



REGIONE  
PUGLIA



PROVINCIA DI  
FOGGIA



COMUNE DI FOGGIA

OGGETTO:

Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "FOGGIA II", di potenza pari a 50,83 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel Comune di Foggia (FG)

ELABORATO:

## RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE



PROPONENTE:

**AEI SOLAR  
PROJECT II SRL**

P.I. 16805321003  
Via Vincenzo Bellini,  
22 00198 Roma

AEI SOLAR PROJECT II S.R.L.  
VIA VINCENZO BELLINI, 22  
00198- ROMA (RM)  
P.IVA 16805321003

PROGETTAZIONE:


Ing. Carmen Martone  
Iscr. n. 1872  
Ordine Ingegneri Potenza  
C.F. MRTCMN73D56H703E

  
EGM PROJECT

Geol. Raffaele Nardone  
Iscr. n. 243  
Ordine Geologi Basilicata  
C.F. NRDRFL71H04A509H


EGM PROJECT S.R.L.  
VIA VERRASTRO 15/A  
85100- POTENZA (PZ)  
P.IVA 02094310766  
REA PZ-206983

Livello prog.	Cat. opera	N°. prog.elaborato	Tipo elaborato	N° foglio	Tot. fogli	Nome file	Scala
PD	I.IF	A.11	R				
REV.	DATA	DESCRIZIONE			ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	GENNAIO 2023	Emissione				Geol. Raffaele Nardone EGM Project	Ing. Carmen Martone EGM Project

	<p align="center"><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p align="center"><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p align="center"><b>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 1 di 57</b></p>
---	---	--


## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>8</b>
<b>3.</b>	<b>MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO</b> .....	<b>9</b>
<b>4.</b>	<b>TERRENO DI FONDAZIONE</b> .....	<b>11</b>
4.1	Caratterizzazione geotecnica dei terreni .....	14
4.2	Sismicità dell’area .....	16
<b>5.</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI</b> .....	<b>22</b>
5.1	Carico neve .....	23
5.2	Vento .....	24
5.3	Valutazione dell’azione sismica .....	25
<b>6.</b>	<b>COMBINAZIONI DI CALCOLO</b> .....	<b>26</b>
<b>7.</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO</b> .....	<b>30</b>
<b>8.</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE</b> .....	<b>32</b>
8.1	Capacità portante dei pali .....	32
8.2	Verifica a carico limite verticale dei pali .....	34
8.3	Verifica a sfilamento dei pali .....	35
ALLEGATO: Tabulati di calcolo .....		37

	<p align="center"><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p align="center"><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p align="center"><b>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 2 di 57</b></p>
---	---	--

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1-Caratteristiche dei moduli fotovoltaici.....	4
Figura 2-Esempio di un modulo fotovoltaico Bifacciale Si-mono .....	5
Figura 3: Struttura di sostegno interrato nel suolo.....	6
Figura 4-Distanza strutture di supporto verticali .....	7
Figura 5: Vista assonometrica della struttura di sostegno dei pannelli FV.....	8
Figura 6: Distribuzione carichi lineari dei pannelli FV .....	22
Figura 7: azione della neve per una falda inclinata a 20° .....	23
Figura 8 - Combinazioni di calcolo.....	29
Figura 9 - Modellazione struttura pannelli.....	30
Figura 10 - Modellazione struttura pannelli.....	31
Figura 11-Diagramma sforzo normale .....	34

	<p><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p><b>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 3 di 57</b></p>
---	---	---

## 1 PREMESSA

La seguente relazione illustra, in generale, i calcoli preliminari per la successiva realizzazione di un impianto agri-voltaico a terra della potenza nominale di 50,83 MWp, sistemi misti che associano, sullo stesso terreno contemporaneamente, colture alimentari e pannelli solari fotovoltaici (PVP), favorendo l’aumento di produttività agricola di un terreno (in questo caso di circa il 90%), consentendo nel contempo di produrre energia elettrica in maniera sostenibile.

L’impianto in oggetto, sarà ubicato nel comune di Foggia a circa 7 Km in direzione nord-est rispetto al nucleo urbano di Foggia, mentre dista circa 5 km in direzione ovest rispetto ai confini comunali di Manfredonia.

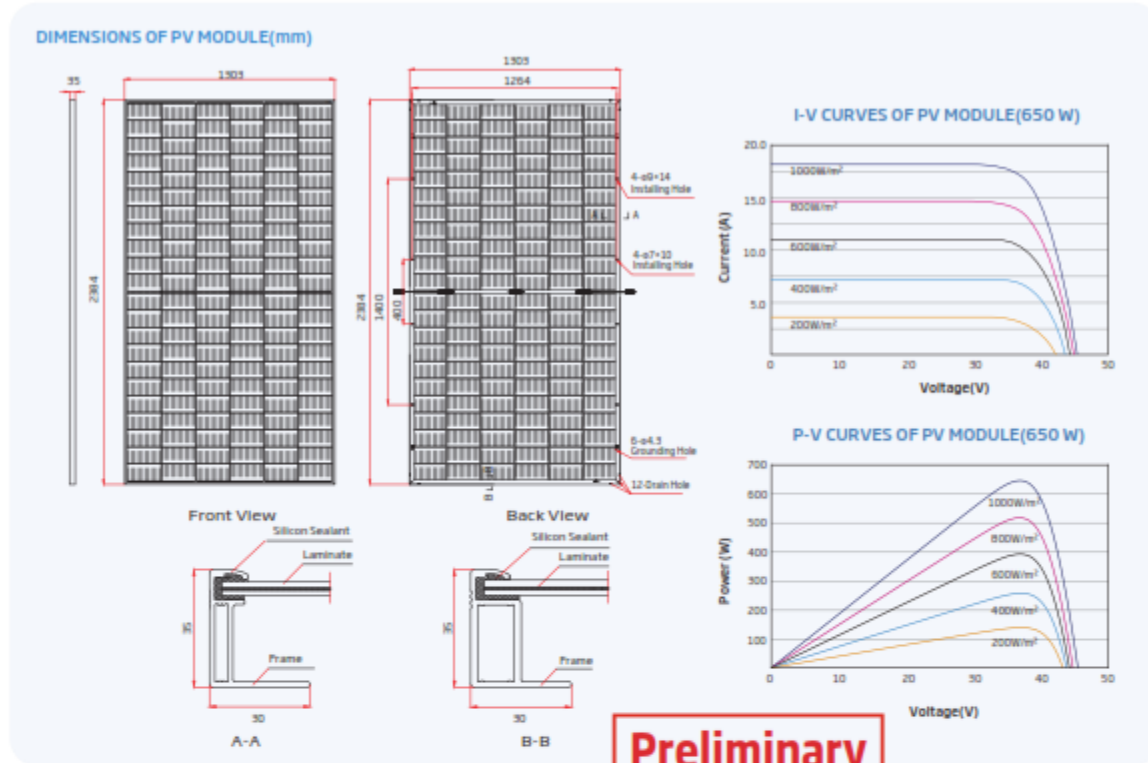
L’area in questione ricade completamente all’interno del comune di Foggia; la scelta è stata dettata dai buoni livelli di irraggiamento e non incidenza su aree protette, in particolare, i terreni individuati per la realizzazione del campo agrivoltaico non ricadono nelle zone non idonee individuate dai piani regionali della Puglia.

La caratteristica della tipologia di impianto è quella di adottare soluzioni volte a preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione.

Il modulo fotovoltaico selezionato è il modello Bifacciale Vertex della TrinaSolar TSM-DEG21C.20 . Ha una potenza picco di 670 W, e la tecnologia delle celle è Si-mono.

Le caratteristiche dei moduli fotovoltaici scelti sono mostrate in figura 2.

Il modulo ha un fattore di bifaccialità di 80.00 %.



**Preliminary**

**ELECTRICAL DATA (STC)**

Peak Power Watts -PMAK (Wp)*	635	640	645	650	655	660	665	670
Power Tolerance -PMAX (W)	0 - +5							
Maximum Power Voltage -VMPP (V)	37.1	37.3	37.5	37.7	37.9	38.1	38.3	38.5
Maximum Power Current -IMPP (A)	17.15	17.19	17.23	17.27	17.31	17.35	17.39	17.43
Open Circuit Voltage -VOC (V)	44.9	45.1	45.3	45.5	45.7	45.9	46.1	46.3
Short Circuit Current -ISC (A)	18.21	18.26	18.31	18.35	18.40	18.45	18.50	18.55
Module Efficiency $\eta_m$ (%)	20.4	20.6	20.8	20.9	21.1	21.2	21.4	21.6

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. \*Measuring tolerance: ±3%

**Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)**

Total Equivalent power -PMAK (Wp)	680	685	690	695	701	706	712	717
Maximum Power Voltage -VMPP (V)	37.1	37.3	37.5	37.7	37.9	38.1	38.3	38.5
Maximum Power Current -IMPP (A)	18.35	18.39	18.44	18.48	18.52	18.56	18.60	18.63
Open Circuit Voltage -VOC (V)	44.9	45.1	45.3	45.5	45.7	45.9	46.1	46.3
Short Circuit Current -ISC (A)	19.48	19.54	19.59	19.63	19.69	19.74	19.79	19.84
Irradiance ratio (rear/front)	100%							
Power Efficiency $\eta_{0.5\%}$								

**ELECTRICAL DATA (NOCT)**

Maximum Power -PMAK (Wp)	480	484	488	492	495	499	504	508
Maximum Power Voltage -VMPP (V)	34.6	34.7	34.9	35.1	35.2	35.4	35.6	35.7
Maximum Power Current -IMPP (A)	13.90	13.94	13.98	14.01	14.05	14.10	14.16	14.20
Open Circuit Voltage -VOC (V)	42.5	42.5	42.7	42.9	43.0	43.2	43.4	43.6
Short Circuit Current -ISC (A)	14.67	14.71	14.75	14.79	14.83	14.87	14.91	14.95

NOCT: Irradiance at 800W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

**MECHANICAL DATA**

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384 x 1303 x 35 mm (93.86 x 51.30 x 1.38 inches)
Weight	38.7 kg (85.3 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, Air Cooled Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	PDE/EVA
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	35mm(1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm <sup>2</sup> (0.006 inches <sup>2</sup> ), Portrait: 290/290 mm(11.02/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EVO2 / TS4*

\*Please refer to regional datasheet for specified connector.

**TEMPERATURE RATINGS**

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of PMAK	-0.349%/°C
Temperature Coefficient of VOC	-0.259%/°C
Temperature Coefficient of ISC	0.049%/°C

**MAXIMUM RATINGS**

Operational Temperature	-40 ~ +85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
	1500V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	35A

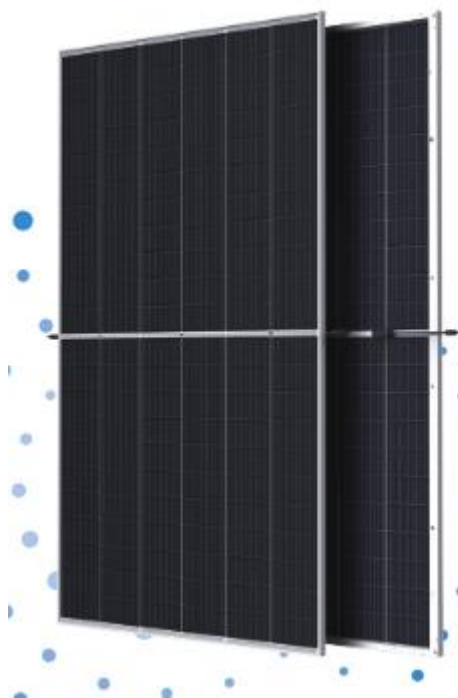
**WARRANTY**

12 year Product Workmanship Warranty  
30 year Power Warranty  
2% first year degradation  
0.45% Annual Power Attenuation  
(Please refer to product warranty for details)

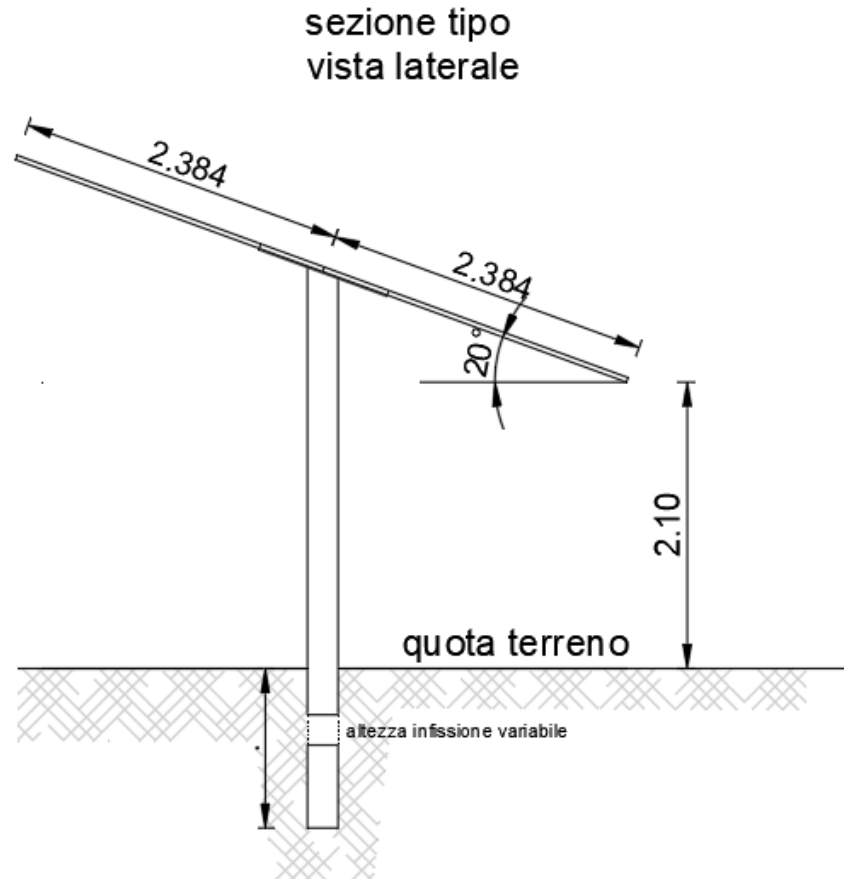
**PACKAGING CONFIGURATION**

Modules per box: 31 pieces  
Modules per 40' container: 558 pieces

*Figura 1-Caratteristiche dei moduli fotovoltaici*

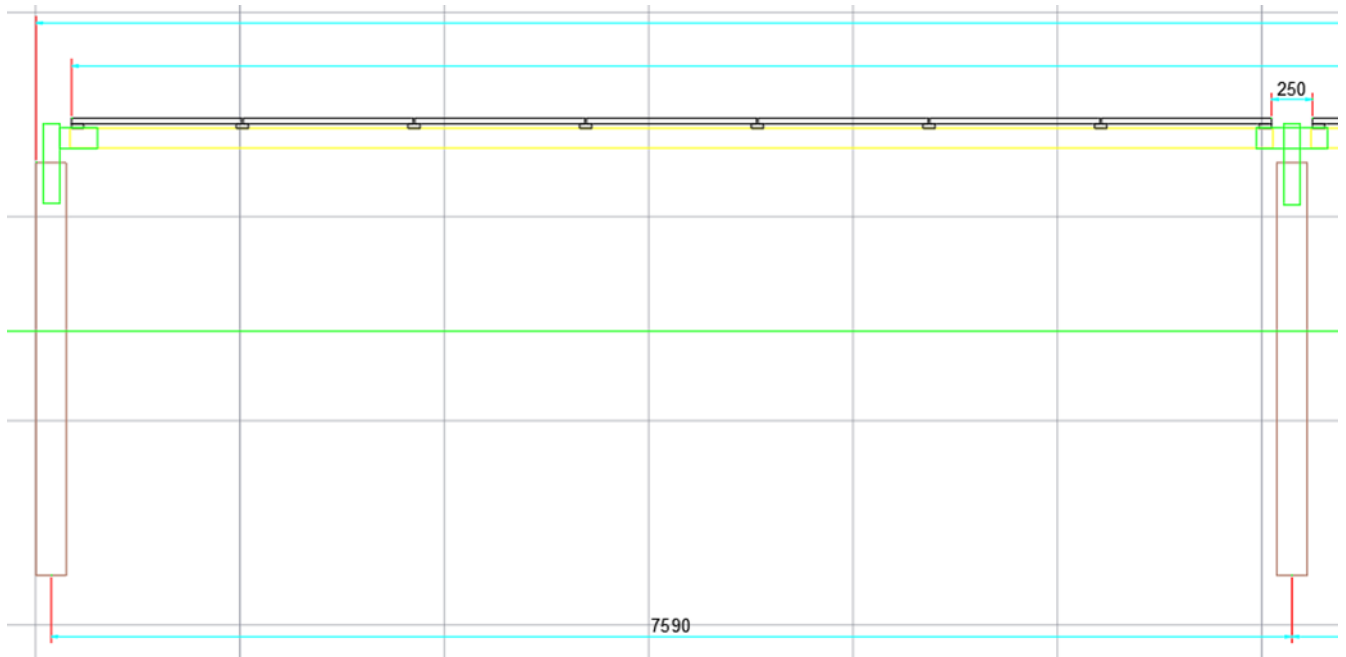


*Figura 2-Esempio di un modulo fotovoltaico Bifacciale Si-mono*



*Figura 3: Struttura di sostegno interrato nel suolo*

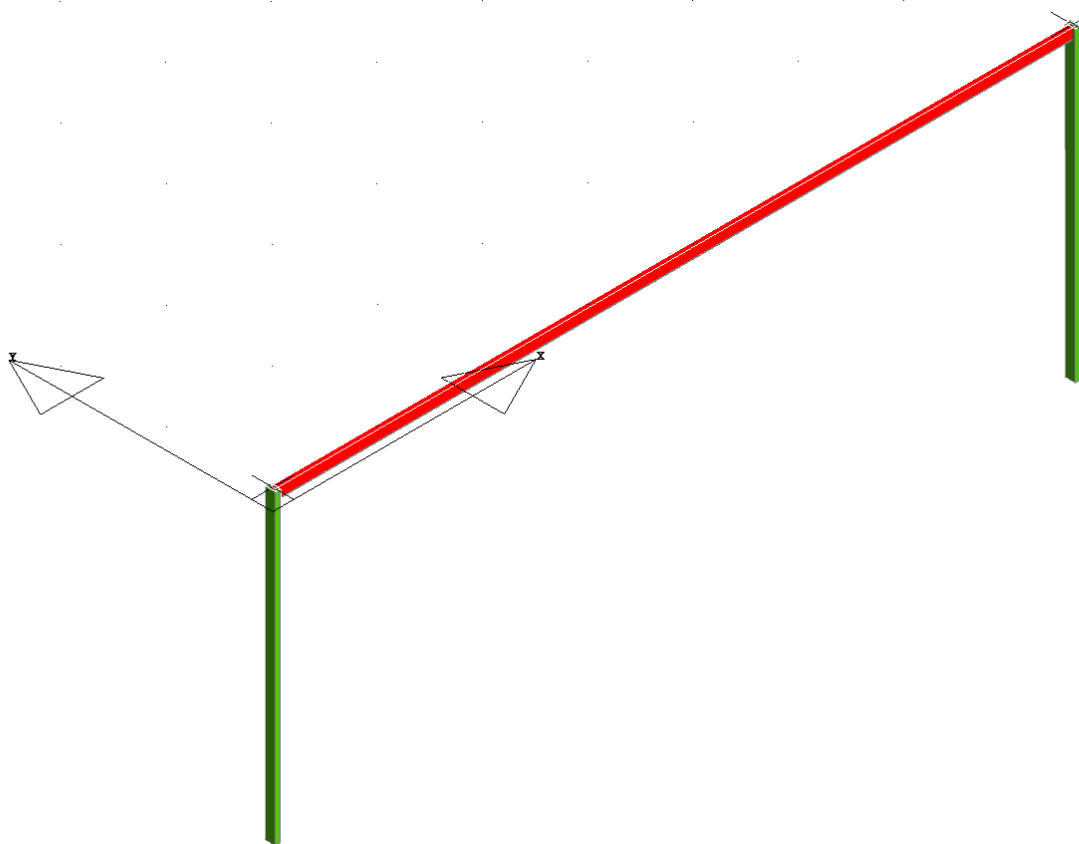
Si ipotizzano fondazioni costituite, dunque, da pali in acciaio scatolari 120x185mm infissi. Di seguito viene riportato il dimensionamento e le verifiche di tali sostegni. Le travi longitudinali su cui poggiano i pannelli sono scatolari 120x120mm di lunghezza pari a circa 7,60m.



*Figura 4-Distanza strutture di supporto verticali*

Di seguito viene riportata una vista assometrica allo scopo di consentire una migliore comprensione delle strutture.





*Figura 5: Vista assometrica della struttura di sostegno dei pannelli FV*

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO


Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

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

*“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.*

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

*“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.*

	<p><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p><b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2023</b> <b>Pag. 9 di 57</b></p>
---	---	---

Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

**D. M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018** (G.U. 20/02/2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8)

“Aggiornamento delle *Norme tecniche per le Costruzioni*”.

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nelle seguenti norme:

**Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** (G.U. Serie Generale n. 35 del 11/02/2019 - Suppl. Ord. n. 5)

Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

**Eurocodice 3** - “*Progettazione delle strutture in acciaio*” - EN 1993-1-1.

### 3. MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO

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

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

#### Caratteristiche acciaio


N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	Stz	f <sub>yk,1</sub> / f <sub>yk,2</sub>	f <sub>tk,1</sub> / f <sub>tk,2</sub>	f <sub>yd,1</sub> / f <sub>yd,2</sub>	f <sub>td</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	γ <sub>M7</sub>	
															NC <sub>nt</sub>	Cnt
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]							
<b>S275 - (S275)</b>																
001	78.500	0,000012	210.00 0	80.769	P	275,00	430	261,90	-	1,05	1,05	1,25	-	-	-	-
						255,00	410	242,86								

**Caratteristiche acciaio**

N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	Stz	f <sub>yk,1</sub> / f <sub>yk,2</sub>	f <sub>tk,1</sub> / f <sub>tk,2</sub>	f <sub>yd,1</sub> / f <sub>yd,2</sub>	f <sub>td</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	γ <sub>M7</sub>	
															NCnt	Cnt
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]							

**LEGENDA:**

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

	<p><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p><b>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 11 di 57</b></p>
---	---	--

#### **4. TERRENO DI FONDAZIONE**

---

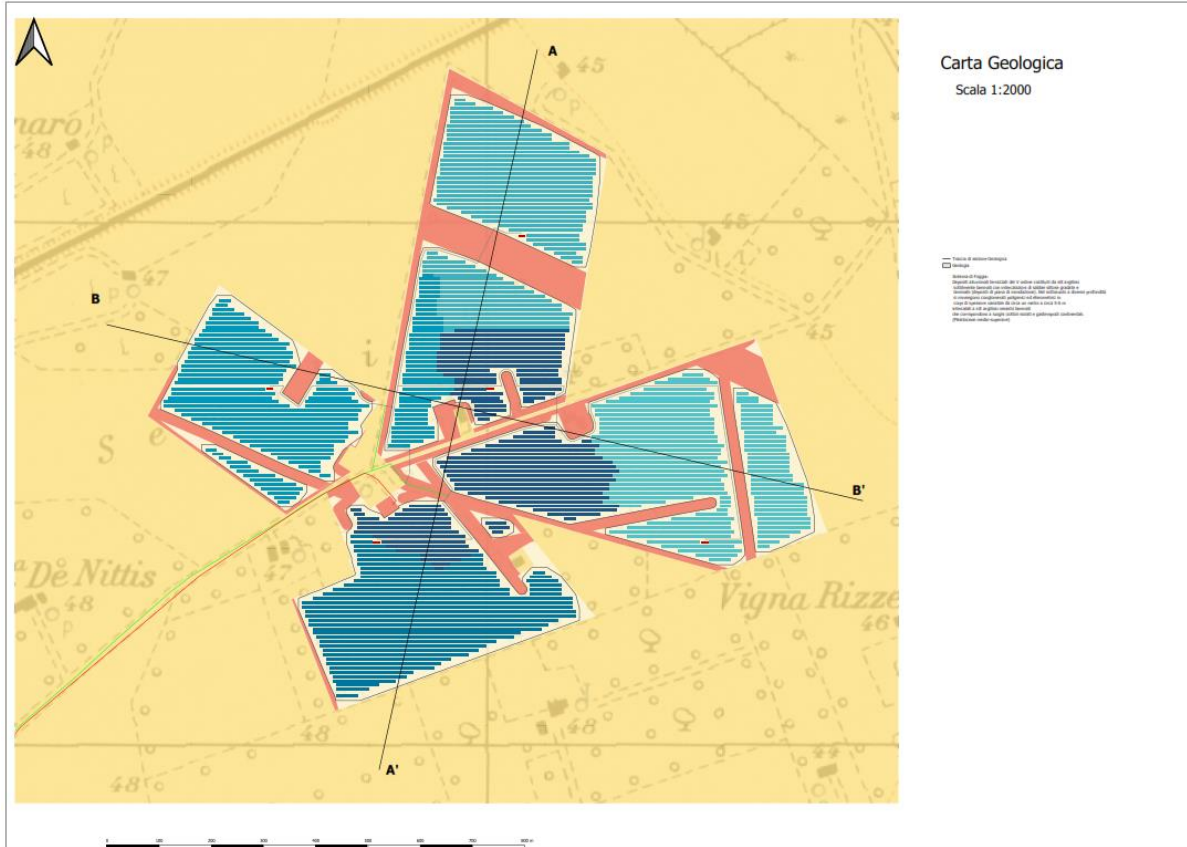
Il rilevamento geologico di superficie ha consentito di riconoscere e cartografare le litologie principali di seguito descritte dalle più recenti alle più antiche.

In particolare, nell’area di interesse, affiorano depositi plio-pleistocenici costituiti da una potente successione di silt argillosi e sabbie.


La chiusura di tale successione è a luoghi rappresentata da depositi alluvionali di età quaternaria, prevalentemente sabbioso-ghiaiosi, delimitati verso l’alto da superfici piate (terrazzi).

Nella recente letteratura i depositi fin qui descritti vengono riferiti al Sintema di Foggia:

Depositi alluvionali terrazzati del V ordine costituiti da silt argillosi sottilmente laminati con intercalazioni di sabbie siltose gradate e laminate (depositi di piana di inondazione). Nel sottosuolo a diverse profondità si rinvencono conglomerati poligenici ed eterometrici in corpi di spessore variabile da circa un metro a circa 5-6 m intercalati a silt argillosi nerastri laminati che corrispondono a luoghi ciottoli isolati e gasteropodi continentali. (Pleistocene medio-superiore)



*Carta geologica su CTR scala 1:2.000*

	<p align="center"><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p align="center"><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p align="center">DATA: GENNAIO 2023 Pag. 13 di 57</p>
---	---	--


L’area di interesse è posta a quota di circa 45 m s.l.m. ed insiste su un territorio caratterizzato da una forte antropizzazione e prevalentemente pianeggiante.

E’ caratterizzato morfologicamente da una piana alluvionale leggermente pendente verso il golfo di Manfredonia.

Il reticolo idrografico è caratterizzato dalla presenza vasti bacini ma con linee di impluvio a basso grado di gerarchizzazione che si generano dai rilievi di origine appenninica. I profili delle sezioni trasversali di queste incisioni sono piuttosto profondi, Si tratta di corsi d’acqua a carattere torrentizio, con portate minime per la maggior parte dei giorni dell’anno, ma che in occasione di eventi piovosi di un determinata entità e durata sono in grado di convogliare notevoli quantità d’acqua e di trasporto solido.

Nell’area non si ravvisano elementi di pericolosità geomorfologica o idraulica né tantomeno di rischio.

**Sia sul sito che in prossimità di esso, non sono presenti componenti geomorfologiche o idrologiche di rilievo.**

	<p><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p><b>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 14 di 57</b></p>
---	---	--

## 4.1 Caratterizzazione geotecnica dei terreni

L’area destinata ad accogliere le strutture fondali dell’impianto fotovoltaico e delle opere di connessione è subordinata, da depositi plio-pleistocenici costituiti da silt argillosi sottilmente laminati con intercalazioni di sabbie siltose gradate e laminate (depositi di piana di inondazione). Nel sottosuolo a diverse profondità si rinvencono conglomerati poligenici ed eterometrici in corpi di spessore variabile da circa un metro a circa 5-6 m intercalati a silt argillosi nerastri.

*Questi sedimenti posseggono buone caratteristiche geotecniche e considerati i modesti carichi di esercizio non si evidenziano criticità per la realizzazione dell’opera.*

Pertanto, per le finalità del presente lavoro si ritengono soddisfacenti i dati acquisiti dalla bibliografia fermo restando che la verifica puntuale degli stessi verrà fatta in fase esecutiva del progetto.

In particolare ai depositi alluvionali si attribuiscono i seguenti valori ai parametri indici del loro comportamento geotecnico:

**Peso specifico 2,66 g/cm<sup>3</sup>**

**Peso di volume 2,10 g/cm<sup>3</sup>**


**Carico a rottura 450 kg/cm<sup>2</sup>**

**Modulo elastico 35.000 MPA kg/cm<sup>2</sup>**

**Coefficiente di Poisson 0,39**

**Coesione 28 Kpa**

**Angolo attrito Interno 25°**

	<p><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p><b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2023</b> <b>Pag. 15 di 57</b></p>
---	---	--

**Categorie di sottosuolo che permettono l’utilizzo dell’approccio semplificato (Tab. 3.2.II D.M. 2018)**

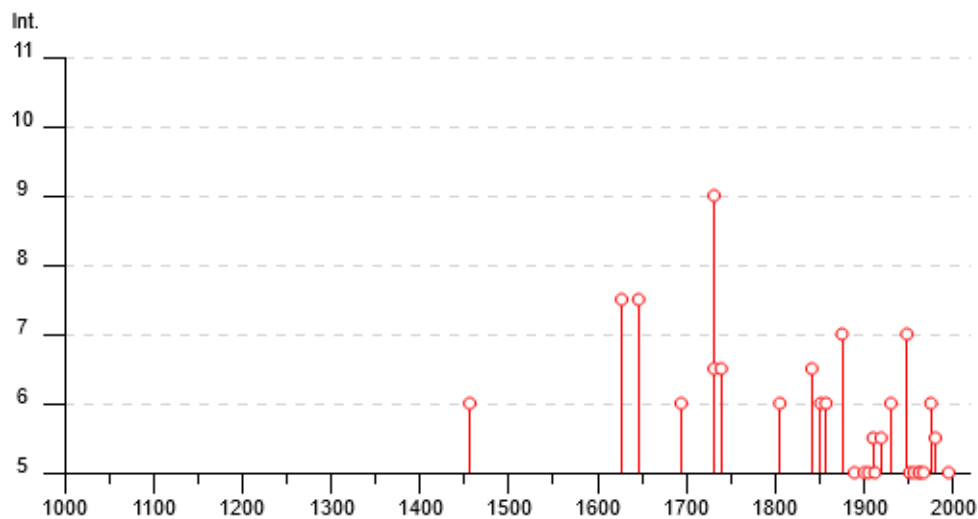
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,</i> caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D,</i> con profondità del substrato non superiore a 30 m.



## 4.2 Sismicità dell’area

L’area in oggetto è caratterizzata da un’attività sismica di energia “BASSA”.

Dalla consultazione del Database Macrosismico Italiano DBMI15 è stata rilasciata a gennaio 2021 creato dal INGV, nel periodo di tempo intercorso tra 1638 e il 1990 sono stati registrati e catalogati 19 terremoti con una magnitudo con una intensità epicentrale variabile da 5 a 11 e un momento magnitudo compreso tra 4.54 e 7.09. Di seguito si riportano gli eventi catalogati e il grafico della distribuzione temporale della magnitudo.

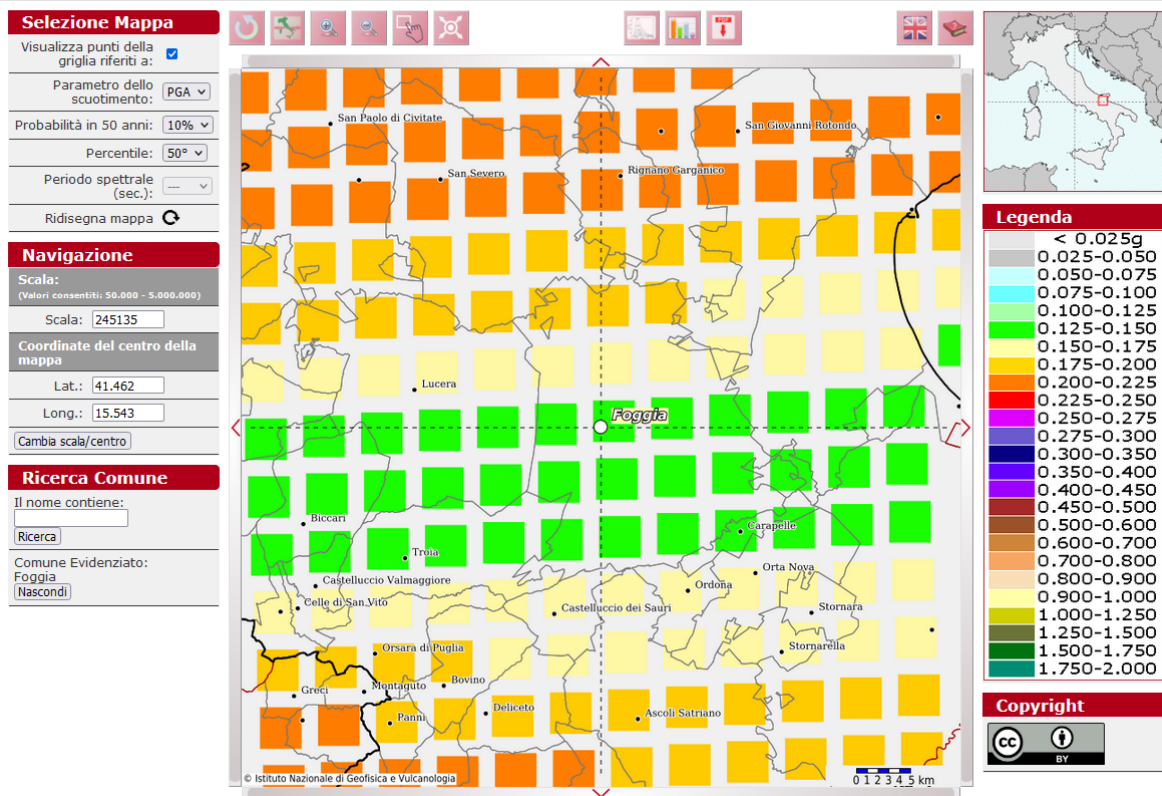



Effetti	In occasione del terremoto del										
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
6	1456	12	05				Appennino centro-meridionale	199	11	7.19	
9	1646	05	31				Gargano	35	10	6.72	
7-8	1731	03	20	03			Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33	
F	1743	02	20				Ionio settentrionale	84	9	6.68	
6-7	1756	10	22				Golfo di Manfredonia	4	5-6	4.40	
5	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12	
5	1864	04	05	19	30		Gargano	3	4	3.70	
7	1875	12	06				Gargano	97	8	5.86	
NF	1882	06	06	05	40		Isernino	50	7	5.20	
5-6	1893	08	10	20	52		Gargano	69	8	5.39	
3-4	1900	12	23	22	30		Gargano	20	5	4.37	
4-5	1904	04	08	08	22		Gargano	27	6	4.75	
4	1905	08	18	04	07		Tavoliere delle Puglie	41	5	4.61	
2	1905	11	26				Irpinia	122	7-8	5.18	
NF	1908	09	16	20	15		Gargano	14	3-4	3.72	
NF	1913	10	04	18	26		Molise	205	7-8	5.35	
NF	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08	
5-6	1919	10	21	00	24		Gargano	24	5-6	5.03	
5	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67	
2	1933	03	07	14	39		Irpinia	42	6	4.96	
3	1937	07	17	17	11		Tavoliere delle Puglie	40	6	4.96	
NF	1937	12	15	21	25		Tavoliere delle Puglie	16	4-5	4.58	
6	1948	08	18	21	12	2	Gargano	58	7-8	5.55	
5-6	1951	01	16	01	11		Gargano	73	7	5.22	
4-5	1953	07	19	18	46		Gargano	5	4-5	4.55	
4	1954	10	26	02	25		Gargano	8	4-5	4.72	
6	1955	02	09	10	06		Gargano	31	6-7	5.05	
2	1955	07	12	04	02		Gargano	8	5	4.16	
5	1956	09	22	03	19	3	Gargano	57	6	4.64	
NF	1958	06	24	06	07		Aquilano	222	7	5.04	
5	1962	01	19	05	01	2	Gargano	31	5	4.42	
5	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15	
4	1967	06	17	15	42	5	Gargano	16	5	4.46	
6	1975	06	19	10	11		Gargano	61	6	5.02	
5	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81	
4	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86	
3	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7	5.47	
4	1989	03	11	21	05		Gargano	61	5	4.34	
NF	1990	02	01	06	24	1	Isole Tremiti	27		4.43	
NF	1990	02	18	20	10	4	Adriatico centrale	46		4.24	
NF	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77	
NF	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597		7	5.08
4	1992	11	05	13	34	2	Gargano	32		5	4.34
5-6	1995	09	30	10	14	3	Gargano	145		6	5.15
3-4	1995	10	05	23	51	5	Gargano	20		5	3.95
3	1996	02	28	06	56	3	Gargano	8		5	3.68
2	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557		6	4.90
NF	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409			5.26
3-4	2001	07	02	10	04	4	Tavoliere delle Puglie	60		5	4.26
4	2002	11	01	15	09	0	Molise	638		7	5.72
NF	2003	06	01	15	45	1	Molise	501		5	4.44
4-5	2006	05	29	02	20	0	Gargano	384			4.64
NF	2006	10	04	17	34	2	Adriatico centrale	98		4-5	4.30
NF	2006	12	10	11	03	4	Adriatico centrale	54			4.48

*Elenco dei terremoti che hanno interessato l'area in oggetto*

In relazione alla relativa vicinanza di importanti strutture sismo genetiche attivate si frequentemente, soprattutto nella catena appenninica, le stime di pericolosità effettuate hanno fornito valori di accelerazioni di picco del suolo (PGA), con probabilità del 10% di essere superate in 50 anni, comprese tra 0.125 e 0.150 g.

### Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



	<p><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p><b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2023</b> <b>Pag. 19 di 57</b></p>
---	---	--

Il Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, recante “Norme Tecniche per le Costruzioni” (nel seguito indicate con NTC) raccoglie in forma unitaria le norme che disciplinano la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, per stabiliti livelli sicurezza, la pubblica incolumità. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.


Per la definizione dell’azione sismica di un sito vengono utilizzate al meglio le possibilità offerte dalla definizione della pericolosità sismica italiana, recentemente prodotta e messa in rete dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

L’azione sismica è ora valutata in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale, riferendosi non ad una zona sismica territorialmente coincidente con più entità amministrative, ad un’unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale per tutte le costruzioni, come avveniva in precedenza, bensì sito per sito e costruzione per costruzione.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle NTC, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato “periodo di riferimento” VR e la probabilità è denominata “probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” R V P.

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti.

La caratterizzazione sismica del sottosuolo eseguita con le indagini sismiche di tipo MASW che hanno permesso di definire il terreno di fondazione dell’aerogeneratore e il comportamento in condizioni dinamiche.

	<p><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p><b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2023</b> <b>Pag. 20 di 57</b></p>
---	---	--

Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- **Ag** accelerazione orizzontale massima al sito;
- **Fo** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- **Tc\*** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
- 

Di seguito sono forniti i valori di **ag Fo e Tc\*** nonché lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali e orizzontali, necessari per la determinazione delle azioni sismiche:

LITOLOGIA PREVALENTE: **Sabbie argillose**      CLASSE D’USO: **4**      VITA NOMINALE: **50 ANNI**

CATEGORIA TOPOGRAFICA: **T1**      PERIODO DI RIFERIMENTO: **50 ANNI**

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: **B**


	<b>Probab. Sup.</b> (%)	<b>TR</b> (anni)	<b>ag</b> (g)	<b>Fo</b>	<b>Tc*</b> (s)
<b>SLO</b>	<b>81</b>	60	0,063	2,519	0,331
<b>SLD</b>	<b>63</b>	101	0,079	2,576	0,346
<b>SLV</b>	<b>10</b>	949	<b>0,175</b>	2,588	0,434
<b>SLC</b>	<b>5</b>	1950	0,221	2,565	0,472

$$a_{gmax} = S_s * S_t * a_g$$

$$S_s = 1,200$$

$$S_t = 1,000$$

$$a_g = 0,175$$

	<p style="text-align: center;"><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 21 di 57</b></p>
---	---	--

$$a_{gmax} = 0.21$$

con  **$K_h = 0.050$**  (coeff. azione sismica orizzontale)  **$K_v = 0.025$**  (coeff. azione sismica verticale)

## 5. ANALISI DEI CARICHI

Le forze agenti sulla fondazione in esame sono di seguito descritte:

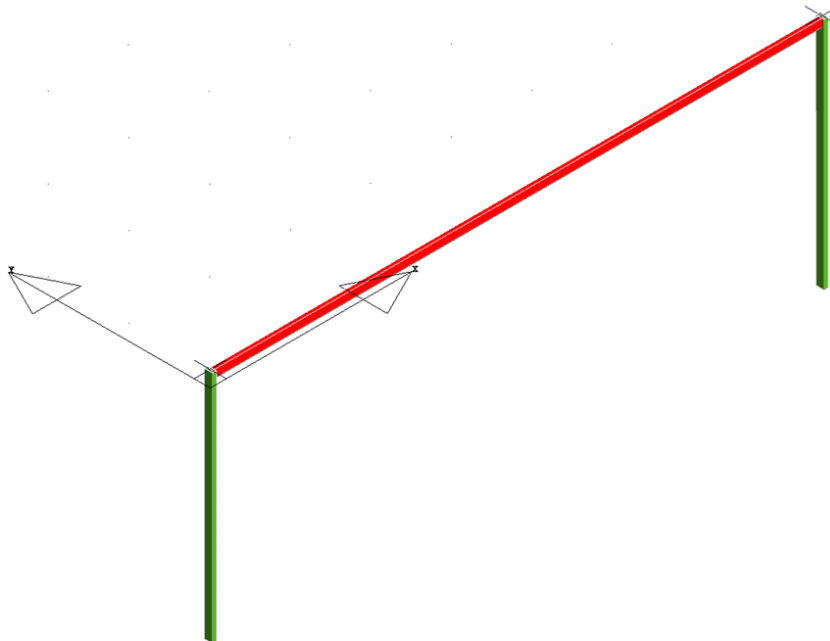
*Tabella 1: Analisi dei carichi agenti sulla fondazione*

<b>ANALISI DEI CARICHI</b>			
<b>P<sub>pan.</sub></b>	Peso Proprio PANNELLO	0.38	kN
<b>P<sub>neve</sub></b>	Neve	0.48	kN/m <sup>2</sup>
<b>P<sub>vento</sub></b>	Vento	0.46	kN/m <sup>2</sup>

Considerando il peso di 14 pannelli agenti sulla trave si avrà:

$$(0,37 \times 14) / 7.6 = 0,70 \text{ kN/m}$$

Di seguito schematizzazione della struttura:



*Figura 6: Distribuzione carichi lineari dei pannelli FV*

Le azioni della neve e del vento sono di seguito dettagliate.

## 5.1 Carico neve

In accordo con le NTC2018, considerando un’altitudine sul livello del mare pari a 45m, classe di topografia normale (coefficiente di esposizione pari a 0,9), coefficiente termico pari a 1 ed inclinazione della falda 20° si ottiene un valore del **carico neve pari a 0.48 kN/m<sup>2</sup>**.

### 4 CARICO NEVE SULLA COPERTURA E COMBINAZIONI DI CARICO

$$q_s \text{ (carico neve sulla copertura [N/m}^2\text{])} = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

$\mu_i$  (coefficiente di forma)

$q_{sk}$  (valore caratteristico della neve al suolo [kN/m<sup>2</sup>])

$C_E$  (coefficiente di esposizione)

$C_t$  (coefficiente termico)

#### 4.1 Combinazione per il caso di copertura ad una falda

Inclinazione falda	0 [deg]
--------------------	---------

$\mu_1$	0,80
---------	------

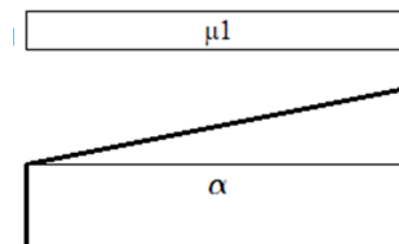



Figura 7: azione della neve per una falda inclinata a 20°

Considerando una lunghezza di influenza pari a 7 m gravante sulle travi, il carico distribuito sulle travi scatolari sarà pari a  $0,48 \cdot 7 = 3,36 \text{ kN/m}$



	<p align="center"><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Conessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p align="center"><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p align="center"><b>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 24 di 57</b></p>
---	--	---

## 5.2 Vento

In accordo con le NTC2018, considerando un’altitudine sul livello del mare pari a 45m, tempo di ritorno 50 anni, classe di rugosità del terreno D, inclinazione della falda 20° coefficiente aerodinamico pari a 1,8, coefficiente dinamico pari a 1 e coefficiente di esposizione pari a 1,8 (ed assimilando la struttura in esame al caso di tettoia ad uno spiovente avente le altezze riportate in figura 6).

Considerando l’inclinazione di 20° del pannello, si ottiene un valore del **carico vento pari a 0,45 kN/m<sup>2</sup>**.

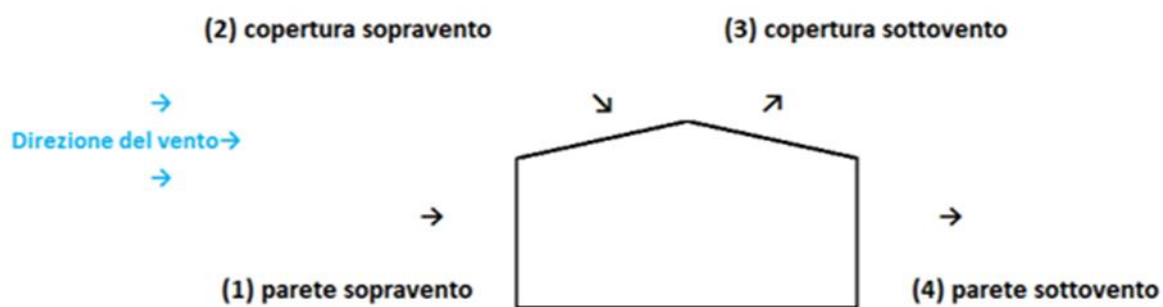



Figura 5: Azione del vento

Considerando una lunghezza di influenza pari a 7 m gravante sulle travi, il carico distribuito sulle travi scatolari sarà pari a  $0,45 * 7 = 3,15$  kN/m.


	<p align="center"><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p align="center"><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p align="center"><b>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 25 di 57</b></p>
---	---	---

### 5.3 Valutazione dell’azione sismica

---

Tenuto conto delle ridotte masse strutturali e non strutturali presenti e tenuto conto che la combinazione di carico sismica (SLU ed SLE) ai sensi delle NTC, non prevede cumulo con azioni da vento e neve (sotto la quota di 1000 m s.l.m.) si considera trascurabile l'effetto delle azioni sismiche.

Nel seguito di questo documento non verranno quindi sviluppate le verifiche relative.

	<p><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p><b>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 26 di 57</b></p>
---	---	--

## 6. COMBINAZIONI DI CALCOLO

Le azioni sulla struttura sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.

Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni del tipo:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (1)$$

dove:

$G_1$  rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell’acqua (quando si configurino costanti nel tempo);

$G_2$  rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

$P$  rappresenta pretensione e precompressione;

$Q$  azioni sulla struttura o sull’elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:

- di lunga durata: agiscono con un’intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;

- di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;

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

$\gamma_g, \gamma_q, \gamma_p$  coefficienti parziali come definiti nella tabella 2.6.I del DM 17 gennaio 2018;

$\psi_{0i}$  sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.


	<p><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p><b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2023</b> <b>Pag. 27 di 57</b></p>
---	---	--

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

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup>Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico elementare: ciascuna condizione di carico accidentale, a rotazione, è stata considerata sollecitazione di base ( $Q_{k1}$  nella formula precedente).

Se si è in zona sismica, oltre alle sollecitazioni derivanti dalle generiche condizioni di carico statiche, devono essere considerate anche le sollecitazioni derivanti dal sisma. L’azione sismica va combinata con le altre azioni secondo la seguente relazione:


$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

dove:

- E eventuale azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame;
- $G_1$  rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- $G_2$  rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P rappresenta pretensione e precompressione;
- $\psi_{2i}$  coefficiente di combinazione delle azioni variabili  $Q_i$ ;
- $Q_{ki}$  valore caratteristico dell’azione variabile  $Q_i$ .

Gli effetti dell’azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_K + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

	<p><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p><b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2023</b> <b>Pag. 28 di 57</b></p>
---	---	--

Le verifiche strutturali e geotecniche, come definite al punto 2.6.1 del D.M. 14 gennaio 2018, sono state effettuate con l’Approccio 2 come definito al citato punto, definito sinteticamente come (A1+M1+R3); le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 17 gennaio 2018, i valori di resistenza del terreno sono stati considerati al loro valore caratteristico (coefficienti M1 della tabella 2.6.II tutti unitari), i valori calcolati delle resistenze totali dell’elemento strutturale sono stati divisi per R3 nelle verifiche di tipo GEO.

Tabella 2: Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l’effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_G$

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

Tabella 3: Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell’angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell’unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

I valori di resistenza del terreno sono stati verificati tramite i coefficienti della colonna R3 pali infissi definiti nella Tab. 6.4.II del D.M. 2018


	<p><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p><b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2023</b> <b>Pag. 29 di 57</b></p>
---	---	--

Tabella 4: Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	$\gamma_R$	(R3)	(R3)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	$\gamma$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,25	1,25	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

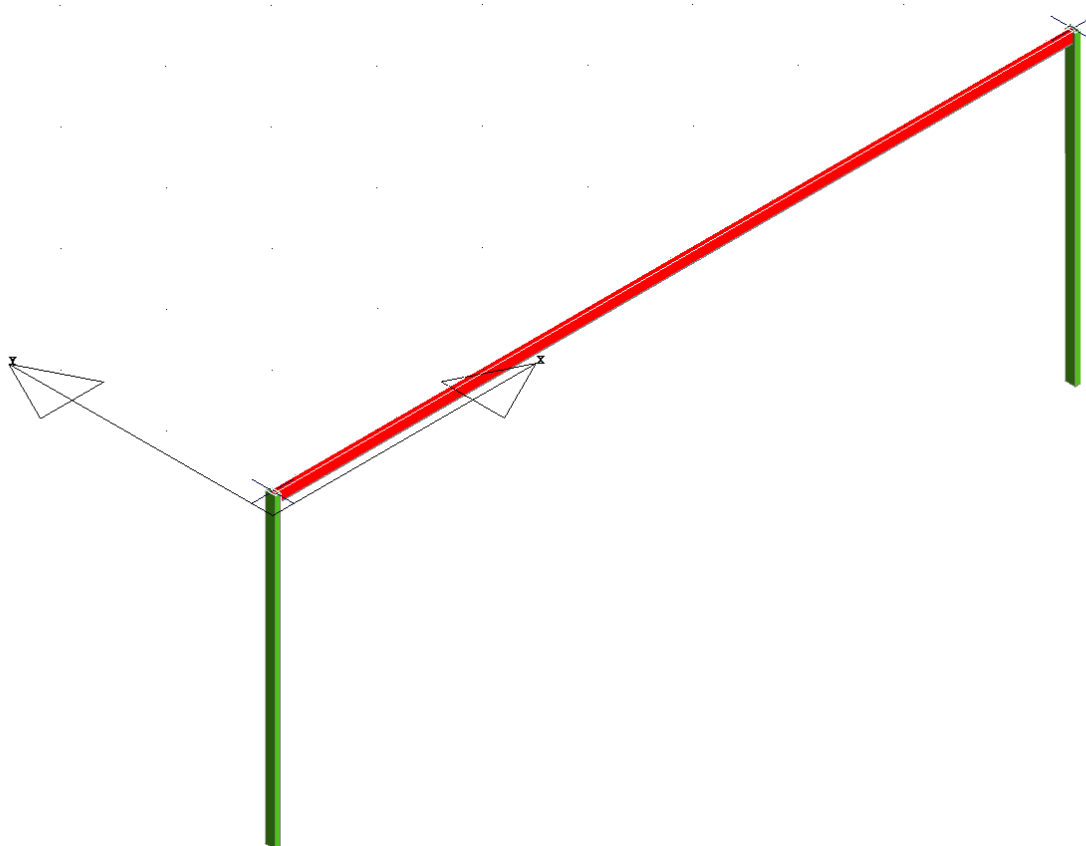
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. PESO PROPRIO	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
2. SOVRACCARICO PERMAN.	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
3. Var.Neve h<=1000	.75	1.50	.75	1.50	.75	.75	1.50	.75	.75	1.50	.75	.75	1.50	.75
4. Var.Coperture	1.50	0.00	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00
5. Vento dir. 0	0.00	0.00	.90	.90	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6. Vento dir. 90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	.90	.90	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7. Vento dir. 180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	.90	.90	1.50	0.00	0.00	0.00
8. Vento dir. 270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	.90	.90	1.50

Figura 8 - Combinazioni di calcolo

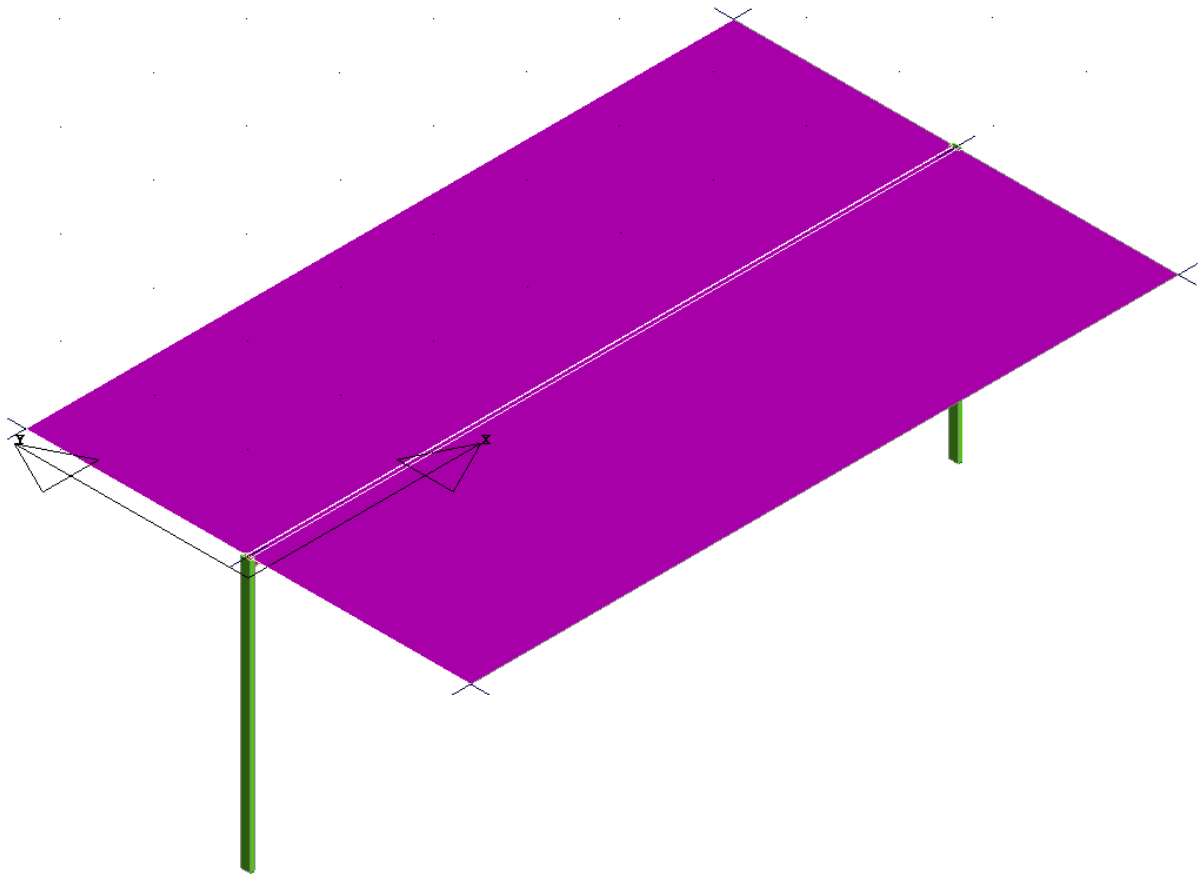
## 7. MODELLO DI CALCOLO

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

Viene definita un’opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento nei tabulati di calcolo.




*Figura 9 - Modellazione struttura pannelli*



*Figura 10 - Modellazione struttura pannelli.*

La modellazione è stata fatta fatta ipotizzando un unico pannello, mentre in realtà per ogni struttura, come detto precedentemente, sono presenti 7 pannelli per lato.



	<p><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p><b>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 32 di 57</b></p>
---	---	--

## 8. VERIFICHE GEOTECNICHE

Le fondazioni delle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici saranno costituite da pali in acciaio di profilo **scatolari 120x185**.

L’avanzamento nel terreno alla profondità desiderata avviene attraverso un processo di battitura del palo. In accordo con le NTC2018, le verifiche sono state effettuate secondo l’Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3); sono stati considerate le caratteristiche meccaniche dei terreni riportate nella Relazione Geologica

### 8.1 Capacità portante dei pali

Il calcolo della capacità portante dei pali segue la trattazione teorica del carico limite dei pali di fondazione. Ai fini del calcolo, il carico limite di un palo  $Q_{lim}$  viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta  $P_{lim}$  e la resistenza laterale  $S_{lim}$ :

$$Q_{lim} = P_{lim} + S_{lim}$$

dove:

$P_{lim}$  è la resistenza alla punta che nel caso in esame è stata posta pari a zero in quanto la superficie alla punta del palo è approssimabile a zero;

$$S_{lim} = s * \text{perimetro} * L$$

$$s = \mu * k * \sigma'_{v0}$$

I coefficienti  $\mu$  e  $k$  sono stati definiti dalla tabella seguente.

*Tabella 5: Valori di k e  $\mu$  in funzione del tipo di palo e del terreno*

Tipo di palo	k (S)	k (D)	$\mu$
Batt. profilato	0.7	1.0	0.36
Batt. tubo acc. chiuso	1.0	2.0	0.36
Batt. Cls prefabbricato	1.0	2.0	$\tan(0.75\varphi')$
Batt. Cls gettato	1.0	3.0	$\tan(\varphi')$
Trivellato	0.5	0.4	$\tan(\varphi')$
Elica continua	0.7	0.9	$\tan(\varphi')$

Ipotizzando una profondità di infissione di 2.5 metri si ha

$$\sigma'_{v0} = \gamma * L/2 = 26.5 * 2.5/2 = 33.13 \text{ kN/m}^2$$

- $\gamma$  = peso di volume
- L = lunghezza di infissione del palo
- perimetro del profilo =  $2*0.19+2*0.12=0.62\text{m}$
- $\mu = 0.7$  e k (D) = 1.0 (Batt. profilato)

Quindi la resistenza laterale del palo  $S_{lim}$  è risultata pari a:

$$Q_{lim} = S_{lim} = 11.93 \cdot 0.62 \cdot 2.5 = 18.49 \text{ kN}$$

## 8.2 Verifica a carico limite verticale dei pali

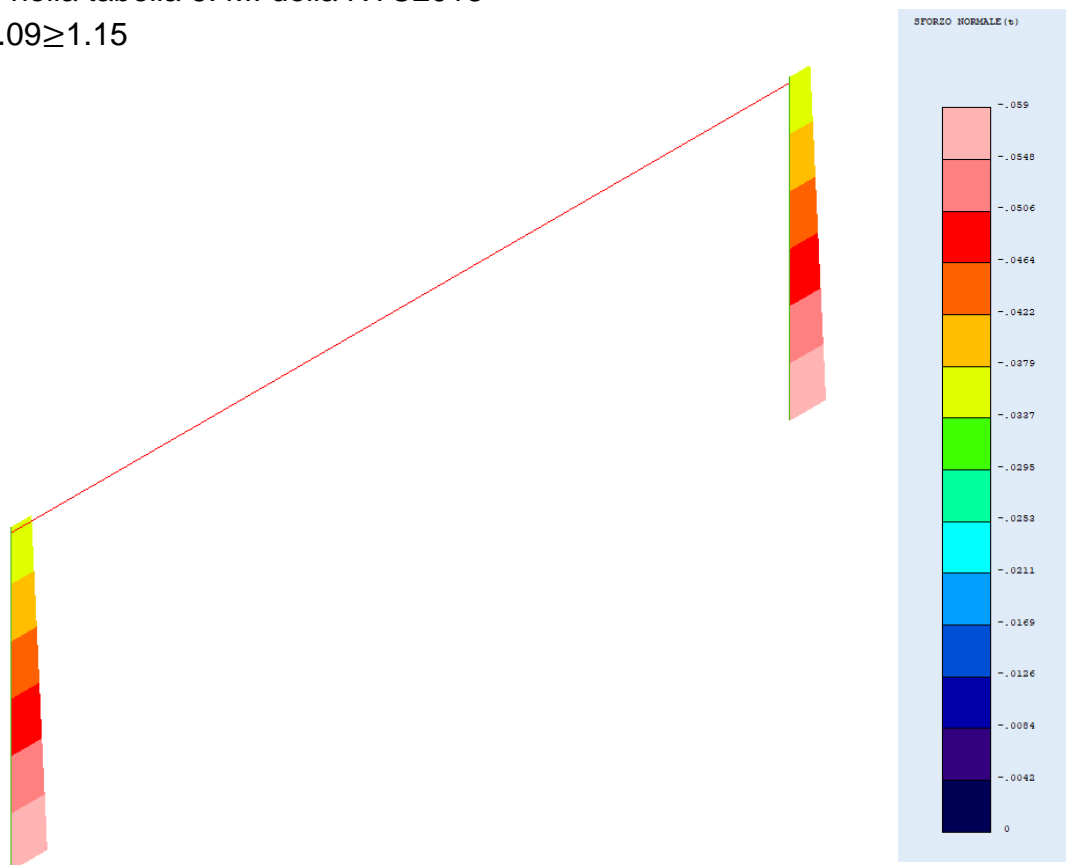
Lo sforzo normale di progetto  $N_{ed}$  rappresenta il carico di esercizio agente in fondazione quindi si avrà:

$$N_{ed} = Q_{es} = 0.58 \text{ kN}$$


$$Q_{lim} = S_{lim} = 18.49 \text{ kN}$$

La verifica risulta soddisfatta essendo il rapporto tra  $\frac{Q_{lim}}{Q_{es}} \geq \gamma_s$  dove :

- $\gamma_s=1.15$  è il coefficiente laterale in compressione funzione del tipo di palo come riportato nella tabella 6.4.II della NTC2018
- $\frac{Q_{lim}}{Q_{es}} = 31.09 \geq 1.15$



*Figura 11-Diagramma sforzo normale*

	<p><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p><b>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 35 di 57</b></p>
---	---	--

### 8.3 Verifica a sfilamento dei pali

Per la verifica a sfilamento del palo di fondazione (considerando una lunghezza di influenza di 7.60m) è stata considerata l’azione del vento pari a:

$$P_{vento} = 0,46 \times 2,5 \times 7,6 = 8,55 \text{ kN}$$

che agisce sulla parte della struttura sottovento, in quanto risulta essere la più elevata. Trascurando a vantaggio di sicurezza, il contributo resistente allo sfilamento dovuto al peso del montante e dei pannelli, la combinazione di carico utilizzata è la seguente:

$$Q_{es} = -(\gamma_{Qi} * P_{vento})$$

Dove:

$\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili Q


$$Q_{es} = - (1,5 * 8.55) = - 12,83 \text{ kN}$$

A vantaggio di sicurezza viene amplificato solo il carico vento.

Essendo  $S_{lim} = 18,49 \text{ kN}$  si ha un rapporto pari a:

$$\frac{S_{lim}}{Q_{es}} = |1,44|$$

Il rapporto tra  $S_{lim}$  e  $Q_{es}$  risulta maggiore di  $\gamma_{st}=1.25$ , ovvero il coefficiente laterale in trazione, come riportato nella tabella 6.4.II della NTC2018, perciò la verifica a sfilamento del palo risulta soddisfatta.

	<p align="center"><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p align="center"><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p align="center"><b>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 36 di 57</b></p>
---	---	---

Per quanto non espressamente riportato nel presente elaborato, si rinvia ad una fase successiva di progettazione.

**ALLEGATO: Tabulati di calcolo**

**DATI GENERALI DI STRUTTURA**

**DATI GENERALI DI STRUTTURA**

Massima dimens. dir. X (m)	7.60	Altezza edificio (m)	2.90
Massima dimens. dir. Y (m)	0.00	Differenza temperatura(°C)	15

**PARAMETRI SISMICI**

Vita Nominale (Anni)	50	Classe d' Uso	IV
Longitudine Est (Grd)	15.63350	Latitudine Nord (Grd)	41.48090
Categoria Suolo	A	Coeff. Condiz. Topogr.	1.00000
Sistema Costruttivo Dir.1	Acciaio	Sistema Costruttivo Dir.2	Acciaio
Regolarita' in Altezza	SI (KR=1)	Regolarita' in Pianta	SI
Direzione Sisma (Grd)	0	Sisma Verticale	PRESENTE
Effetti P/Delta	NO	Quota di Zero Sismico (m)	0.00000
Tipo Intervento	ADEGUAMENTO	Tipo Analisi Sismica	LINEARE
Livello Sicurezza Min. (%)	100		

**PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.O.**

Probabilita' Pvr	0.81	Periodo di Ritorno Anni	30.00
Accelerazione Ag/g	0.04	Periodo T'c (sec.)	0.28
Fo	2.42	Fv	0.64
Fattore Stratigrafia'Ss'	1.00	Periodo TB (sec.)	0.09
Periodo TC (sec.)	0.28	Periodo TD (sec.)	1.75

**PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.D.**

Probabilita' Pvr	0.63	Periodo di Ritorno Anni	50.00
Accelerazione Ag/g	0.05	Periodo T'c (sec.)	0.32
Fo	2.44	Fv	0.72
Fattore Stratigrafia'Ss'	1.00	Periodo TB (sec.)	0.11
Periodo TC (sec.)	0.32	Periodo TD (sec.)	1.79

**PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.V.**

Probabilita' Pvr	0.10	Periodo di Ritorno Anni	475.00
Accelerazione Ag/g	0.11	Periodo T'c (sec.)	0.45
Fo	2.61	Fv	1.16
Fattore Stratigrafia'Ss'	1.00	Periodo TB (sec.)	0.15
Periodo TC (sec.)	0.45	Periodo TD (sec.)	2.03

**PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO ACCIAIO - D I R. 1**

Classe Duttilita'	NON dissip.	Sotto-Sistema Strutturale	Intelaiat
AlfaU/Alfa1	1.30	Fattore di comportam 'q'	1.50

**PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO ACCIAIO - D I R. 2**

Classe Duttilita'	NON dissip.	Sotto-Sistema Strutturale	Intelaiat
AlfaU/Alfa1	1.30	Fattore di comportam 'q'	1.50

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI DEI MATERIALI**

Acciaio per carpenteria	1.05	Verif.Instabilita' acciaio:	1.05
Legno per comb. eccez.	1.00	Legno per comb. fundament.:	1.30
Livello conoscenza	LC2		
FRP Collasso Tipo 'A'	1.10	FRP Delaminazione Tipo 'A'	1.20
FRP Collasso Tipo 'B'	1.25	FRP Delaminazione Tipo 'B'	1.50

FRP Resist. Press/Fless	1.00	FRP Resist. Taglio/Torsione	1.20
FRP Resist. Confinamento	1.10		

**DATI GENERALI DI STRUTTURA**

**DATI DI CALCOLO PER AZIONE VENTO**

Zona Geografica	3	Altitudine s.l.m. (m)	45
Distanza dalla costa (km)	90.00	Tempo di Ritorno (anni)	50.00
Classe di Rugosita'	D	Coefficiente Topografico	1.00
Coefficiente dinamico	1.00	Coefficiente di attrito	0.02
Velocita' di riferim. (m/s)	27.02	Pressione di riferim.(kg/mq)	45.63
Categoria di Esposizione	II		

Edificio dotato di porosita' distribuita uniforme

Il calcolo delle azioni del vento e' effettuato in base al punto 3.3 delle NTC e relative modifiche e integrazioni riportate nella Circolare del 21/01/2019

**DATI DI CALCOLO PER AZIONE NEVE**

Zona Geografica	III	Coefficiente Termico	1.00
Altitudine sito s.l.m. (m)	250	Coefficiente di forma	0.80
Tipo di Esposizione	Normale	Coefficiente di esposizione	1.00
Carico di riferimento kg/mq	64	Carico neve di calcolo kg/mq	51.00

Il calcolo della neve e' effettuato in base al punto 3.4 del D.M. 2018 e relative modifiche e integrazioni riportate nella Circolare del 21/01/2019

**COORDINATE E TIPOLOGIA FILI FISSI**

Filo N.ro	Ascissa m	Ordinata m	Filo N.ro	Ascissa m	Ordinata m
1	0.00	0.00	2	7.60	0.00

**QUOTE PIANI SISMICI ED INTERPIANI**

Quota N.ro	Altezza m	Tipologia	IrregTamp XY	Alt.	Quota N.ro	Altezza m	Tipologia	IrregTamp XY	Alt.
0	0.00	Piano Terra			1	2.90	Piano sismico	NO	NO

**PILASTRI IN ACCIAIO QUOTA 2.9 m**

Filo N.ro	Sez. N.ro	Tipologia	Ang. (Grd)	dx (cm)	dy (cm)	Crit. N.ro	Tipo Elemento ai fini sismici
1	843	TUBOQ120*120*4	0.00	0.00	0.00	101	SismoResist.
2	843	TUBOQ120*120*4	0.00	0.00	0.00	101	SismoResist.



**RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE  
STRUTTURE**

**COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.**

DESCRIZIONI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Peso Strutturale	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
Perm.Non Strutturale	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Var.Neve h<=1000	0.75	1.50	0.75	1.50	0.75	0.75	1.50	0.75	0.75	1.50	0.75	0.75	1.50	0.75
Var.Coperture	1.50	0.00	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00
Vento dir. 0	0.00	0.00	0.90	0.90	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento dir. 90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento dir. 180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	1.50	0.00	0.00	0.00
Vento dir. 270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	1.50

**COMBINAZIONI RARE - S.L.E.**

DESCRIZIONI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Peso Strutturale	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Perm.Non Strutturale	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Var.Neve h<=1000	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	0.50	1.00	0.50	0.50	1.00	0.50	0.50	1.00	0.50
Var.Coperture	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Vento dir. 0	0.00	0.00	0.60	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento dir. 90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento dir. 180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00
Vento dir. 270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.60	1.00

**COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E.**

DESCRIZIONI	1	2	3	4	5	6
Peso Strutturale	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Perm.Non Strutturale	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Var.Neve h<=1000	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Var.Coperture	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento dir. 0	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00
Vento dir. 90	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
Vento dir. 180	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00
Vento dir. 270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20

**COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E.**


DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1.00
Perm.Non Strutturale	1.00
Var.Neve h<=1000	0.00
Var.Coperture	0.00
Vento dir. 0	0.00
Vento dir. 90	0.00
Vento dir. 180	0.00
Vento dir. 270	0.00

Per una immediata comprensione delle condizioni sismiche, si riporta il seguente:

**RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI**

<b>Vita Nominale</b>	<b>50</b>
<b>Classe d'Uso</b>	<b>4</b>
<b>Categoria del Suolo</b>	<b>A</b>
<b>Categoria Topografica</b>	<b>1</b>
<b>Latitudine del sito oggetto di edificazione</b>	<b>41.48090</b>
<b>Longitudine del sito oggetto di edificazione</b>	<b>15.63350</b>

INFORMAZIONI GENERALI SULL'ANALISI SVOLTA

	<p><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p><b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2023</b> <b>Pag. 41 di 57</b></p>
---	---	--

## NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M 17/01/2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;  
Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018;

## REFERENZE TECNICHE (Cap. 12 D.M. 17.01.2018)

- UNI ENV 1992-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.
- UNI EN 1993-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1998-1 – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni
- UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno

## MISURA DELLA SICUREZZA

Il metodo di verifica della sicurezza adottato è quello degli Stati Limite (SL) che prevede due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi S.L.U. e gli stati limite di esercizio S.L.E..

La sicurezza viene quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore delle corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.

Le norme precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all’insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale.

Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali.

Le prestazioni della struttura e la vita nominale sono riportati nei successivi tabulati di calcolo della struttura.

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite definiti di concerto al Committente in funzione dell’utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 17/01/2018 e successive modifiche ed integrazioni.

In particolare si è verificata:

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (S.L.U.) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l’incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l’opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018 per i vari tipi di materiale. I valori utilizzati sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate;

la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (S.L.E.) che possono limitare nell’uso e nella durata l’utilizzo della struttura per le azioni di esercizio. In particolare di concerto con il committente e coerentemente alle norme tecniche si sono definiti i limiti riportati nell’allegato fascicolo delle calcolazioni;

la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (S.L.D.) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica;

robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani;

Per quanto riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

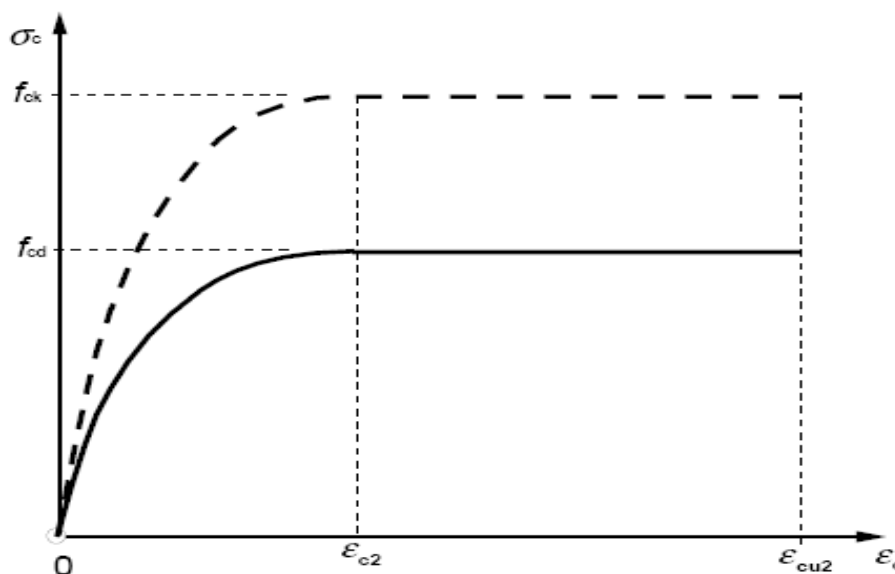
## MODELLI DI CALCOLO

Si sono utilizzati come modelli di calcolo quelli esplicitamente richiamati nel D.M. 17/01/2018.

**Per quanto riguarda le azioni sismiche ed in particolare per la determinazione del fattore di struttura, dei dettagli costruttivi e le prestazioni sia agli S.L.U. che allo S.L.D. si fa riferimento al D.M. 17/01/18 e alla circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019, n. 7 la quale è stata utilizzata come norma di dettaglio.**

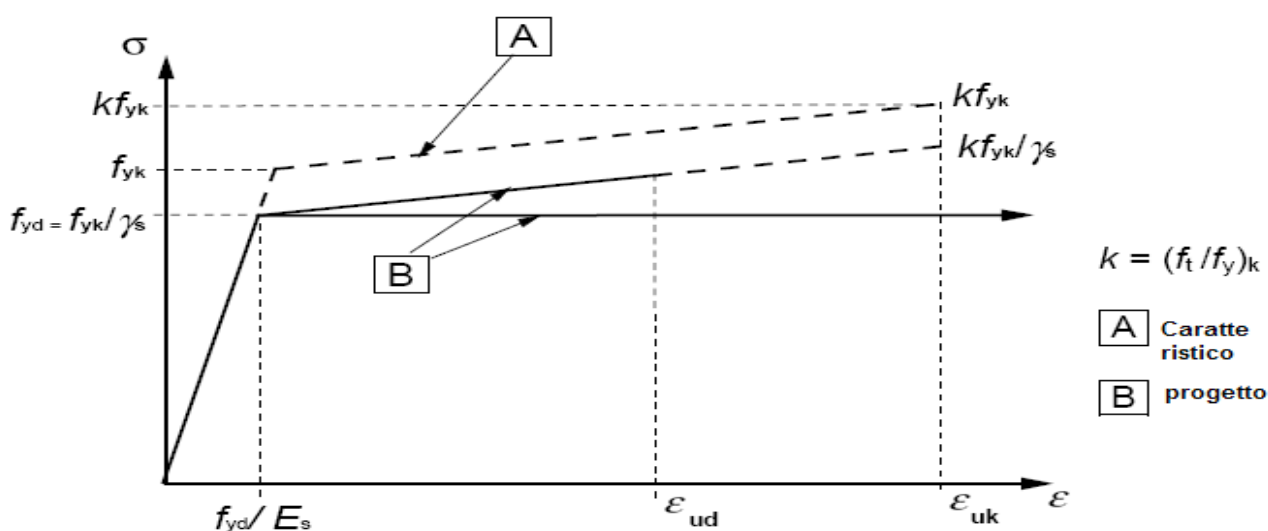
La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Per le verifiche sezionali i legami utilizzati sono:



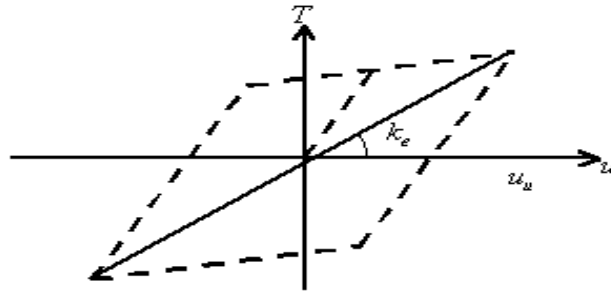
**Legame costitutivo di progetto parabola-rettangolo per il calcestruzzo.**

Il valore  $\epsilon_{cu2}$  nel caso di analisi non lineari sarà valutato in funzione dell’effettivo grado di confinamento esercitato dalle staffe sul nucleo di calcestruzzo.



*Legame costitutivo di progetto elastico perfettamente plastico o incrudente a duttilità limitata per l’acciaio.*

- legame rigido plastico per le sezioni in acciaio di classe 1 e 2 e elastico lineare per quelle di classe 3 e 4;
- legame elastico lineare per le sezioni in legno;
- legame elasto-viscoso per gli isolatori.



**Legame costitutivo per gli isolatori.**

Il modello di calcolo utilizzato risulta rappresentativo della realtà fisica per la configurazione finale anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

- AZIONI SULLA COSTRUZIONE

**AZIONI AMBIENTALI E NATURALI**

Si è concordato con il committente che le prestazioni attese nei confronti delle azioni sismiche siano verificate agli stati limite, sia di esercizio che ultimi individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:


- Stato Limite di Operatività (S.L.O.)
- Stato Limite di Danno (S.L.D.)

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (S.L.V.)
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (S.L.C.)

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l’azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

Stati Limite $P_{VR}$ :		Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

	<p><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p><b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2023</b> <b>Pag. 45 di 57</b></p>
---	---	--

Per la definizione delle forme spettrali (spettri elastici e spettri di progetto), in conformità ai dettami del D.M. 17/01/2018 § 3.2.3. sono stati definiti i seguenti termini:

- Vita Nominale del fabbricato;
- Classe d’Uso del fabbricato;
- Categoria del Suolo;
- Coefficiente Topografico;
- Latitudine e Longitudine del sito oggetto di edificazione.

Si è inoltre concordato che le verifiche delle prestazioni saranno effettuate per le azioni derivanti dalla neve, dal vento e dalla temperatura secondo quanto previsto dal cap. 3 del D.M. 17/01/18 e dalla Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n. 7 per un periodo di ritorno coerente alla classe della struttura ed alla sua vita utile.


**• DESTINAZIONE D’USO E SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE**

Per la determinazione dell’entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si farà riferimento alla tabella del D.M. 17/01/2018 in funzione della destinazione d’uso. I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d’uso dell’opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti  $q_k$  [kN/m<sup>2</sup>]
- carichi verticali concentrati  $Q_k$  [kN]
- carichi orizzontali lineari  $H_k$  [kN/m]

**Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d’esercizio per le diverse categorie di edifici**

Categ.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	• <b>Ambienti ad uso residenziale</b> Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	• <b>Uffici</b> Cat. B1 – Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 – Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	• <b>Ambienti suscettibili di affollamento</b> Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d’accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	Secondo categoria d’uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥4,00	≥4,00	≥2,00

	<p><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p><b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2023</b> <b>Pag. 46 di 57</b></p>
---	---	--

D	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Ambienti ad uso commerciale</b></li> <li>Cat. D1 Negozi</li> <li>Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini</li> </ul>	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	Secondo categoria d’uso servita		
E	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale</b></li> <li>Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d’accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri</li> <li>Cat. E2 Ambienti ad uso industriale</li> </ul>	≥ 6,00	7,00	1,00*
	da valutarsi caso per caso			
F – G	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)</b></li> <li>Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)</li> <li>Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d’accesso, zone di carico e scarico merci</li> </ul>	2,50 5,00	2 x 10,00 2 x 50,00	1,00** 1,00**
	da valutarsi caso per caso e comunque non minori di			
H-I-K	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Coperture</b></li> <li>Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione</li> <li>Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d’uso compresa fra A e D</li> <li>Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti</li> </ul>	0,50	1,20	1,00
	secondo categoria di appartenenza da valutarsi caso per caso			
* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.				
** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso				

I valori nominali e/o caratteristici  $q_k$ ,  $Q_k$  ed  $H_k$  di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II. delle N.T.C. 2018. In presenza di carichi verticali concentrati  $Q_k$  essi sono stati applicati su impronte di carico appropriate all’ utilizzo ed alla forma dello orizzontamento. In particolare si considera una forma dell’ impronta di carico quadrata pari a 50 x 50 mm, salvo che per le rimesse ed i parcheggi, per i quali i carichi si sono applicano su due impronte di 200 x 200 mm, distanti assialmente di 1,80 m.


## AZIONI DOVUTE AL VENTO

Le azioni del vento sono state determinate in conformità al §3.3 del D.M. 17/01/18 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n. 7. Si precisa che tali azioni hanno valenza significativa in caso di strutture di elevata snellezza e con determinate caratteristiche tipologiche come ad esempio le strutture in acciaio.

## AZIONI DOVUTE ALLA SPINTA DELLE TERRE

La spinta delle terre sui setti è calcolata, se attivata la sola condizione statica, utilizzando un principio di spinta a riposo, ottenuto riducendo del 40% i valori degli angoli di attrito del terreno ed applicando la formula di Muller-Breslau. Se viene attivata la spinta sismica invece si adotta il criterio di spinta attiva, utilizzando la formulazione di Coulomb.



	<p><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p><b>DATA: GENNAIO 2023 Pag. 47 di 57</b></p>
---	---	--

## AZIONI DOVUTE ALLA TEMPERATURA

E’ stato tenuto conto delle variazioni giornaliere e stagionali della temperatura esterna, irraggiamento solare e convezione comportano variazioni della distribuzione di temperatura nei singoli elementi strutturali, con un delta di temperatura di 15° C.

Nel calcolo delle azioni termiche, si è tenuto conto di più fattori, quali le condizioni climatiche del sito, l’esposizione, la massa complessiva della struttura, la eventuale presenza di elementi non strutturali isolanti, le temperature dell’aria esterne (Cfr. § 3.5.2), dell’aria interna (Cfr. § 3.5.3) e la distribuzione della temperatura negli elementi strutturali (Cfr § 3.5.4) viene assunta in conformità ai dettami delle N.T.C. 2018.

## NEVE

Il carico provocato dalla neve sulle coperture, ove presente, è stato valutato mediante la seguente espressione di normativa:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t \quad (\text{Cfr. §3.3.7})$$

in cui si ha:

$q_s$  = carico neve sulla copertura;

$\mu_i$  = coefficiente di forma della copertura, fornito al (Cfr. § 3.4.5);

$q_{sk}$  = valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m<sup>2</sup>], fornito al (Cfr. § 3.4.2) delle N.T.C. 2018

per un periodo di ritorno di 50 anni;

$C_E$  = coefficiente di esposizione di cui al (Cfr. § 3.4.3);

$C_t$  = coefficiente termico di cui al (Cfr. § 3.4.4).

## AZIONI ANTROPICHE E PESI PROPRI


Nel caso delle spinte del terrapieno sulle pareti di cantinato (ove questo fosse presente), in sede di valutazione di tali carichi, (a condizione che non ci sia grossa variabilità dei parametri geotecnici dei vari strati così come individuati nella relazione geologica), è stata adottata una sola tipologia di terreno ai soli fini della definizione dei lati di spinta e/o di eventuali sovraccarichi.

## COMBINAZIONI DI CALCOLO

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.

In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni per cui si rimanda al § 2.5.3 delle N.T.C. 2018. Queste sono:



	<p><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p><b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2023</b> <b>Pag. 48 di 57</b></p>
---	---	--

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (S.L.U.) (2.5.1);
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7 (2.5.2);
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili (2.5.3);
- Combinazione quasi permanente (S.L.E.), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (2.5.4);
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all’azione sismica E (v. § 3.2 form. 2.5.5);
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6 form. 2.5.6).

Nelle combinazioni per S.L.E., si intende che vengono omessi i carichi  $Q_{Kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.). Nelle formule sopra riportate il simbolo + vuol dire “combinato con”.

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qj}$  sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell’azione sismica con le altre azioni già fornita in § 2.5.3 form. 3.2.16 delle N.T.C. 2018.

Gli effetti dell’azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17).

I valori dei coefficienti  $\psi_{2j}$  sono riportati nella Tabella 2.5.I.

La struttura deve essere progettata così che il degrado nel corso della sua vita nominale, purché si adotti la normale manutenzione ordinaria, non pregiudichi le sue prestazioni in termini di resistenza, stabilità e funzionalità, portandole al di sotto del livello richiesto dalle presenti norme.

Le misure di protezione contro l’eccessivo degrado devono essere stabilite con riferimento alle previste condizioni ambientali.


La protezione contro l’eccessivo degrado deve essere ottenuta attraverso un’opportuna scelta dei dettagli, dei materiali e delle dimensioni strutturali, con l’eventuale applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi, nonché con l’adozione di altre misure di protezione attiva o passiva.

La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

## COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE

Le azioni definite come al § 2.5.1 delle N.T.C. 2018 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

Categoria/Azione variabile	$\psi_{0i}$	$\psi_{1i}$	$\psi_{2i}$
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3

	<p><b>“Progetto per l’impianto agrivoltaico “Foggia II” della potenza nominale di 50,83MW e delle opere di Connessione” nel comune di Foggia (FG) “</b></p> <p><b>RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE STRUTTURE</b></p>	<p><b>DATA:</b> <b>GENNAIO 2023</b> <b>Pag. 49 di 57</b></p>
---	---	--

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 $\leq 30$ 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 $\leq 1000$ 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

*Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione*

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qj}$  utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle N.T.C. 2018 in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

- SPECIFICHE CAMPI TABELLE DI STAMPA TRAVI**

- Tratto** : *Le aste adiacenti a setti e piastre vengono suddivise in sottoelementi per garantire la congruenza. Il numero di “TRATTO” identifica la posizione sequenziale del sottoelemento attuale a partire dall’estremo iniziale*
- Filo in.** : *Filo iniziale*
- Filo fin.** : *Filo finale*

Le altre grandezze descritte di seguito si riferiscono a ciascun estremo dell’asta:

- Alt.** : *Altezza dell’estremità dell’asta dallo spiccatto di fondazione*
- Tx** : *Taglio lungo la direzione dell’asse ‘X’ del sistema di riferimento locale di asta (principale d’inerzia)*
- Ty** : *Taglio lungo la direzione dell’asse ‘Y’ del sistema di riferimento locale di asta*
- N** : *Sforzo assiale*
- Mx** : *Momento agente con asse vettore parallelo all’asse ‘X’ del sistema di riferimento locale di asta*
- My** : *Momento agente con asse vettore parallelo all’asse ‘Y’ del sistema di riferimento locale di asta*
- Mt** : *Momento torcente dell’asta (agente con asse vettore parallelo all’asse ‘Z’ locale)*

- SPECIFICHE CAMPI TABELLE DI STAMPA SHELL**

SISTEMA DI RIFERIMENTO LOCALE (s.r.l.): *Il sistema di riferimento locale dell’elemento shell è così definito:*

<b>Origine</b>	: <i>1° punto di inserimento dello shell</i>
<b>Asse 1</b>	: <i>Asse X nel s.r.l., definito dal punto origine e dal II° punto di inserimento, nel verso di quest'ultimo</i>
<b>Piano12</b>	: <i>Piano XY nel s.r.l., definito dai punti origine, II° e III° di inserimento</i>
<b>Asse 2</b>	: <i>Asse Y nel s.r.l., ottenuto nel piano 12 con una rotazione antioraria di 90° dell'asse X intorno al punto origine, in modo che l'asse I-II si sovrapponga all'asse I-III con un angolo &lt; 180°</i>
<b>Asse 3</b>	: <i>Asse Z nel s.r.l., ortogonale al piano 12, in modo da formare una terna destra con gli assi 1 e 2</i>

Le tensioni di lastra (S) sono costanti lungo lo spessore. Le tensioni di piastra (M) variano linearmente lungo lo spessore, annullandosi in corrispondenza del piano medio (diagramma emisimmetrico o “a farfalla”). I valori del tensore degli sforzi sono riferiti alla faccia positiva (superiore nel s.r.l.) di normale 3 (esempio: Xij tensione X agente sulla faccia di normale i e diretta lungo j).

Le altre grandezze descritte di seguito si riferiscono a ciascun nodo dell'elemento bidimensionale:

<b>Shell Nro</b>	: <i>numero dell'elemento bidimensionale</i>
<b>nodo N.ro</b>	: <i>numero del nodo dell'elemento bidimensionale a cui sono riferite le tensioni S di lastra e M piastra</i>
<b>S11</b>	: <i>tensione normale di lastra</i>
<b>S22</b>	: <i>tensione normale di lastra</i>
<b>S12</b>	: <i>tensione tangenziale di lastra (S12 = S21)</i>
<b>M11</b>	: <i>tensione normale di piastra sulla faccia positiva</i>
<b>M22</b>	: <i>tensione normale di piastra sulla faccia positiva</i>
<b>M12</b>	: <i>tensione tangenziale di piastra sulla faccia positiva</i>

Tabulato di stampa dei carichi nodali equivalenti applicati nei nodi degli shell.

<b>Shell Nro</b>	: <i>numero dell'elemento bidimensionale</i>
<b>nodo N.ro</b>	: <i>numero del nodo dell'elemento bidimensionale a cui sono i carichi nodali degli shell</i>
<b>Tx</b>	: <i>Forza nodale in direzione X del sistema di riferimento locale</i>
<b>Ty</b>	: <i>Forza nodale in direzione Y del sistema di riferimento locale</i>
<b>Tz</b>	: <i>Forza nodale in direzione Z del sistema di riferimento locale</i>
<b>Mx</b>	: <i>Momento nodale con asse vettore parallelo all'asse X del sistema di riferimento locale</i>
<b>My</b>	: <i>Momento nodale con asse vettore parallelo all'asse Y del sistema di riferimento locale</i>
<b>Mz</b>	: <i>Momento nodale con asse vettore parallelo all'asse Z del sistema di riferimento locale</i>

## • VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle di verifica aste in acciaio e di verifica aste in legno.

<b>Fili N.ro</b>	: <i>Sulla prima riga numero del filo del nodo iniziale, sulla terza quello del nodo finale</i>
<b>Quota</b>	: <i>Sulla prima riga quota del nodo iniziale, sulla terza quota del nodo finale</i>
<b>Tratto</b>	: <i>Se una trave è suddivisa in più tratti sulla prima riga è riportato il numero del tratto, sulla terza il numero di suddivisioni della trave</i>
<b>Cmb N.r</b>	: <i>Numero della combinazione per la quale si è avuta la condizione più gravosa (rapporto di verifica massimo). La combinazione 0, se presente, si riferisce alle verifiche delle aste in legno, costruita con la sola presenza dei carichi permanenti (1.3*G1 + 1.5*G2).</i>

*Seguono le caratteristiche associate alla combinazione:*

<b>N Sd</b>	: Sforzo normale di calcolo
<b>MxSd</b>	: Momento flettente di calcolo asse vettore X locale
<b>MySd</b>	: Momento flettente di calcolo asse vettore Y locale
<b>VxSd</b>	: Taglio di calcolo in direzione dell'asse X locale
<b>VySd</b>	: Taglio di calcolo in direzione dell'asse Y locale
<b>T Sd</b>	: Torsione di calcolo
<b>N Rd</b>	: Sforzo normale resistente ridotto per presenza dell'azione tagliante
<b>MxV.Rd</b>	: Momento flettente resistente con asse vettore X locale ridotto per presenza di azione tagliante. Per le sezioni di classe 3 è sempre il momento limite elastico, per quelle di classe 1 e 2 è il momento plastico. Se inoltre la tipologia della sezione è doppio T, tubo tondo, tubo rettangolare e piatto, il momento è ridotto dall'eventuale presenza dello sforzo normale
<b>MyV.Rd</b>	: Momento flettente resistente con asse vettore Y locale ridotto per presenza di azione tagliante. Vale quanto riportato per il dato precedente
<b>VxplRd</b>	: Taglio resistente plastico in direzione dell'asse X locale
<b>VyplRd</b>	: Taglio resistente plastico in direzione dell'asse X locale
<b>T Rd</b>	: Torsione resistente
<b>fy rid</b>	: Resistenza di calcolo del materiale ridotta per presenza dell'azione tagliante
<b>Rap %</b>	: Rapporto di verifica moltiplicato per 100. Sezione verificata per valori minori o uguali a 100. La formula utilizzata in verifica è la n.ro 6.41 di EC3. Tale formula nel caso di sezione a doppio T coincide con le formule del DM 2008 n.ro 4.2.39 e del DM 2018 n.ro 4.2.39.
<b>Sez.N</b>	: Numero di archivio della sezione
<b>Ac</b>	: Coefficiente di amplificazione dei carichi statici. Sostituisce il dato 'Sez.N.' se l'incremento dei carichi statici è maggiore di 1
<b>Qn</b>	: Carico distribuito normale all'asse della trave in kg/m, incluso il peso proprio
<b>Asta</b>	: Numerazione dell'asta

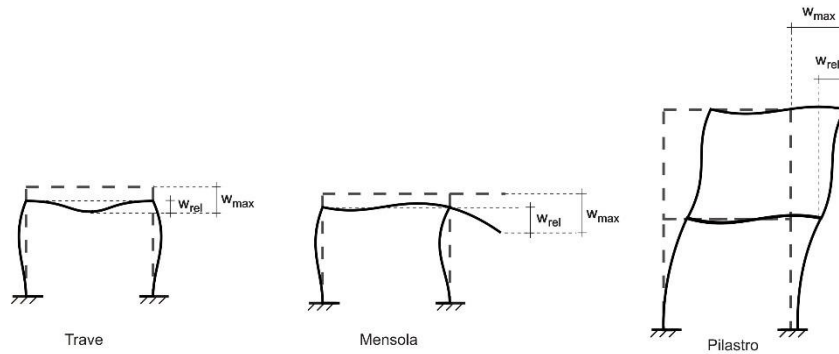
Per le strutture dissipative, nei pilastri, sono stati tenuti in conto i fattori di sovrarresistenza riportati nella Tab. 7.5.I delle NTC 2008 e par 7.5.1 delle NTC2018

L'ultima riga delle quattro relative a ciascuna asta, si riferisce ai valori utili ad effettuare le verifiche di instabilità:

<b>l</b>	: Lunghezza della trave
<b><math>\beta^*l</math></b>	: Lunghezza libera di inflessione
<b>clas.</b>	: Classe di verifica della trave
<b><math>\epsilon</math></b>	: $(235/fy)^{(1/2)}$ . Se il valore e' maggiore di 1 significa che il programma ha classificato la sezione, originariamente di classe 4, come sezione di classe 3 secondo il comma (9) del punto 5.5.2 dell'EC3 in base alla tensione di compressione massima. Per tali aste non sono state effettuate le verifiche di instabilità come previsto nel comma (10) dell'EC3 (vedi anche pto C4.2.3.1).
<b>Lmd</b>	: Snellezza lambda
<b>R%<math>\beta</math>f</b>	: Rapporto di verifica per l'instabilità alla presso-flessione moltiplicato per 100 determinato dalla formula [C4.2.32]. Sezione verificata per valori minori o uguali a 100
<b>R%<math>\beta</math>t</b>	: Rapporto di verifica per l'instabilità flesso-torsionale moltiplicato per 100 determinato dalla formula [C4.2.36]
<b>Wmax</b>	: Spostamento massimo
<b>Wrel</b>	: Spostamento relativo, depurato dalla traslazione rigida dei nodi
<b>Wlim</b>	: Spostamento limite

Gli spostamenti  $W_{max}$  e  $W_{rel}$ , essendo legati alle verifiche di esercizio, sono calcolati combinando i canali di carico con i coefficienti delle matrici SLE.

Per una più agevole comprensione del significato dei dati  $W_{max}$  e  $W_{rel}$ , si può fare riferimento alla figura seguente:



Quindi ai fini della verifica è sufficiente che risulti  $W_{rel} \leq W_{lim}$ , essendo del tutto normale che l’asta possa risultare verificata anche con  $W_{max} > W_{lim}$ .

Se:

**Rap %** : 111 La sezione non verifica per taglio elevato  
**Rap %** : 444 Sezione non verificata in automatico perché di classe 4

Per le sezioni in legno vengono modificate le seguenti colonne:

**N Rd**  $\rightarrow \sigma_n$  : Tensione normale dovuta a sforzo normale  
**MxV.Rd**  $\rightarrow \sigma_{M_x}$  : Tensione normale dovuta a momento  $M_x$   
**MyV.Rd**  $\rightarrow \sigma_{M_y}$  : Tensione normale dovuta a momento  $M_y$   
**VxplRd**  $\rightarrow \tau_x$  : Tensione tangenziale dovuta a taglio  $T_x$   
**VyplRd**  $\rightarrow \tau_y$  : Tensione tangenziale dovuta a taglio  $T_y$   
**T Rd**  $\rightarrow \tau_{M_t}$  : Tensione tangenziale da momento torcente  
**fy rid**  $\rightarrow$  **Rapp. Fless** : Rapporto di verifica per la flessione composta secondo le formule dei DM 2008/2018 [4.4.6a], [4.4.6b], [4.4.7a], [4.4.7b]. Viene riportato il valore più alto fra tutte le varie combinazioni e si intende verificato, come tutti gli altri rapporti, se il valore è minore di uno  
**Rap %**  $\rightarrow$  **Rapp.Taglio** : Rapporto di verifica per il taglio o la torsione secondo le formule dei DM 2008/2018 [4.4.8], [4.4.9] avendo sovrapposto gli effetti con la [4.4.10] nel caso di taglio e torsione agenti contemporaneamente  
**clas.**  $\rightarrow$  **KcC** : Coefficiente di instabilità di colonna ( $K_{crit,c}$ ) determinato dalle formule dei DM 2008/2018 [4.4.15]  
**lmd**  $\rightarrow$  **KcM** : Coefficiente di instabilità di trave ( $K_{crit,m}$ ) determinato dalle formule dei DM 2008/2018 [4.4.12]  
**R%pf**  $\rightarrow$  **Rx** : Rapporto globale di verifica di instabilità che tiene in conto sia dell’instabilità di colonna che quella di trave; il coefficiente  $K_m$  è applicato al termine del momento Y  
**R%ft**  $\rightarrow$  **Ry** : Rapporto globale di verifica di instabilità che tiene in conto sia dell’instabilità di colonna che quella di trave; il coefficiente  $K_m$  è applicato al termine del momento X

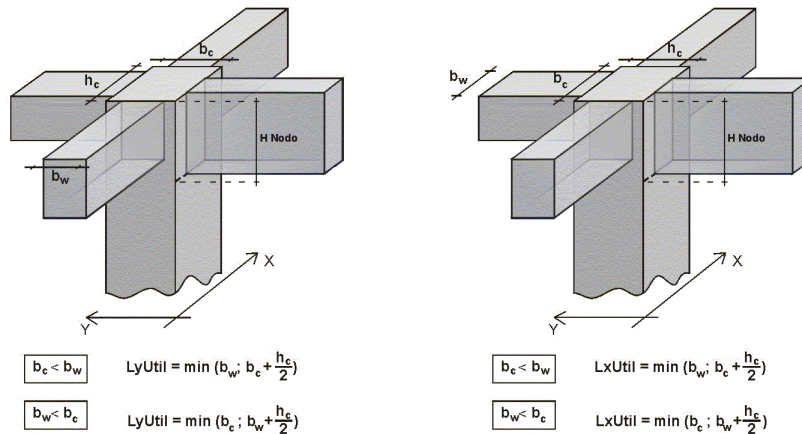
Gli spostamenti  $W_{max}$  e  $W_{rel}$  sono calcolati secondo le formule [2.2] e [2.3] dell’Eurocodice 5. In particolare si sommano gli spostamenti istantanei delle combinazioni SLE Rare con quelli a tempo infinito delle combinazioni SLE Quasi Permanenti. Quindi indicando con  $U^P$  gli spostamenti istantanei dei carichi permanenti e con  $U^Q$  quelli dei carichi variabili lo spostamento finale vale:

$$U_{fin} = U^P + K_{def} * U^P + U^Q + K_{def} * \phi_2 * U^Q$$



• **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa delle verifiche dei nodi trave-pilastro in calcestruzzo armato.



- Filo N.ro** : Numero del filo fisso del pilastro a cui appartiene il nodo
- Quota (m)** : Quota in metri del nodo verificato
- Nodo3d N.ro** : Numerazione spaziale del nodo verificato
- Posiz. Pilastro** : Posizione del pilastro rispetto al nodo; **SUP** indica che il nodo verificato e' l'estremo inferiore di un pilastro; **INF** indica che il nodo verificato e' l'estremo superiore del pilastro
- Int.** : Flag di nodo interno (SI=Interno X ed Y ; X=Solo Dir.X; Y=Solo Dir.Y; SP=Spigolo; NO=Esterno X o Y)
- Sez.** : Numero di archivio della sezione del pilastro a cui appartiene il nodo
- Rotaz** : Rotazione di input del pilastro a cui appartiene il nodo
- HNodo** : Altezza del nodo in calcestruzzo su cui sono state effettuate le verifiche calcolata in funzione dell'intersezione tra il pilastro e le travi convergenti
- fck** : Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo
- fy** : Resistenza caratteristica allo snervamento dell'acciaio delle armature
- LyUtil** : Larghezza utile del nodo lungo la direzione Y locale del pilastro
- AfX** : Area complessiva dei bracci in direzione X locale del pilastro
- LxUtil** : Larghezza utile del nodo lungo la direzione X locale del pilastro
- AfY** : Area complessiva dei bracci in direzione Y locale del pilastro
- Njbd (X/Y)** : Sforzo Normale associato al Taglio sul nodo nella direzione X/Y locale del pilastro.
- Vjbd (X/Y)** : Taglio agente sul nodo nella direzione X/Y locale del pilastro.

**VjbR (X/Y)** : *Resistenza biella compressa del nodo nella direzione X/Y locale del pilastro.*

**STATUS** : *Esito della verifica del nodo.*

- *NON VER:* si supera la resistenza della biella compressa; non è verificata la formula [7.4.8]
- *ELASTICO:* il nodo verifica e rimane in campo non fessurato; le armature sono progettate con la formula [7.4.10]
- *FESSURATO:* il nodo verifica e risulta fessurato; le armature sono progettate con la formula [7.4.11] per i nodi interni e con la formula [7.4.12] per i nodi esterni



**RELAZIONE PRELIMINARE E CALCOLI SULLE  
STRUTTURE**

**CARATT. PESO PROPRIO: ASTE**

Tra	Filo	Alt.	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt	Filo	Alt.	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt
tto	n.	(m)	(t)	(t)	(t)	(t*m)	(t*m)	(t*m)	Fin.	(m)	(t)	(t)	(t)	(t*m)	(t*m)	(t*m)
1	2.90	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	1	0.00	-0.01	0.00	-0.06	0.00	0.01	0.00
2	2.90	-0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	-0.03	0.00	2	0.00	0.01	0.00	-0.06	0.00	-0.01	0.00
1	2.90	0.00	0.03	0.00	-0.03	0.00	0.00	0.00	2	2.90	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00

**CARATT. SOVRACCARICO PERMAN.: ASTE**

Tra	Filo	Alt.	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt	Filo	Alt.	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt
tto	n.	(m)	(t)	(t)	(t)	(t*m)	(t*m)	(t*m)	Fin.	(m)	(t)	(t)	(t)	(t*m)	(t*m)	(t*m)
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**CARATT. Var.Neve h<=1000: ASTE**

Tra	Filo	Alt.	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt	Filo	Alt.	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt
tto	n.	(m)	(t)	(t)	(t)	(t*m)	(t*m)	(t*m)	Fin.	(m)	(t)	(t)	(t)	(t*m)	(t*m)	(t*m)
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**CARATT. Var.Coperture: ASTE**

Tra	Filo	Alt.	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt	Filo	Alt.	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt
tto	n.	(m)	(t)	(t)	(t)	(t*m)	(t*m)	(t*m)	Fin.	(m)	(t)	(t)	(t)	(t*m)	(t*m)	(t*m)
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**CARATT. Vento dir. 0: ASTE**

Tra	Filo	Alt.	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt	Filo	Alt.	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt
tto	n.	(m)	(t)	(t)	(t)	(t*m)	(t*m)	(t*m)	Fin.	(m)	(t)	(t)	(t)	(t*m)	(t*m)	(t*m)
1	2.90	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	1	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00
2	2.90	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	2	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	2	2.90	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00

**CARATT. Vento dir. 90: ASTE**

Tra	Filo	Alt.	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt	Filo	Alt.	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt
tto	n.	(m)	(t)	(t)	(t)	(t*m)	(t*m)	(t*m)	Fin.	(m)	(t)	(t)	(t)	(t*m)	(t*m)	(t*m)
1	2.90	0.00	7.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	-7.13	0.00	-20.68	0.00	0.00
2	2.90	0.00	7.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.00	0.00	-7.13	0.00	-20.68	0.00	0.00
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**CARATT. Vento dir. 180: ASTE**

Tra	Filo	Alt.	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt	Filo	Alt.	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt
tto	n.	(m)	(t)	(t)	(t)	(t*m)	(t*m)	(t*m)	Fin.	(m)	(t)	(t)	(t)	(t*m)	(t*m)	(t*m)
1	2.90	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2	2.90	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	2	2.90	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00

**CARATT. Vento dir. 270: ASTE**

Tra	Filo	Alt.	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt	Filo	Alt.	Tx	Ty	N	Mx	My	Mt
tto	n.	(m)	(t)	(t)	(t)	(t*m)	(t*m)	(t*m)	Fin.	(m)	(t)	(t)	(t)	(t*m)	(t*m)	(t*m)
1	2.90	0.00	-7.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.00	0.00	7.13	0.00	20.68	0.00	0.00
2	2.90	0.00	-7.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	0.00	0.00	7.13	0.00	20.68	0.00	0.00
1	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**STAMPA PROGETTO S.L.U. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.**

**VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D**

DATI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Tra tto	Cmb N.r	N Sd (kg)	MxSd (kg*m)	MySd (kg*m)	VxSd (kg)	VySd (kg)	T Sd (kg*m)	N Rd kg	MxV.Rd kg*m	MyV.Rd kg*m	VxplRd Kg	VyplRd Kg	T Rd kg*m	fy rid Kg/cmq	Rap %	
Nover.	1	2.90	14	-44	0	35	18	-10695	0	0	0	0	0	4833	9667	456	0	111	
TUBOQ100*5	qn=	0	13	-60	-9304	9	18	-6417	0	22421	708	431	4833	9667	456	1998	1316		
Asta:	1	0.00	13	-77	-18609	-17	18	-6417	0	22421	708	431	4833	9667	456	1998	2631		
Instab.:l=	290.0	β*l=	290.0	-77	11165	14	cl= 1	ε=	1.00	lmd=	142	Rpf=	1414	Rft=	111	Wmax/rel/lim=	1960.2	1960.2	11.6 mm
Nover.	2	2.90	14	-44	0	-35	-18	-10695	0	0	0	0	0	4833	9667	456	0	111	
TUBOQ100*5	qn=	0	13	-60	-9304	-9	-18	-6417	0	22421	708	431	4833	9667	456	1998	1316		

**STAMPA PROGETTO S.L.U. - ACCIAIO + VERIFICA S.L.E.**

**VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO 3D**

DATI DI ASTA	Fili N.ro	Quota (m)	Tra tto	Cmb N.r	N Sd (kg)	MxSd (kg*m)	MySd (kg*m)	VxSd (kg)	VySd (kg)	T Sd (kg*m)	N Rd kg	MxV.Rd kg*m	MyV.Rd kg*m	VxplRd Kg	VyplRd Kg	T Rd kg*m	fy rid Kg/cmq	Rap %
Asta:	2	2	0.00	13	-77	-18609	17	-18	-6417	0	22421	708	431	4833	9667	456	1998	2631
Instab.:l=	290.0	$\beta^*=$	290.0	-77	11165	14	cl= 1	$\varepsilon=$ 1.00	lmd=	142	Rpf= 1414	Rft= 111	Wmax/rel/lim=	1960.2	1960.2	11.6	mm	
Sez.N.	843	1	2.90	11	0	-52	0	0	48	0	25116	793	483	4833	9667	456	2238	7
TUBOQ100*5	qn=	-9	5	0	49	0	0	0	0	0	25116	793	483	4833	9667	456	2238	6
Asta:	3	2	2.90	5	0	-52	0	0	-48	0	25116	793	483	4833	9667	456	2238	7
Instab.:l=	760.0	$\beta^*=$	532.0	0	0	0	cl= 1	$\varepsilon=$ 1.00	lmd=	0	Rpf= 0	Rft= 0	Wmax/rel/lim=	1960.2	6.4	30.4	mm	