

REGIONE PUGLIA



CITTA' DI BRINDISI

COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO "AGROVOLTAICO" DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN AC PARI A 10,475 MW E POTENZA DI PICCO PARI A 12,373 MW CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA - IMPIANTO DENOMINATO "ZECCA" UBICATO IN AGRO DEL COMUNE DI BRINDISI

progettato e sviluppato da



Via Gen. Giacinto
Antonelli n.3
70043
Monopoli (BA)



Ing. Emanuele Verdoscia
Via Villafranca n.42
73041
Carmiano (LE)

DATI CATASTALI: Foglio 25, part.lla 295 - 276 - 102 - 103 - 104 - 129 - 150 - 170 - 171 - 172 - 280
Foglio 27, part.lla 1 - 33 - 34 - 45 - 64 - 74 - 75 - 76 - 319 - 320 - 321 - 322



Elaborato

Calcoli preliminari strutture

Tecnico

Ing. Angelo Volpe

Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe

3					
2					
1					
0	20/06/2022	Emissione			
Revision	Date	Comments	Elaborate	Verified	Approved

Client:



SCS 08 S.R.L.

Project:

COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA

Documents:

Calcoli preliminari strutture

Brindisi, 20/06/2022

Ing. Volpe Angelo



SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 2 di 56	Data 20/06/2022

Indice

1. Premessa.....	5
1.1 Caratteristiche geometriche, funzionali e costruttive	8
1.2 Caratteristiche strutturali.....	9
1.3 Ipotesi di calcolo e normative di riferimento	9
2. Calcoli statici.....	12
2.1 Analisi dei carichi	12
2.2 Carichi permanenti.....	13
2.3 Carichi accidentali.....	13
2.3.1 Azioni sismiche.....	13
2.3.2 Carico neve.....	18
2.3.3 Azioni del vento	20
2.3.4 Azioni della temperatura.....	27
2.3.5 Riassunto finale carichi accidentali.....	28
3. Combinazioni di carico.....	28
4. Modellazione strutturale.....	31
4.1 Geometria portale tipo.....	31
5. Output dei risultati.....	34
6. Classificazione sezioni.....	38
7. Verifiche dei collegamenti.....	38
8. Indicazione per fondazioni sottostazione MT/AT.....	40
9. Cabine elettriche.....	40
10. Fondazione prefabbricata del tipo "VASCA DI FONDAZIONE"	45
11. Specifiche tecniche recinzione e cancelli.....	48
12. Sistema di videosorveglianza	51
13. Software utilizzati –Tipo di elaboratore	52

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 3 di 56	Data 20/06/2022

14.1	Premessa	52
14.1.1	Valutazione dei risultati e giudizio motivato sulla loro accettabilità.....	52
14.	Prestazioni attese al collaudo.....	53
15.	Acciaio per carpenteria metallica.....	53
15.1	Generalità.....	53
16.	Tabulati di stampa	56
	Parametri di Calcolo	56
	Opzioni di Calcolo.....	56
	Accelerazioni analisi sismica statica equivalente.....	56
	Famiglie combinazioni di carico e verifiche.....	56
	Combinazioni di carico	57
	Dettagli calcolo	57
	Rigidezza per piano	57
	Effetto P-Δ Sisma.....	57
	Spostamenti di piano	57
	Taglianti piano SLV.....	57
	Equilibrio per Piano. Azioni statiche.....	57
	Ripartizione forze sismiche	58
	Errori Numerici Massimi	58
	Sollecitazioni combinazioni Shell piastre piano 0	58
	Inviluppo sollecitazioni.....	59
	Sollecitazioni Shell piastre piano 0.Azione 1:Peso proprio.....	59
	Sollecitazioni Shell piastre piano 0.Azione 16:Sisma X.....	59
	Sollecitazioni Shell piastre piano 0.Azione 18:Sisma Y.....	59
	Sollecitazioni per combinazione beam	59
	Spostamenti Nodi.....	59

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 4 di 56	Data 20/06/2022

<i>Spostamenti Nodi. Famiglia Cmb. 1) Fondamentale</i>	59
<i>Spostamenti Nodi. Famiglia Cmb. 2) Rara</i>	59
<i>Spostamenti Nodi. Famiglia Cmb. 3) Frequente</i>	60
<i>Spostamenti Nodi. Famiglia Cmb. 4) Quasi Perm</i>	60
<i>Spostamenti Nodi. Famiglia Cmb. 5) Permanente</i>	60
<i>Spostamenti Nodi. Famiglia Cmb. 8) Sismica SLV</i>	60
<i>Verifiche</i>	60
<i>Piano 0 .Verifiche SL shell piastre</i>	61
<i>PGA Sisma</i>	63
<i>Rischio Sismico DM 65 del 7/3/17</i>	64
<i>Tabella riassuntiva verifiche Stati Limite Beam CA</i>	64
<i>Tabella riassuntiva verifiche Stati Limite Shell e Fondazioni CA</i>	64
<i>Tabella Verifiche Unioni per Piano</i>	64
<i>Tabella riassuntiva verifiche Interpiano</i>	64
<i>Tabella riassuntiva verifiche Acciaio, Legno e Unioni</i>	65
<i>Verifica di resistenza degli elementi strutturali</i>	65
<i>Verifica spostamenti SLD-SLO</i>	65
<i>Tabella Riassunto Verifiche</i>	65
<i>Conclusioni</i>	65

<i>SCS 08</i>	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 5 di 56	Data 20/06/2022

1. Premessa

Il presente elaborato è relativo ai calcoli statici e dinamici ed ai disegni esecutivi relativi alle strutture in acciaio ed in c.a. relativa alla realizzazione di un sistema porta pannelli tipo Tracker”, da installarsi nell’ambito della realizzazione di un impianto fotovoltaico ubicato in agro di Brindisi.

Nel catasto terreni del comune di Brindisi, l’area d’intervento è individuata dai seguenti identificativi catastali:

COMUNE	FG	PARTICELLA
BRINDISI	25	295
BRINDISI	25	276
BRINDISI	25	102
BRINDISI	25	103
BRINDISI	25	104
BRINDISI	25	129
BRINDISI	25	150
BRINDISI	25	170
BRINDISI	25	171
BRINDISI	25	172
BRINDISI	25	280
BRINDISI	27	1
BRINDISI	27	33
BRINDISI	27	34
BRINDISI	27	45
BRINDISI	27	64
BRINDISI	27	74
BRINDISI	27	75
BRINDISI	27	76
BRINDISI	27	319
BRINDISI	27	320
BRINDISI	27	321
BRINDISI	27	322

Segue inquadramento geografico del progetto:

<p style="text-align: center;"><i>SCS 08</i></p>	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture	Codice documento: R_22_PV_000012		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA	Foglio n. 6 di 56	Data 20/06/2022	Revisione 00



Figura 1 - Inquadramento geografico

<i>SCS 08</i>	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture	Codice documento: R_22_PV_000012		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA	Foglio n. 7 di 56	Data 20/06/2022	Revisione 00



Figura 2 - Inquadramento territoriale

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 8 di 56	Data 20/06/2022

1.1 Caratteristiche geometriche, funzionali e costruttive

Il "MODULO STANDARD" utilizzato in questo campo è costituito da una struttura in elevazione in acciaio TIPO TRACKER DI SUPPORTO MODULI FOTOVOLTAICI TILT +/-60A ANCORAGGIO CON PALI (PROFILI) INFISSI nel terreno per circa 2 - 2,5 mt, come in figura, collegati superiormente da un Tubo Quadro 120*120*3 sul quale poggiano attraverso elementi in OMEGA 65x30x25 i moduli fotovoltaici. L'angolo d'inclinazione è variabile. Per maggiore chiarezza si rimanda alle tavole grafiche allegate.

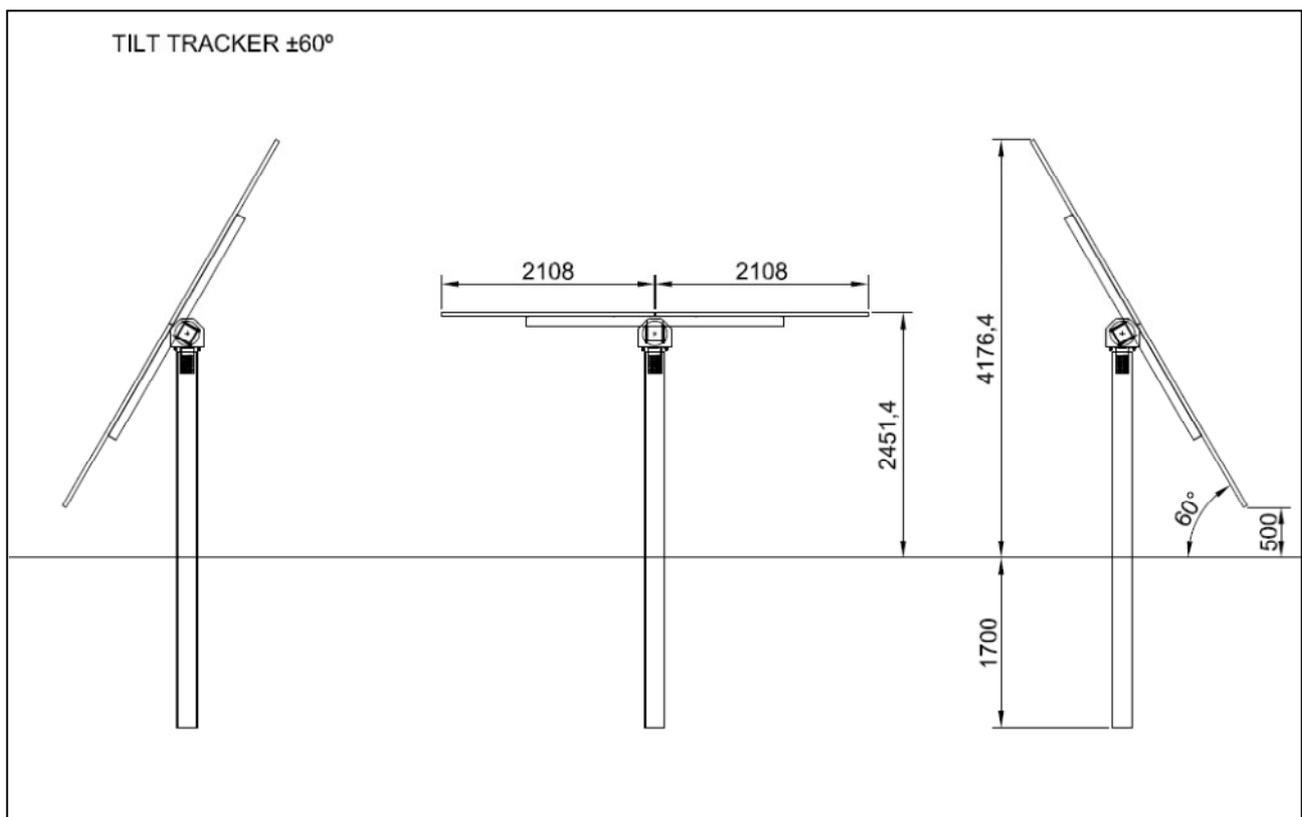


Figura 3 - Schema della struttura - sezione

La struttura di sostegno del tipo mobile ad inseguitore solare monoassiale, o tracker, utilizza dispositivi elettromeccanici, che gli consentono di seguire il sole durante tutto il giorno da Est a Ovest sull'asse di rotazione orizzontale Nord-Sud (inclinazione 0°). I layout di campo con

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 9 di 56	Data 20/06/2022

inseguitori monoasse orizzontali sono molto flessibili. La semplice geometria permette di mantenere tutti gli assi di rotazione paralleli l'uno all'altro in modo da posizionare opportunamente i tracker l'uno rispetto all'altro.

1.2 Caratteristiche strutturali

L'intera struttura è realizzata completamente in acciaio ed è caratterizzata da 7 portali, posti ad interasse 6400 e 6750 mm con due sbalzi laterali da 3037 mm. Gli elementi strutturali costituenti sono rappresentati da un pilastro centrale (ove è posizionato il rotore) di sezione HEA160 e 4 PROFILI A Z 150x50x20, tutti gli elementi precedenti sono collegati superiormente da un Tubo Quadro 120*120*3.

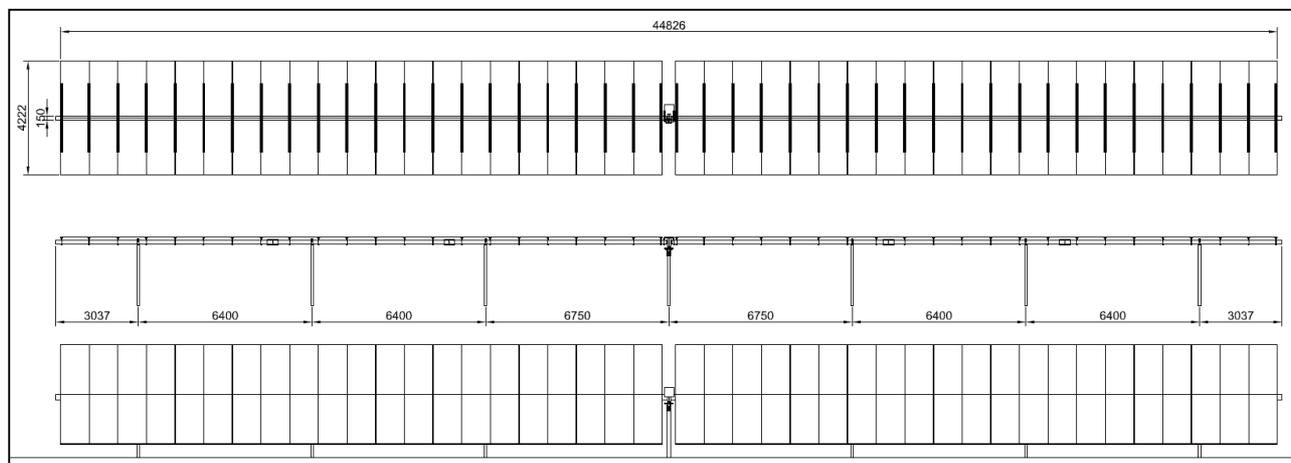


Figura 4 - Schema della struttura – vista longitudinale

L'elemento di appoggio del pannello fotovoltaico è costituito, come già indicato, da elementi Reinforced omega 65x30x25 l=460 mm, Aluzinc S280GD+AZ185 e profili A Z 25x65x25 di bordo, disposti con un passo pari a circa 445 mm e inclinazione variabile.

1.3 Ipotesi di calcolo e normative di riferimento

I metodi di calcolo adottati per il calcolo sono i seguenti:

- 1) Per i carichi statici: METODO DELLE DEFORMAZIONI;

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture	Codice documento: R_22_PV_000012		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA	Foglio n. 10 di 56	Data 20/06/2022	Revisione 00

2) Per i carichi sismici: metodo dell'ANALISI MODALE o dell'ANALISI SISMICA STATICA EQUIVALENTE.

Il calcolo statico-dinamico delle strutture è stato eseguito secondo i metodi della scienza e della tecnica delle costruzioni.

L'analisi sismica dinamica è stata svolta con il metodo dell'analisi modale; la ricerca dei modi e delle relative frequenze è stata perseguita con il metodo delle "iterazioni nel sottospazio".

I modi di vibrazione considerati sono in numero tale da assicurare l'eccitazione di più dell'85% della massa totale della struttura.

Per ciascuna direzione di ingresso del sisma si sono valutate le forze modali che vengono applicate su ciascun nodo spaziale (tre forze, in direzione X, Y e Z, e tre momenti).

Per la verifica della struttura si è fatto riferimento all'analisi modale, pertanto sono prima calcolate le sollecitazioni e gli spostamenti modali e poi viene calcolato il loro valore efficace.

I valori delle sollecitazioni sismiche sono combinate linearmente (in somma e in differenza) con quelle per carichi statici per ottenere le sollecitazioni per sisma nelle tre direzioni di calcolo.

Per la verifica delle strutture si è seguito il metodo agli stati limite facendo riferimento alle seguenti normative:

1. Decreto Ministeriale 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni";
2. Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 – "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018" (Gazzetta Ufficiale 11/2/2019, n. 35 - Suppl. ord. n. 5)".

Si sono analizzate le possibili condizioni di carico e si è proceduto al dimensionamento delle parti per le condizioni più gravose.

Di seguito, in dettaglio si descrivono le principali caratteristiche del software di calcolo.

1) SISTEMA GLOBALE DELLA STRUTTURA SPAZIALE

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 11 di 56	Data 20/06/2022

Il sistema di riferimento globale è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali (O-XYZ) dove l'asse Z rappresenta l'asse verticale rivolto verso l'alto. Le rotazioni sono considerate positive se concordi con gli assi vettori:

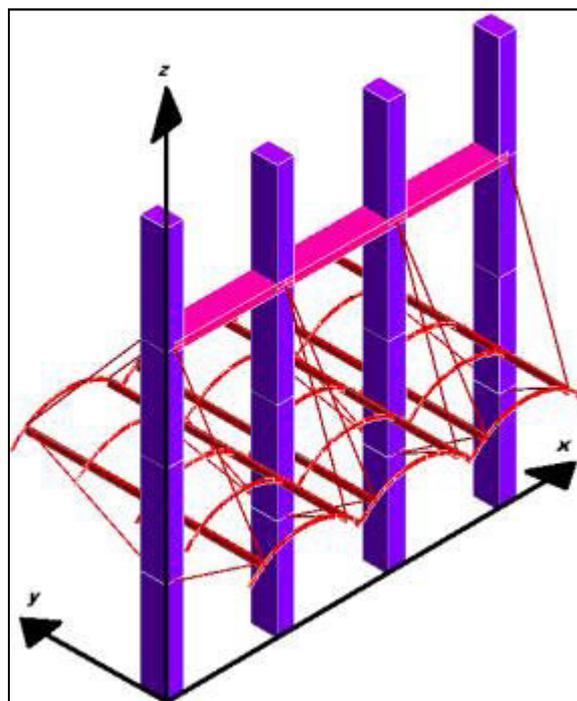


Figura 5 - Esempio di modello realizzato con CDSWIN 2018

2) SISTEMA LOCALE DELLE ASTE

Il sistema di riferimento locale delle aste, inclinate o meno, è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse Z coincidente con l'asse longitudinale dell'asta ed orientamento dal nodo iniziale al nodo finale, gli assi X ed Y sono orientati come nell'archivio delle sezioni:

3) UNITÀ DI MISURA

Si adottano le seguenti unità di misura:

[lunghezze] = m; mm

[forze] = kgf/daN; KN

[tempo] = sec

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture	Codice documento: R_22_PV_000012		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA	Foglio n. 12 di 56	Data 20/06/2022	Revisione 00

[temperatura] = °C

4) CONVENZIONI SUI SEGNI

I carichi agenti sono:

- 1) Carichi e momenti distribuiti lungo gli assi coordinati;
- 2) Forze e coppie nodali concentrate sui nodi.

Le forze distribuite sono da ritenersi positive se concordi con il sistema di riferimento locale dell'asta, quelle concentrate sono positive se concordi con il sistema di riferimento globale. I gradi di libertà nodali sono gli omologhi agli enti forza, e quindi sono definiti positivi se concordi a questi ultimi.

2. Calcoli statici

2.1 Analisi dei carichi

Per determinare i carichi agenti sulla struttura si è fatto riferimento ai dati ottenuti dal progettista dell'opera indicati in seguito e alle schede tecniche.

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 13 di 56	Data 20/06/2022

MECHANICAL DATA	
Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline
Cell Arrangement	144 [2 X (12 X 6)]
Dimensions	2108 X 1048 X 40 mm (83.0 X 41.3 X 1.57 in)
Weight	24.9 kg (54.9 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy, crossbar enhanced
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm ² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 500 mm (19.7 in) (+) / 350 mm (13.8 in) (-); landscape: 1400 mm (55.1 in); leap-frog connection: 1670 mm (65.7 in)*
Connector	T4 series
Per Pallet	27 pieces
Per Container (40' HQ)	594 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

Figura 6 - Scheda pannello

2.2 Carichi permanenti

- Pannello Fotovoltaico + elementi di montaggio 15,00 daN/m².

2.3 Carichi accidentali

2.3.1 Azioni sismiche

Per la definizione del sisma si fa riferimento al paragrafo 3.2 Azione sismica del DM 17/01/2018 ed all'Allegato A alle Norme Tecniche per le Costruzioni: Pericolosità sismica ed all'Allegato B alle Norme Tecniche per le Costruzioni: Tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica del DM 14/01/2008.

La struttura ricade nel Comune di Brindisi, Provincia di Brindisi. Le coordinate geografiche (Latitudine e Longitudine), utili per la definizione dell'azione sismica, pari a Longitudine 17°54'13.06" °E Latitudine 40°38'46.18" °N rispettivamente.

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 14 di 56	Data 20/06/2022

Si è considerato un terreno di categoria C secondo la classificazione riportata dalla “Tabella 3.2.II - Categorie di sottosuolo” al “paragrafo 3.2.2 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche” del DM 17/01/2018 in base alle prescrizioni dell’indagine geologico-tecnica nell’area destinata alla realizzazione del parco fotovoltaico in agro di Brindisi redatta dallo Studio Dott. Geologo Dario Fischetto.

Si è considerata una categoria topografica T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione $i < 15^\circ$ secondo la classificazione riportata dalla “Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche” al “paragrafo 3.2.2 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche” del DM 17/01/2018.

Sulla base di tali informazioni di latitudine e longitudine, terreno e categoria topografica, si determinano gli spettri di risposta elastici secondo le seguenti formule:

- ✓ Componente orizzontale (paragrafo 3.2.3.2.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali):

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

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

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

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

- ✓ Componente verticale (paragrafo 3.2.3.2.2 Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale)

<i>SCS 08</i>	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 15 di 56	Data 20/06/2022

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

Viene considerato un comportamento strutturale non dissipativo, cui ci si riferisce quando si progetta per gli stati limite di esercizio, in cui gli effetti combinati delle azioni sismiche e delle altre azioni sono calcolati, indipendentemente dalla tipologia strutturale adottata, senza tener conto delle non linearità di comportamento (di materiale e geometriche) se non rilevanti. Nel caso di comportamento non dissipativo si adottano unicamente i modelli lineari.

Quando si utilizza l'analisi lineare per sistemi non dissipativi, come avviene per gli stati limite di esercizio, gli effetti delle azioni sismiche sono calcolati, quale che sia la modellazione per esse utilizzata, riferendosi allo spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura q unitario.

Per la resistenza delle membrature e dei collegamenti non è necessario soddisfare i requisiti di duttilità fissati nella norma.

Secondo il paragrafo 7.3.2 Analisi statica o dinamica del DM 17/01/2018, il metodo d'analisi lineare di riferimento per determinare gli effetti dell'azione sismica, sia su sistemi dissipativi sia su sistemi non dissipativi, è l'analisi modale con spettro di risposta o "analisi lineare dinamica". In essa l'equilibrio è trattato dinamicamente e l'azione sismica è modellata direttamente attraverso lo spettro di progetto definito al paragrafo 3.2.3.4 Spettri di progetto per gli stati limite di operatività del DM 17/01/2018 (struttura non dissipativa) per cui "... lo spettro di progetto da utilizzare sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento RVP considerata".

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 16 di 56	Data 20/06/2022

In funzione del quadro normativo applicato si determinano i seguenti parametri, utili per la definizione dell'azione sismica. In accordo al paragrafo 2.4 "Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento" si determinano:

- Vita nominale

In seguito alla tabella 2.4.I "Valori minimi della Vita nominale N_V di progetto per i diversi tipi di costruzioni" riportata di seguito:

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

si assume una vita nominale maggiore di 50 anni.

- Classi d'uso

In accordo al paragrafo 2.4.2 "Classi d'uso" si associa a tale struttura una CLASSE I definita come: "Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli".

- Periodo di riferimento per l'azione sismica

Il periodo di riferimento R_V è definita dalla relazione

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

D+ove il valore di U_C è definito in accordo alla tabella 2.4.II "Valore del coefficiente d'uso U_C " riportata di seguito:

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

In base alle assunzioni fatte e alle considerazioni fatte si ottiene che:

$$V_R = 50 \cdot 0,7 = 35 \text{ anni}$$

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 17 di 56	Data 20/06/2022

L'azione sismica è definita sotto forma di spettro di risposta. Per poter definire la forma spettrale, in funzione della probabilità di superamento del periodo di riferimento V_R , si devono determinare i seguenti parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri sono tabellati a mezzo di coordinate geografiche nell'Allegato B alle Norme Tecniche per le Costruzioni: Tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica.

Per il Comune di Brindisi (BR) si ha che le coordinate geografiche, utili per la determinazione dei parametri sismici e per la determinazione dello spettro, sono le seguenti:

- Longitudine 17.950583°E
- Latitudine 40.584749 °N

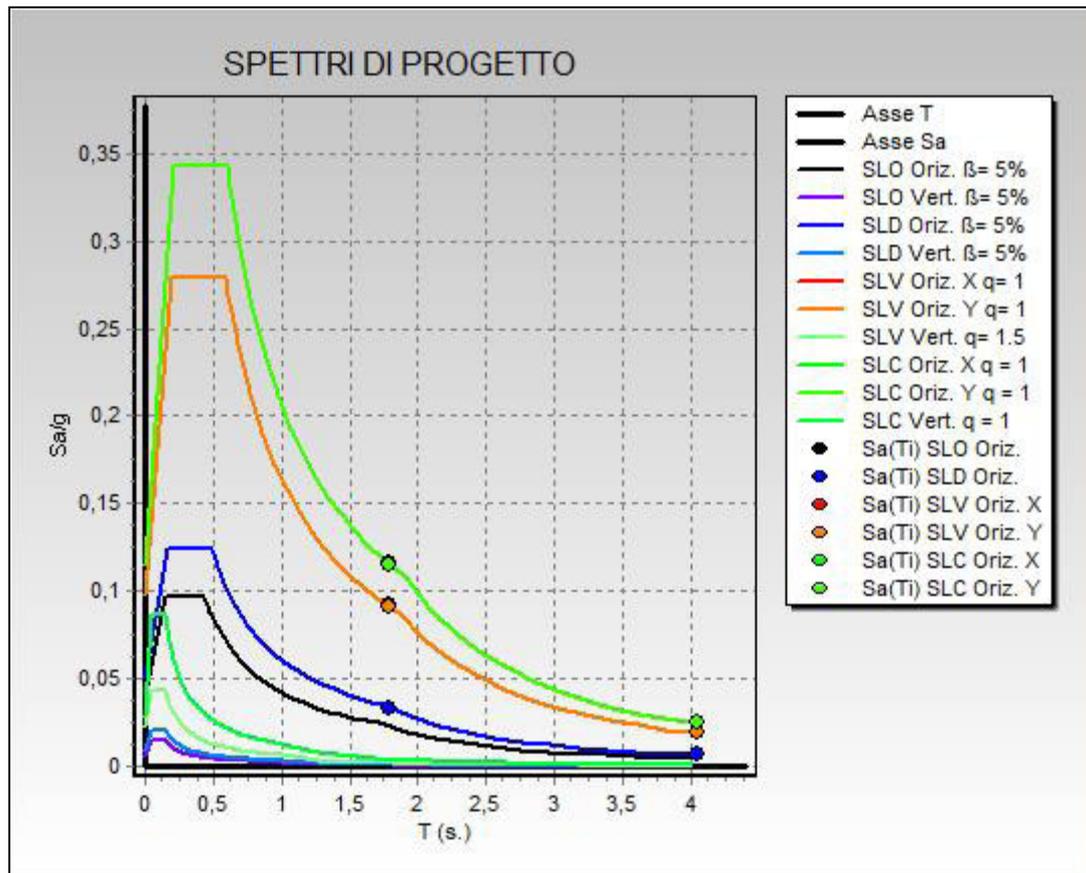
Quindi avendo fissato le coordinate geografiche, il periodo di riferimento per la costruzione si ottengono i periodi di ritorno per la determinazione dell'azione sismica per i vari stati limite così come definiti al paragrafo 3.2.1. Stati limite e relative probabilità di superamento del Decreto Ministeriale 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e secondo le indicazioni della tabella C.3.2.I – Valori di T_R espressi in funzione di V_R della Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7.

Tabella C.3.2.I.- Valori di T_R espressi in funzione di V_R

Stati Limite		Valori in anni del periodo di ritorno T_R al variare del periodo di riferimento V_R
Stati Limite di Esercizio (SLE)	SLO	$(^{\circ}) 30 \text{ anni} \leq T_R = 0,60 \cdot V_R$
	SLD	$T_R = V_R$
Stati Limite Ultimi (SLU)	SLV	$T_R = 9,50 \cdot V_R$
	SLC	$T_R = 19,50 \cdot V_R \leq 2475 \text{ anni } (^{\text{b}})$

Nella tabella seguente si riportano i parametri caratteristici per la determinazione dello spettro di risposta per i vari stati limite:

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 18 di 56	Data 20/06/2022



2.3.2 Carico neve

Il carico neve sulla copertura sarà valutato in osservanza di quanto prescritto dal DM 17/01/2018 al punto 3.4 Azioni della neve con la seguente espressione:

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

dove:

q_s è il carico neve sulla copertura;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura;

q_{sk} è il valore di riferimento del carico neve al suolo;

C_E è il coefficiente di esposizione;

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 19 di 56	Data 20/06/2022

C_t è il coefficiente termico

Il carico agisce in direzione verticale ed è riferito alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

In base alla zone di neve nelle quali è stata classificata il territorio nazionale, come si vede dalla figura 3.4.1 – Zone di carico neve del DM 17/01/2018 si riscontra che la struttura ricade in zona III, provincia di Brindisi.

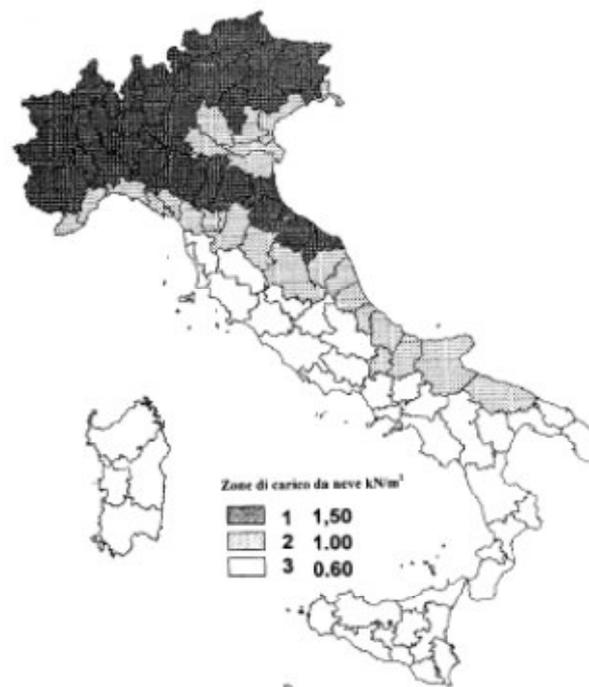


Figura 3.4.1 – Zone di carico da neve

Nota la quota sul livello del mare, circa 28 metri, si ottiene il carico neve al suolo dalla seguente relazione:

Zona III

$$a_s \leq 200 \text{ m} \quad q_{sk} = 0,60 \text{ KN/m}^2$$

Il coefficiente di esposizione C_E , in funzione della tabella 3.4.I Valori di C_E per diverse classi di topografia del DM 17/01/2018, è pari a 1.0 assumendo a vantaggio di sicurezza che la topografia del terreno ove sorge l'opera possa essere definita "normale".

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 20 di 56	Data 20/06/2022

Tabella 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di topografia

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
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.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Il coefficiente termico C_t , in funzione del paragrafo 3.4.5. Coefficiente termico del DM 17/01/2018, è pari a 1.

Per quanto riguarda il coefficiente di forma della copertura, trattandosi di una copertura piana inclinata, dal paragrafo 3.4.5.1 Coefficiente di forma per le coperture del DM 17/01/2018, si deduce che il valore del coefficiente di forma μ_i è determinato dalla tabella 3.4.II Valori dei coefficienti di forma del DM 17/01/2018 ed è pari 0.72 in quanto l'angolo di inclinazione della copertura è variabile.

Tabella 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_i	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Quindi si ottiene un valore di carico neve sulla copertura pari a:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 = 0,48 \text{ KN/m}^2$$

Si considera la distribuzione del carico neve in funzione del paragrafo 3.4.5.2“Copertura ad una falda” del DM 17/01/2018, per la valutazione della neve nel caso più sfavorevole.

2.3.3 Azioni del vento

L'azione del vento è definita secondo quanto definito nella normativa DM 17/01/2018 al paragrafo “3.3 AZIONE DEL VENTO”.

Secondo quanto definito nella tabella 3.3.1 Valori dei parametri $V_{b,0}$, a_0 , k_a l'opera in oggetto ricade nella Zona 3 Puglia con altitudine massima pari a 500 metri. Considerando un'altezza di circa 21 metri s.l.m per il calcolo del vento si utilizza la seguente formula:

$$V_b = v_{b0}$$

dove $v_{b0} = 27 \text{ m/sec}$; $a_0 = 500 \text{ m}$ e $k_a = 0,02 \text{ 1/sec}$

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 21 di 56	Data 20/06/2022

Per cui si ottiene che per $a_s \leq a_0$:

$$v_b = 27 \text{ m/sec}$$

referita ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In funzione della classificazione dell'opera in termini di vita nominale e coefficienti d'uso definiti per il calcolo dell'azione sismica, si assume che il periodo di ritorno pari a:

$$T_R = 35 \text{ anni}$$

Secondo quanto prescritto al paragrafo C3.3.2 Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7- "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018" (Gazzetta Ufficiale 11/2/2019, n. 35 - Suppl. ord. n. 5)" si ottiene che la velocità di riferimento del vento per un generico periodo di ritorno è:

$$v_b (TR) = \alpha_R \cdot v_b$$

dove α_R è un coefficiente fornito dalla figura sottostante e dall'espressione

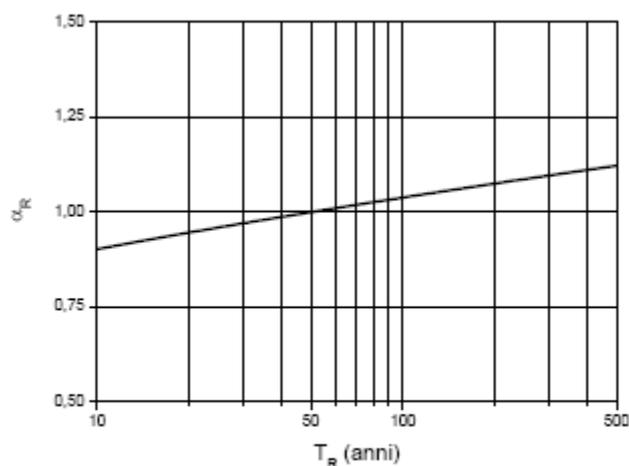


Figura C3.3.1 – Valori del coefficiente α_R in funzione del periodo di ritorno T_R

$$\alpha_R = \sqrt{1 - 0,2 \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

Essendo il periodo di ritorno pari a 35 anni, $\alpha_R = 0.98$ ed il valore della velocità di riferimento del vento risulta pari a 26,46 m/sec.

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 22 di 56	Data 20/06/2022

L'azione del vento viene espressa in termini di pressione esercitata sulle pareti investite in direzione ortogonali alla direzione del vento; si determina dalla formula esplicitata al paragrafo 3.3.4 Pressione del vento del DM 17/01/2018, secondo la formula:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove:

q_b è la pressione cinetica di riferimento

c_e è il coefficiente di esposizione

c_p è il coefficiente di forma, funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento

c_d è il coefficiente dinamico, con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali

La pressione cinetica di riferimento q_b è determinato al paragrafo 3.3.6 Pressione cinetica di riferimento del DM 17/01/2018, secondo la formula:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2 \quad \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

dove la densità dell'aria $\rho = 1,25 \text{ Kg/m}^3$.

Si ottiene quindi

$$q_b = 437,6 \text{ N/m}^2$$

Si definisce il coefficiente di esposizione delle velocità in accordo alle prescrizioni del paragrafo 3.3.7 Coefficiente di esposizione del DM 17/01/2018 è pari a:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[7 + c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right]$$

dove:

- considerando l'altezza della costruzione sul suolo di circa 1.5 metri;
 - considerando una classe di rugosità del terreno di tipo D secondo la "tabella 3.3.III – Classi di rugosità del terreno" del DM 17/01/2018,

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 23 di 56	Data 20/06/2022

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,)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

Si definisce la categoria di esposizione II del sito, definita dalla Figura 3.3.3. Definizione delle categorie di esposizione del DM 17/01/2018

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 24 di 56	Data 20/06/2022

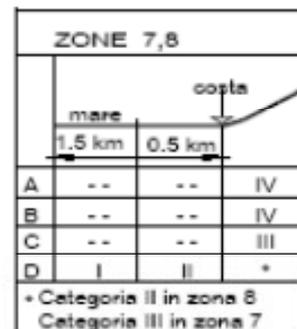
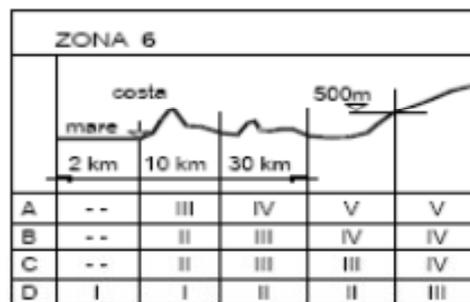
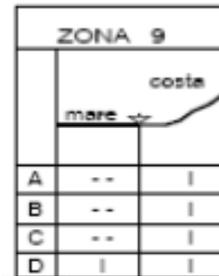
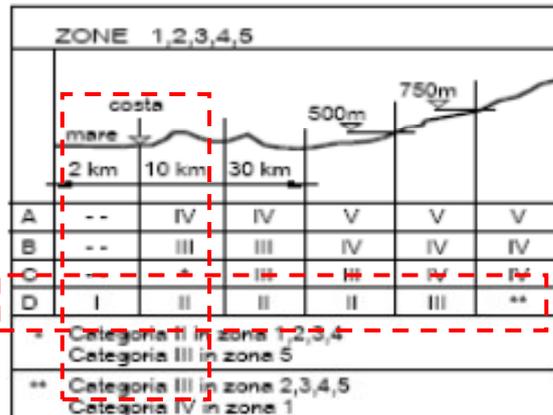


Figura 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

In virtù della “Tabella 3.3.II – Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione”,

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

si determinano:

- $k_r = 0.19$
- $z_0 = 0.05$ m
- $z_{min} = 4$ m
- $c_t = 1$

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 25 di 56	Data 20/06/2022

Il coefficiente di esposizione è dato dalle seguenti relazioni, funzione della quota (z) considerata:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot \ln\left(\frac{z_{min}}{z_0}\right) \cdot c_t(z_{min}) \cdot \left[\ln\left(\frac{z_{min}}{z_0}\right) \cdot c_t(z_{min}) + 7 \right] \text{ per } z \leq z_{min}$$

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \cdot c_t(z) \cdot \left[\ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \cdot c_t(z) + 7 \right] \text{ per } z > z_{min}$$

Con:

z quota verticale, $0 \leq z \leq 65$;

$c_t(z)$, $c_t(z_{min})$ coefficiente di topografia, posto pari a 1 per zone pianeggianti.

Calcolo della pressione cinetica di picco (qp).

A partire dalla pressione cinetica di riferimento di progetto (qr) e dal coefficiente di esposizione (ce), si determina la pressione cinetica di picco (qp) dalla relazione:

$$q_p(z) = q_r \cdot c_e(z)$$

$$q_p(11 \text{ m}) = q_r \cdot c_e \cdot c_d = 0.465 \cdot 2.423 \cdot 1 = 1.100 \text{ kN/m}^2$$

(11 m dal piano campagna è la massima elevazione della linea di colmo).

Conformemente a quanto indicato a nella CM 21/01/2019 “Istruzioni per l’Applicazione dell’Aggiornamento della Norme tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17/01/2018”, ai paragrafi rif. C3.3.8.2.1 e C3.3.8.1.2, per il vento spirante in direzione parallela alla linea di colmo (direzione Y) si sono considerate le azioni relative alle Coperture Piane, utilizzando il coefficiente

Tabella C3.3.III - Edifici rettangolari: c_{pe} per coperture piane.

Fascia sopravento di profondità pari al minimo tra $b/2$ e h :	$c_{pe,A} = -0,80$
Restanti zone	$c_{pe,B} = \pm 0,20$

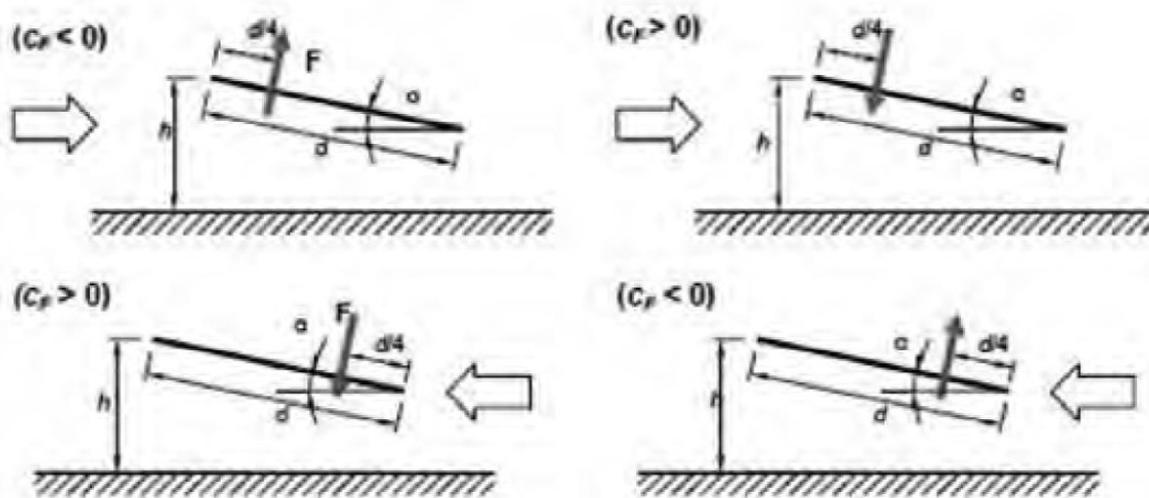
$c_{pe,A} = -0.80$, e pertanto una pressione normale alla copertura diretta verso l’alto di intensità 0.95 kN/m. Le relative azioni sono state applicate agli elementi shell in copertura. Lo stesso carico è stato utilizzato anche per la direzione del vento -Y .

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 26 di 56	Data 20/06/2022

Per il vento spirante in direzione normale alla linea di colmo (direzione X), sono state configurate le quattro combinazioni di carico per le verifiche globali, definite nei casi di carico con i nomi:

- V.Glob.X+_cf-
- V.Glob.X+_cf+
- V.Glob.X-_cf-
- V.Glob.X-_cf+

Relative alle combinazioni normative riportate all'immagine che segue:



Di seguito il calcolo dei coefficienti:

Cf pos 0,37

Cf neg -1,4

f = 1

Assieme alle azioni su citate sono state considerate le azioni del vento tangenziale calcolate come segue ed applicate ad ambo le direzioni X e Y di applicazione dei carichi

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 27 di 56	Data 20/06/2022

Azione tangente del vento (come D.M. 14.01.2008)

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

$$p_f = q_b \cdot c_e \cdot c_f \quad [N/m^2]$$

dove:

q_b è la pressione cinetica di picco definita precedentemente;

c_e è il coefficiente di esposizione;

c_f è il coefficiente d'attrito funzione della scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente.

Tale valore di c_f è definito dalla Tabella C3.3. I Valori del coefficiente d'attrito della Circolare Ministeriale n°617 del 02/02/2009 – Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove Norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14 gennaio 2008”

Tabella C3.3.I Valori del coefficiente d'attrito

Superficie	Coefficiente d'attrito c_f
Liscia (acciaio, cemento a faccia liscia..)	0,01
Scabra (cemento a faccia scabra, catrame..)	0,02
Molto scabra (ondulata, costolata, piegata..)	0,04

Nel nostro caso si assumerà c_f pari a 0.01.

In definitiva si ottiene che l'azione del vento tangente è pari a:

$$p_f = 7.88 \text{ N/m}^2$$

2.3.4 Azioni della temperatura

Variazioni giornaliere e stagionali della temperatura esterna, irraggiamento solare e convezione comportano variazioni della distribuzione di temperatura nei singoli elementi strutturali.

La severità delle azioni termiche è in generale influenzata da più fattori, quali le condizioni climatiche del sito, l'esposizione, la massa complessiva della struttura e la eventuale presenza di elementi non strutturali isolanti. In relazione al punto 3.5.2. e 3.5.3 si considera:

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 28 di 56	Data 20/06/2022

- per la temperatura dell'area esterna, in mancanza di dati specifici relativi al sito in esame, possono assumersi i valori:

$$T_{\max} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}; \quad T_{\min} = -15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

- e per la temperatura dell'area interna, in mancanza di più precise valutazioni, legate alla tipologia della costruzione ed alla sua destinazione d'uso, la temperatura dell'aria interna, "Tint", può essere assunta pari a 20 ° C.

Per la valutazione degli effetti delle azioni termiche, si può fare riferimento ai coefficienti di dilatazione termica a temperatura ambiente a T riportati in Tab. 3.5.III.:

Tabella 3.5.III – Coefficienti di dilatazione termica a temperatura ambiente

Materiale	α_T [$10^{-6}/^{\circ}\text{C}$]
Alluminio	24
Acciaio da carpenteria	12
Calcestruzzo strutturale	10
Strutture miste acciaio-calcestruzzo	12
Calcestruzzo alleggerito	7
Muratura	6 ÷ 10
Legno (parallelo alle fibre)	5
Legno (ortogonale alle fibre)	30 ÷ 70

2.3.5 Riassunto finale carichi accidentali

Neve:	carico q1	0.48 KN/m ²
Vento:	in pressione	1.24 KN/m ²
	tangenziale	0.008 KN/m ²

3. Combinazioni di carico

Nel caso di costruzioni civili ed industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni secondo la relazione

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 29 di 56	Data 20/06/2022

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

- E rappresenta l'azione sismica per lo stato limite in esame.

Per tale azione si combina il sisma nelle due direzioni principali ortogonali tra loro e quella verticale secondo le combinazioni:

$$E_x + 0.33 \cdot E_y + 0.33 \cdot E_z$$

$$0.33 \cdot E_x + E_y + 0.33 \cdot E_z$$

$$0.33 \cdot E_x + 0.33 \cdot E_y + E_z$$

- G_1 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno; forze risultanti dalla pressione dell'acqua;
- G_2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali
- P valore dell'azione di precompressione e pretensione
- $\psi_{2,j}$ coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q_i
- $Q_{k,j}$ rappresentano le azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi nel tempo

Oltre alla combinazione delle azioni agenti con il sisma vanno considerate anche le combinazioni dell'azioni agenti, per ogni stato limite considerato.

In dettaglio al "paragrafo 2.5.3. Combinazioni delle azioni" del DM 17/01/2018, si ha:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i=2} \psi_{0i} \gamma_{Q1} Q_{ki}$$

- Combinazione frequente (SLE), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio reversibili

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{k1} + \sum_{i=2} \psi_{2i} Q_{ki}$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 30 di 56	Data 20/06/2022

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{k1} + \sum \psi_{2i} Q_{ki}$$

I valori dei coefficienti per la determinazione delle combinazioni sono riportate nella tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione del DM 17/01/2018

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0i}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Per quanto riguarda le verifiche agli SLU, queste devono essere eseguite per tutte le più gravose condizioni di carico. Al paragrafo 2.6.1. Stati limite ultimi del DM 17/01/20018 si distinguono 3 stati limite ultimi:

- ✓ Lo stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU)
- ✓ Lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione (STR)
- ✓ Lo stato limite di resistenza del terreno (GEO)

Per la struttura in oggetto si sono considerati gli stati limite di equilibrio (EQU) e lo stato limite di resistenza (STR). In base a tale scelta ed alla tabella 2.6.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche allo SLU del DM 17/01/2018.

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 31 di 56	Data 20/06/2022

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

si sono determinati i coefficienti parziali γ_{G1} γ_{G2} γ_{Q1} per le varie combinazioni agli SLU.

4. Modellazione strutturale

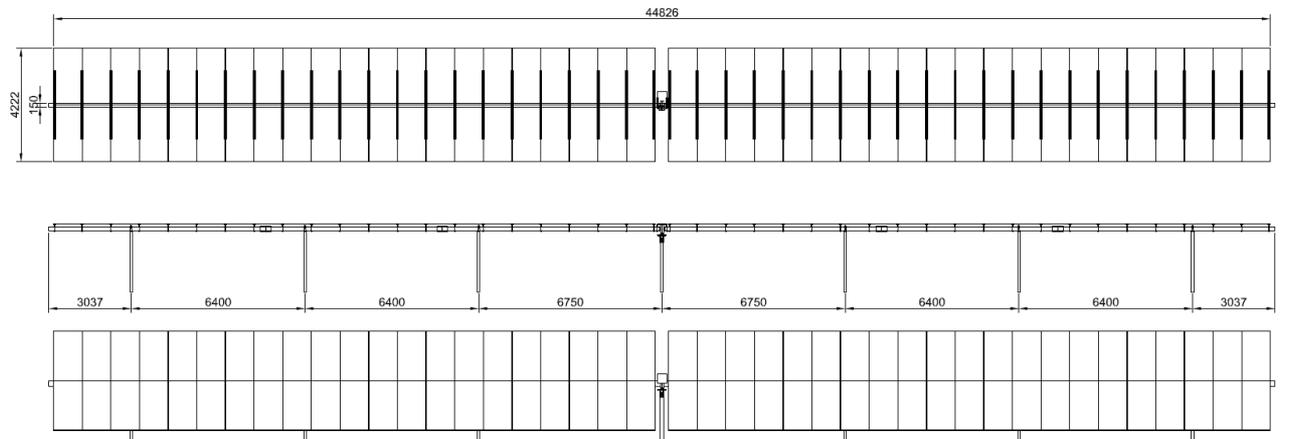
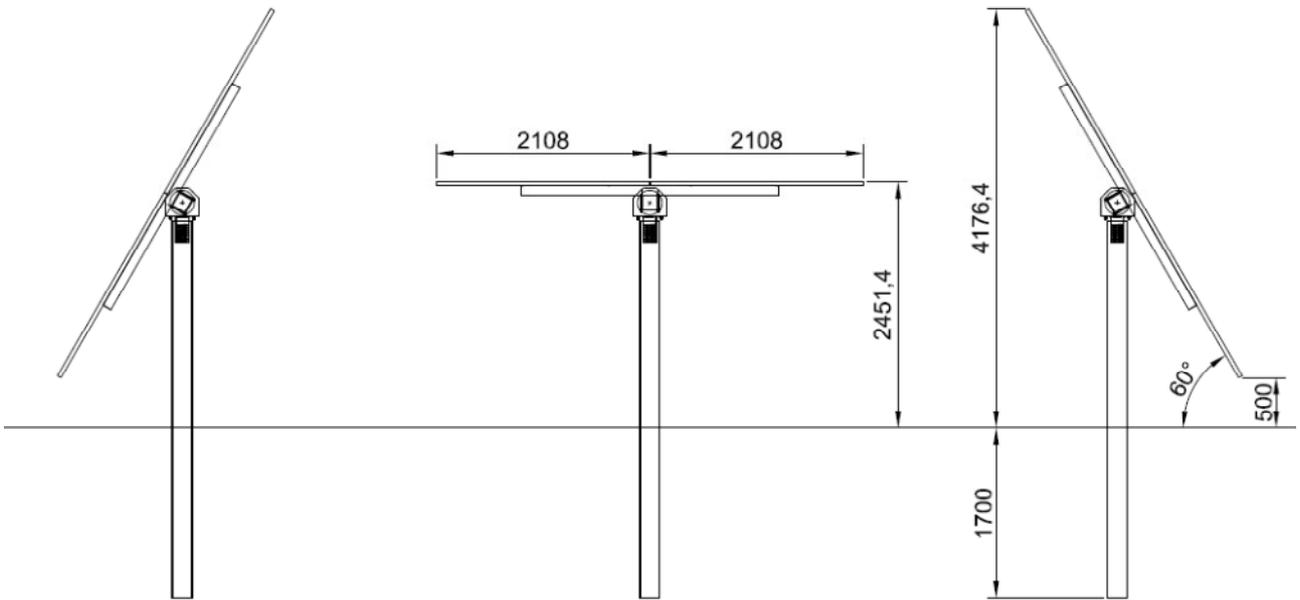
Si è implementato il modello strutturale con il programma di calcolo CDS2019. Gli elementi strutturali, quali arcarecci, puntone, pilastri, montanti e controventi si sono modellati tramite elementi “frame”.

4.1 Geometria portale tipo

Pendenza della copertura	TILT
VAR Passo portali	6.40 – 6.75 m
Schema statico:	Portali in acciaio incastrati alla base
Acciaio utilizzato:	S275JR $f_d=275$ N/mm ² e S235JR $f_d=235$ N/mm ²
I profili utilizzati come in figura	

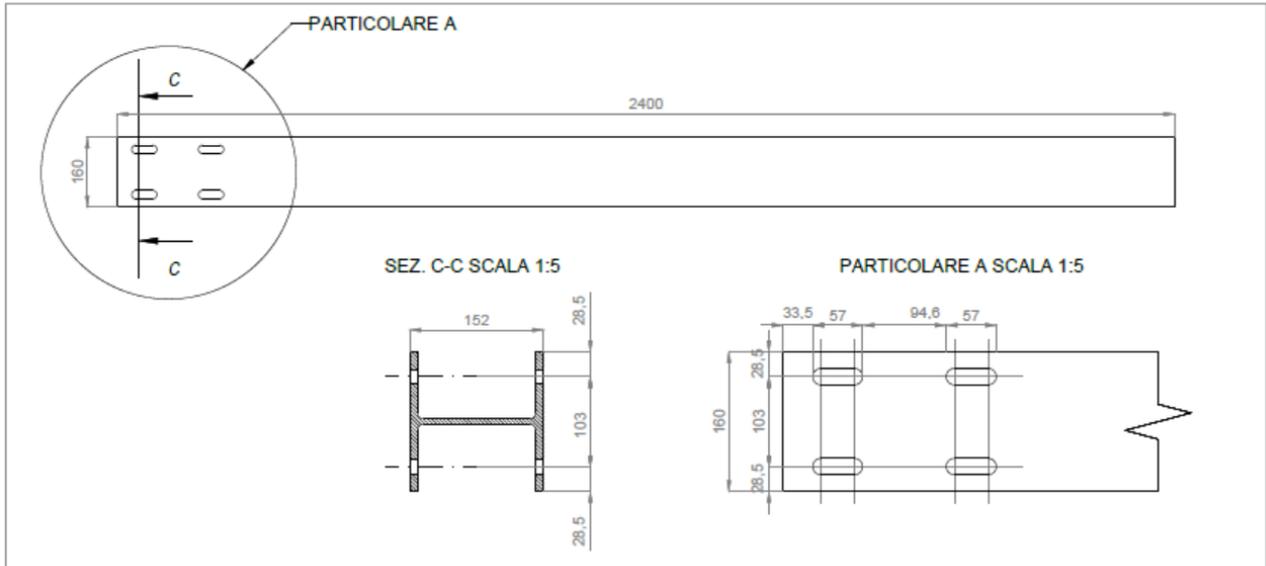
SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 32 di 56	Data 20/06/2022

TILT TRACKER ±60°

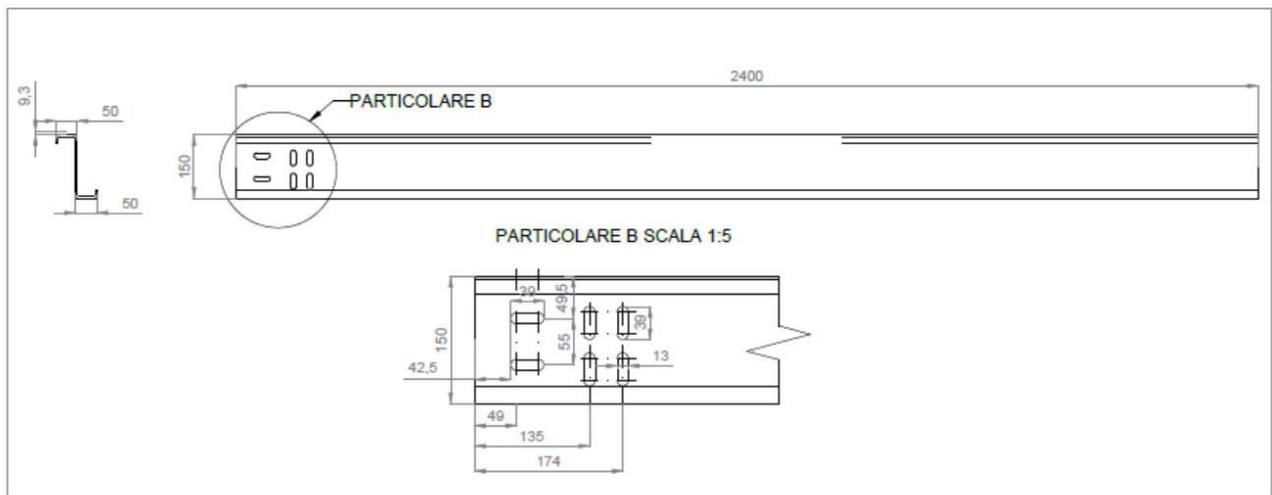


SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 33 di 56	Data 20/06/2022

DETTAGLIO 1 PALO ANCORAGGIO MOTORE - MATERIALE S275JR SCALA 1:10

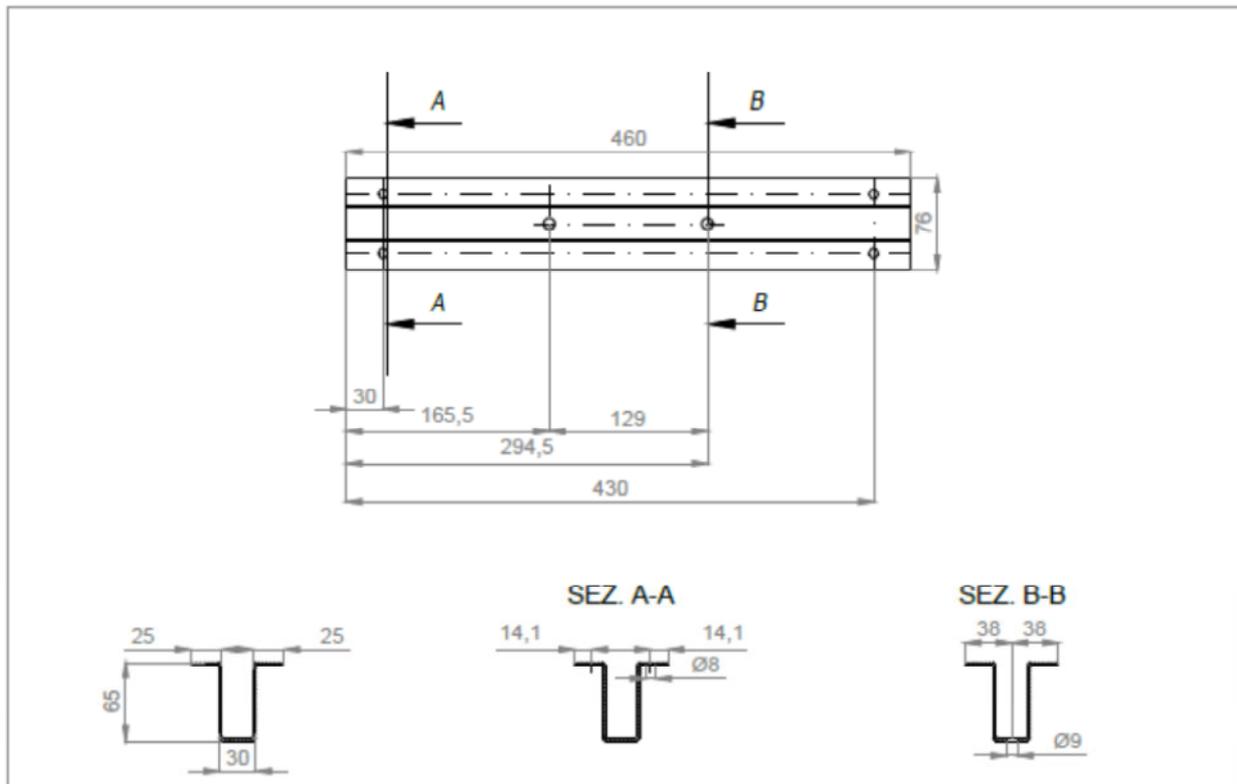


DETTAGLIO 5 PROFILO A Z 150x50x20 - MATERIALE S355JR SCALA 1:10



<i>SCS 08</i>	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 34 di 56	Data 20/06/2022

DETTAGLIO 3 OMEGA 65X30X25 - MATERIALE S280GD SCALA 1:5



5. Output dei risultati

Si sono effettuate le verifiche sui profilati considerando nel calcolo delle sollecitazioni l'effettivo peso degli elementi costituenti il portale, comprendendo anche profilati, fazzoletti di collegamento, imbottiture irrigidenti, saldature e bullonature, con il programma di calcolo CDSWIN 2019.

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 35 di 56	Data 20/06/2022

Considerate le seguenti combinazioni di carico di seguito i risultati delle verifiche:

DESCRIZIONI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso Strutturale	1,30	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PERM	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
NEVE	1,50	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VENTO	0,90	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sisma direz. grd 0	0,00	0,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,30	0,30	-0,30	-0,30
Sisma direz. grd 90	<u>0,00</u>	0,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	1,00	-1,00	1,00	-1,00

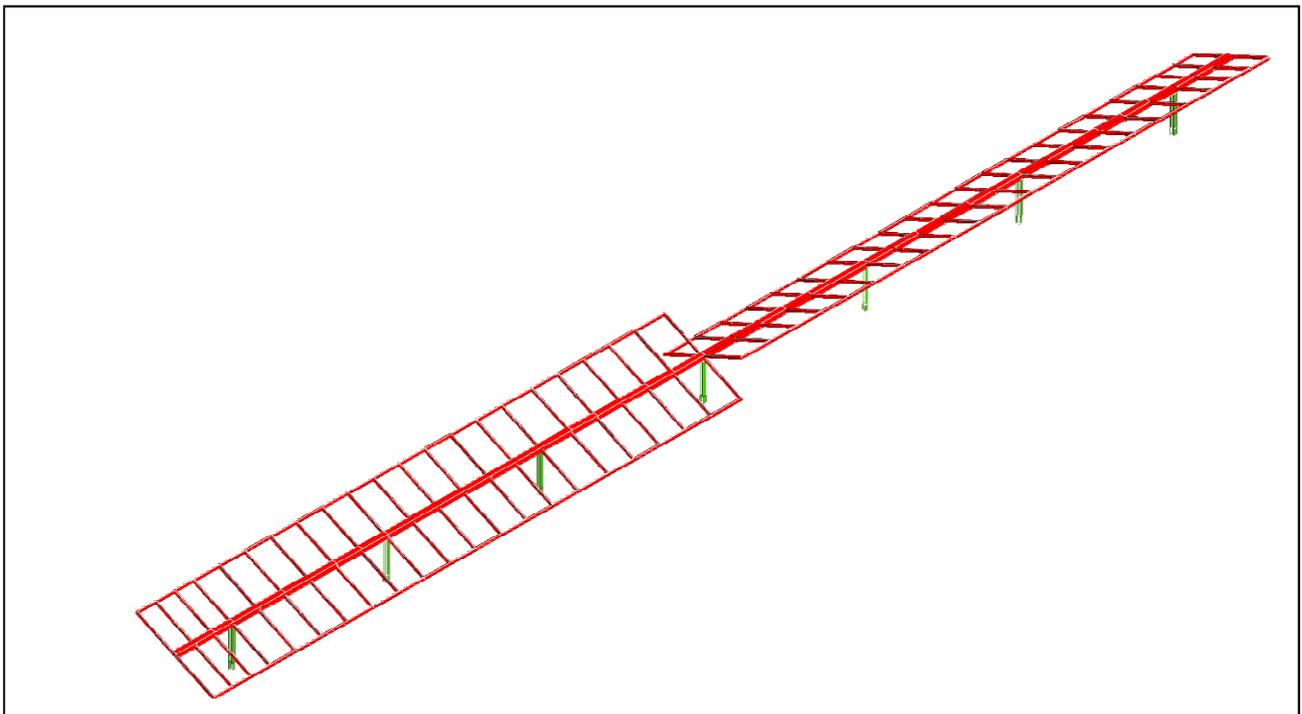


Figura 7 - Modello tridimensionale

<i>SCS 08</i>	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 36 di 56	Data 20/06/2022

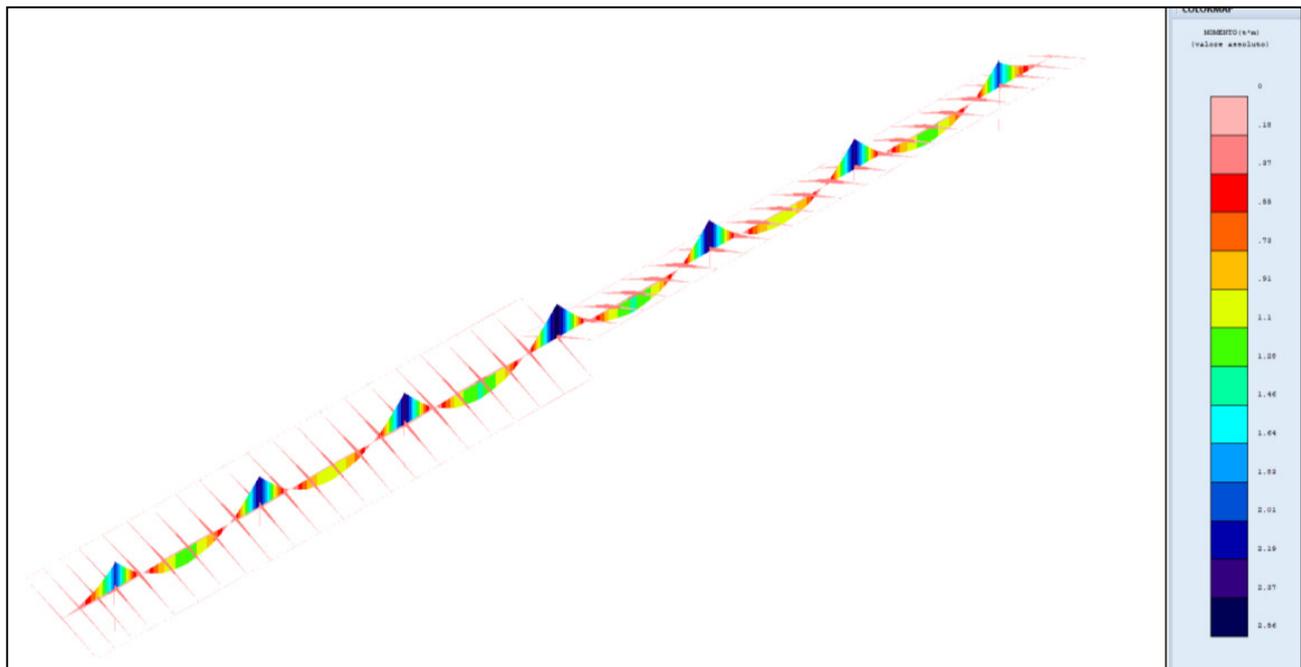


Figura 8 - DIAGRAMMA SOLLECITAZIONI MX-MY COMB.1

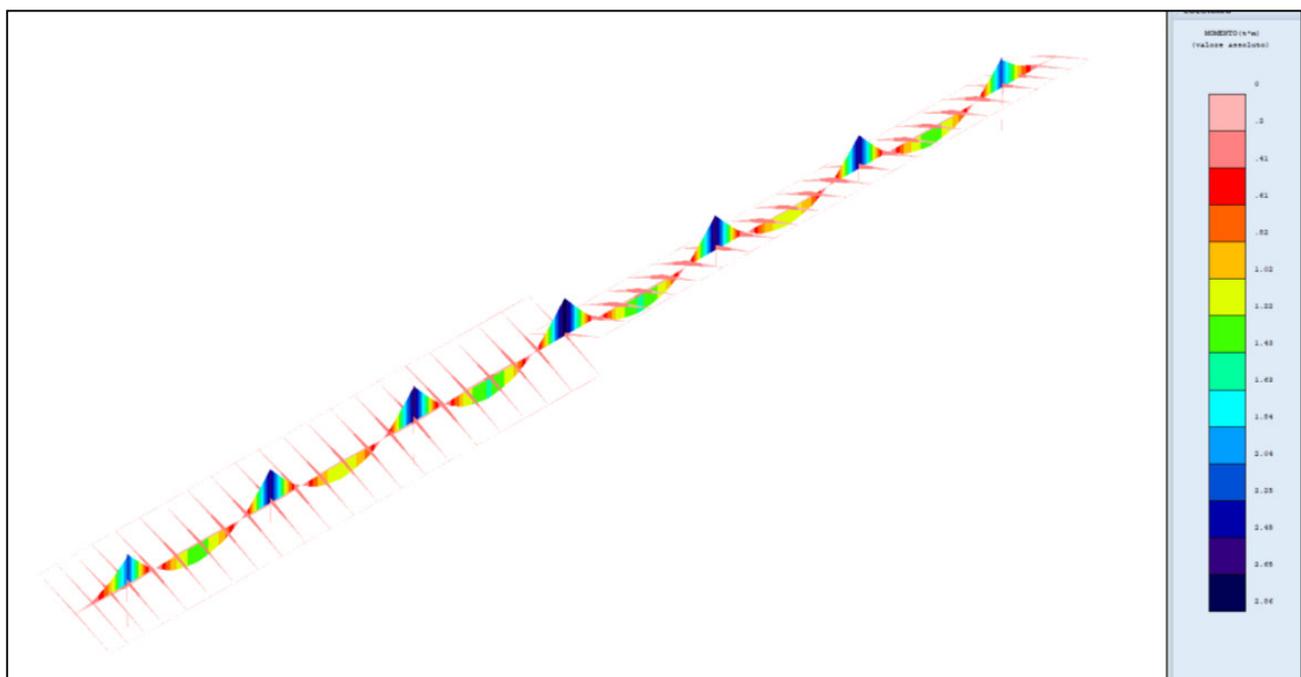


Figura 9 - DIAGRAMMA SOLLECITAZIONI MX-MY COMB.2 (VENTO)

<p><i>SCS 08</i></p>	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture	Codice documento: R_22_PV_000012			
	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA	Foglio n. 37 di 56	Data 20/06/2022	Revisione 00	
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe					

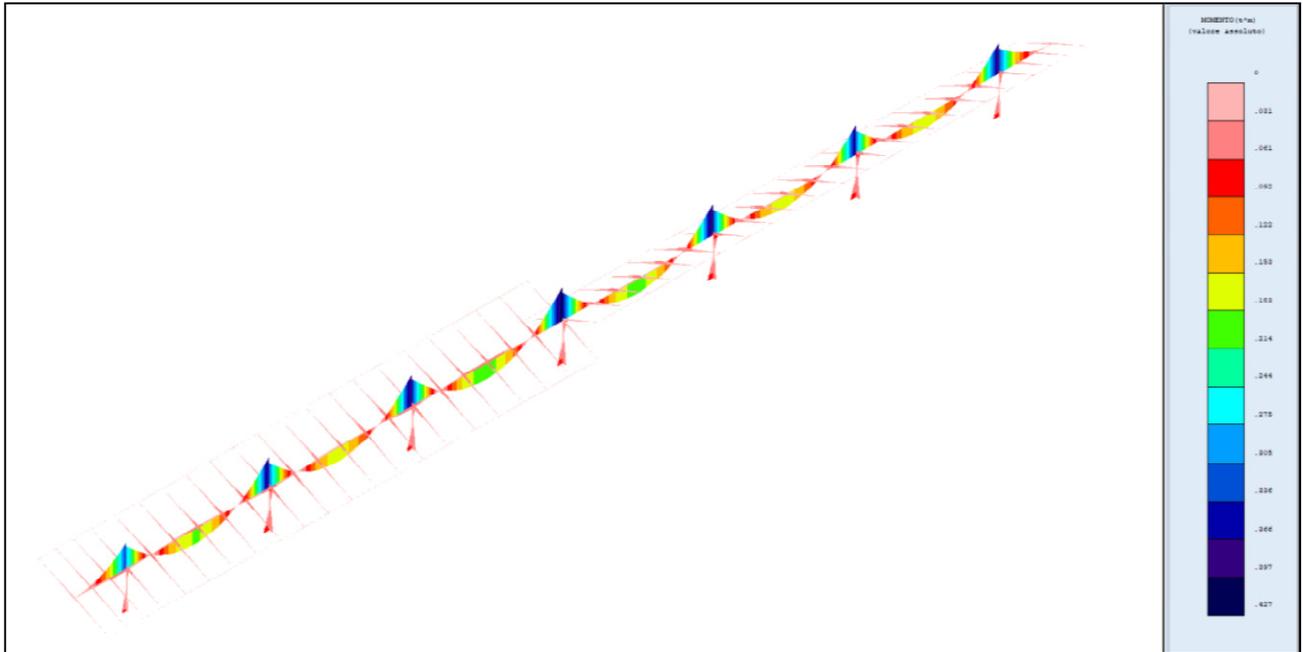


Figura 10 - DIAGRAMMA SOLLECITAZIONI MX-MY COMB.3 (SISMICA)

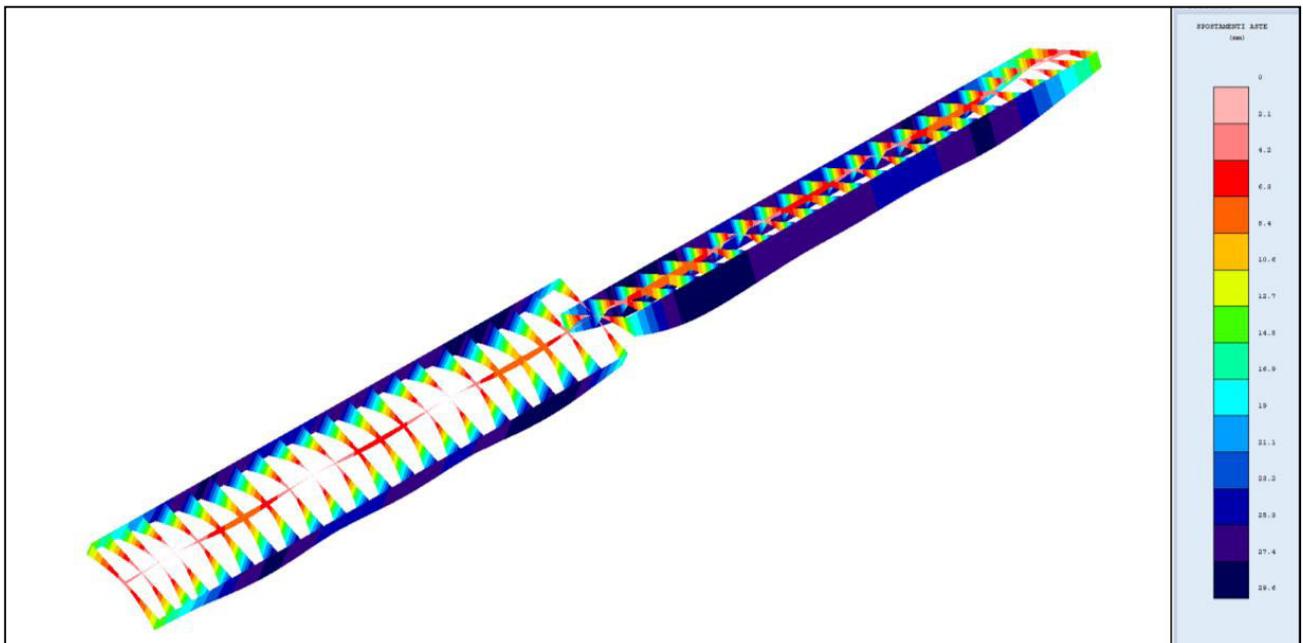


Figura 11 - DIAGRAMMA SPOSTAMENTI COMB.2 (VENTO)

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA	Foglio n. 38 di 56	Data 20/06/2022	Revisione 00	
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe					

6. Classificazione sezioni

Tali profili vengono classificati in accordo con le prescrizioni del paragrafo 4.2.3.1 - Classificazione delle sezioni del DM 17/01/2018, delle Tabelle 4.2.III – Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse e del paragrafo C4.2.12.1.4 – Classificazione delle sezioni, instabilità locale e distorsione delle sezioni trasversali della Circolare Ministeriale n° 7 del 21/01/2019.

Le sezioni trasversali si classificano in funzione della loro capacità rotazionale.

Tab. 4.2.III - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

Parti interne compresse						
Classe	Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione	Parte soggetta a flessione e a compressione			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compresione positiva)						
1	$c/t \leq 72c$	$c/t \leq 43t$	quando $\alpha \leq 0,5$; $c/t \leq \frac{200c}{130t-1}$ quando $\alpha \geq 0,5$; $c/t \leq \frac{20c}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 83a$	$c/t \leq 35a$	quando $\alpha \leq 0,5$; $c/t \leq \frac{258c}{120t-1}$ quando $\alpha \geq 0,5$; $c/t \leq \frac{42,5c}{\alpha}$			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compresione positiva)						
3	$c/t \leq 124t$	$c/t \leq 42t$	quando $\psi \leq -1$; $c/t \leq \frac{42c}{207+0,33\psi}$ quando $\psi \geq -1$; $c/t \leq 0,62(c-4\psi)\sqrt{f_{yk}/E}$			
$\psi = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
ψ		1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

*) $\psi \leq -1$ si applica se la tensione di compressione $\sigma \leq f_{yk}$ o la deformazione a trazione $\epsilon_{yk} \leq \epsilon_{yk}^E$

Dalla classificazione risulta che il profilo Tubo Quadro 120*120*3 E OMEGA 65x30x25 sono di classe 3, mentre il profilo HEA160 è di classe 1.

7. Verifiche dei collegamenti

Per tutte le unioni si utilizzeranno bulloni ad alta resistenza ed in particolare:

Viti classe 8.8

Dadi classe 8G

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 39 di 56	Data 20/06/2022

conformi con le caratteristiche di resistenza della Tabella 11.3. XIIb del paragrafo 11.3.4.6. Bulloni e chiodi del DM 17/01/2018.

Tab. 11.3.XIII.b

Classe	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{tb} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1000

La resistenza di calcolo a taglio dei bulloni viene definita in accordo con le prescrizioni del paragrafo 4.2.8.1.1 Unioni con bulloni e chiodi del DM 17/01/2018 con la formulazione:

$$F_{v,rd} = 0.6 \cdot \frac{f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{m2}}$$

dove

f_{tb} indica la resistenza a rottura del materiale impiegato

A_{res} indica l'area resistente della vite e si adotta quando il piano di taglio interessa la parte filettata della vite

γ_{m2} è un coefficiente di sicurezza definito dalla Tabella 4.2.XII del paragrafo 4.2.8.1.1 Unione con bulloni e chiodi del DM 17/01/2018.

La resistenza di calcolo a rifollamento $F_{b,Rd}$ del piatto dell'unione, bullonata o chiodata, può essere definita in accordo con la formula presente al paragrafo C4.12.2.6.4.1 Bulloni soggetti a taglio della Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7- "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018" (Gazzetta Ufficiale 11/2/2019, n. 35 - Suppl. ord. n. 5)"

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot k_t \cdot \alpha_b \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t}{\gamma_{m2}}$$

dove

f_{tk} indica la resistenza a rottura del materiale impiegato

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 40 di 56	Data 20/06/2022

$\alpha_b = \min(1; e_1/3d)$ in cui i simboli sono indicati nella figura seguente presente nel paragrafo C4.12.2.6 Unioni della Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7- "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»»

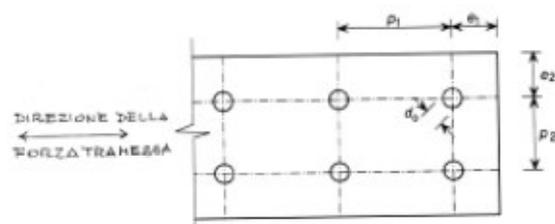


Figura C4.2.34 – Parametri significativi per i collegamenti

$$k_t = (0,8t+1,5)/2,5 \quad \text{per } t \leq 1,25 \text{ mm}$$

$$k_t = 1 \quad \text{per } t > 1,25 \text{ mm}$$

8. Indicazione per fondazioni sottostazione MT/AT

Le fondazioni saranno del tipo platea armata, ubicate ad una profondità minima di m 1,0 di profondità dall'attuale piano campagna.

Nella fase di Studio Geologico esecutivo si eseguiranno dettagliate indagini geologiche, con la esecuzione di sondaggi meccanici spinti almeno fino a 10 metri, con prelievo di campioni indisturbati e prove geotecniche di laboratorio.

9. Cabine elettriche

Le cabine elettriche saranno del tipo prefabbricato in cemento armato vibrato o messe in opera con pannelli prefabbricati, comprensive di vasca di fondazione prefabbricata in c.a.v. o messe in opera in cemento ciclopico o cemento armato con maglie elettrosaldate, con porta di accesso e griglie di aereazione in vetroresina, impianto elettrico di illuminazione, copertura impermeabilizzata con guaina bituminosa e rete di messa a terra interna ed esterna.

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture	Codice documento: R_22_PV_000012		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA	Foglio n. 41 di 56	Data 20/06/2022	Revisione 00

In particolare la struttura prefabbricata in cemento armato vibrato dovrà rispondere alle seguenti normative di riferimento:

- legge 5 novembre 1971 N° 1086 (La nuova disciplina per le opere in conglomerato cementizio armato)
- D.M. 09 Gennaio 1996 (Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche)
- Circolare M.LL.PP. 15 Ottobre 1996 n. 252 (Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche)
- legge 2 febbraio 1974 N° 64 (Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche)
- D.M. 3 dicembre 1987 (Norme per le costruzioni prefabbricate)
- D.M. 16 gennaio 1996 (Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche)
- Circolare M.LL.PP. 10 Aprile 1997 n.65 (Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche in zone sismiche)
- D.M. 16 Gennaio 1996 (Norme tecniche per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi)
- Circolare M.LL.PP. 4 Luglio 1996 n.156 (Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per carichi e sovraccarichi)

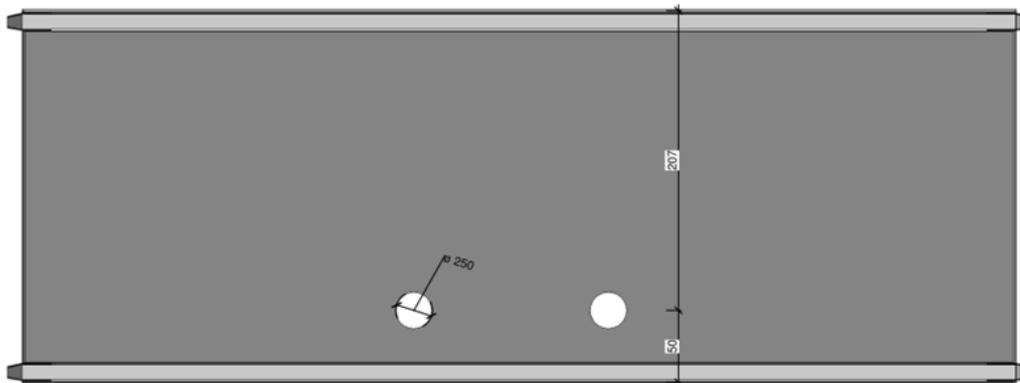
La Cabina monoblocco è costituita da:

- Struttura scatolare composta dalle quattro pareti laterali e dal pannello pavimento realizzate con un unico getto di calcestruzzo aventi spessore minimo 90 mm
- Pannello di copertura in calcestruzzo della struttura avente spessore minimo 90 mm
- Eventuali pannelli di divisione interna, in calcestruzzo spessore minimo 70 mm, in lamiera o pietra spessore di minimo 3 mm, a delimitazione dei vari locali (CONSEGNA, Misure, Utente 1, ecc.);

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 42 di 56	Data 20/06/2022

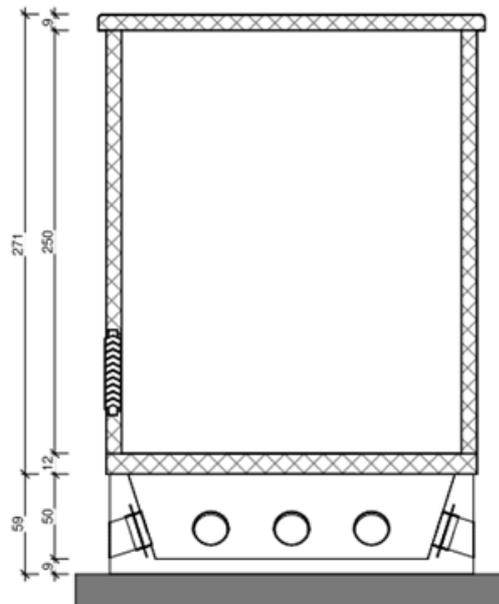
Caratteristiche:

- Calcestruzzo avente classe RcK 350 Kg/cm² opportunamente additivato con super fluidificante e con impermeabilizzante idonei a garantire una adeguata protezione contro le infiltrazioni di acqua per capillarità.
- Armatura metallica interna a tutti i pannelli costituita da doppia rete elettrosaldata e ferro nervato, entrambi in B450C controllato.
- Collegamento mediante saldatura di tutte le armature metalliche in modo da realizzare e garantire una maglia equipotenziale di terra uniformemente distribuita in tutta la cabina onde consentire il collegamento elettrico all' impianto di terra esterno.
- Pannello di copertura avente spessore minimo in gronda di cm 9.00 e dimensionato in modo da supportare sovraccarichi accidentali di 400 Kg/mq.



- Pannello di pavimentazione avente spessore minimo di 120 mm e dimensionato in modo da supportare un carico permanente di 500 Kg/mq e i carichi concentrati dei trasformatori di tensione.

<i>SCS 08</i>	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: CONSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 43 di 56	Data 20/06/2022



- Predisposizione del pannello pavimento di appositi cavedi, per il passaggio dei cavi MT/BT in entrata ed in uscita dalla cabina., e di inserti filettati per il fissaggio delle apparecchiature elettromeccaniche.
- Impermeabilizzazione della copertura mediante l'applicazione a caldo di una guaina bituminosa di mm 4.00 di spessore dopo aver trattato il sottofondo con una mano di Primer.
- Pareti interne, lisce e senza nervature, tinteggiate con pitture al quarzo di colore bianco.
- Pareti esterne, tinteggiate con pitture al quarzo ad effetto bucciato, idonee a resistere agli agenti atmosferici anche in ambiente marino, montano, industriale altamente inquinato.
- La struttura portante dovrà essere dimensionata e calcolata per consentire lo spostamento del monoblocco completo delle apparecchiature elettromeccaniche, trasformatore ad olio compreso;
- Il monoblocco dovrà essere dotato di dispositivi di sollevamento, costituiti da idonei inserti filettati, posizionati nello spessore delle pareti a contatto con il pannello di copertura in modo tale che dopo la posa in opera non rimangano in vista nella superficie esterna delle pareti onde evitare l'ossidazione che potrebbe macchiare e deteriorare il calcestruzzo e il

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 44 di 56	Data 20/06/2022

rivestimento esterno; dopo il montaggio i dispositivi dovranno essere opportunamente ingrassati e chiusi con idoneo sistema che ne impedisca l'ossidazione;

Al contempo le cabine monoblocco consentono una facile rimozione per una successiva reinstallazione in altra località.



Il manufatto dovrà presentare una notevole rigidità strutturale ed una grande resistenza agli agenti esterni atmosferici che lo renderanno adatto all'uso anche in ambienti con atmosfera inquinata ed aggressiva.

L'armatura interna della cabina sarà totalmente collegata elettricamente, dovrà creare una vera gabbia di Faraday tale da proteggere tutto il sistema da sovratensioni atmosferiche limitando inoltre, a valori trascurabili, gli effetti delle tensioni di passo e di contatto.

L'armatura metallica sarà costituita da acciaio e rete elettrosaldata tipo B450C.

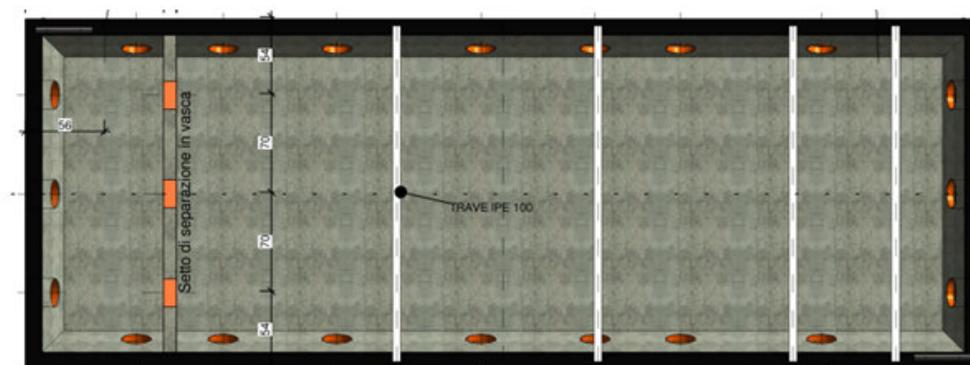
Le pareti esterne dovranno essere trattate con un rivestimento murale plastico idrorepellente costituito da resine sintetiche pregiate, polvere di quarzo, ossidi coloranti ed additivi che

<i>SCS 08</i>	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 45 di 56	Data 20/06/2022

garantiscono il perfetto ancoraggio sul manufatto, inalterabilità del colore e stabilità agli sbalzi di temperatura.

10. Fondazione prefabbricata del tipo “VASCA DI FONDAZIONE”

La cabina verrà posata su fondazione prefabbricata tipo vasca avente altezza esterna di cm 40 (e dotata di fori per tubo corrugato), a frattura prestabilita in modo da consentire l'ingresso e l'uscita dei cavi MT/BT nei quattro lati (attraverso una botola ricavata sul pavimento della Cabina è possibile accedere alla vasca).



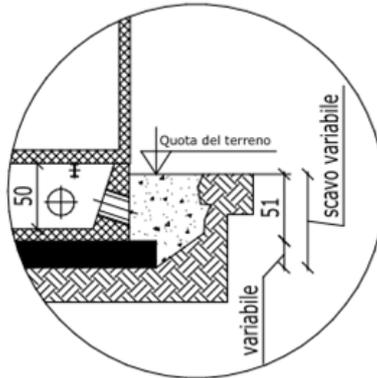
Vasca di fondazione

Le caratteristiche costruttive e i materiali dovranno essere identici a quelli impiegati per la costruzione della cabina monoblocco.

L'uso della vasca di fondazione prefabbricata permette di eseguire opere edili sul posto veramente limitate in quanto è necessario un semplice scavo e riportare sul fondo uno strato di calcestruzzo magro spianato di 8 – 10cm.

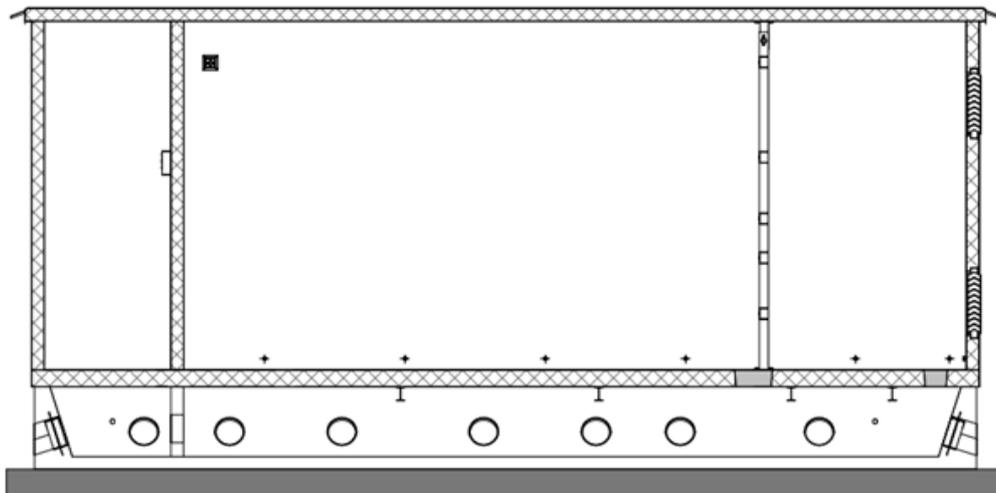
La vasca di fondazione ha un'altezza pari a 60 cm. Verrà eseguito uno scavo di profondità pari a 60 cm e uno spianamento con magrone il cls armato, con rete elettrosaldata da $\phi 8$ 20/20, sul quale verrà posata la vasca.

<i>SCS 08</i>	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture	Codice documento: R_22_PV_000012		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA	Foglio n. 46 di 56	Data 20/06/2022	Revisione 00



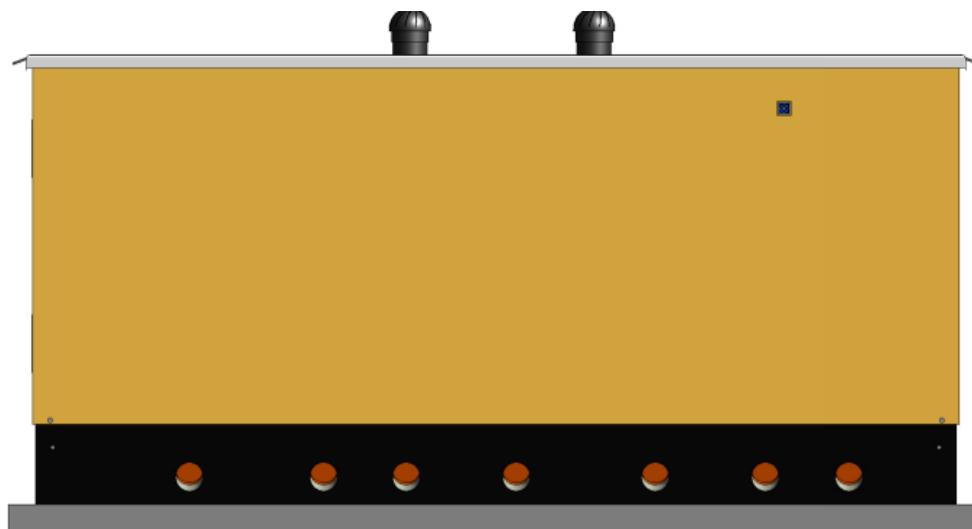
Particolare dello scavo

La cabina sarà posta sulla vasca di fondazione.

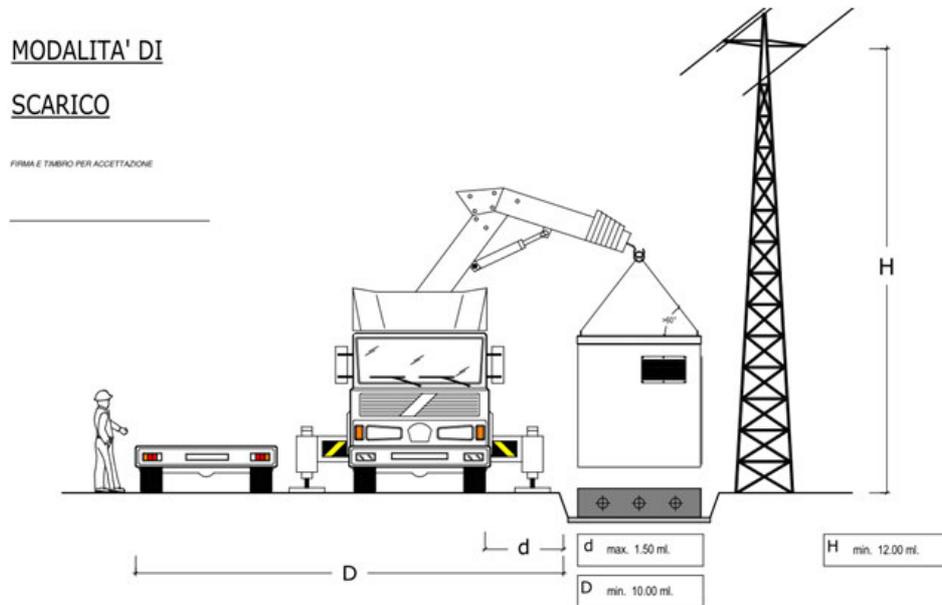


sezione del complessivo cabina + vasca di fondazione

<i>SCS 08</i>	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture	Codice documento: R_22_PV_000012		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA	Foglio n. 47 di 56	Data 20/06/2022	Revisione 00



SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 48 di 56	Data 20/06/2022



11. Specifiche tecniche recinzione e cancelli

Il fissaggio al suolo della recinzione avverrà senza l'uso di cemento ma attraverso l'uso del sistema tipo VORTEK.

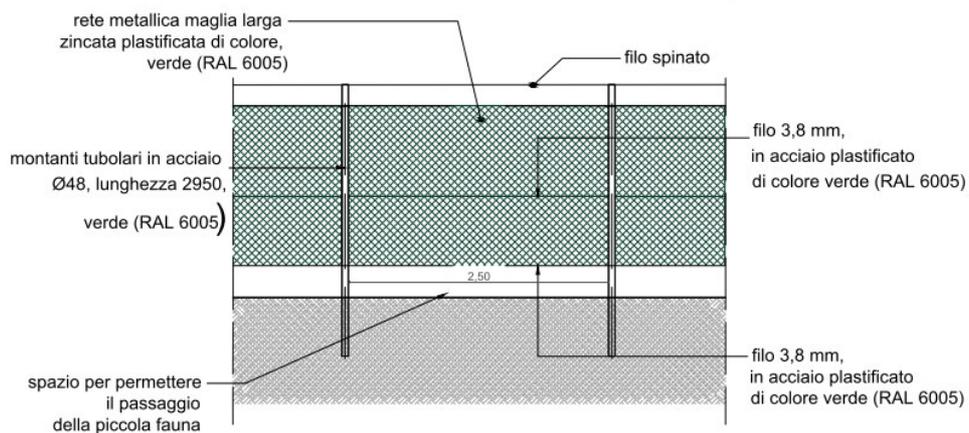
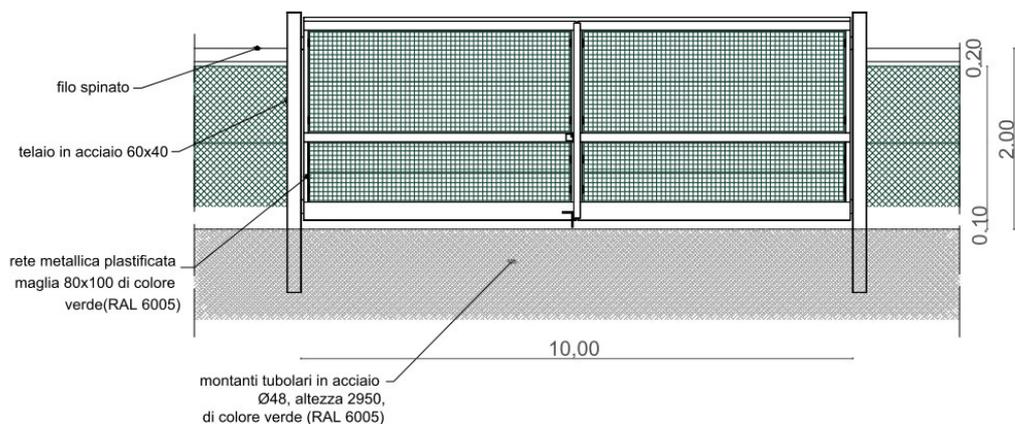
Il sistema Vortek® è stato studiato per garantirne l'applicazione e la tenuta su ogni tipo di terreno, anche in pendenza senza l'uso del cemento.

Le varie tipologie di supporti per terreno disponibili permettono di accogliere paletti di diverse dimensioni, materiale e sezione ampliando la possibilità di impiego per numerosi settori e utilizzi: recinzioni a maglie, recinzioni a pannelli, segnaletica, giardinaggio, staccionate in legno, edilizia, impianti fotovoltaici, tendaggi e ancoraggio funi.

I dispositivi Vortek® per terreno, inoltre, possono essere facilmente rimossi e riutilizzati come base per nuovi supporti, consentendo un notevole risparmio economico nel completo rispetto per l'ambiente.

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 49 di 56	Data 20/06/2022

Vortek per pali in ferro a “T” nasce per l’installazione a terra di paletti in ferro a “T” con sezione da 30 e 35 mm. Il supporto si avvita a terra con avvitatori. La stabilità del supporto è paragonabile al classico plinto in cemento. Il supporto si adatta perfettamente ai terreni pianeggianti o con elevata pendenza. Vortek è un supporto ecologico, in quanto è possibile svitarlo e recuperarlo per nuovi utilizzi.



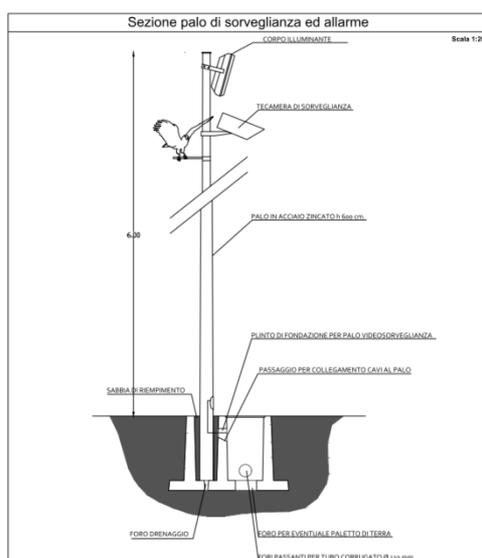
<p style="text-align: center;"><i>SCS 08</i></p>	<p>Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture</p>	<p>Codice documento: R_22_PV_000012</p>		
<p style="text-align: center;">Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe</p>	<p>Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA</p>	<p>Foglio n. 50 di 56</p>	<p>Data 20/06/2022</p>	<p>Revisione 00</p>



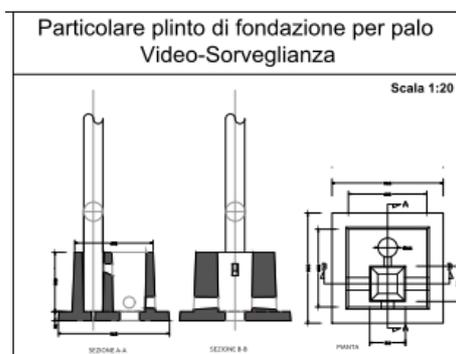
<i>SCS 08</i>	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 51 di 56	Data 20/06/2022

12. Sistema di videosorveglianza

Le telecamere saranno fissate a un palo alto 6 m in metallo a forma tronco conica e con un diametro medio di 80 mm



Saranno alloggiati in un pozzetto porta palo nel quale è previsto il passaggio dei cavi e l'alloggiamento del palo stesso.



<i>SCS 08</i>	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture	Codice documento: R_22_PV_000012		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA	Foglio n. 52 di 56	Data 20/06/2022	Revisione 00

13. Software utilizzati – Tipo di elaboratore

14.1 Premessa

Le analisi e le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU ed SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al DM 14.01.2008 come in dettaglio specificato negli allegati tabulati di calcolo.

L'analisi delle sollecitazioni è stata effettuata in campo elastico lineare, per l'analisi sismica si è effettuata un'analisi dinamica modale.

14.1.1 Valutazione dei risultati e giudizio motivato sulla loro accettabilità

Il software utilizzato permette di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni.

Si è inoltre controllato che le reazioni vincolari diano valori in equilibrio con i carichi applicati, in particolare per i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche si è provveduto a confrontarli con valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Le sollecitazioni ottenute sulle travi per i carichi verticali direttamente agenti sono stati confrontati con semplici schemi a trave continua.

Per gli elementi inflessi di tipo bidimensionale si è provveduto a confrontare i valori ottenuti

Dall'analisi FEM con i valori di momento flettente ottenuti con gli schemi semplificati della Tecnica delle Costruzioni.

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture	Codice documento: R_22_PV_000012		
Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA	Foglio n. 53 di 56	Data 20/06/2022	Revisione 00

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato esito positivo.

14. Prestazioni attese al collaudo

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 17.01.2018.

Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle azioni pari a quelle di esercizio.

15. Acciaio per carpenteria metallica

15.1 Generalità

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare, secondo quanto riportato al “paragrafo 11.3.4 Acciai per strutture metalliche e per strutture composte” del DM 17/01/2018, acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+.

Per gli acciai di cui alle norme armonizzate UNI EN 10025, UNI EN 10210 ed UNI EN 10219-1, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità, ed in favore di sicurezza, per i valori delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} da utilizzare nei calcoli si assumono i valori nominali $f_y = R_eH$ e $f_t = R_m$ riportati nelle relative norme di prodotto.

Gli elementi da porsi in opera dovranno rispettare le modalità di qualificazione e di controllo della produzione previste dalla normativa vigente e riportata in seguito.

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 54 di 56	Data 20/06/2022

In sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee EN 10025, EN 10210 ed EN 10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} riportati nelle tabelle seguenti.

Si utilizzeranno in particolare acciai di tipo S 275 JR per i vari elementi costituenti la struttura da realizzare come indicato nella tavola grafica.

Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		40 mm $< t \leq 80$ mm	
	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Tabella 11.3.X - Laminati a caldo con profili a sezione cava

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		40 mm $< t \leq 80$ mm	
	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 55 di 56	Data 20/06/2022

UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S460 MH/MLH	460	530		

Nei calcoli statici che si andranno ad effettuare si assumono convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

modulo elastico	$E = 210000 \text{ N/mm}^2$
modulo di elasticità trasversale	$G = E / [2(1+\nu)]$
coefficiente di Piosson	$\nu = 0,3$
coefficiente di espansione termica lineare (per T fino a 100°C)	$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$
densità	$\rho = 7850 \text{ kg/mc}$

Gli elementi secondari saranno realizzati con profili a freddo, secondo le Norme UNI EN 10326:2004 “Nastri e lamiere di acciaio per impieghi strutturali rivestiti per immersione a caldo in continuo - Condizioni tecniche di fornitura”, si ordineranno della qualità S350GD e quindi dalla tabella seguente si ottiene la caratteristica meccanica del materiale.

Rispettivamente $f_{yk} = 350 \text{ N/mm}^2$.

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 56 di 56	Data 20/06/2022

Table 1 — Steel grades and mechanical properties (longitudinal test pieces)

Designation		Chemical composition % by mass max.					Mechanical properties			
Steel name	Steel number	Symbols for the types of hot-dip coating	C	Si	Mn	P	S	0,2 %-proof strength	Tensile strength	Elongation
								$R_{p0,2}$ ^a	R_m ^b	A_{g0} ^c
								MPa [*]	MPa [*]	%
								min.	min.	min.
S220GD	1.0241	+Z,+ZF,+ZA,+AZ	0,20	0,60	1,70	0,10	0,045	220	300	20
S250GD	1.0242	+Z,+ZF,+ZA,+AZ,+AS						250	330	19
S280GD	1.0244	+Z,+ZF,+ZA,+AZ,+AS						280	360	18
S320GD	1.0250	+Z,+ZF,+ZA,+AZ,+AS						320	390	17
S350GD	1.0529	+Z,+ZF,+ZA,+AZ,+AS						350	420	16
S550GD	1.0531	+Z,+ZF,+ZA,+AZ						550	560	-

^{*} 1MPa = 1 N/mm².
^a If the yield point is pronounced, the values apply to the upper yield point (R_{m1}).
^b For all grades except S550GD, a range of 140 MPa can be expected for tensile strength.
^c For product thicknesses $\leq 0,70$ mm (including coating) the minimum elongation values (A_{g0}) shall be reduced by 2 units.

16. Tabulati di stampa

Parametri di Calcolo

Opzioni di Calcolo

- Calcolo sismico:: Statica sempl.
- Sisma verticale:: No
- Somma azioni sismiche:: Algebrica
- Effetto P- Δ sisma: Automatico
- Azione Vento:: No

Accelerazioni analisi sismica statica equivalente

- Acc X SLV [g]: 0.1
- Acc Y SLV [g]: 0.1

Famiglie combinazioni di carico e verifiche

N	descrizione	SLU	Deform.	Fessur.	Tens	Spost.	Gerarch.	Rotaz.
					Eserc.	Sismici	Resist.	Ultima
1	Fondamentale		Si	-	-	-	-	-
2	Rara.		--	-	Si	-	-	-
3	Frequente		--	Si	-	-	-	-

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 57 di 56	Data 20/06/2022

4	Quasi Perm.	-Si	Si	Si	-	No	-
5	Permanente	--	-	-	-	No	-
6	Sismica SLO	--	-	-	No	-	-
7	Sismica SLD	No	-	-	-	No	-
8	Sismica SLV	Si	-	-	-	-	No
9	Sismica SLC	--	-	-	-	-	No

Combinazioni di carico

Fam. comb.	Comb. N°	Peso. Prop.	Coefficienti Azioni		Classe Durata	Segno Ned Sism	Cmb. Gemella
			Sisma X	Sisma Y			
1	1	1.3	0	0	Perm.		
2	1	1	0	0	Perm.		
3	1	1	0	0	Perm.		
4	1	1	0	0	Perm.		
5	1	1	0	0	Perm.		
8	1	1	0	1	Istant.		
8	2	1	-1	0	Istant.		
8	3	1	0	1	Istant.		
8	4	1	0	-1	Istant.		

Dettagli calcolo

Rigidità per piano

Piano	esteso	Dim X [m]	Dim Y [m]	x Fy Tot Sup. [m]	y Fx Tot Sup. [m]	x Rig [m]	y Rig [m]	Rig.X [N/m]	Rig.Y [N/m]	Rig Rot [Nm]	r Min [m]	ls [m]	r ² /ls ²
0	Si	5	3	0.00	0.00	0.00	0.00						

Effetto P-Δ Sisma

Sisma SLV	μd	θ	θ ≤ 0.2	k = 1/(1-θ)	k min	k calc
X	15.5	0	Si	1	1	1
Y	15.5	0	Si	1	1	1

Spostamenti di piano

Piano	Spost.x SLO [m]	Spost.y SLO [m]	Spost.x SLD [m]	Spost.y SLD [m]	Spost.x SLV [m]	Spost.y SLV [m]	Spost.x SLC [m]	Spost.y SLC [m]
0					0	0		

Gli spostamenti di piano allo SLV sono stati calcolati come al §7.3.3.3 delle NTC18

Taglianti piano SLV

Piano	Inf X [N]	Inf Y [N]	Sup X [N]	Sup Y [N]
0	0	0	0	0

Equilibrio per Piano. Azioni statiche

Azione	Piano Fz [N]	forze interna piano			forze da elementi superiori			forze da elementi inferiori			reazioni vincolari			reazioni elementi winkler			equilibrio		
		Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	Fz	Fx	Fy	
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
1	0	0	-110k	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-110k
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Legenda

- **Forze interne piano:** Forze applicate sulle travi completamente interne al piano e sui nodi del piano.
- **Forze da beams superiori:** Forze agenti sul piano esercitate da beams che hanno almeno un nodo appartenente ad un piano superiore.
- **Forze da beams inferiori:** Forze agenti sul piano esercitate da beams che hanno almeno un nodo appartenente ad un piano inferiore.

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 58 di 56	Data 20/06/2022

- **Reazioni vincolari:** Forze agenti sul piano esercitate dalle reazioni vincolari dei nodi appartenenti al piano.
 - **Reazioni vincolari:** Forze agenti sul piano esercitate dalle reazioni del terreno delle travi di winkler.
 - **Equilibrio:** Somma di tutte le forze precedenti.
- Suffissi:** $f=10^{-15}$; $p=10^{-12}$; $n=10^{-9}$; $\mu=10^{-6}$; $m=10^{-3}$; $k=10^3$; $M=10^6$; $G=10^9$; $T=10^{12}$; $P=10^{15}$ (Sistema Internazionale di misura)
Le forze per le azioni sismiche (n° 16,17,18 e 19) sono calcolate per l'accelerazione orizzontale di 1g

Ripartizione forze sismiche

Azione	Piano	Sisma	tagliante di piano [N]	pilastri inf. [%]	travi interpiano inf. [%]	pareti inf. [%]	piastre interpiano inf. [%]	reazioni vincolari [%]	reazioni beam wink [%]
16	0	X	0	?	?	?	?	?	?
18	0	Y	0	?	?	?	?	?	?

Le forze per le azioni sismiche sono calcolate per l'accelerazione orizzontale di 1g.

Suffissi: $f=10^{-15}$; $p=10^{-12}$; $n=10^{-9}$; $\mu=10^{-6}$; $m=10^{-3}$; $k=10^3$; $M=10^6$; $G=10^9$; $T=10^{12}$; $P=10^{15}$ (Sistema Internazionale di misura)

Errori Numerici Massimi

- soluzione sistema:: 970.4 [N o Nm]
- equilibrio nodi:: 930.03 [N o Nm]
- diagrammi forze:: 0 [N]
- diagrammi momenti:: 0 [Nm]
- deformate:: 0 [m] e 0 [rad]
- equilibrio Mz shell:: 0 [Nm]
- equilibrio piani:: 110325 [N]
- soluzione sistema:: 970.4 [N o Nm]
- Errore:: 930.03 [N o Nm] al nodo 84 (4.7059,1.6364,-1.0000)
- : memorizzo struttura calcolata

Legenda tabella Involuppo Sollecitazioni Beam

- **N°:** Numero trave o pilastro
 - **Fam Cmb:** Numero famiglia di combinazione. GR = Sollecitazioni derivanti dalla gerarchia delle resistenza Taglio-Flessione.
 - **Min-Max:** *Min* = sollecitazione minima; *Max* = sollecitazione massima.
 - **Sezione iniziale:** Sollecitazioni nella sezione iniziale della trave o pilastro. Per i pilastri la sezione iniziale è quella superiore.
 - **Sezione centrale :** Sollecitazioni nella sezione centrale della trave o pilastro.
 - **Sezione finale :** Sollecitazioni nella sezione finale della trave o pilastro. Per i pilastri la sezione finale è quella inferiore.
- Suffissi:** $f=10^{-15}$; $p=10^{-12}$; $n=10^{-9}$; $\mu=10^{-6}$; $m=10^{-3}$; $k=10^3$; $M=10^6$; $G=10^9$; $T=10^{12}$; $P=10^{15}$ (Sistema Internazionale di misura)

Sollecitazioni combinazioni Shell piastre piano 0

Piastra	N°	Fam.	Filo	Zona	min. Lastra	min. Piastra	max. Lastra	max. Piastra												
Piano	N°			Piano	σ_x	σ_y	τ_{xy}	m_x	m_y	m_{xy}	v_x	v_y	σ_x	σ_y	τ_{xy}	m_x	m_y	m_{xy}	v_x	v_y
		Cmb.			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N]	[N]	[N/m]	[N/m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N]	[N]	[N]		
		[N/m]	[N/m]																	
0	1	1	1	0	0	0	0	-362	-202	-4.33	-531	-403	0	0	0	-7.27	3.96	112	519	335
0	1	2	1	0	0	0	0	-278	-156	-3.33	-409	-310	0	0	0	-5.59	3.04	86.4	399	258
0	1	3	1	0	0	0	0	-278	-156	-3.33	-409	-310	0	0	0	-5.59	3.04	86.4	399	258
0	1	4	1	0	0	0	0	-278	-156	-3.33	-409	-310	0	0	0	-5.59	3.04	86.4	399	258
0	1	8	1	0	0	0	0	-278	-156	-3.33	-409	-310	0	0	0	-5.59	3.04	86.4	399	258
0	1	1	2	0	0	0	0	-707	-156	-53.1	-956	-336	0	0	0	2.73	87.0	92.3	329	930
0	1	2	2	0	0	0	0	-544	-120	-40.9	-735	-258	0	0	0	2.10	66.9	71.0	253	715
0	1	3	2	0	0	0	0	-544	-120	-40.9	-735	-258	0	0	0	2.10	66.9	71.0	253	715
0	1	4	2	0	0	0	0	-544	-120	-40.9	-735	-258	0	0	0	2.10	66.9	71.0	253	715
0	1	8	2	0	0	0	0	-544	-120	-40.9	-735	-258	0	0	0	2.10	66.9	71.0	253	715
0	1	1	3	0	0	0	0	-392	-152	-16.1	-255	-801	0	0	0	104	75.0	94.0	790	892
0	1	2	3	0	0	0	0	-301	-117	-12.4	-196	-616	0	0	0	80.0	57.7	72.3	608	686
0	1	3	3	0	0	0	0	-301	-117	-12.4	-196	-616	0	0	0	80.0	57.7	72.3	608	686
0	1	4	3	0	0	0	0	-301	-117	-12.4	-196	-616	0	0	0	80.0	57.7	72.3	608	686
0	1	8	3	0	0	0	0	-301	-117	-12.4	-196	-616	0	0	0	80.0	57.7	72.3	608	686
0	1	1	4	0	0	0	0	-576	-145	-78.2	-64.4	-722	0	0	0	81.7	55.3	-11.9	1.66k	380
0	1	2	4	0	0	0	0	-443	-112	-60.2	-49.5	-556	0	0	0	62.8	42.5	-9.19	1.28k	293
0	1	3	4	0	0	0	0	-443	-112	-60.2	-49.5	-556	0	0	0	62.8	42.5	-9.19	1.28k	293
0	1	4	4	0	0	0	0	-443	-112	-60.2	-49.5	-556	0	0	0	62.8	42.5	-9.19	1.28k	293
0	1	8	4	0	0	0	0	-443	-112	-60.2	-49.5	-556	0	0	0	62.8	42.5	-9.19	1.28k	293
0	1	1	-	-	0	0	0	-852	-464	-129	-1.04k	-1.63k	0	0	0	256	408	153	1.43k	1.50k
0	1	2	-	-	0	0	0	-655	-357	-98.9	-804	-1.25k	0	0	0	197	314	118	1.10k	1.15k
0	1	3	-	-	0	0	0	-655	-357	-98.9	-804	-1.25k	0	0	0	197	314	118	1.10k	1.15k

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe		Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		
Foglio n. 60 di 56			Data 20/06/2022	Revisione 00	

103	0	1	0.0000	0.0000	-1.0000	2	0	0	-14.4M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-14.4M-4208955.9..17737639.2..	0
137	0	2	0.0000	3.0000	-1.0000	2	0	0	-14.6M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-14.6M-4208955.9..17737639.2..	0
55	0	3	5.0000	3.0000	-1.0000	2	0	0	-16.2M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-16.2M-4208955.9..17737639.2..	0
22	0	4	5.0000	0.0000	-1.0000	2	0	0	-15.9M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-15.9M-4208955.9..17737639.2..	0

Suffissi: $f=10^{-15}$; $p=10^{-12}$; $n=10^{-9}$; $\mu=10^{-6}$; $m=10^{-3}$; $k=10^3$; $M=10^6$; $G=10^9$; $T=10^{12}$; $P=10^{15}$ (Sistema Internazionale di misura)

Spostamenti Nodi. Famiglia Cmb. 3) Frequente

						Min.						Max.					
Nodo	Piano	Filo	x[m]	y[m]	z[m]	Fam.Cmb.	sx [m]	sy [m]	sz [m]	rot x [°]	rot y [°]	rot z [°]	sx [m]	sy [m]	sz [m]	rot x [°]	rot y [°]
FEM																	
103	0	1	0.0000	0.0000	-1.0000	3	0	0	-14.4M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-14.4M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-14.4M-4208955.9..17737639.2..
137	0	2	0.0000	3.0000	-1.0000	3	0	0	-14.6M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-14.6M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-14.6M-4208955.9..17737639.2..
55	0	3	5.0000	3.0000	-1.0000	3	0	0	-16.2M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-16.2M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-16.2M-4208955.9..17737639.2..
22	0	4	5.0000	0.0000	-1.0000	3	0	0	-15.9M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-15.9M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-15.9M-4208955.9..17737639.2..

Suffissi: $f=10^{-15}$; $p=10^{-12}$; $n=10^{-9}$; $\mu=10^{-6}$; $m=10^{-3}$; $k=10^3$; $M=10^6$; $G=10^9$; $T=10^{12}$; $P=10^{15}$ (Sistema Internazionale di misura)

Spostamenti Nodi. Famiglia Cmb. 4) Quasi Perm.

						Min.						Max.					
Nodo	Piano	Filo	x[m]	y[m]	z[m]	Fam.Cmb.	sx [m]	sy [m]	sz [m]	rot x [°]	rot y [°]	rot z [°]	sx [m]	sy [m]	sz [m]	rot x [°]	rot y [°]
FEM																	
103	0	1	0.0000	0.0000	-1.0000	4	0	0	-14.4M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-14.4M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-14.4M-4208955.9..17737639.2..
137	0	2	0.0000	3.0000	-1.0000	4	0	0	-14.6M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-14.6M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-14.6M-4208955.9..17737639.2..
55	0	3	5.0000	3.0000	-1.0000	4	0	0	-16.2M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-16.2M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-16.2M-4208955.9..17737639.2..
22	0	4	5.0000	0.0000	-1.0000	4	0	0	-15.9M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-15.9M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-15.9M-4208955.9..17737639.2..

Suffissi: $f=10^{-15}$; $p=10^{-12}$; $n=10^{-9}$; $\mu=10^{-6}$; $m=10^{-3}$; $k=10^3$; $M=10^6$; $G=10^9$; $T=10^{12}$; $P=10^{15}$ (Sistema Internazionale di misura)

Spostamenti Nodi. Famiglia Cmb. 5) Permanente

						Min.						Max.					
Nodo	Piano	Filo	x[m]	y[m]	z[m]	Fam.Cmb.	sx [m]	sy [m]	sz [m]	rot x [°]	rot y [°]	rot z [°]	sx [m]	sy [m]	sz [m]	rot x [°]	rot y [°]
FEM																	
103	0	1	0.0000	0.0000	-1.0000	5	0	0	-14.4M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-14.4M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-14.4M-4208955.9..17737639.2..
137	0	2	0.0000	3.0000	-1.0000	5	0	0	-14.6M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-14.6M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-14.6M-4208955.9..17737639.2..
55	0	3	5.0000	3.0000	-1.0000	5	0	0	-16.2M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-16.2M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-16.2M-4208955.9..17737639.2..
22	0	4	5.0000	0.0000	-1.0000	5	0	0	-15.9M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-15.9M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-15.9M-4208955.9..17737639.2..

Suffissi: $f=10^{-15}$; $p=10^{-12}$; $n=10^{-9}$; $\mu=10^{-6}$; $m=10^{-3}$; $k=10^3$; $M=10^6$; $G=10^9$; $T=10^{12}$; $P=10^{15}$ (Sistema Internazionale di misura)

Spostamenti Nodi. Famiglia Cmb. 8) Sismica SLV

						Min.						Max.					
Nodo	Piano	Filo	x[m]	y[m]	z[m]	Fam.Cmb.	sx [m]	sy [m]	sz [m]	rot x [°]	rot y [°]	rot z [°]	sx [m]	sy [m]	sz [m]	rot x [°]	rot y [°]
FEM																	
103	0	1	0.0000	0.0000	-1.0000	8	0	0	-14.4M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-14.4M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-14.4M-4208955.9..17737639.2..
137	0	2	0.0000	3.0000	-1.0000	8	0	0	-14.6M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-14.6M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-14.6M-4208955.9..17737639.2..
55	0	3	5.0000	3.0000	-1.0000	8	0	0	-16.2M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-16.2M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-16.2M-4208955.9..17737639.2..
22	0	4	5.0000	0.0000	-1.0000	8	0	0	-15.9M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-15.9M-4208955.9..17737639.2..	0	0	0	-15.9M-4208955.9..17737639.2..

Suffissi: $f=10^{-15}$; $p=10^{-12}$; $n=10^{-9}$; $\mu=10^{-6}$; $m=10^{-3}$; $k=10^3$; $M=10^6$; $G=10^9$; $T=10^{12}$; $P=10^{15}$ (Sistema Internazionale di misura)

Verifiche

Legenda tabella verifiche Stati Limite Ultimi e di esercizio shell

- **Zona:** Nel riportare i risultati delle verifiche effettuate si è diviso la piastra in zone. Per ogni zona e per ogni tipo di verifica sono riportati i coefficienti di verifica normalizzati ad 1. Per ogni zona, tranne che per la centrale, è indicato il filo ed il nodo più vicino.
- **Stati Limite Ultimi:** Verifiche agli Stati Limite Ultimi
- **Fe:** Coefficiente di verifica dell'armatura calcolato come indicato nel §5.6.1 della presente relazione.
- **Cls:** Coefficiente di verifica a pressoflessione del calcestruzzo per le 4 direzioni principali di compressione.
- **Punt.Cls.:** Coefficiente di verifica dei puntoni di calcestruzzo calcolato come indicato nelle formule (F.4) e (LL.137-142) EC2-2-2006
- **Arm punz:** Coefficiente di verifica a punzonamento per piastre dotate di specifica armatura a taglio.
- **V/Vrdc:** Coefficiente di verifica a punzonamento per piastre non dotate di specifica armatura a taglio.
- **V/VrdMax:** Coefficiente di verifica ottenuto applicando la (6.53 EC2-2005).

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 61 di 56	Data 20/06/2022

- **Tot.Punz.** : Coefficiente di verifica totale taglio-punzonamento.
- **Verif SLU.** Coefficiente totale di verifica Stati Limite Ultimi.
- **Stati Limite di Esercizio** : Verifiche agli Stati Limite di Esercizio.
- **Fessurazione:** Coefficiente di verifica stato limite di fessurazione.
- **Tens.Fe:** Coefficiente di verifica stato limite tensione di esercizio dell'armatura.
- **Tens.Cls:** Coefficiente di verifica stato limite tensione di esercizio del calcestruzzo.
- **Verif SLE.** Coefficiente totale di verifica Stati Limite di Esercizio.

Piano 0 .Verifiche SL shell piastre

N°	Zona			Stati Limite Ultimi						Stati Limite di Esercizio				
	Filo	Piano	Fe	Cls	Punt Cls.	V/Vrdc	Arm Punz.	V/VrdMax	Tot punz.	Verif. SLU	Fess.	Tens. Fe	Tens. Cls	Verif. SLE
1	1	0	0.009	0.003	-	0.005	-	0.001	0.005	Si	0.000	0.007	0.004	Si
1	2	0	0.015	0.005	-	0.010	-	0.001	0.010	Si	0.000	0.012	0.007	Si
1	3	0	0.009	0.003	-	0.009	-	0.001	0.009	Si	0.000	0.007	0.004	Si
1	4	0	0.013	0.004	-	0.015	-	0.002	0.015	Si	0.000	0.010	0.006	Si
1	-	-	0.019	0.006	-	0.015	-	0.002	0.015	Si	0.000	0.015	0.009	Si

Legenda tabella Verifiche SLU Legno

Le formule e i paragrafi indicati di seguito fanno riferimento alle NTC18.

- **cN:** Coefficiente di verifica ottenuto dalla [4.4.2] o dalla [4.4.3].
- **cMy:** Coefficiente di verifica del solo momento $M_y = \sigma_{m,y,d} / \sigma_{m,y,d}$
- **cMz:** Coefficiente di verifica del solo momento $M_z = \sigma_{m,z,d} / \sigma_{m,z,d}$
- **My-Mz-N:** Coefficiente di verifica ottenuto dalle [4.4.6] in caso di tenso-flessione e dalle [4.4.7] in caso di presso-flessione.
- **cVy:** Coefficiente di verifica del solo taglio V_y valutato come indicato nei §§4.4.8.1.9 e C4.4.8.1.9.
- **cVz:** Coefficiente di verifica del solo taglio V_z valutato come indicato nei §§4.4.8.1.9 e C4.4.8.1.9.
- **cMt:** Coefficiente di verifica a torsione valutato con la [4.4.9].
- **Vy-Vz-Mt = cMt + cVy² + cVz²** ovvero coefficiente di verifica di taglio e torsione valutato con la [4.4.10].

Legenda tabella Verifiche Instabilità Legno Cmb

La verifica a instabilità degli elementi in legno è fatta come indicato nel §4.4.8.2 NTC18 e §7.6.1.2.1 CNR DT 206-R1/2018 per quanto non indicato nelle NTC18.

- **Fam-Cmb:** Combinazione di carico più gravosa per una delle verifiche di instabilità.
- **Ned:** Forza di compressione, positiva se di compressione.
- **Compres. Sband. Z:** Compressione con sbandamento lungo Z, ossia con inflessione intorno all'asse y-y.
- **Compres. Sband. Y:** Compressione con sbandamento lungo Y, ossia con inflessione intorno all'asse z-z.
- **Compressione - L0:** Lunghezza libera di inflessione.
- **Compressione - λrel :** Snellezza relativa per sbandamento [4.4.14] NTC18.
- **Compressione - kcrit:** Coefficiente di tensione critica [4.4.15] NTC18.
- **Compressione - σcrit:** Tensione critica [4.4.15] NTC18.
- **Instabilità flessionale:** instabilitàLaterale Torsionale di trave
- **Dir Forte:** direzione forte
- **Instabilità flessionale:** Lunghezza libera di inflessione laterale-torsionale di trave .
- **Instabilità flessionale - λrel:** Snellezza relativa di trave [4.4.12] NTC18.
- **Instabilità flessionale - kcrit:** Coefficiente di tensione per instabilità di trave [4.4.12] NTC18.
- **Instabilità flessionale - σcrit:** Tensione critica per instabilità di trave [4.4.12] NTC18.
- **Instabilità flessionale - β:** Coefficiente β definito dalla tabella 7-4 della CNR DT 206-R1/2018 per il calcolo della lunghezza efficace.
- **cC-Z:** Coefficiente di verifica valutato con la [4.4.13] per sbandamento lungo l'asse Z.
- **cC-Y:** Coefficiente di verifica valutato con la [4.4.13] per sbandamento lungo l'asse Y.
- **cMy:** Coefficiente di verifica valutato con la [4.4.11] per il momento M_y , se M_y è il momento nella direzione forte.
- **cMz:** Coefficiente di verifica valutato con la [4.4.11] per il momento M_z , se M_z è il momento nella direzione forte.
- **Vy-Vz-Mt Inst.** Coefficiente di verifica di instabilità degli elementi presso-inflessi valutato come indicato nel §7.6.1.2.3 del CNR DT 206-R1/2018

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 62 di 56	Data 20/06/2022

Legenda tabella Verifica Deformazione Travi Legno per combinazioni Rare

I simboli fanno riferimento ai §§4.4.7 NTC18 e §C4.4.7 CNTC18

- **Deformazione Trave:** Verifica delle deformazioni della sola trave.
- **Deformazione Travata:** Verifica delle deformazioni del nodo iniziale e finale della trave tenendo conto delle deformazioni dell'intera travata.
- **Fam-Cmb:** Combinazione di carico rara più gravosa per la verifica di deformazione.
- **u dif:** Spostamento differito.
- **u fin:** Spostamento finale.
- **u2:** Spostamento dovuto ai soli carichi variabili
- **coef:** Coefficiente per lo spostamento finale.
- **coef2:** Coefficiente per lo spostamento dei soli carichi variabili.

Legenda tabella Verifiche SLU Acciaio

Le formule e i paragrafi indicati di seguito fanno riferimento alle NTC18.

- **cN:** Coefficiente di verifica per sforzo assiale calcolato come indicato nel §§4.2.4.1.2.1 e 4.2.4.1.2.2.
- **cMy (cMz):** Coefficiente di verifica del solo momento My (Mz) calcolato come indicato nel § 4.2.4.1.2.3.
- **My-Mz-N:** Coefficiente di verifica per presso-tenso-flessione biassiale. Per le sezioni in classe 1 e 2 è calcolato come indicato nei §§4.2.4.1.2.7 e 4.2.4.1.2.8. Per sezioni di classe 3 e 4 è calcolato con la [4.2.4].
- **cVy (cVz):** Coefficiente di verifica del solo taglio Vy (Vz). Per le sezioni in classe 1 e 2 è calcolato come indicato nel §4.2.4.1.2.4. Per sezioni di classe 3 e 4 è calcolato con la [4.2.4], con le tensioni tangenziali calcolate con la formula di Jourawski.
- **cMt:** Coefficiente di verifica a torsione uniforme. Jasp non considera la resistenza a torsione per ingobbamento impedito.
- **Vy-Vz-Mt:** Coefficiente di verifica di torsione e taglio. Per le sezioni in classe 1 e 2 l'interazione torsione-taglio è valutato con la [4.2.24]. Per sezioni di classe 3 e 4 è calcolato con la [4.2.4].
- **Tot:** Coefficiente totale di verifica. In classe 1 e 2 l'interazione tensioni normali – tensioni tangenziali è tenuta in conto come indicato nel §4.2.4.1.2.9. Per le sezioni in classe 3 e 4 è usata la formula di verifica [4.2.4]
- **Classe:** Classe massima della zona.
- **Classe. ver:** Verifica se la classe è minore o uguale della classe massima stabilita nei criteri di progetto.

Legenda tabella Verifiche Instabilità Acciaio

Le formule e i paragrafi indicati di seguito fanno riferimento alle NTC18, in particolare al §4.2.4.1.3

- **Compressione con sbandamento lungo Z,** ossia con inflessione intorno all'asse y-y.
- **Compressione con sbandamento lungo Y,** ossia con inflessione intorno all'asse z-z.
- χ : Coefficiente definito nella [4.2.44]
- Φ : Coefficiente definito nel §4.2.4.1.3
- α : Fattore di imperfezione ricavato dalla Tab 4.2.VIII
- λ^{-} : Snellezza normalizzata calcolata come indicano nelle [4.2.45] e [4.2.46]
- **Ncr:** Carico critico euleriano.
- **Nb,rd:** Resistenza di progetto all'instabilità, calcolata con le [4.2.42] e con le [4.2.43] per le sezioni in classe 4.
- α_{LT} : Fattore di imperfezione per instabilità torsionale ricavato dalla Tab 4.2.IX

Legenda tabella Verifiche Instabilità Acciaio Cmb

Le formule e i paragrafi indicati di seguito, se non espressamente indicato, fanno riferimento alle NTC18, in particolare al §4.2.4.1.3, e alla CNTC18

- **Fam-Cmb:** Combinazione di carico più gravosa per una delle verifiche di instabilità.
- **dir Forte:** Direzione forte.
- χ_{LT} : fattore definito nella [4.2.50].
- Φ_{LT} : coefficiente definito nel §4.2.4.1.3.
- λ^{-}_{LT} : Snellezza normalizzata calcolata come indicano nelle [4.2.51].
- ψ : Calcolato con la [C4.2.31] se la trave è senza carico, calcolato con la (6.1) della presente relazione nel caso generale.
- **Mcr:** Momento critico elastico per instabilità torsionale. Calcolato con la [(F.4) ENV 1993-1-1], che si riduce alla [C4.2.30] se $c_2 = 0$ e se $k = k_w = 1$. Vedere §7.3 della presente relazione.
- **Mb,Rd:** Momento resistente di progetto per l'instabilità.
- **Inst.Presso-Fless:** Verifica instabilità membrature inflesse e compresse effettuata con il Metodo A § C4.2.4.1.3.3.1 CNTC18

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 63 di 56	Data 20/06/2022

- **Ned**: Forza di compressione, positiva se di compressione.
- **Myeq,Ed e Mzeq,Ed**: Valori equivalenti dei momenti flettenti da considerare nella verifica.
- **cC-Z**: Coefficiente di verifica valutato con la [4.2.41] per sbandamento lungo l'asse Z.
- **cC-Y**: Coefficiente di verifica valutato con la [4.2.41] per sbandamento lungo l'asse Y.
- **cMy**: Coefficiente di verifica valutato con la [4.2.48] per il momento My, se My è il momento nella direzione forte.
- **cMz**: Coefficiente di verifica valutato con la [4.2.48] per il momento Mz, se Mz è il momento nella direzione forte.
- **Vy-Vz-Mt Inst.**: Coefficiente di verifica di instabilità degli elementi presso-inflessi calcolato con la [C4.2.36].

Legenda tabella Verifica Deformazione Travi Acciaio per combinazioni Rare

I simboli fanno riferimento al §4.2.4.2.1 NTC18

- **Deformazione Trave**: Verifica delle deformazioni della sola trave.
- **Deformazione Travata**: Verifica delle deformazioni del nodo iniziale e finale della trave tenendo conto delle deformazioni dell'intera travata.
- **Fam-Cmb**: Combinazione di carico rara più gravosa per la verifica di deformazione.
- **δ max**: Spostamento finale.
- **δ2**: Spostamento dovuto ai soli carichi variabili
- **coef**: Coefficiente per lo spostamento finale.
- **coef2**: Coefficiente per lo spostamento dei soli carichi variabili.

PGA Sisma

SL	Sito				Struttura			
	PGA D [m/s ²]	Tr D [anni]	S	ag/g	PGA C [m/s ²]	Tr C [anni]	λc [1/anni]	CR [%]
SLO	0.61675	30.107	1.5	0.041928	0.1538	1.0175	0.98277	7
SLD	0.7777	50.289	1.5	0.052869	0.19392	1.6993	0.58848	15
SLV	1.6751	474.56	1.5	0.11388	0.65268	47.629	0.020995	50
SLC	2.0839	974.79	1.5	0.14167	0.80979	97.203	0.010288	80

SCS 08	Tipo di documento: Calcoli preliminari strutture		Codice documento: R_22_PV_000012		
	Studio Tecnico Ing. Angelo Volpe	Titolo sintetico: COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 12.373 MW E POTENZA MODULI PARI A 12.373 MWp CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA IMPIANTO DENOMINATO BRINDISI ZECCA		Foglio n. 65 di 56	Data 20/06/2022

Tabella riassuntiva verifiche Acciaio, Legno e Unioni

Piano	Travi Legno			Pilastri Legno			Legno		Travi Acciaio			Pilastri Acciaio			Acciaio Tot	Unioni	Tot
	SLU Sezioni	Insta-bilita	Defor-mazione	SLU Sezioni	Insta-bilita	Defor-mazione	Tot Legno	SLU Sezioni	Insta-bilita	Defor-mazione	Classe Max.	SLU Sezioni	Insta-bilita	Defor-mazione			
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Verifica di resistenza degli elementi strutturali

- Valore massimo Ed/Rd allo SLE: 0.015518
- Valore massimo Ed/Rd allo SLU: 0.019007
- Valore massimo Ed/Rd allo SLD:

Verifica spostamenti SLD-SLO

- Coefficiente di verifica: 0

Tabella Riassunto Verifiche

Piano	Beam		Nodi		Shell		Plinti		Solai		Stati Limite		Unioni	Interpiano	Terreno	Tot SL	Tot. Tot	
	CA	SL	CA	SL	CA	SL	CA	SL	SL	L/A	Tot	Tot						
0	-	-	-	-	Si	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Si	Si

Conclusioni

Al fine di fornire un giudizio motivato di accettabilità del risultato, come richiesto al § 10.2.1 NTC18, il progettista strutturale assevera di aver:

- Esaminato preliminarmente la documentazione a corredo del software Jasp™ e di ritenerlo affidabile ed idoneo alla struttura in oggetto.
- Controllato accuratamente i tabulati di calcolo, in particolare la tabella “**Equilibrio per piano**”, il listato degli errori numerici del solutore e le **tabelle di verifica delle sezioni**.
- Confrontato i risultati del software con quelli ottenuti con semplici calcoli di massima.
- Esaminato gli stati tensionali e deformativi e di ritenerli consistenti e coerenti con la schematizzazione e modellazione della struttura.

Pertanto ritiene che i risultati siano accettabili e che il presente progetto strutturale sia conforme alle Leggi n°1086/71 e n°64/74, e al DM 17/01/2018 (Norme tecniche per le costruzioni).

Brindisi 20/06/2022

