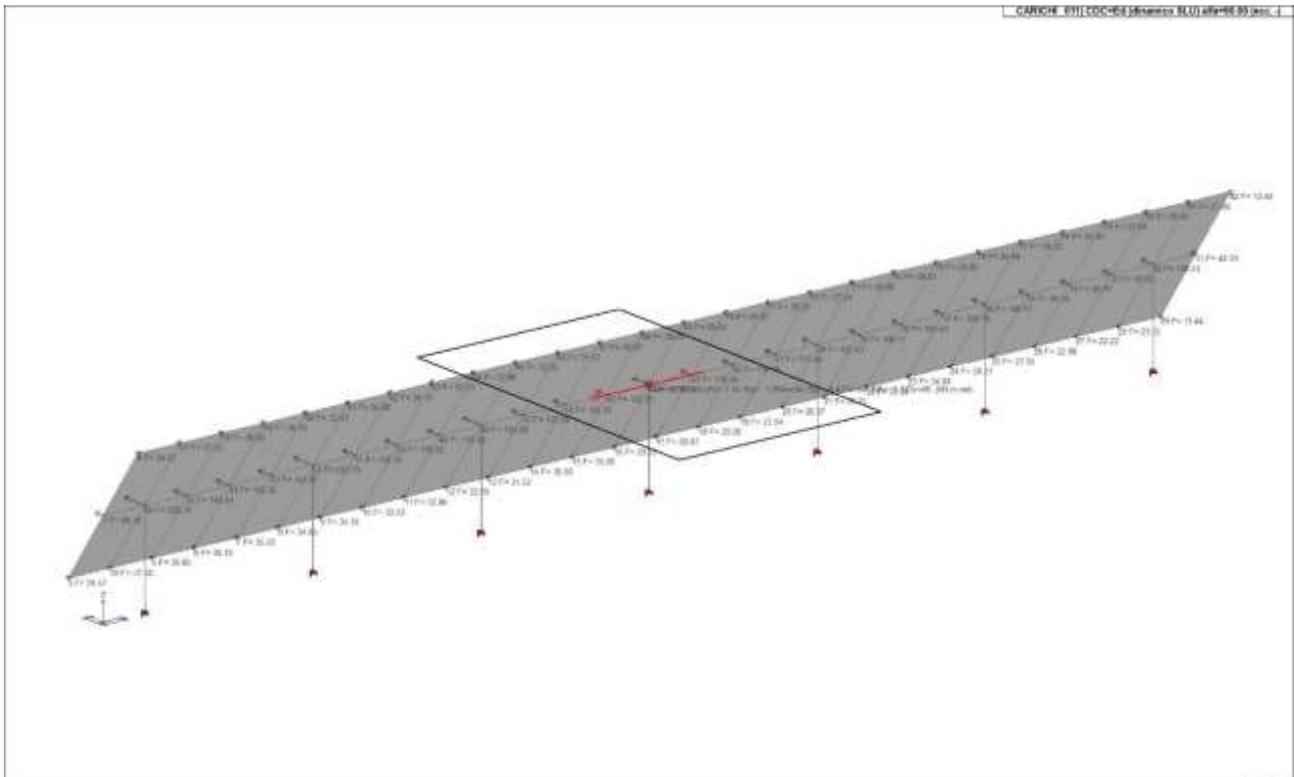
Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"



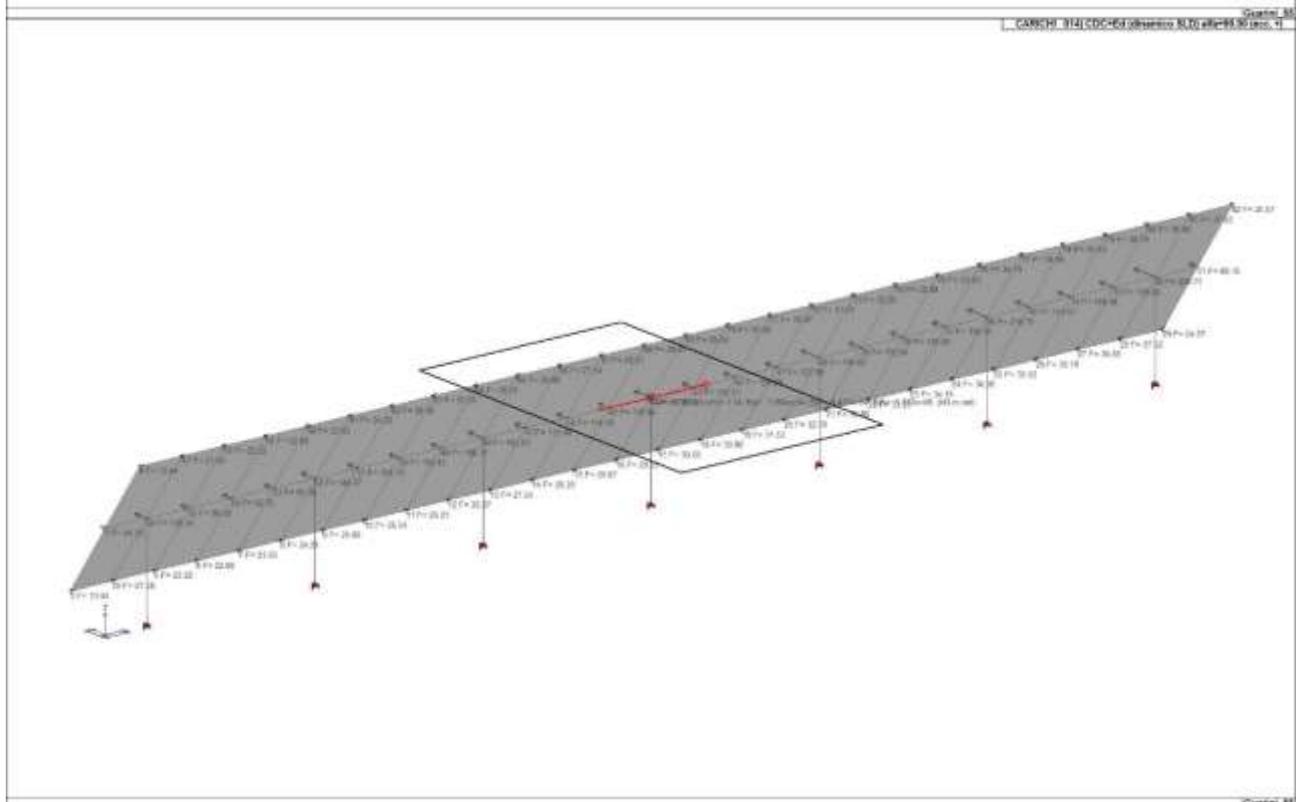
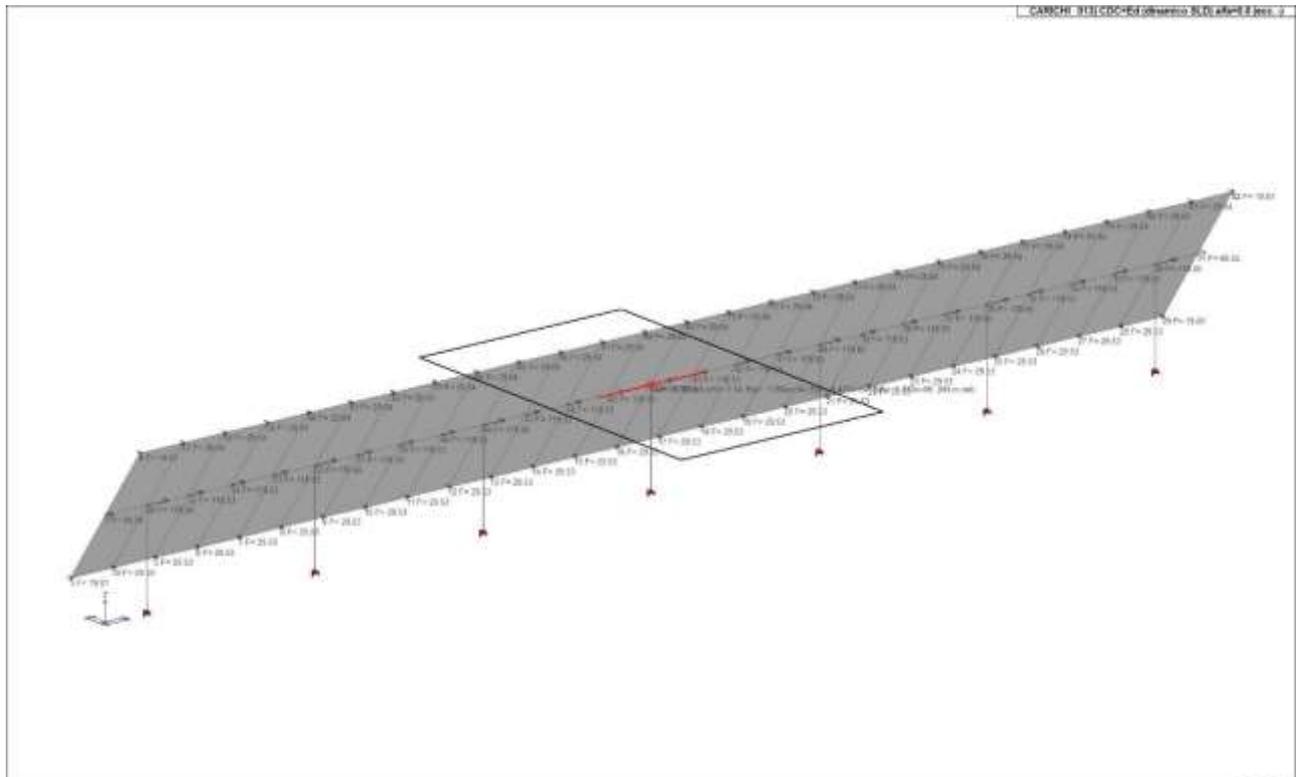
Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"



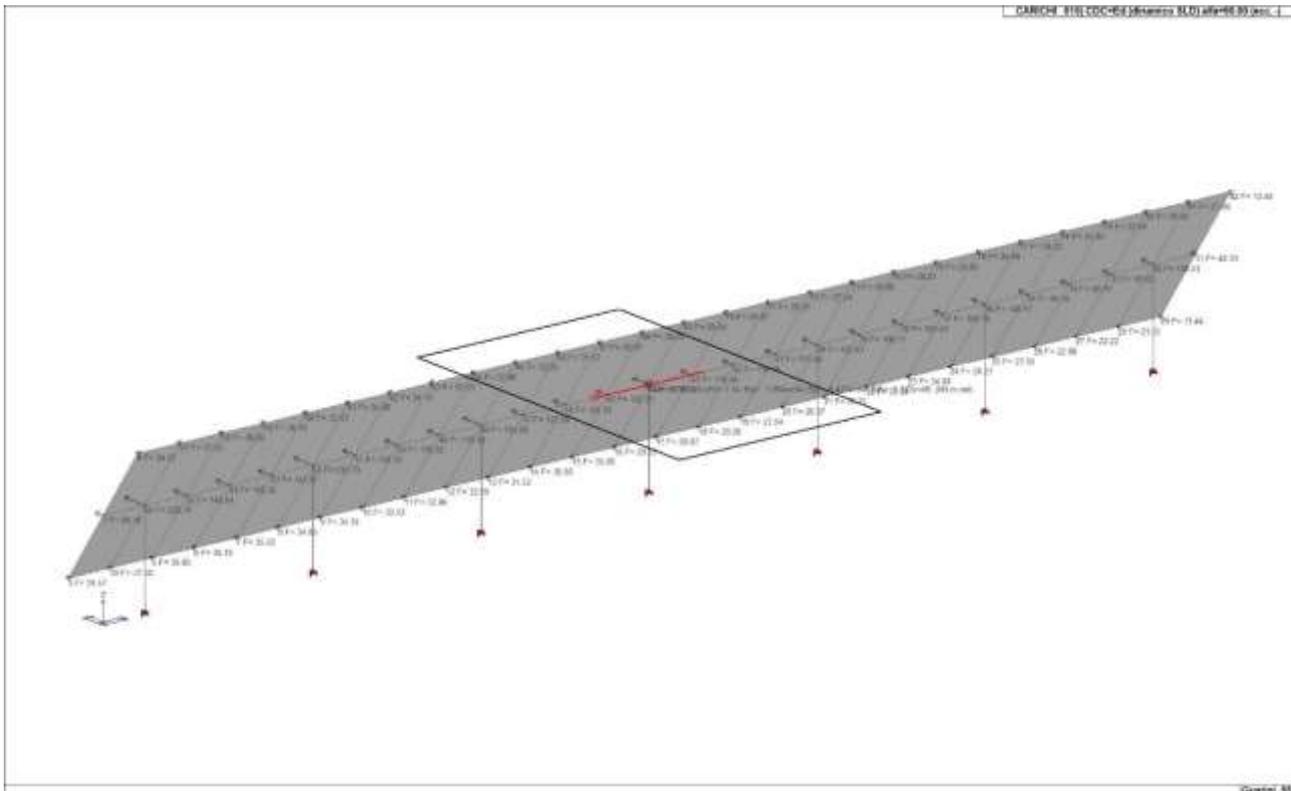
Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"



Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"



Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"



### 3.6. DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

Le combinazioni previste per i diversi casi di carico (CDC) seguono le regole previste dalla Normativa vigente e sono destinate al controllo di sicurezza della struttura e alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

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

#### **Combinazione fondamentale SLU**

$$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$$

#### **Combinazione caratteristica (rara) SLE**

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

#### **Combinazione frequente SLE**

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

#### **Combinazione quasi permanente SLE**

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

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

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

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

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

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	$\psi_{0j}$	$\psi_{1j}$	$\psi_{2j}$
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 $\leq$ 30kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli $>$ 30kN)	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 $\leq$ 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.I

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

### 3.6.1. TIPO DI ANALISI EFFETTUATE

Tipo di analisi strutturale	
Analisi per carichi non sismici	SI
Sismica statica lineare	NO
Sismica dinamica lineare	SI
Sismica statica non lineare (triangolare; G1 - a §7.3.3.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo; G1 - b §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. tagli di piano; G1 - c §7.3.4.2)	NO

Sismica statica non lineare (prop. masse; G2 - a §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (multimod; G2 - c §7.3.4.2)	NO
Non linearità geometriche (fattore P delta)	NO

### 3.6.2. COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO

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

TABELLA\_COMBINAZIONI

Tipo CMB	Da	Da	A	A
-	Id	Nome	Id	Nome
SLU	1	Comb. SLU A1 1	18	Comb. SLU A1 18
SLE rara	19	Comb. SLE(rara) 19	27	Comb. SLE(rara) 27
SLV	28	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 28	59	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 59
SLD	60	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 60	91	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 91

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"

TABELLA\_COMBINAZIONI

Tipo CMB	Da	Da	A	A
-	Id	Nome	Id	Nome
SLE frequente	92	Comb. SLE(freq.) 92		
SL eccezionale	93	Comb. SLU (Eccez.) 93		
SLE quasi permanente	94	Comb. SLE(perm.) 94		

Si riportano di seguito, per completezza, le videate delle opzioni così come impostate nel programma:

Caso di carico: [5] CDC=Qvk (carico da vento) dir Y -

CDC	Psi 0	Psi 1	Psi 2	Psi 2 sis	Segni
[2] CDC=Qvk (...)	0	0	0	0	neg - 0 - pos
[3] CDC=Qvk (...)	0	0	0	0	neg - 0 - pos
[4] CDC=Qvk (...)	0	0	0	0	neg - 0 - pos
[5] CDC=Qvk (...)	0	0	0	0	neg - 0 - pos ▼
[7] CDC=Qk n...	0	0	0	0	positivo



SLU non sismici							
	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q
Fattori di comb. A1 [STR]	1.3	1	1.5	0.8	1	1	1.5
Fattori di comb. A2 [GEO]	1	1	1.3	0.8	1	1	1.3
<input type="checkbox"/> SLU EQU	1.1	0.9	1.5	0.8	1	1	1.5

SL per azioni sismiche							
g E	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q
Fattori di comb. A1	1	1	1	1	1	1	1
Fattori di comb. A2	1	1	1	1	1	1	1
<input type="checkbox"/> Non applicare automatismo per il punto NTC 7.2.5 (amplificazione azioni elementi soprastanti le fondazioni)							

SLU per azioni eccezionali							
	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q
Fattori di combinazione	1	1	1	1	1	1	1

Nota importante: i valori max e min in tabella (riferiti ai cdc permanenti e precompressione) applicati con permutazione possono portare ad un numero di combinazioni particolarmente elevato.

Permuta valori g min e g max

### 3.7. PRINCIPALI RISULTATI

Si riportano i valori massimi dei principali risultati ottenuti per ogni gruppo di combinazioni:

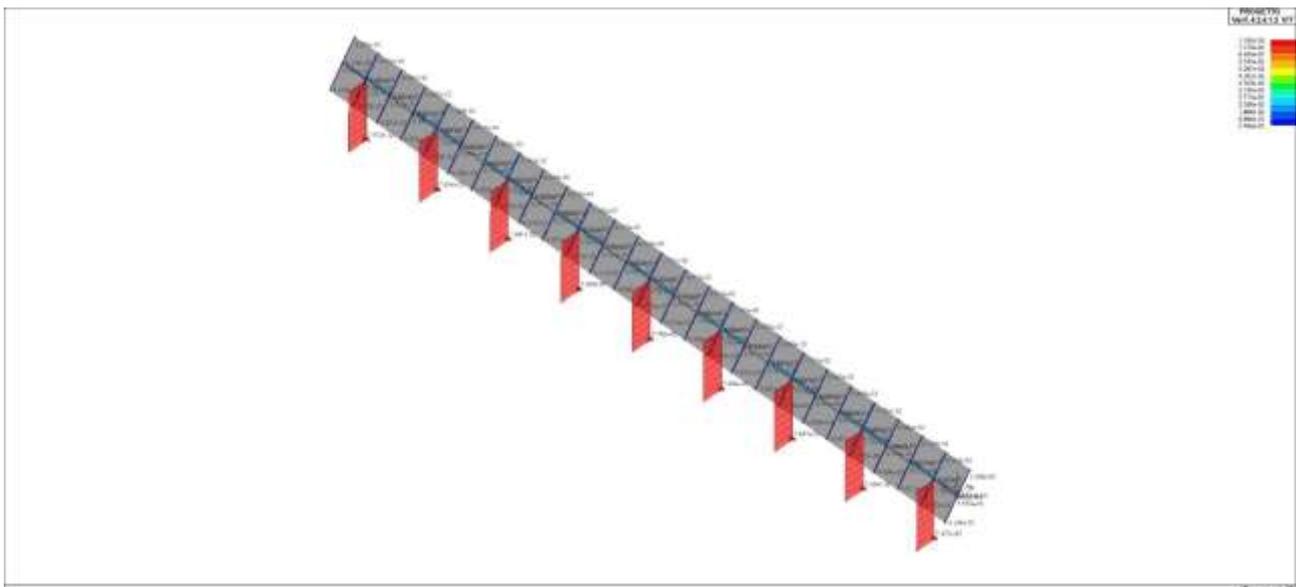
#### 3.7.1. SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA

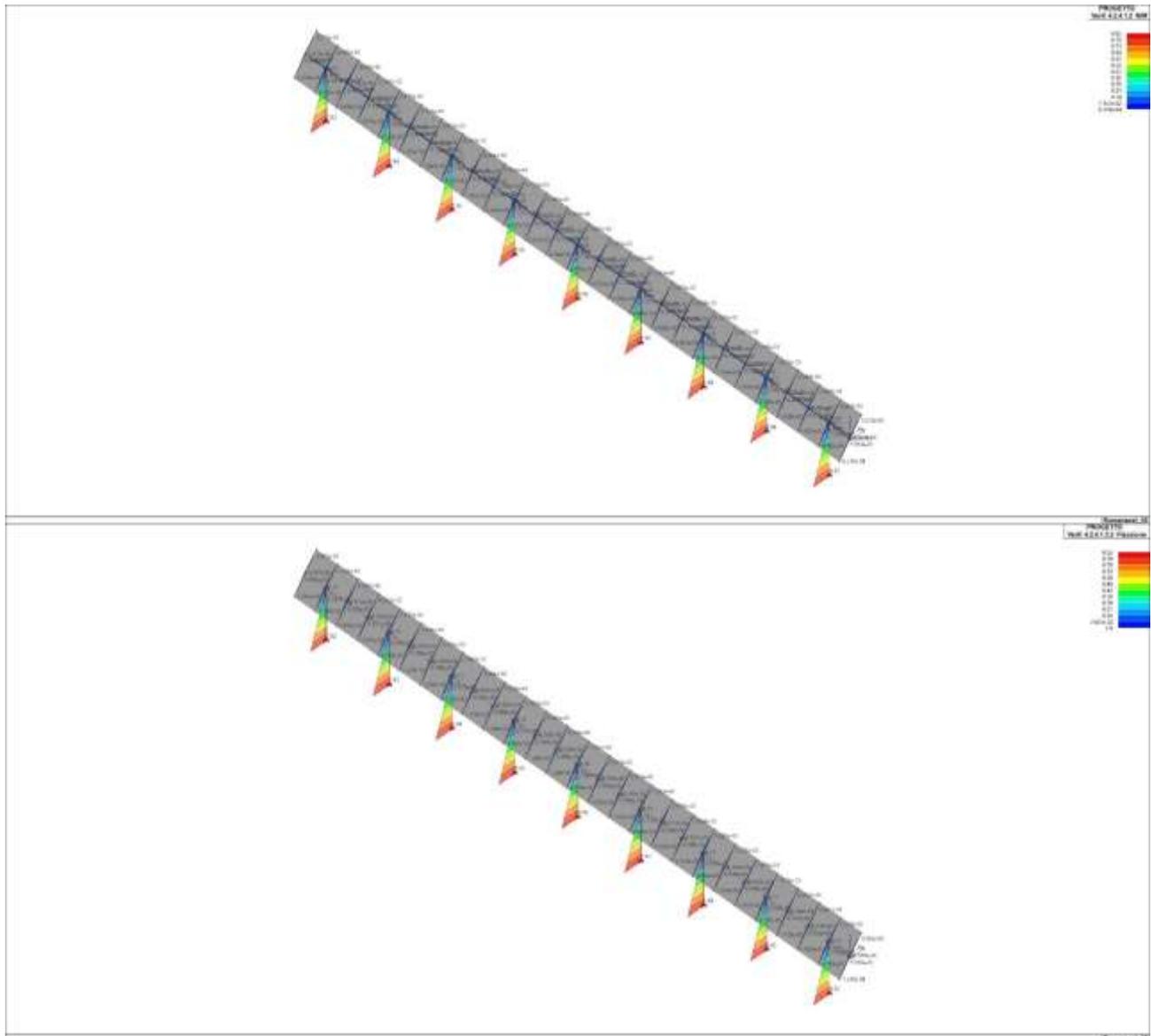
Si riportano a seguire i risultati della progettazione e delle verifiche effettuate.

Gli stati di progetto *ciano* o *verde* indicano che le verifiche svolte sono interamente soddisfatte, gli stati di progetto *rossi*, al contrario, indicano che le verifiche non sono soddisfatte.

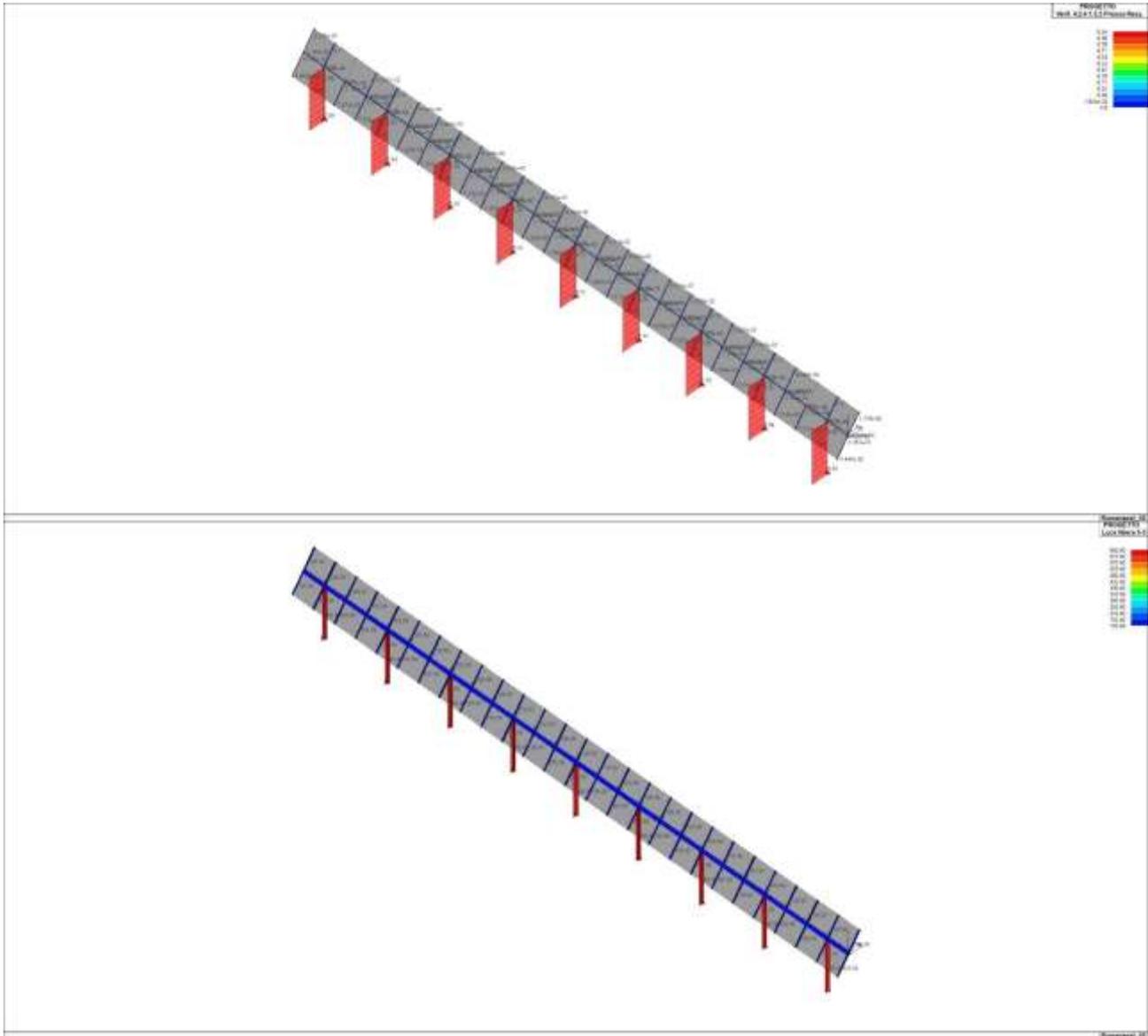
Laddove possibile le verifiche sono state normalizzate. Significa che se i valori indicati in mappa sono inferiori all'unità, la verifica può ritenersi soddisfatta.

Per tutte le altre verifiche i valori riportati vanno confrontati con i valori limite indicati da Normativa.

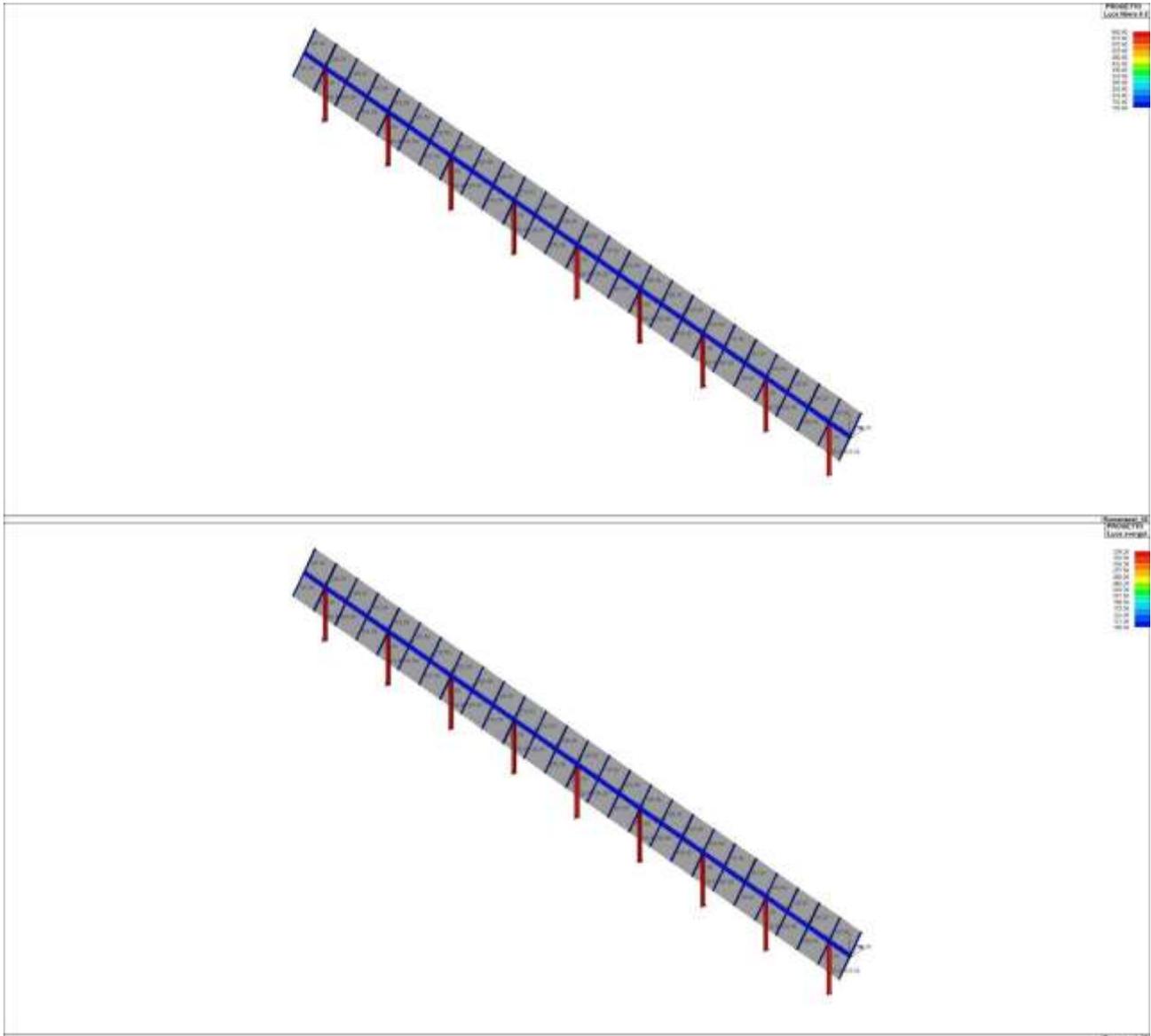


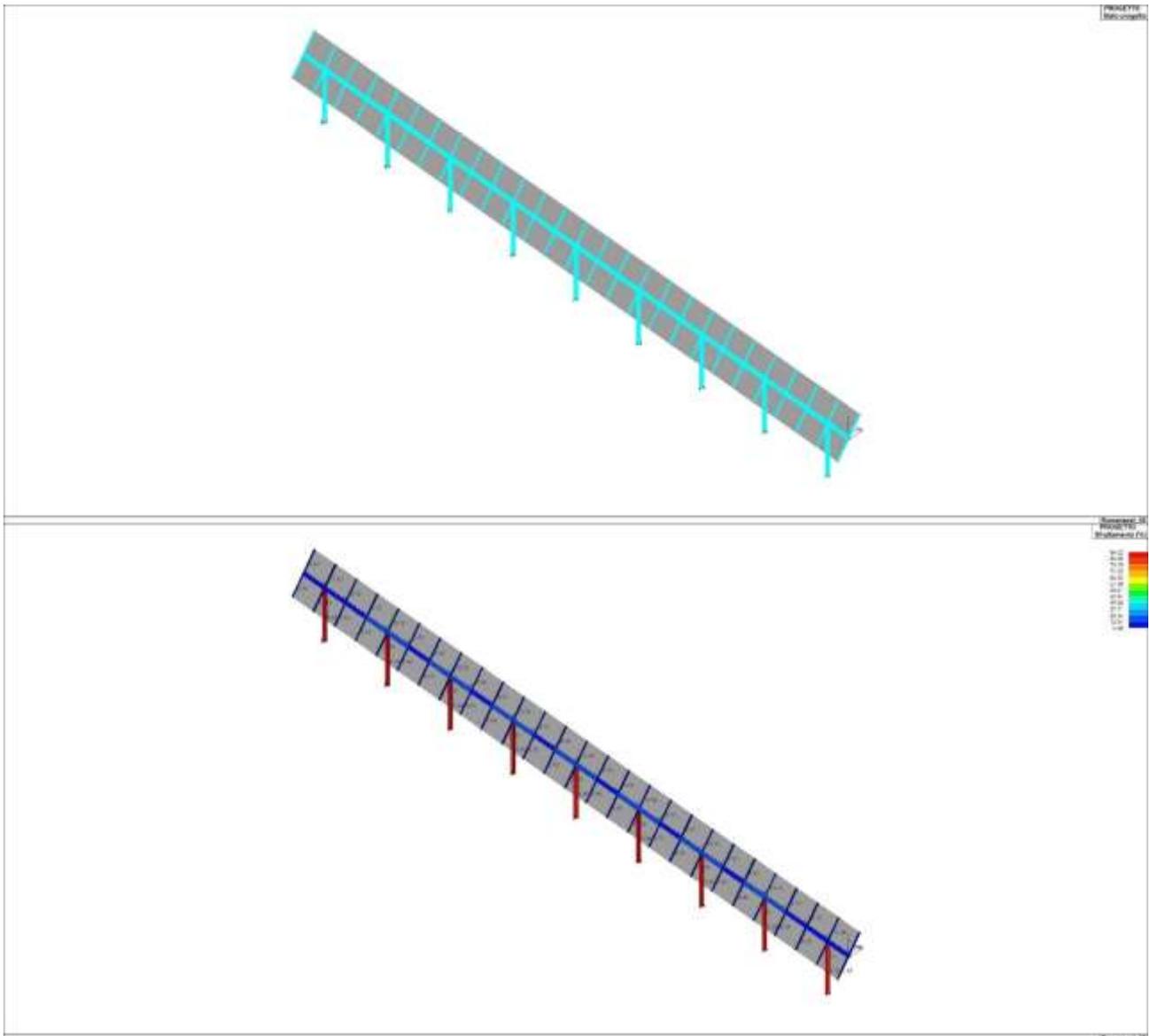


Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"



Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"





#### 4. MODELLAZIONE IMPIANTO A 0°

Per simulare l'azione della neve si è considerata la modellazione a 0° (Pannelli orizzontali) in cui si è considerata l'azione del carico neve.

L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo 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 tenso-deformativo 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:

$\mathbf{K} * \mathbf{u} = \mathbf{F}$       dove  $\mathbf{K}$  = matrice di rigidezza

$\mathbf{u}$  = vettore spostamenti nodali

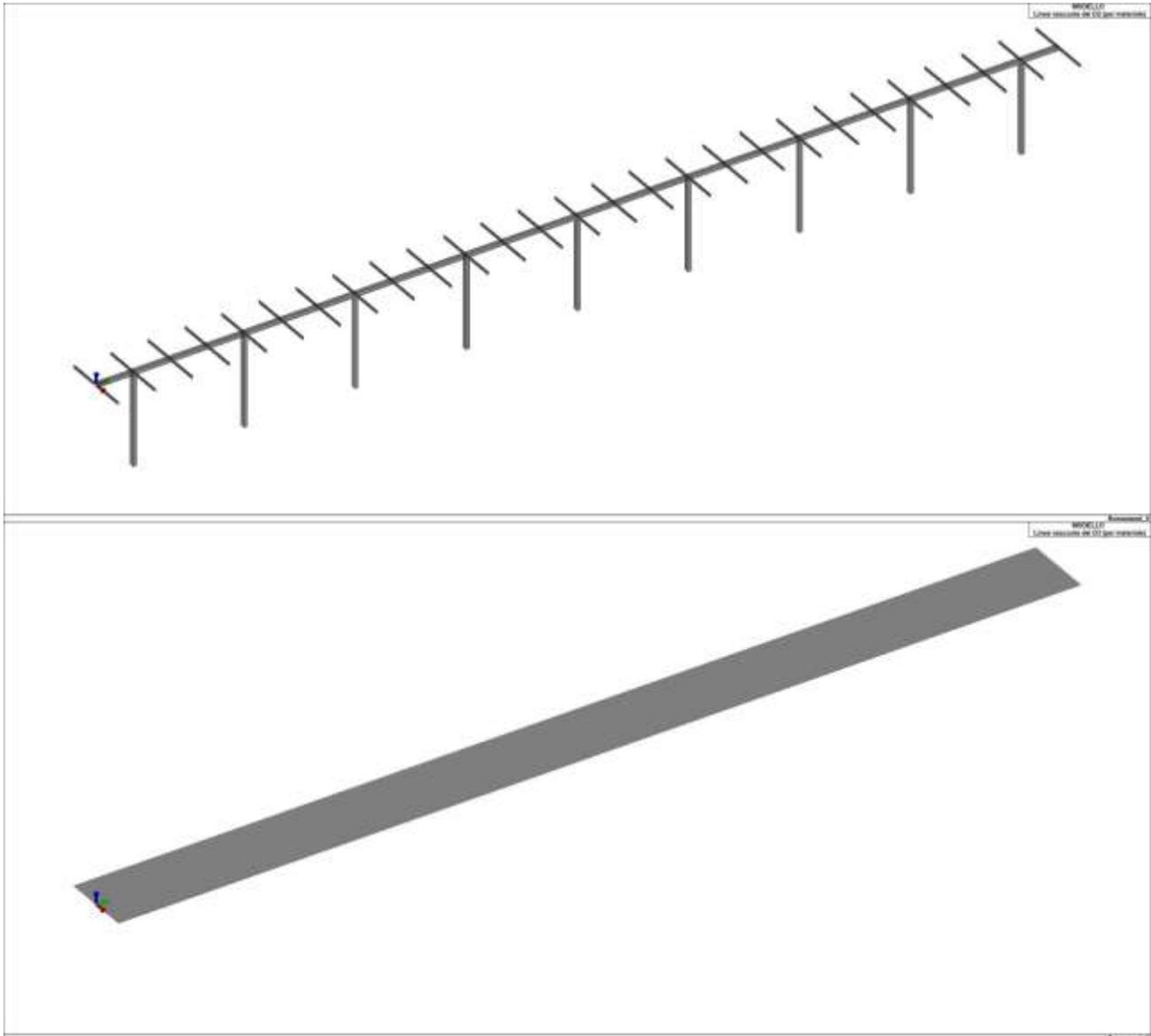
$\mathbf{F}$  = vettore forze nodali

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

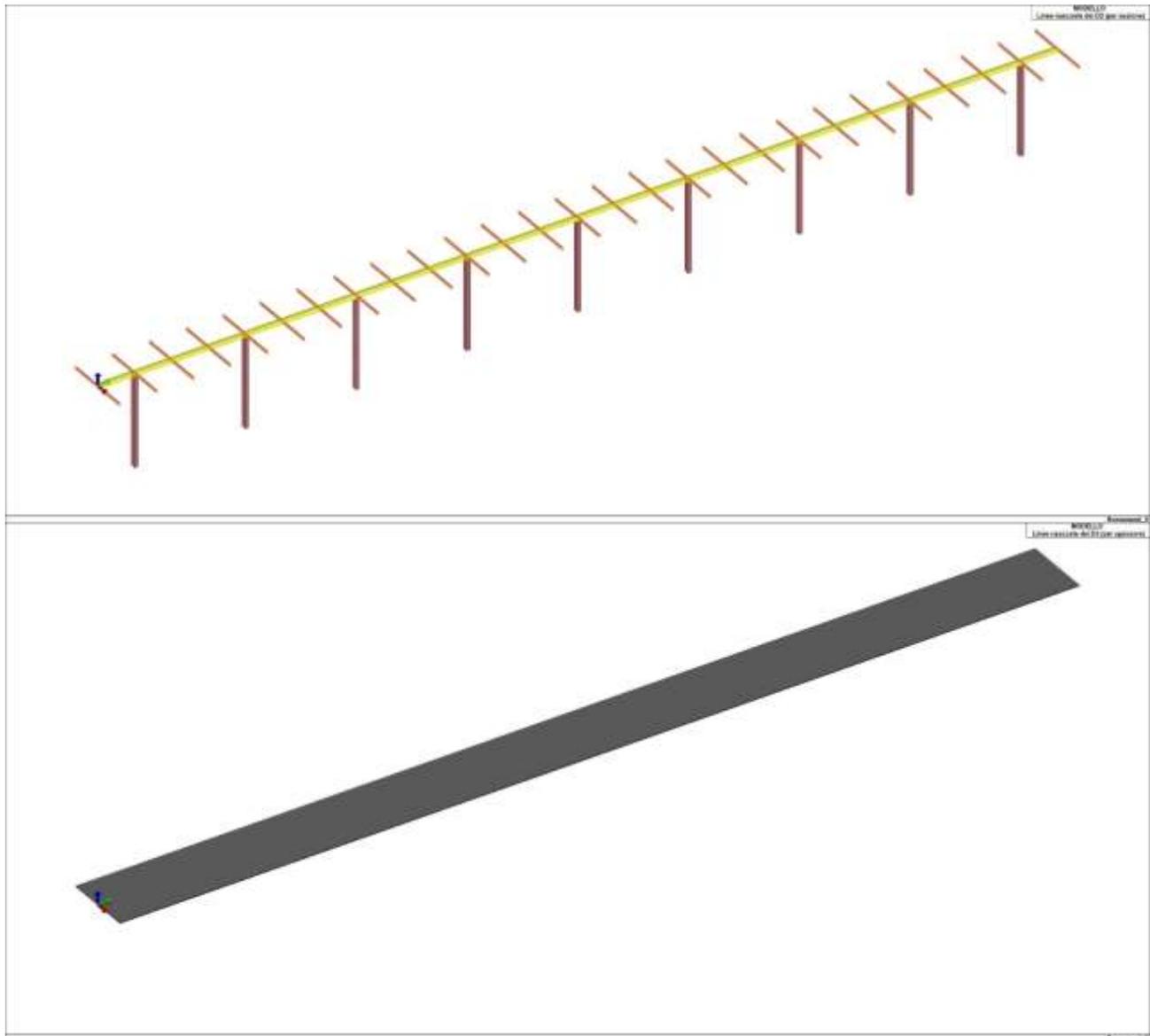
Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

#### **4.1. ELEMENTI FINITI – SEZIONI E SPESSORI**

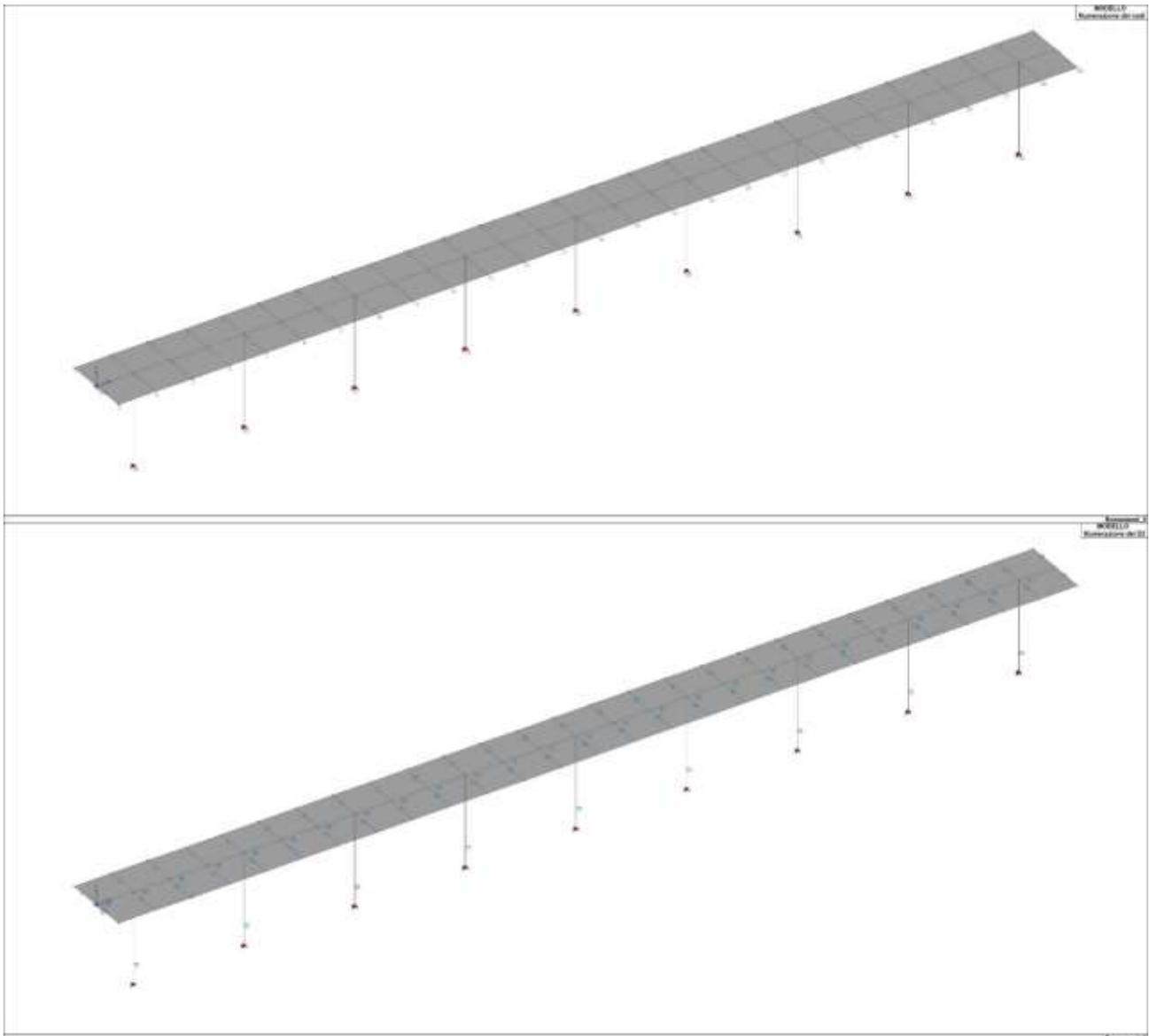
A seguire si riportano le immagini relative alle numerazioni di interesse:



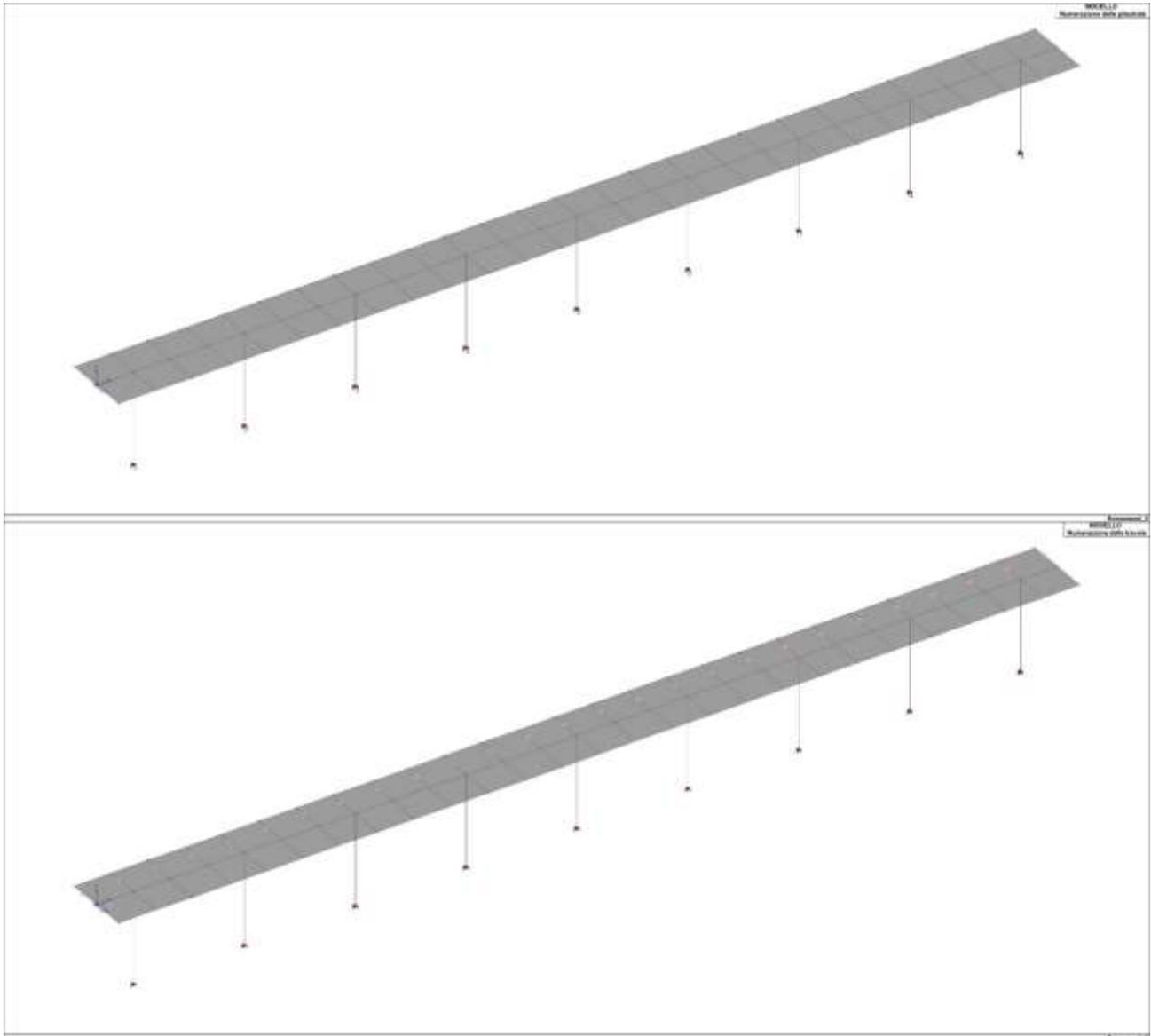
Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"



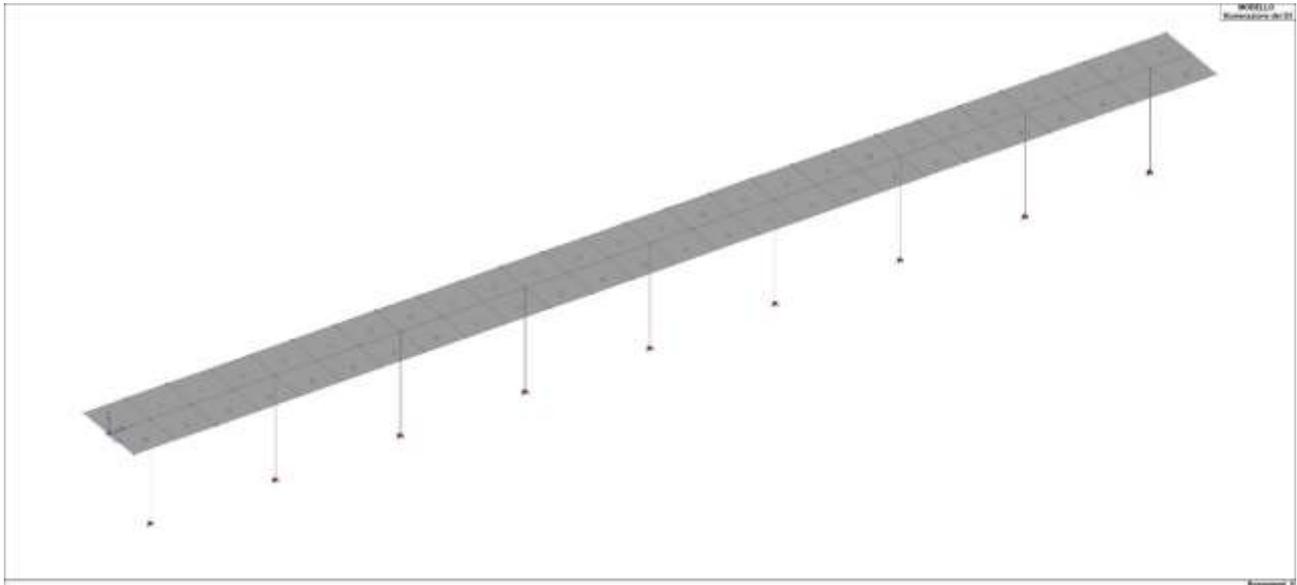
Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"



Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"



Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"



Si riportano di seguito le caratteristiche di sezioni e spessori degli elementi strutturali, in formato tabellare e immagini:

TABELLA\_SEZIONI

Id		Tipo SEZ	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
16		HEA 140	31.40	0.0	0.0	8.10	389.00	1033.00	55.60	155.40	84.80	173.50
34		UNP 80	11.00	0.0	0.0	2.16	19.40	106.00	6.30	26.50	12.10	31.80
35		T.QU 140x140x5.6	29.30	0.0	0.0	1390.71	869.55	869.55	124.22	124.22	146.25	146.25

TABELLA\_SEZIONI

## Legenda

Tipo SEZ	Indica il nome identificativo e la tipologia di sezione
Area	Area della sezione
A V2	Area della sezione/Fattore di taglio (direzione 2)
A V3	Area della sezione/Fattore di taglio (direzione 3)
Jt	Momento di inerzia torsionale della sezione
J 2-2	Momento di inerzia della sezione riferito all'Asse 2

J 3-3	Momento di inerzia della sezione riferito all'Asse 3
W 2-2	Modulo di resistenza della sezione riferito all'Asse 2
W 3-3	Modulo di resistenza della sezione riferito all'Asse 3
Wp 2-2	Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'Asse 2
Wp 3-3	Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'Asse 3

TABELLA\_SPESSORI

Id	Spessore Gusci	Spessore Setti	Sp. solai piano rigido
-	cm	cm	cm
1	3.00	-	-

## Legenda

Spessore Gusci      Spessore degli elementi shell con sviluppo orizzontale

Spessore Setti      Spessore degli elementi shell con sviluppo verticale

## 4.2. CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI

Nell'esecuzione delle opere oggetto della presente relazione è previsto l'utilizzo dei seguenti materiali con le relative caratteristiche:

### 4.2.1. ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI

[11]- MATERIALE PER ELEVAZIONE -

Acciaio Fe360 - S235-acciaio Fe360-S235			
Id	-	-	u.m.
11			
	Tensione ft	3.600e+07	daN/ m2
	Tensione fy	2.350e+07	daN/ m2
	Coefficiente gammaM0 (resistenza)	1.1	

[11]- MATERIALE PER ELEVAZIONE -

<b>Acciaio Fe360 - S235-acciaio Fe360-S235</b>			
<b>Id</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>u.m.</b>
	Coefficiente gammaM1 (stabilità)	1.1	
	Coefficiente gammaM2 (frattura)	1.2	

[158]- MATERIALE PER ELEVAZIONE -

<b>Pannello fotovoltaico - materiale E = 7.138e+05</b>			
<b>Id</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>u.m.</b>
158	PANNELLO FOTOVOLTAICO		

### 4.3. NEVE E VENTO

Si riportano a seguire i calcoli effettuati per la determinazione delle azioni di neve e vento.

#### LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Ubicazione:

Località	CASTELLANETA
Provincia	TARANTO
Regione	PUGLIA
Latitudine	4490235,93 N
Longitudine	662523,48 E
Altitudine s.l.m.	65,0 m

#### CALCOLO DELLE AZIONI DELLA NEVE E DEL VENTO

Normativa di riferimento:

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

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

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

### NEVE

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

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale;

Esp.: zona topografica di esposizione al vento;

Ce: coefficiente di esposizione al vento;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

as: altitudine del sito;

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

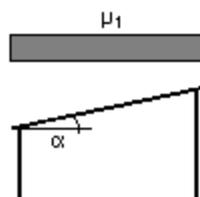
Zona	Esposizione	Ce	TR	as	qsk
III	Zona normale	1,00	50 anni	78 m	60,00

Copertura ad una falda:

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

- Copertura piana  $W = 4.8$  m,  $L = 34.0$  m  $\Rightarrow Lc = 8.9$ ,  $Cef = 1.000$

$m1 = 0,80 \Rightarrow Q1 = 48$  daN/mq



### VENTO

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

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale (NTC - Tab. 3.3.1);

Vb,0: velocità base della zona (NTC - Tab. 3.3.1);

$a_0$ : altitudine base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

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

$a_s$ : altitudine del sito;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

$V_b$ : velocità di riferimento calcolata come segue:

$$V_b = V_{b,0} \text{ per } a_s \leq a_0$$

$$V_b = V_{b,0} (1 + k_s ((a_s / a_0) - 1)) \text{ per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

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

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

$C_r$ : coefficiente di ritorno in funzione del periodo di ritorno TR

$V_r$ : velocità di riferimento riferita al periodo di ritorno TR

Zona	$V_{b,0}$	$a_0$	$k_s$	$a_s$	TR	$V_b$	$C_r$	$V_r$
3	27 m/s	500 m	0,37	78 m	50 anni	27,00 m/s	1,000	27,00 m/s

Pressione cinetica di riferimento,  $q_r = r V_r^2 / 2 = 46 \text{ daN/mq}$

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

Esposizione:

Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

$K_r$	$z_0$	$z_{min}$
0,19	0,05 m	4 m

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

Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D

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

Cp: coefficiente di pressione;

Cd: coefficiente dinamico;

Ct: coefficiente di topografia;

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

z: altezza sul suolo.

Cp	Cd	Ct	Ce	z
1,00	1,00	1,00	1,92	4,90 m

#### Pressione del vento

$$p = q_r C_e C_p C_d = 87 \text{ daN/mq}$$

#### TEMPERATURA DELL'ARIA ESTERNA

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

$$T_{\min} = -15 - 4 a_s / 1000 \quad (\text{NTC 3.5.1})$$

$$T_{\max} = 42 - 6 a_s / 1000 \quad (\text{NTC 3.5.2})$$

dove  $a_s$  è l'altitudine di riferimento

Zona	$a_s$	T min	T max
I	78 m	-15,31 °C	41,53 °C

#### 4.4. 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.

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

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:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_{vs}(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_{vs}(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_{vs}(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_{vs}(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

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

La struttura è localizzata in:

Localizzazione
Località CASTELLANETA (TA)
Comune di CASTELLANETA (TA)
Regione Puglia
Longitudine E 662523,48
Latitudine N 4490235,93 (Riferimento WGS84)

L'azione sismica viene definita in relazione a 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**

Class e d'uso	Vita Vn	Coeff. Uso	Periodo Vr	Tipo di suolo	Categoria topografica	Quota relativa
	[anni]		[anni]			[%]
I	50.0	0.7	35.0	C	T1	-

La risposta sismica locale (RSL) è definita come da NTC 2018 Tab. 3.2.II e Tab. 3.2.III.

#### 4.4.1. CALCOLO FATTORE DI COMPORTAMENTO

**Principali caratteristiche della struttura**

Opera di nuova realizzazione	SI
Struttura regolare in pianta	SI
Struttura regolare in altezza	SI
Classe di duttilità	B media
Analisi per carichi non sismici	SI
Analisi sismica	Dinamica lineare
Verifica SLD di resistenza	NO

**Fattori di comportamento utilizzati SLU**

	Dissipativi	Verifiche fragili	Non Dissipativi
q SLU x	1.00	1.00	1.00
q SLU y	1.00	1.00	1.00
q SLU z	1.50	-	-

Fattori di comportamento utilizzati SLD	
q SLD x	1.00
q SLD y	1.00
q SLD z	1.00
Eta SLO	1.00

Si riportano di seguito, per completezza, le videate delle opzioni così come impostate nel programma:

**Valutazione della pericolosità sismica**

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Vertici della maglia elementare INGV [riferimento ED50]

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza [km]
34129	16.913	40.583	5.574
34130	16.979	40.581	6.562
33908	16.982	40.631	3.904
33907	16.916	40.633	1.707

Coordinate geografiche [riferimento WGS84]

Località:

Longitudine:  Latitudine:

Applica la Risposta Sismica Locale

Parametri per le forme spettrali

	Pver	Tr	ag [g]	Fo	T*c
SLO	81	30	0.0343	2.402	0.278
SLD	63	35.2	0.0377	2.420	0.283
SLV	10	332.19	0.1236	2.487	0.312
SLC	5	682.35	0.1674	2.481	0.311

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Vita Vn [anni]	Coefficiente uso Cu	Periodo Vr [anni]	Livello di sicurezza
<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="0.7"/>	<input type="text" value="35"/>	<input type="text" value="100"/>

Rimuovi limiti Vr e Tr (di norma NO)

Nota: per il calcolo dei parametri sismici  
1) inserire le coordinate geografiche 2) introdurre Vn e Cu

Per le isole è possibile utilizzare come località: gruppo isole N [con N = 1,2,3,4,5]

p.e. 10% in 50 anni

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papattono"

Passo 1

Classe d'uso

- I edifici di minor importanza per la sicurezza pubblica [edifici agricoli...]
- II edifici ordinari
- III edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (scuole, teatri...)
- IV edifici la cui funzionalità ha importanza fondamentale per la protezione civile (ospedali, municipi...)

Pericolosità e zonazione

pericolosità sismica

agS per SLV:

Modalità di progettazione semplificata per agS < 0.75

Strutture esistenti

- LC1: conoscenza limitata
- LC2: conoscenza adeguata
- LC3: conoscenza accurata

Fattore di confidenza FC:

< Indietro Avanti > Annulla Aggiorna

Categoria di suolo di fondazione

- A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi...
- B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti...
- C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti...
- D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti...
- E Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D...

Categoria topografica

- T1
- T2 in sommità al pendio
- T3 in cresta al rilievo con moderata pendenza
- T4 in cresta al rilievo

quota relativa (%)

Spettri di progetto

Usa spettri esterni

Passo 3

Parametri e fattori spettrali

S.L.	ag	S	Fo	Fv	TB	TC	TD
SLO	0.034	1.500	2.402	0.601	0.148	0.445	1.737
SLD	0.038	1.500	2.420	0.634	0.150	0.451	1.751
SLV	0.124	1.500	2.487	1.180	0.160	0.481	2.094
SLC	0.167	1.451	2.481	1.370	0.160	0.480	2.270

Verticale per tutti:

eta SLO  qSLD x  qSLD y  qSLD z  qSLU x  qSLU y  qSLU z

Smorzamento...   <= Esistenti v. fragili

Duttilità

- ND - non dissipativa
- B - media
- A - alta

Regolarità

- in pianta
- in altezza

Edifici isolati

T is

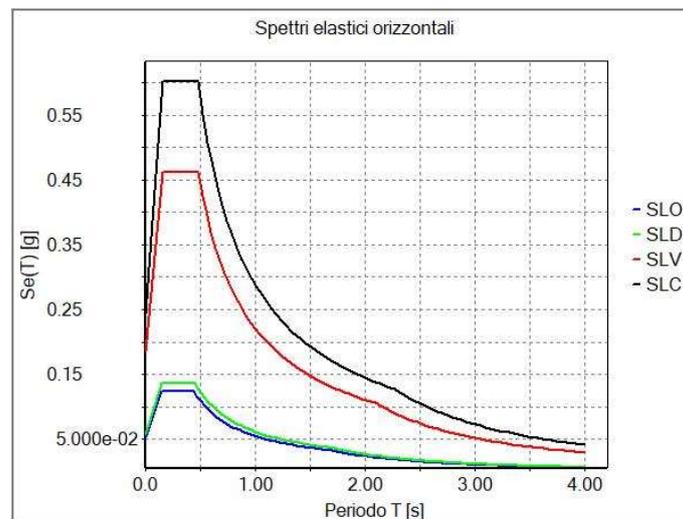
s esi

< Indietro Avanti > Annulla Aggiorna

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"

<b>Dati comuni per le analisi</b> Quota spiccato [cm] <input type="text" value="0.0"/> Contributo carichi in fondazione <input type="checkbox"/> Eccentricità aggiuntiva X: <input type="text" value="5"/> Y: <input type="text" value="5"/> Spost. relativo rapp. SLC/SLD: <input type="text" value="5"/> ex. muratura <b>Dati per analisi dinamica</b> N. modi: <input type="text" value="9"/> N. modi rigidi: <input type="text" value="0"/>		<b>Dati per analisi statica lineare e non lineare</b> Altezza edificio [cm] <input type="text" value="481.658"/> Fatt. Lambda [0.85 - 1] <input type="text" value="1.0"/> Periodo T1 [primo modo] <input type="text" value="0.3"/> Sd (T1) - SLU <input type="text" value="0.146"/> Se (T1) - SLD <input type="text" value="0.05"/> Rapp T1/TrZ <input type="text" value="0.734"/> <input type="text" value="1.154"/> Accelerazione uniforme [Fi=Fh] <input type="checkbox"/> suggerito: NO Eccentricità convenzionale con momenti Mz <input type="checkbox"/> NO Usa spostamenti medi di piano per pushover <input checked="" type="checkbox"/> SI		
		<b>Calcola periodi T1</b> dir. x-x <input type="text" value="0.3"/> dir. y-y <input type="text" value="0.3"/> dir. z-z <input type="text" value="0.3"/> Se (T1) - SLU <input type="text" value="0.146"/> Se (T1) - SLD <input type="text" value="0.05"/> Se (T1) - SLC <input type="text" value="0.009"/> Se (T1) - SCL <input type="text" value="0.003"/>		

Si riportano di seguito gli SPETTRI di input sismico e le caratteristiche dinamiche proprie della struttura, pertanto in assenza di eccentricità aggiuntive:



#### 4.5. SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO

E' possibile definire i casi di carico scegliendo fra le dodici tipologie elencate nella tabella seguente:

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

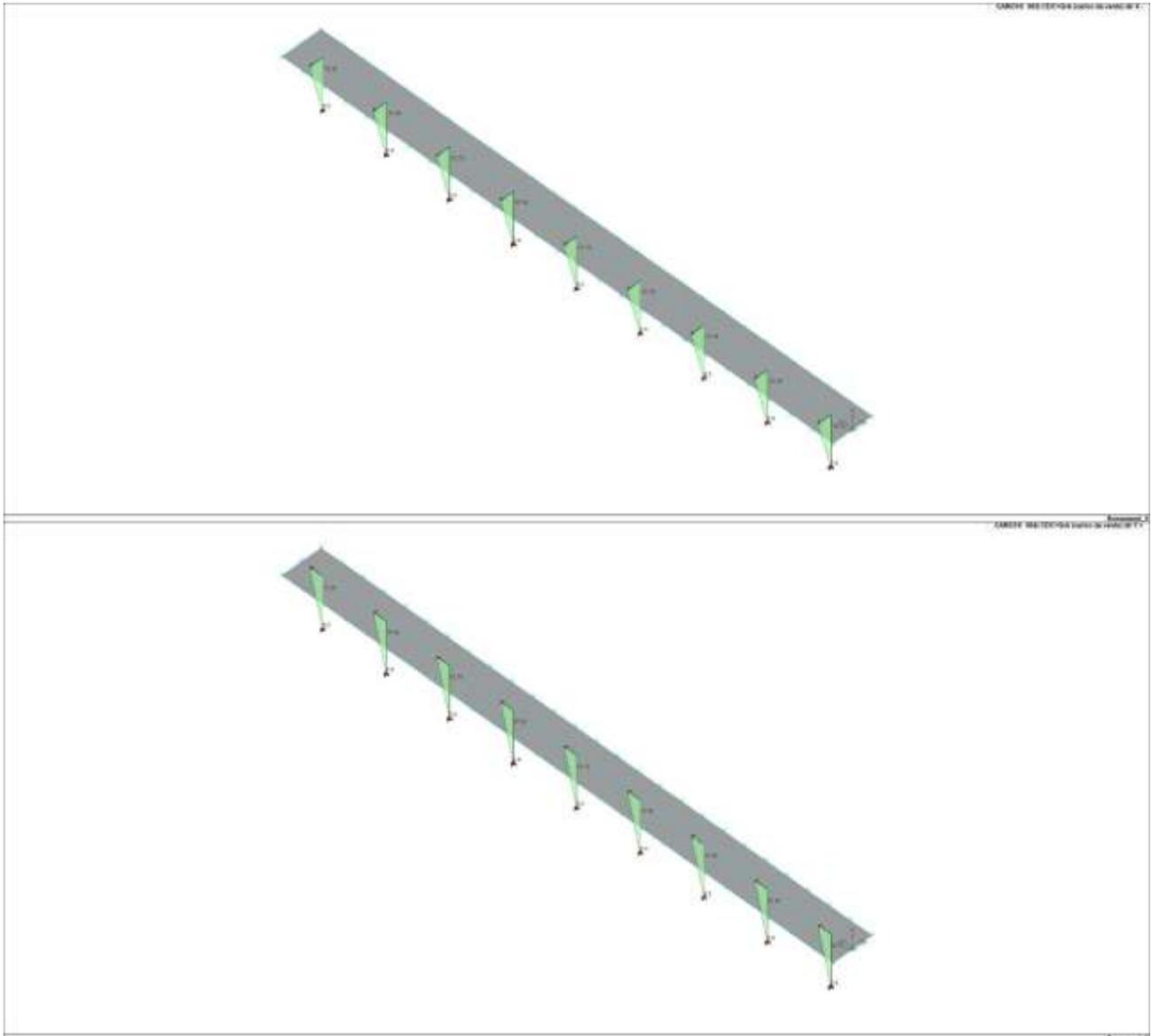
I casi di carico utilizzati nella modellazione oggetto della presente relazione sono i seguenti:

TABELLA\_CASI\_DI\_CARICO

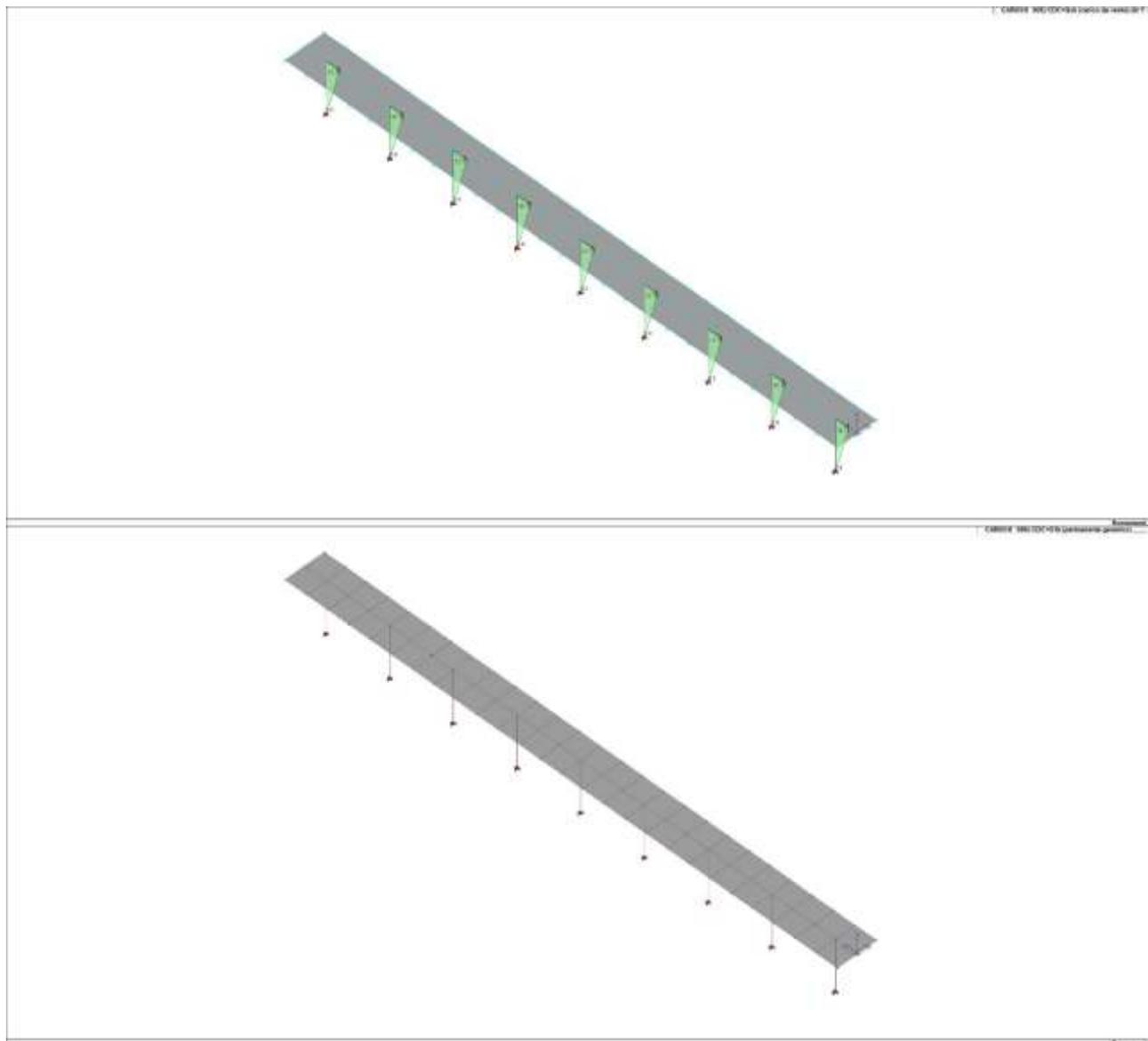
CDC	Tipo CDC	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir X +	
3	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir X -	
4	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir Y +	
5	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir Y -	
6	Gk	CDC=Gk (permanente generico) .....	
7	Qk	CDC=Qk neve	
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	

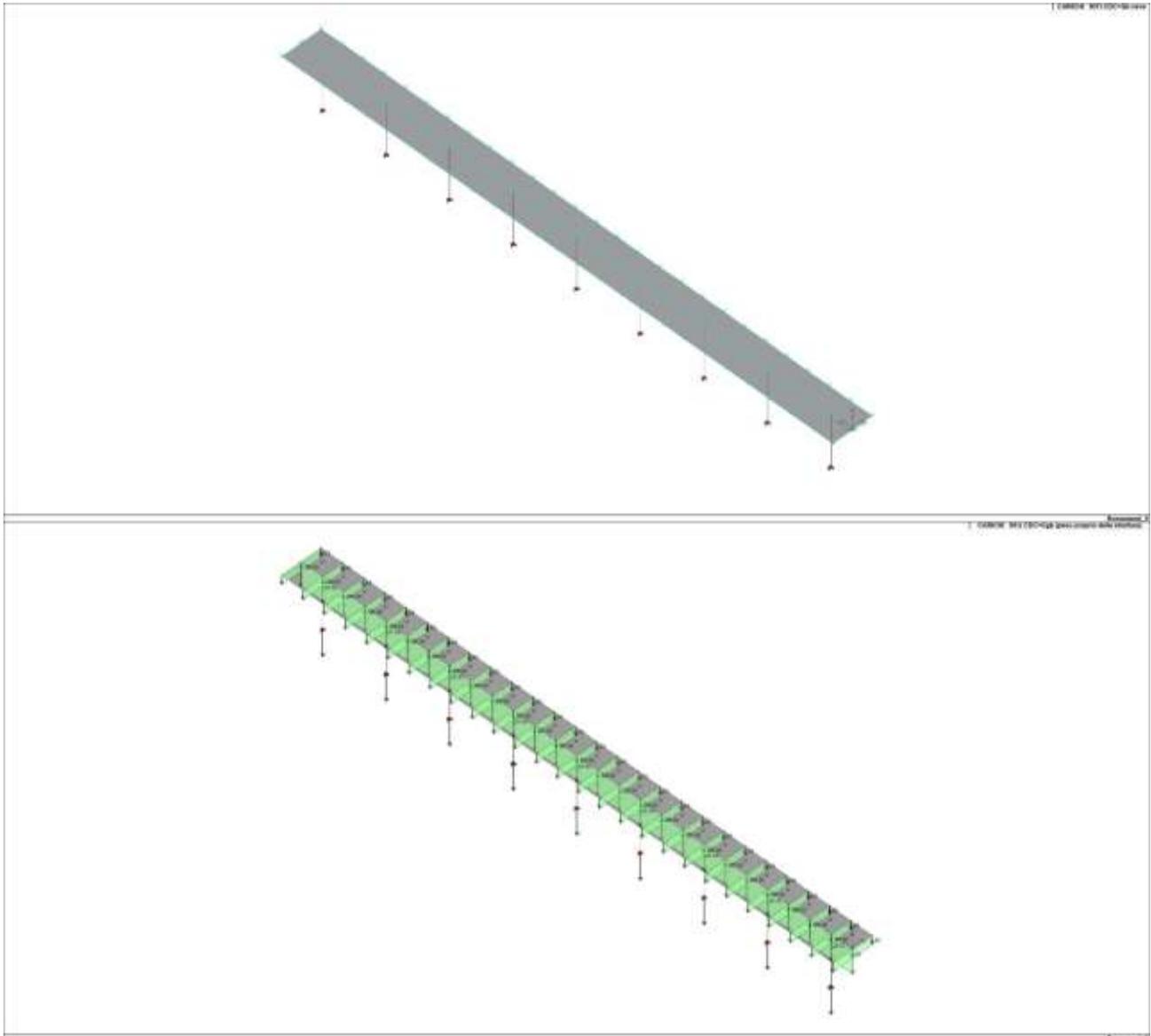
## TABELLA\_CASI\_DI\_CARICO

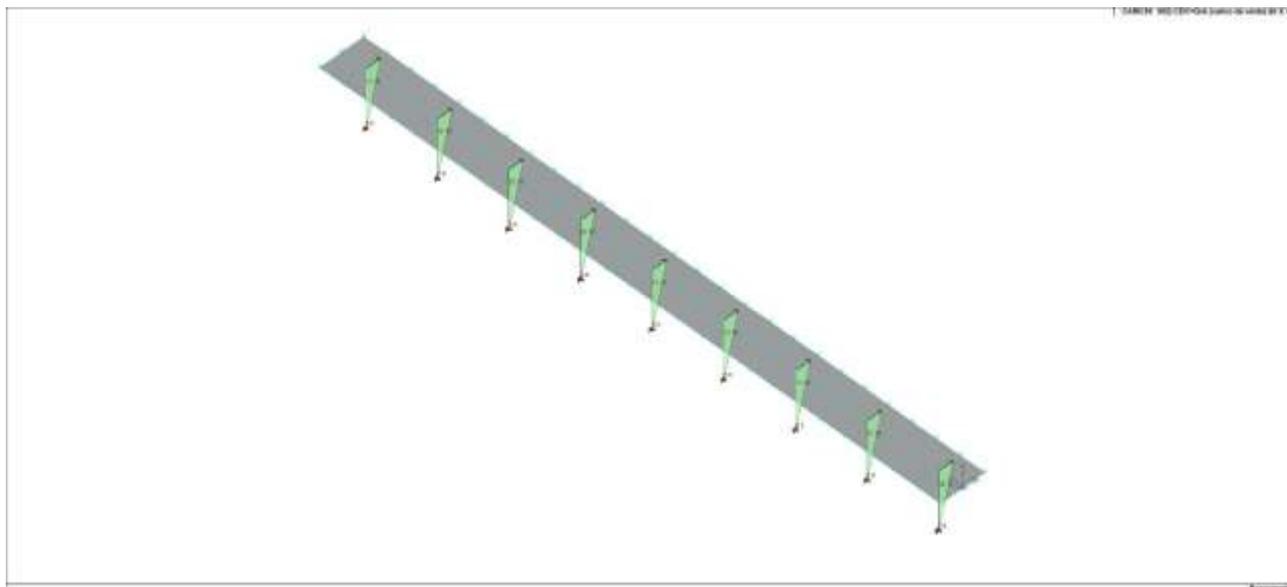
CDC	Tipo CDC	Sigla Id	Note
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	
11	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	
12	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	
13	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	
14	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	
15	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	



Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"







#### 4.6. DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

Le combinazioni previste per i diversi casi di carico (CDC) seguono le regole previste dalla Normativa vigente e sono destinate al controllo di sicurezza della struttura e alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

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

##### **Combinazione fondamentale SLU**

$$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$$

##### **Combinazione caratteristica (rara) SLE**

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

##### **Combinazione frequente SLE**

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

##### **Combinazione quasi permanente SLE**

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

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

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

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

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

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	$\psi_{0j}$	$\psi_{1j}$	$\psi_{2j}$
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 $\leq$ 30kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli $>$ 30kN)	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 $\leq$ 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.I

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

#### 4.6.1. TIPO DI ANALISI EFFETTUATE

Tipo di analisi strutturale	
Analisi per carichi non sismici	SI
Sismica statica lineare	NO
Sismica dinamica lineare	SI
Sismica statica non lineare (triangolare; G1 - a §7.3.3.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo; G1 - b §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. tagli di piano; G1 - c §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. masse; G2 - a §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (multimod; G2 - c §7.3.4.2)	NO

Non linearità geometriche (fattore P delta)	NO
---	----

#### 4.6.2. COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO

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

TABELLA\_COMBINAZIONI

Tipo CMB	Da	Da	A	A
-	Id	Nome	Id	Nome
SLU	1	Comb. SLU A1 1	20	Comb. SLU A1 20
SLE rara	21	Comb. SLE(rara) 21	30	Comb. SLE(rara) 30
SLE frequente	31	Comb. SLE(freq.) 31		
SL eccezionale	32	Comb. SLU (Eccez.) 32		
SLE quasi permanente	33	Comb. SLE(perm.) 33		

Si riportano di seguito, per completezza, le videate delle opzioni così come impostate nel programma:

---

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"

Caso di carico:

CDC	Psi 0	Psi 1	Psi 2	Psi 2 sis	Segni
[2] CDC=Qvk (	0	0	0	0	neg - 0 - pos
[3] CDC=Qvk (	0	0	0	0	neg - 0 - pos
[4] CDC=Qvk (	0	0	0	0	neg - 0 - pos
[5] CDC=Qvk (	0	0	0	0	neg - 0 - pos
[7] CDC=Qk n...	0	0	0	0	positivo

Caso di carico:

CDC	[2] CDC=Qvk ...	[3] CDC=Qvk ...	[4] CDC=Qvk ...	[5] CDC=Qvk ...	[7] CDC=Qk ...
[2] CDC=Qvk (		Non dipende...	Non dipende...	Non dipende...	Non dipende...
[3] CDC=Qvk (			Non dipende...	Non dipende...	Non dipende...
[4] CDC=Qvk (				Non dipende...	Non dipende...
[5] CDC=Qvk (					Non dipende...
[7] CDC=Qk n...					

Caso di carico:

CDC	Durata	Valore rif.
[1] CDC=Ggk (peso proprio)	Permanente	1
[2] CDC=Qvk (carico da ve...	Permanente	1
[3] CDC=Qvk (carico da ve...	Permanente	1
[4] CDC=Qvk (carico da ve...	Permanente	1
[5] CDC=Qvk (carico da ve...	Permanente	1
[6] CDC=G1k (permanente)	Permanente	1
[7] CDC=Qk neve	Permanente	1
[8] CDC=Ed (dinamico SL...	Permanente	1
[9] CDC=Ed (dinamico SL...	Permanente	1
[10] CDC=Ed (dinamico SL...	Permanente	1
[11] CDC=Ed (dinamico SL...	Permanente	1
[12] CDC=Ed (dinamico SL...	Permanente	1
[13] CDC=Ed (dinamico SL...	Permanente	1
[14] CDC=Ed (dinamico SL...	Permanente	1
[15] CDC=Ed (dinamico SL...	Permanente	1

SLU non sismici

	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q
Fattori di comb. A1 [STR]	1.3	1	1.5	0.8	1	1	1.5
Fattori di comb. A2 [GEO]	1	1	1.3	0.8	1	1	1.3
<input type="checkbox"/> SLU EQU	1.1	0.9	1.5	0.8	1	1	1.5

SL per azioni sismiche

	g E	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q
Fattori di comb. A1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fattori di comb. A2	1	1	1	1	1	1	1	1

Non applicare automatismo per il punto NTC 7.2.5 (amplificazione azioni elementi soprastanti le fondazioni)

SLU per azioni eccezionali

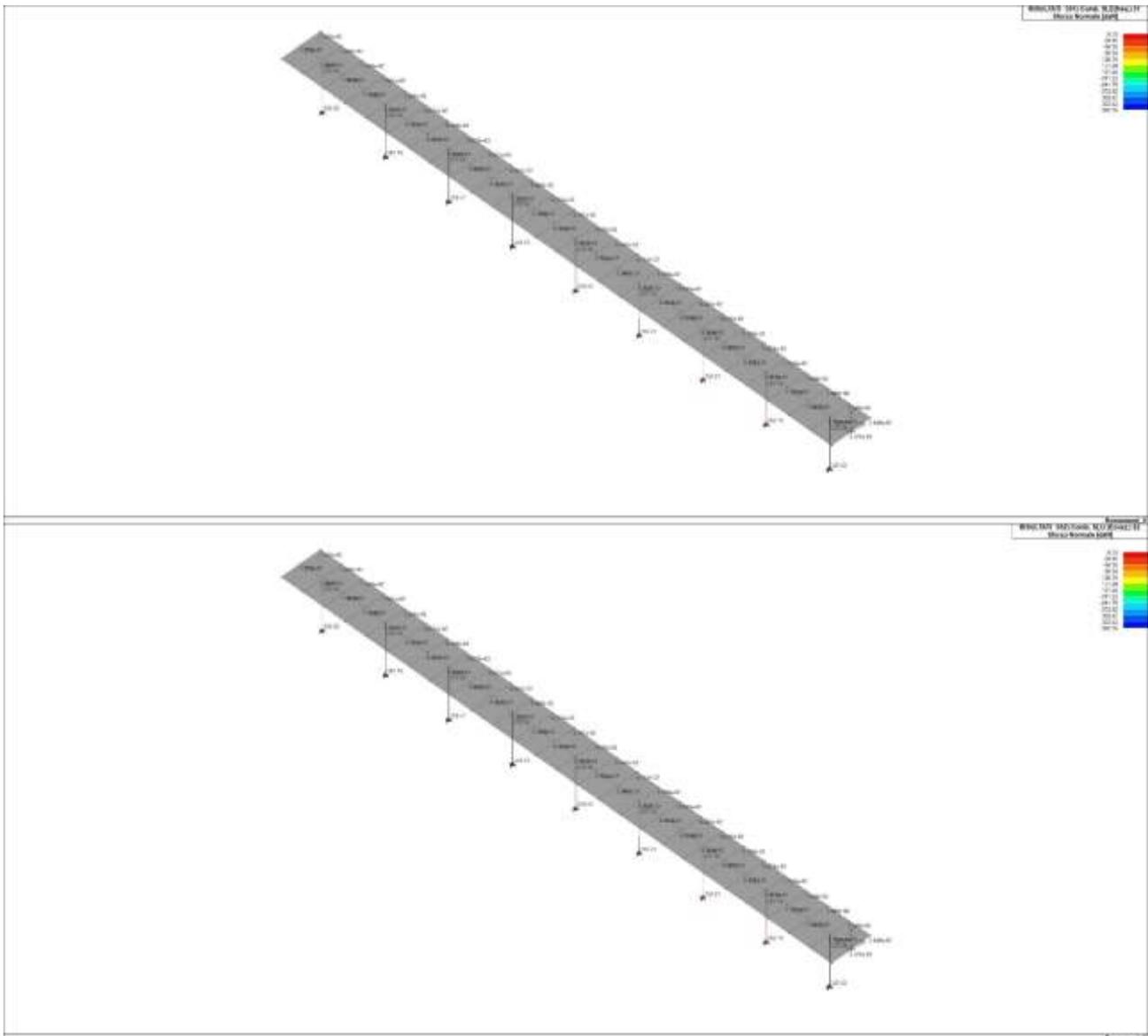
	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q
Fattori di combinazione	1	1	1	1	1	1	1

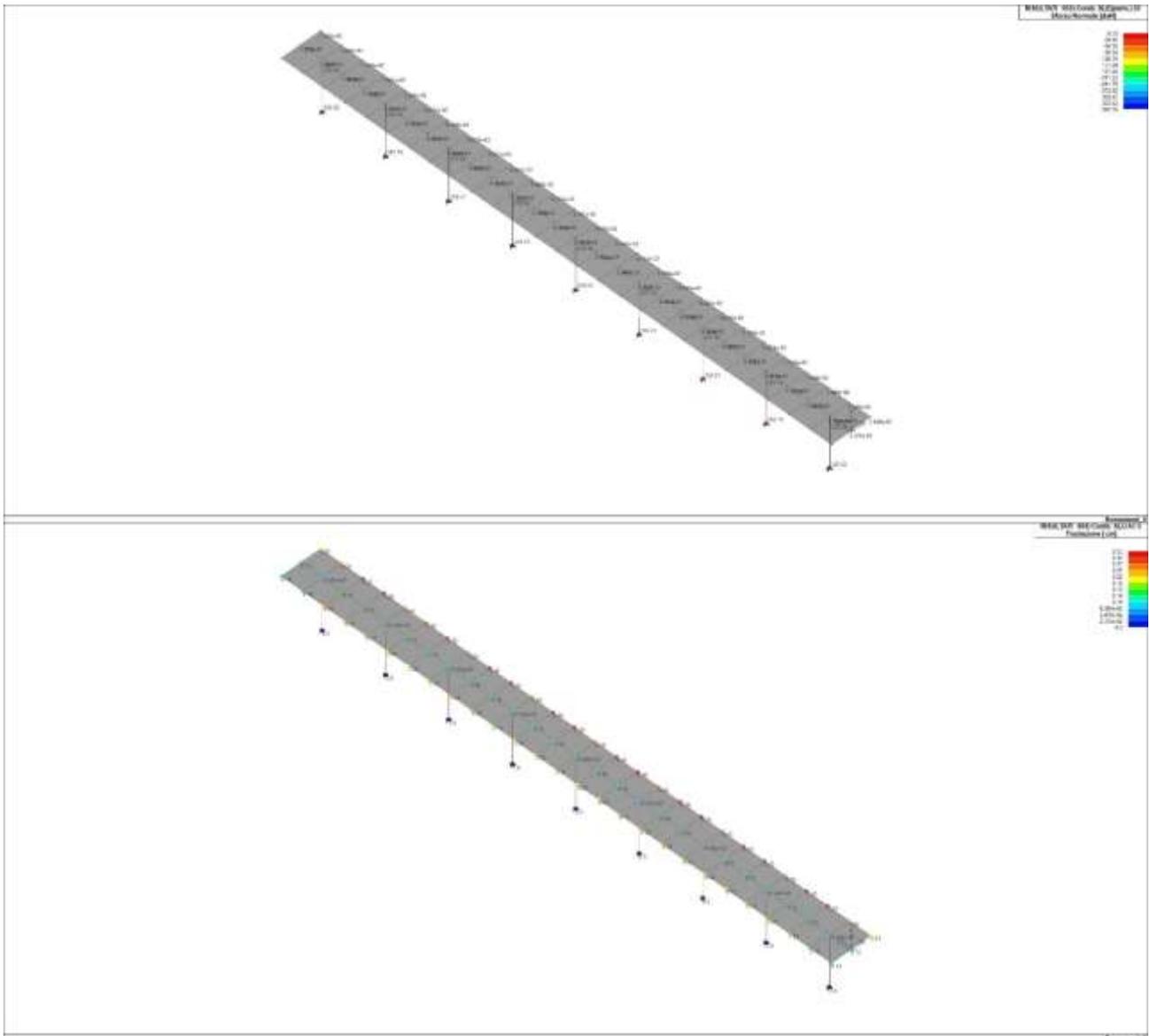
Permuta valori g min e g max

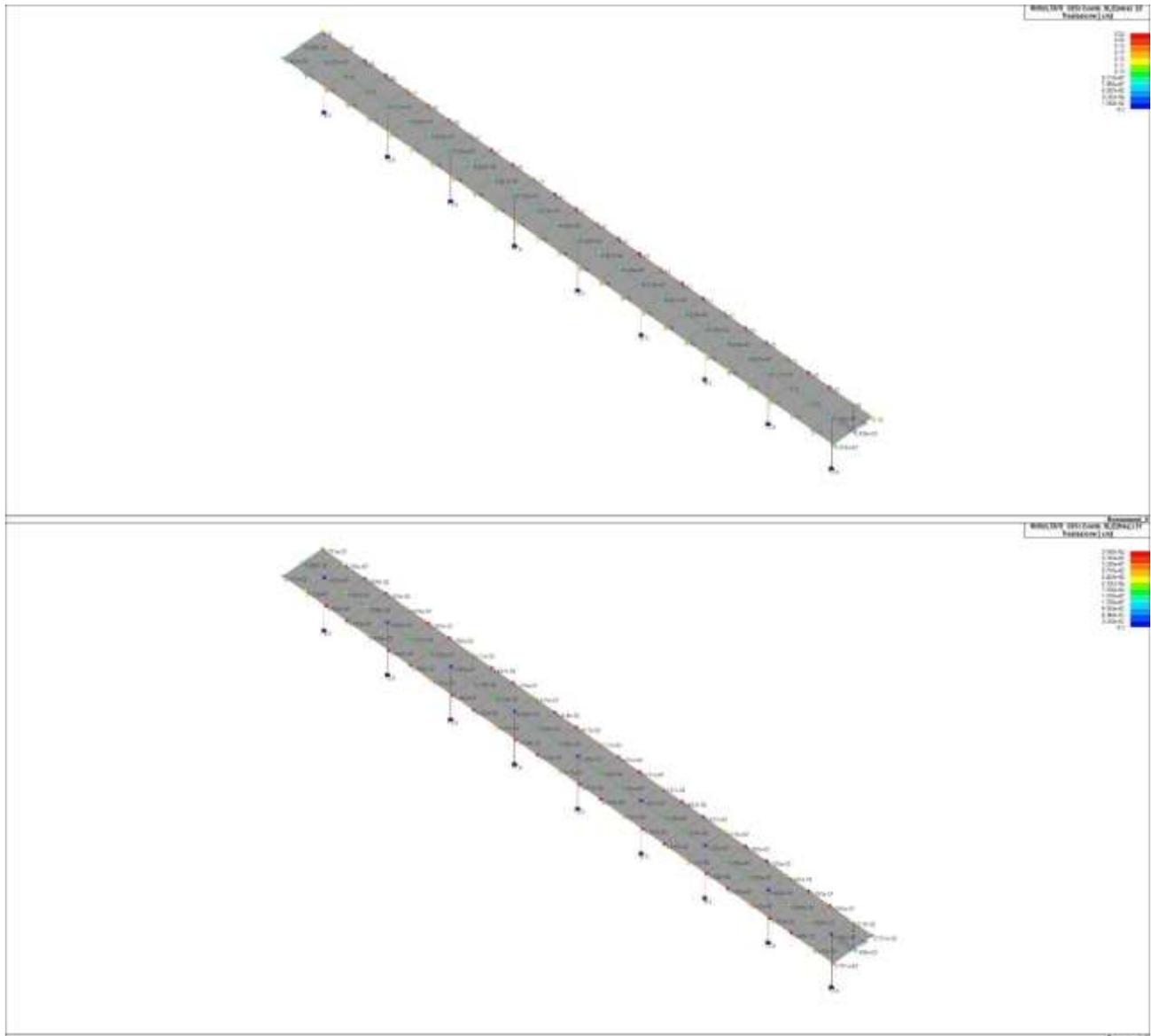
Nota importante: i valori max e min in tabella (riferiti ai cdc permanenti e precompressione) applicati con permutazione possono portare ad un numero di combinazioni particolarmente elevato.

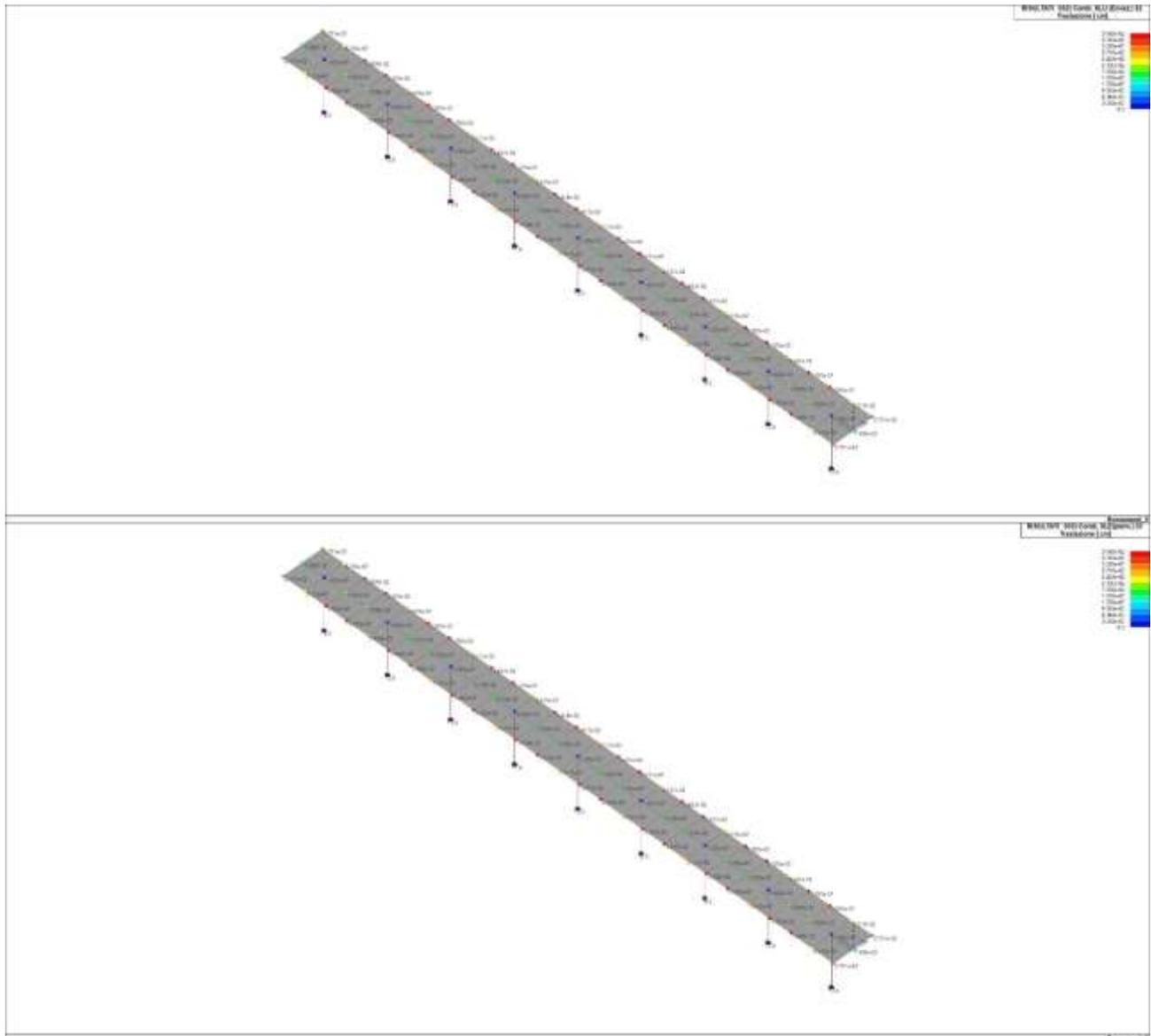
#### 4.7.PRINCIPALI RISULTATI

Si riportano i valori massimi dei principali risultati ottenuti per ogni gruppo di combinazioni:

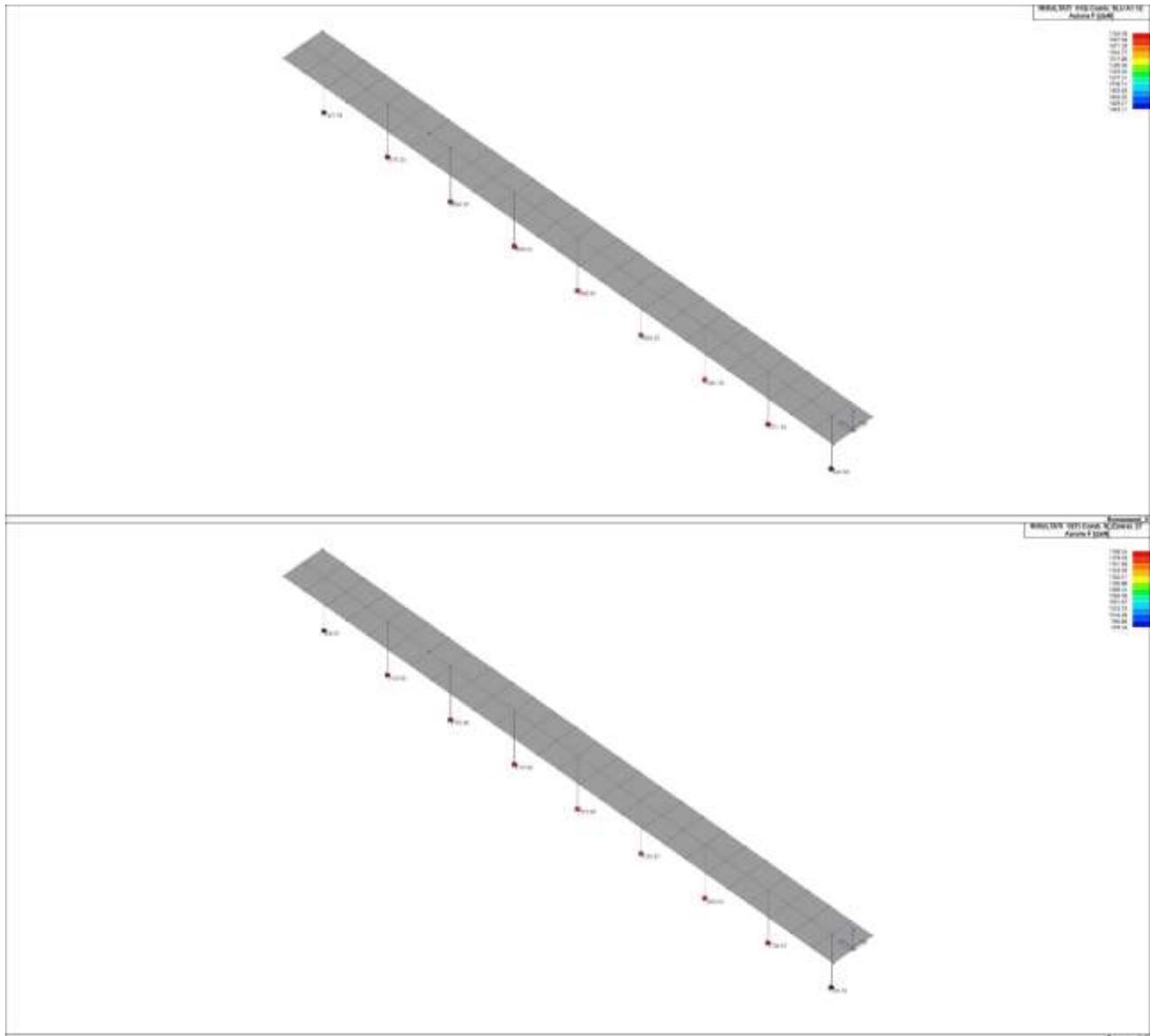


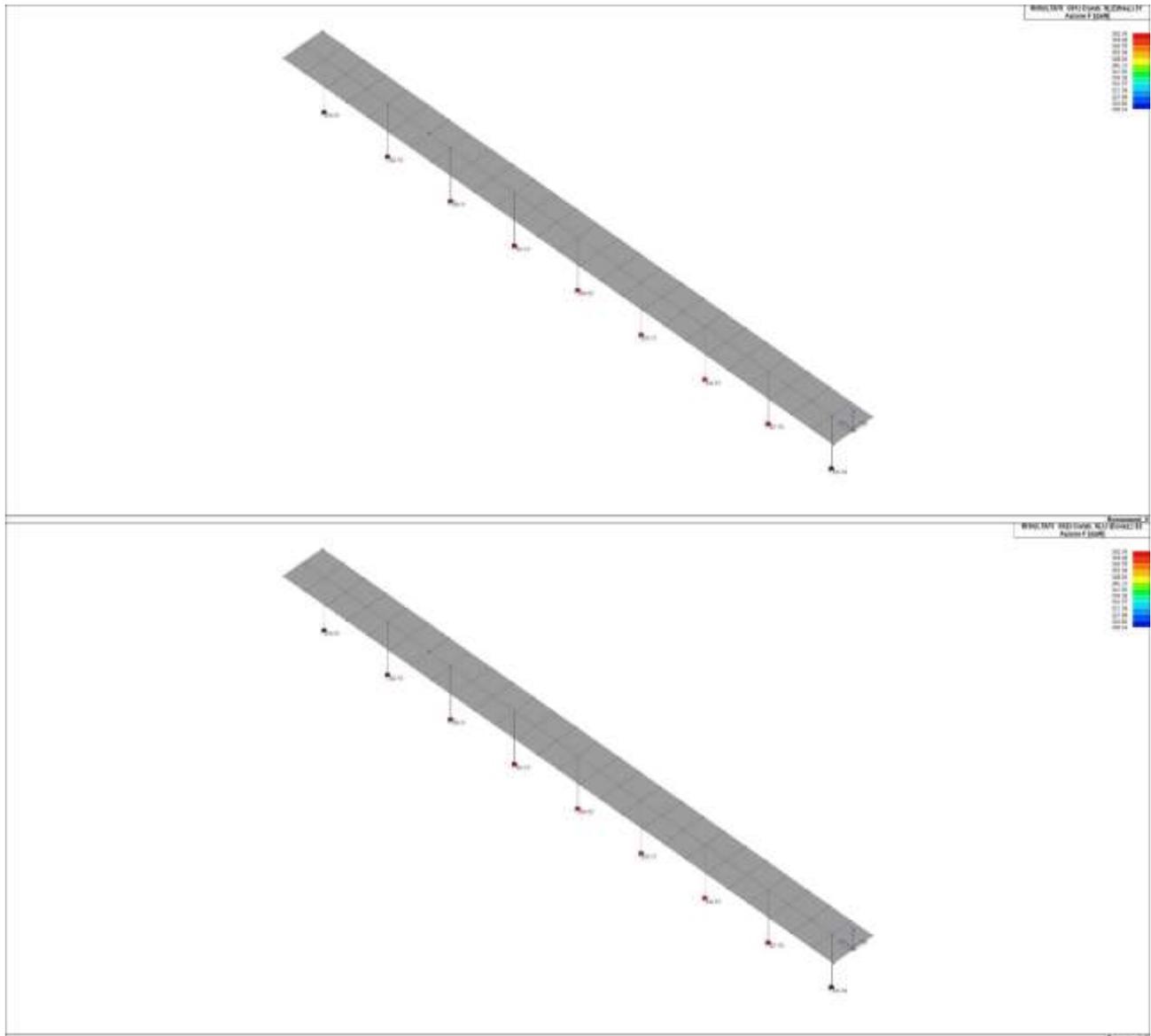


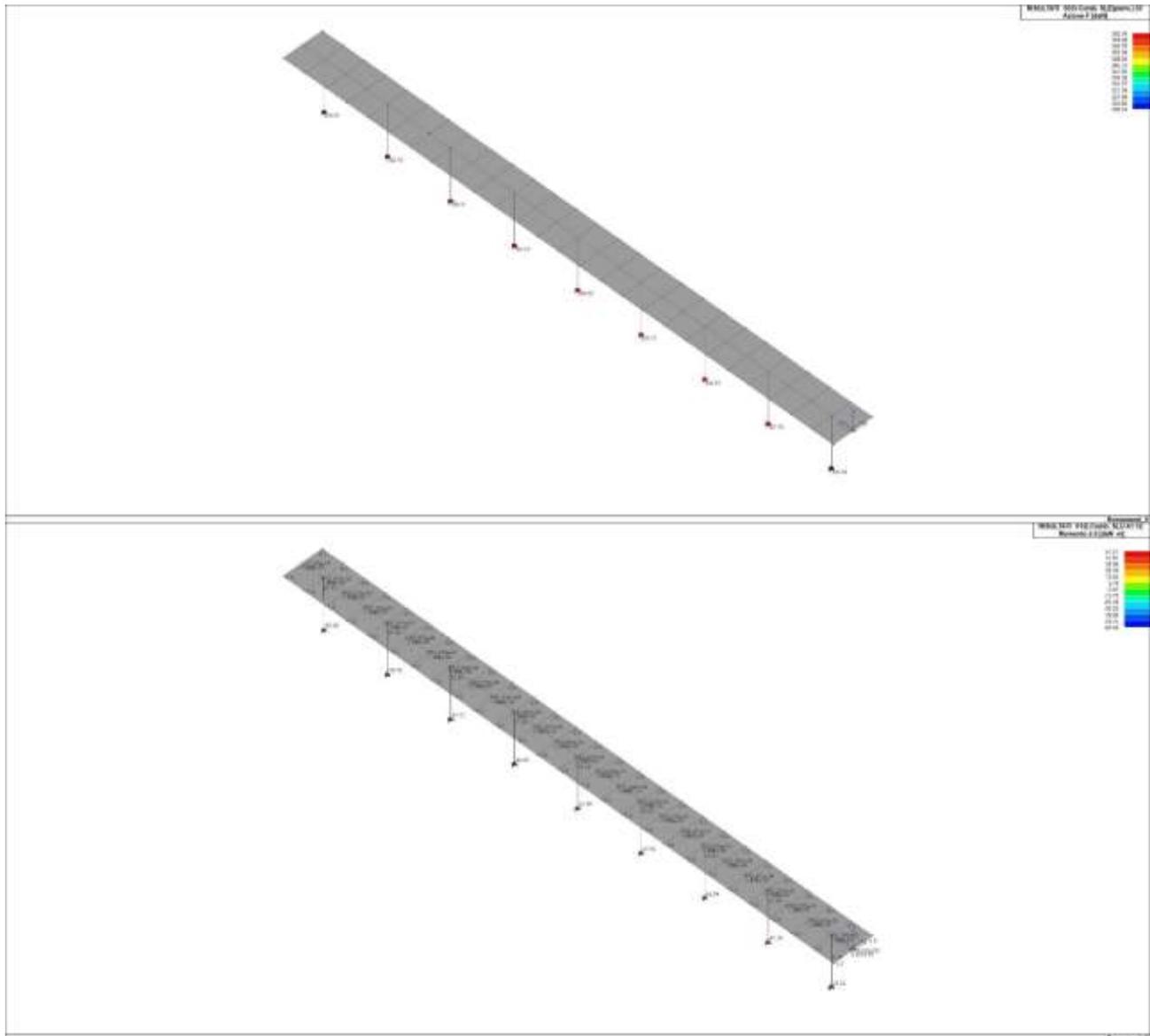


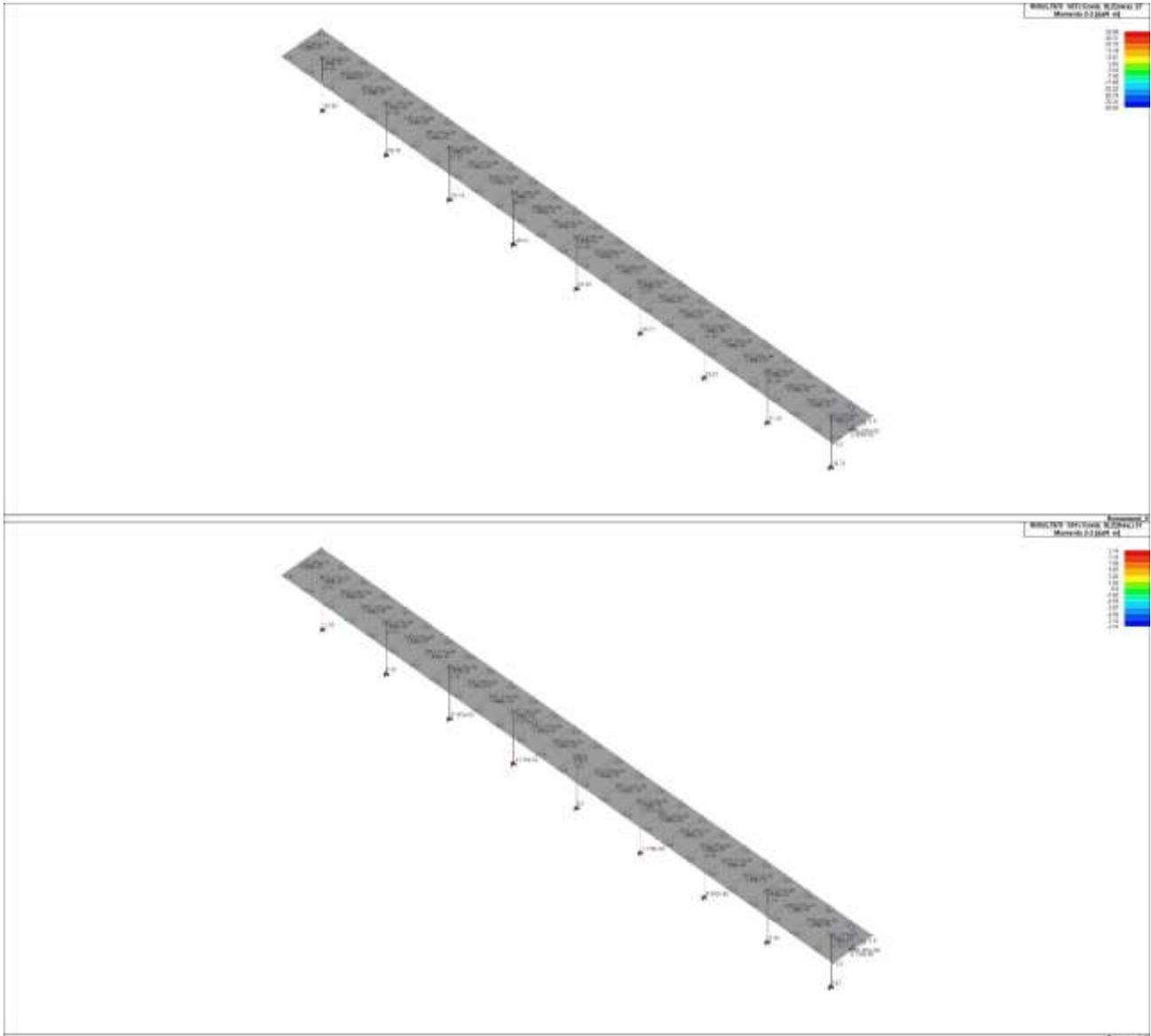


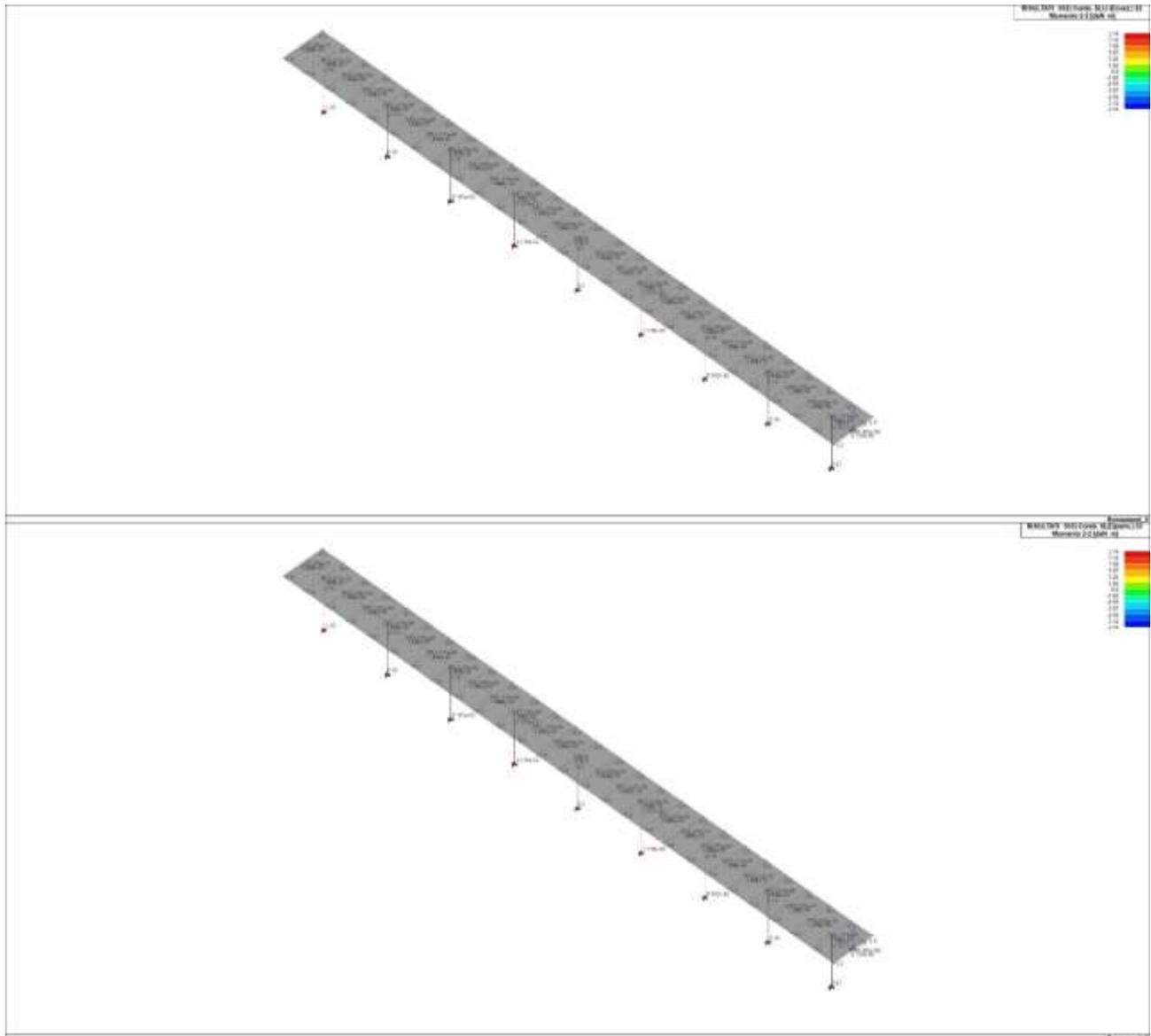
Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"

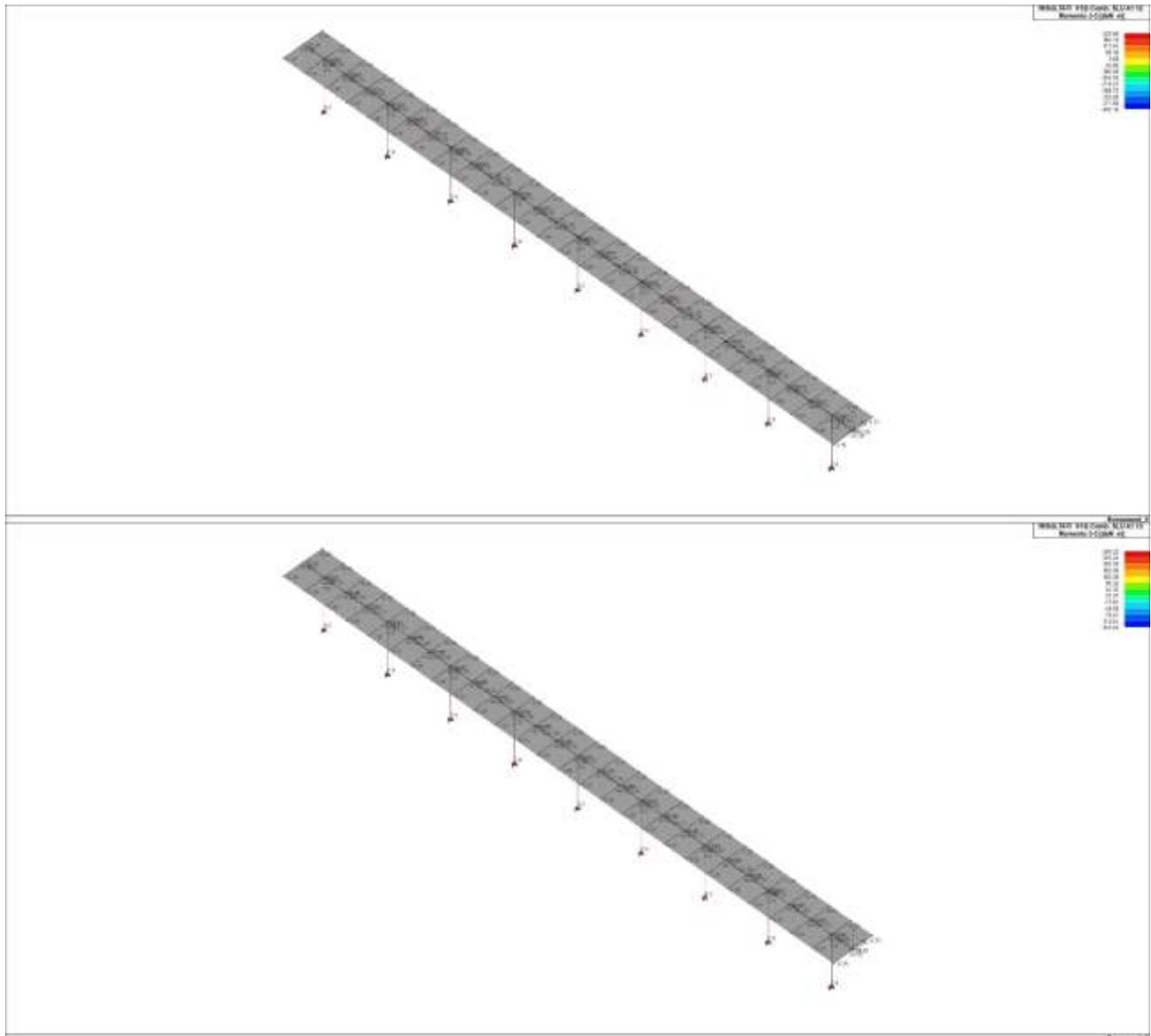


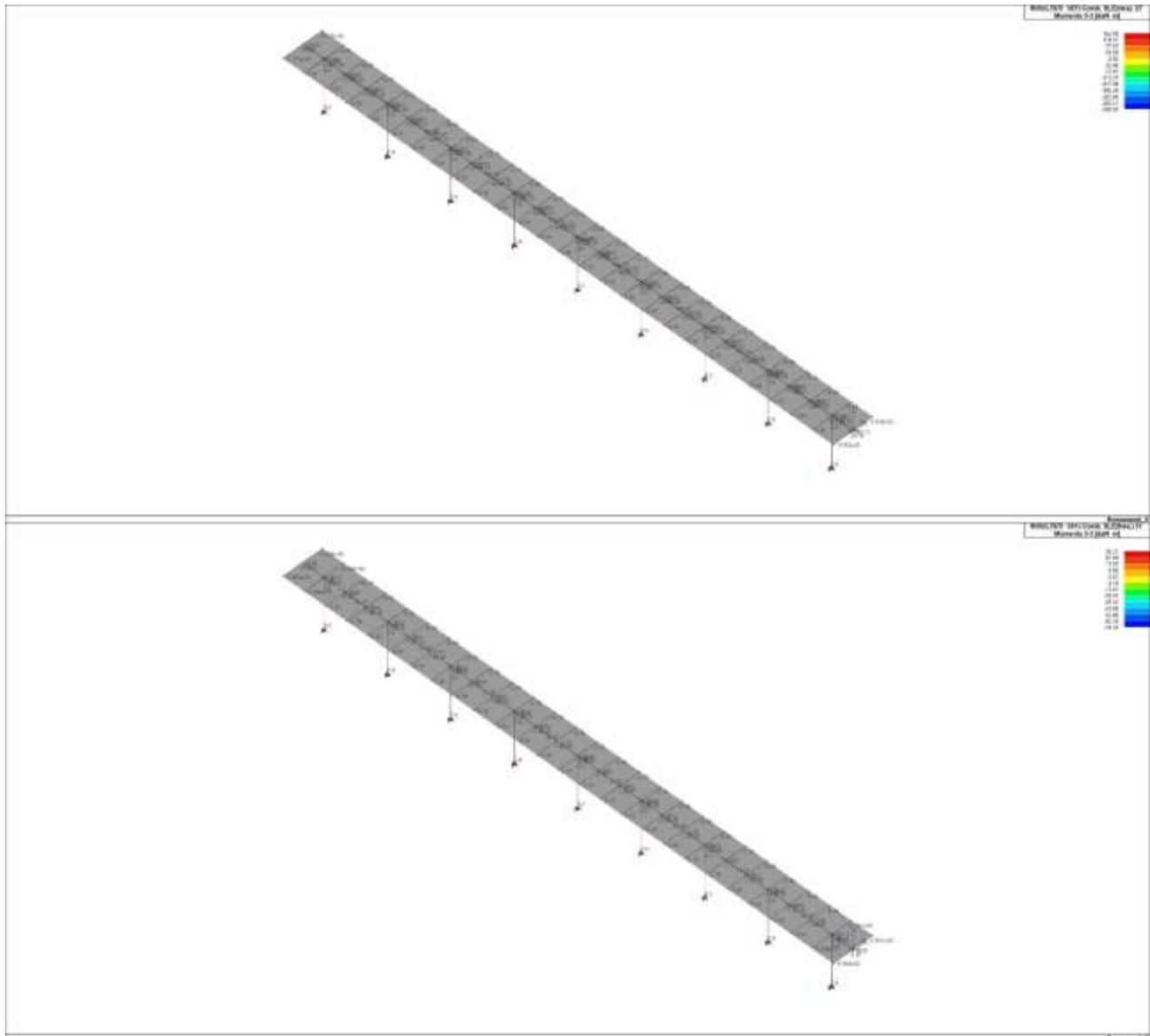


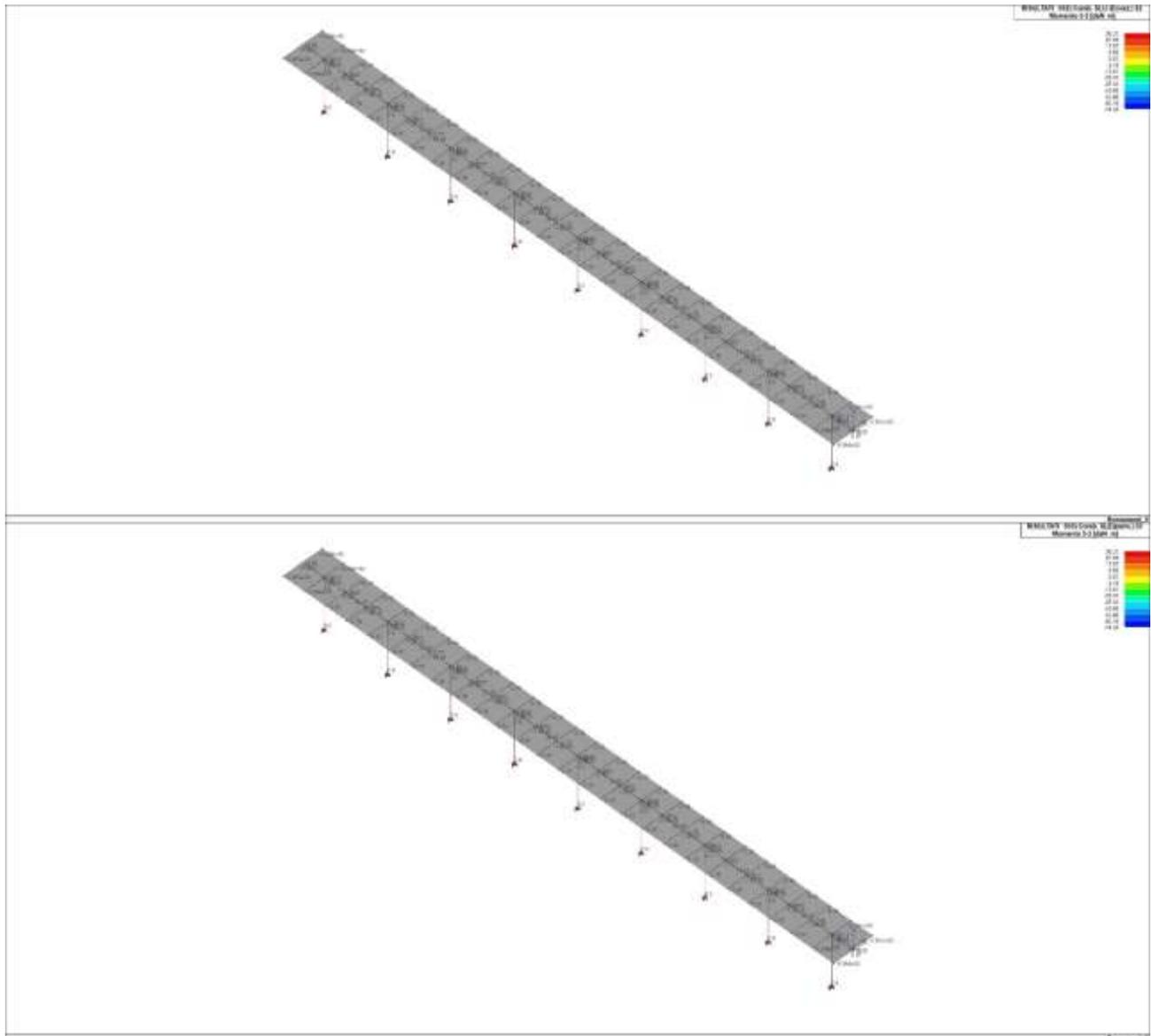


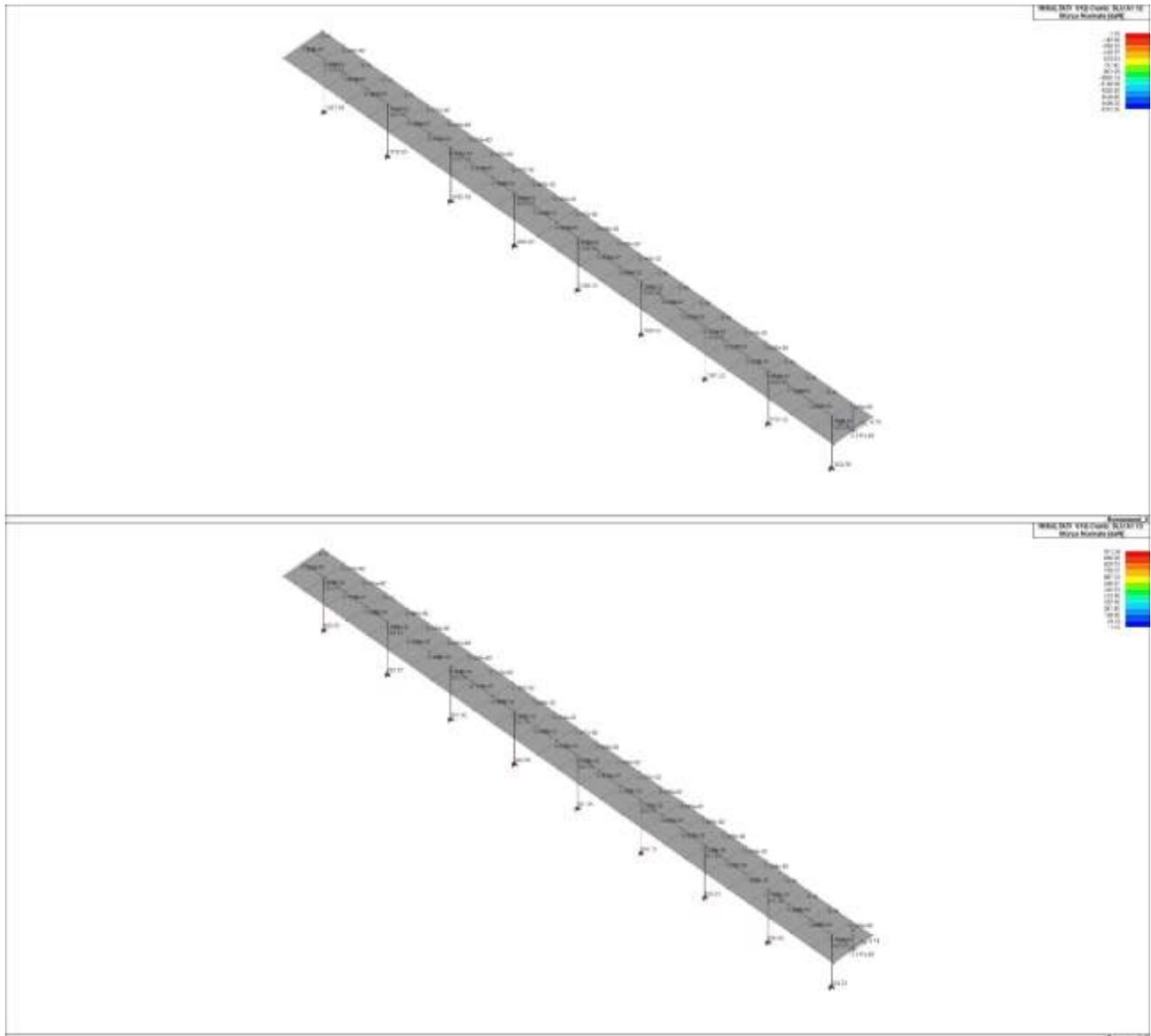


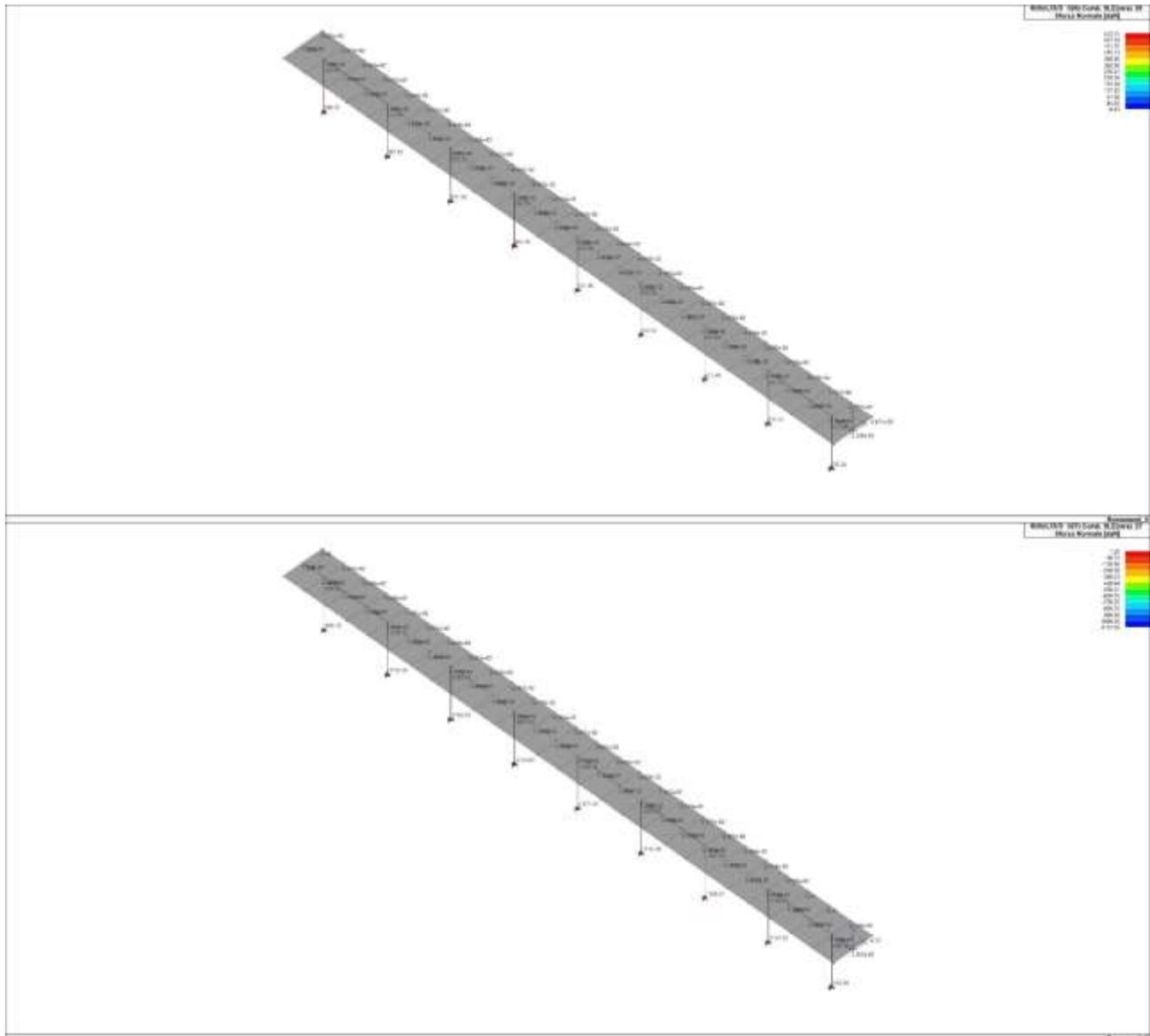












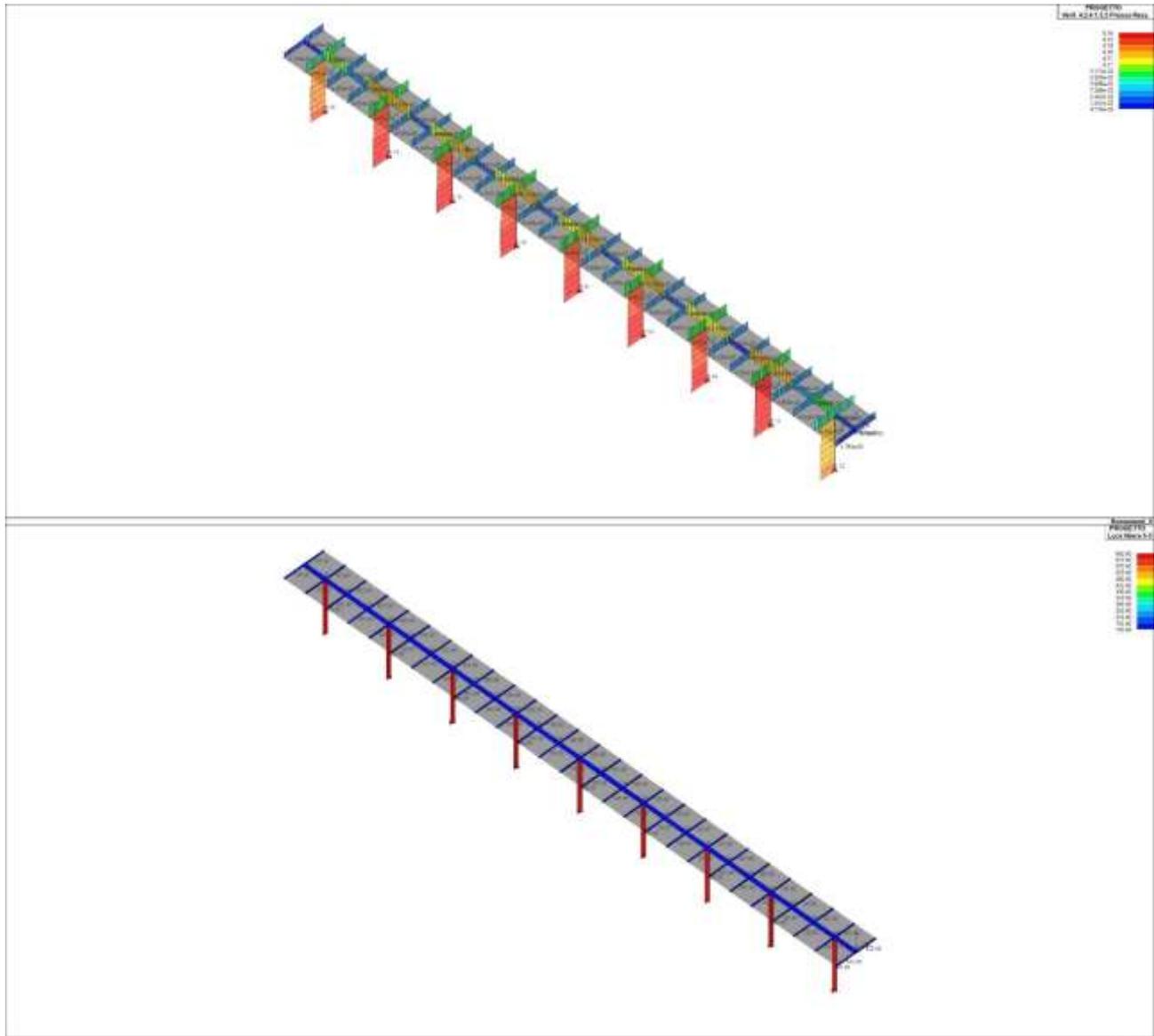
#### 4.7.1. SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA

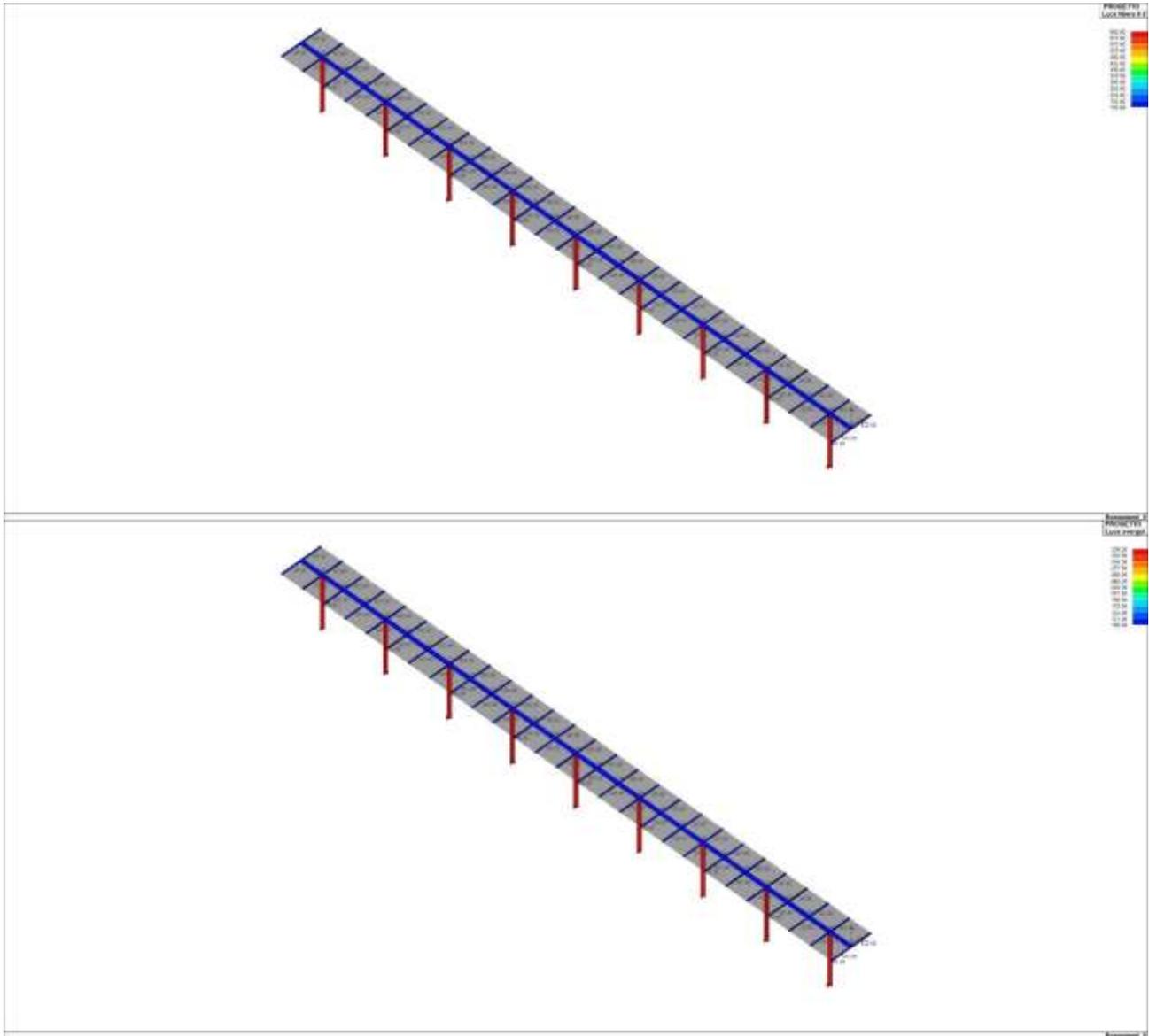
Si riportano a seguire i risultati della progettazione e delle verifiche effettuate.

Gli stati di progetto *ciano* o *verde* indicano che le verifiche svolte sono interamente soddisfatte, gli stati di progetto *rossi*, al contrario, indicano che le verifiche non sono soddisfatte.

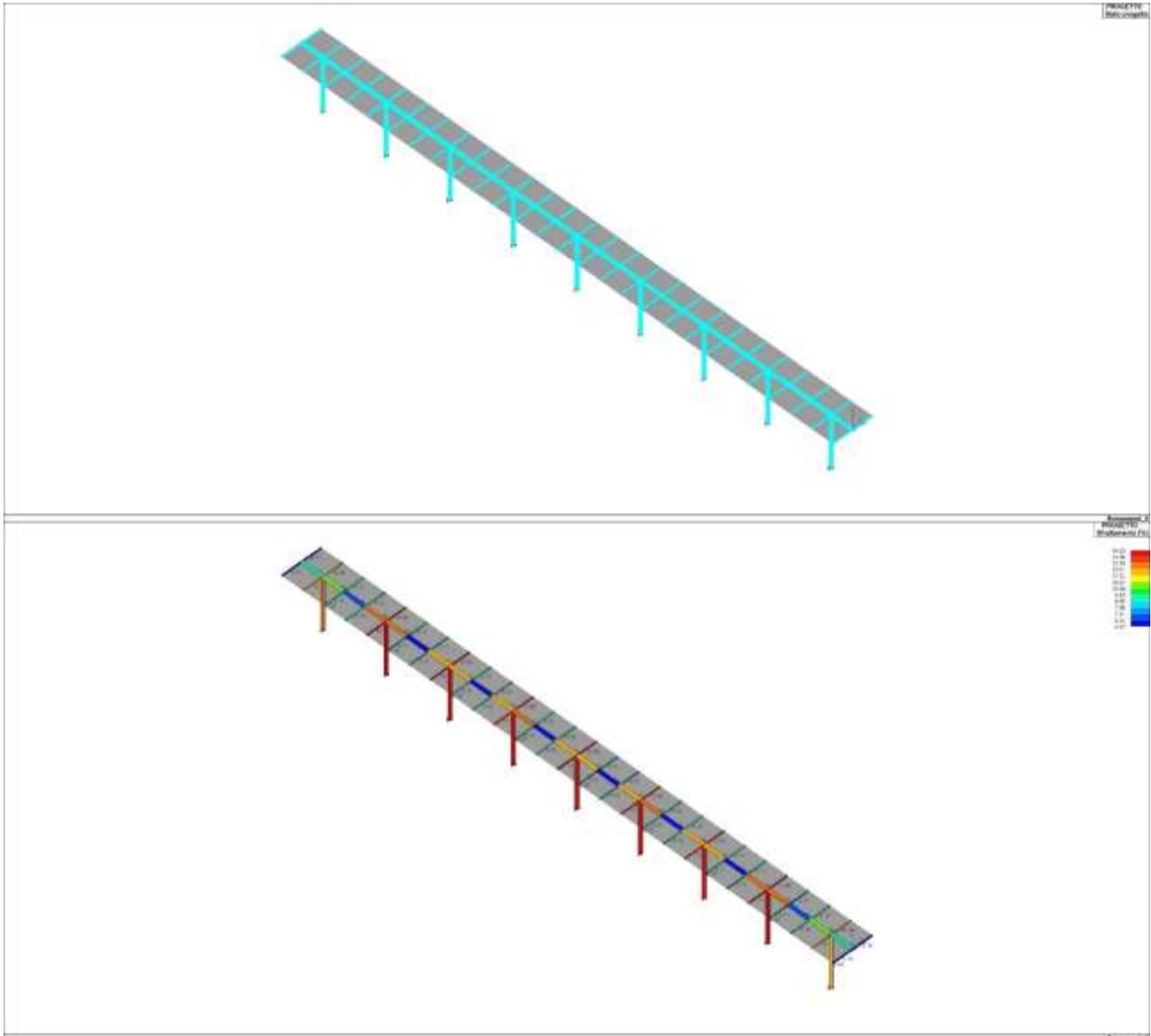
Laddove possibile le verifiche sono state normalizzate. Significa che se i valori indicati in mappa sono inferiori all'unità, la verifica può ritenersi soddisfatta.

Per tutte le altre verifiche i valori riportati vanno confrontati con i valori limite indicati da Normativa.





Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"



Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"





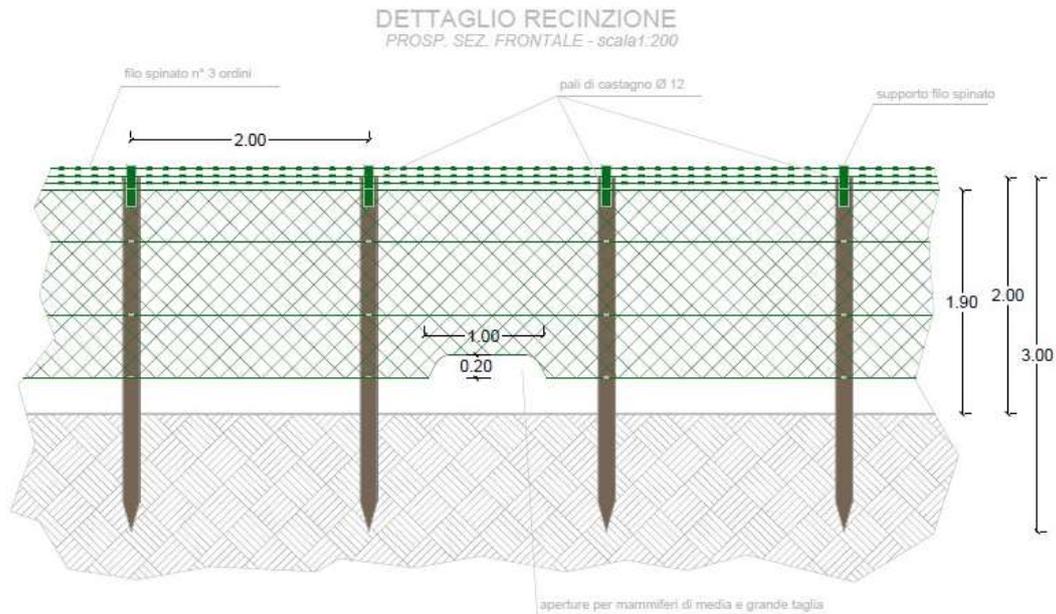
## 6.1. RECINZIONE

Le strutture relative alle recinzioni non presentano uno strato di fondazione superficiale in cemento armato, ma verranno installate manualmente e/o con l'utilizzo di macchine battipalo.



*Figura 1: Utilizzo di macchina batti palo con mezzo escavatore, per l'installazione meccanica dei pali di sostegno per la recinzione*

Attraverso tale metodologia di lavoro si procederà in modo spedito nel processo d'infissione dell'area recintata d'impianto. Ogni palo di lunghezza totale di 3,00 m, verrà infisso per una profondità di 0,5 m, in modo tale da garantire la stabilità della recinzione, senza intaccare gli strati del sottosuolo. Ogni palo sarà equidistante di 2,0 m, in modo da garantire una buona tenuta della rete metallica a maglia.



**Figura 2: Dettaglio della recinzione di confine area d’impianto**

## 6.2. FONDAZIONE DELLE STRUTTURE DI SUPPORTO DEI MODULI FOTOVOLTAICI

Prevedendo per l’impianto una vita nominale di 30 anni si è scelto di non realizzare delle fondazioni superficiali in cemento armato, in modo tale da ripristinare il terreno nel modo più agevole possibile al termine della vita dell’area d’impianto. Pertanto, tutte le strutture metalliche di sostegno dell’area d’impianto verranno infisse nel terreno per una profondità di circa 3 m come indicato nella Relazione preliminare dei calcoli delle strutture.

Considerando i parametri geotecnici degli strati superficiali del terreno, tale profondità di infissione è risultata più che idonea alla stabilità delle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici per le aree con terreno coesivo. Per le aree in cui il terreno è risultato incoerente, la profondità di infissione dei montanti potrebbe essere aumentata.

Tali profondità verranno definite in maniera più puntuale nella fase di progettazione esecutiva. In ogni caso, la modalità di infissione non precluderà la funzionalità originaria del terreno al termine della vita utile d’impianto.



Figura 3: Dettaglio delle strutture in acciaio infisse su terreno

La tecnologia ipotizzata è quella delle strutture in acciaio battute tramite battipalo. Attraverso questa metodologia di fondazione dei pali delle strutture metalliche, si sfruttano al meglio i vantaggi del consolidamento del terreno. Inoltre, va considerato anche il pregio della rapidità della trivellazione del terreno, che essendo principalmente terreno vegetale, non presenta particolari ostacoli all'installazione. Tale tipologia di fondazione con sezione HEA200, è facilmente rimovibile e si adatta perfettamente sia a terreni coesivi, che granulari. È una tecnologia di fondazione che rispetta il sottosuolo ed occupa poco spazio ed è pertanto comunemente adottata per gli impianti fotovoltaici a terra. I pali in acciaio di ogni singola struttura verranno infissi ad una distanza di 4 m in lunghezza e 9 m in larghezza.

Tali strutture metalliche di fondazione, come da consuetudine verranno sottoposte a prove di trazione come collaudo ante operam, in base al quale sarà possibile verificare la correttezza dei calcoli effettuati per le verifiche a sfilamento.

## 7. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

In quanto di seguito riportato viene fatto esplicito riferimento alle seguenti Normative:

---

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico PNRR della potenza nominale in DC di 46,65 MWp denominato "Romanazzi" e delle relative opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) in zona agricola del Comune di Castellaneta (TA) in località "Papatonno"

- **LEGGE n° 64 del 02/02/1974.** "Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche.";
- **D.M. LL.PP. del 11/03/1988.** "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.";
- **D.M. LL.PP. del 16/01/1996.** "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.";
- **Circolare Ministeriale LL.PP. n° 65/AA.GG. del 10/04/1997.** "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/1996.";
- **Eurocodice 1 - Parte 1 -** "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Basi di calcolo -.";
- **Eurocodice 7 - Parte 1 -** "Progettazione geotecnica - Regole generali -.";
- **Eurocodice 8 - Parte 5 -** "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici -.";
- **D.M. 17/01/2018 - NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI**
- **Circolare n. 7 del 21/01/2019**

## 8. CONCLUSIONI

Tutte le tipologie di strutture ipotizzate per tale progetto di installazione di una nuova centrale fotovoltaica sono state pensate seguendo tutti i criteri di sostenibilità ambientale ed al contempo di sicurezza e stabilità delle strutture metalliche. L'intento è quello di garantire il minor consumo di suolo possibile, in modo tale da ripristinare le condizioni originarie naturali del terreno ante operam.