

# REGIONE SARDEGNA

## Città Metropolitana di Sassari (SS)

### COMUNE DI ITTIRI



1	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	16/01/23	ANTEX	SIGNORELLO A.	NASTASI A.
0	EMISSIONE PER COMMENTI	30/11/22	ANTEX	SIGNORELLO A.	NASTASI A.
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.

<b>Committente:</b> <b>PV ITALY 1 S.r.l</b>  Sede legale in Via dell'Annunciata, 23/4, 20121, Milano Partita I.V.A. 11515530969 - PEC: pv_italy1@pec.it		<b>Società di Sviluppo:</b> <b>AVAPA ENERGY</b> Sede legale in Via Galliera, 28, 40121, Bologna Partita I.V.A. 03816011203 - PEC: avapaenergysrl@legalmail.it		
<b>Società di Progettazione:</b> <b>Ingegneria &amp; Innovazione</b>  Via Jonica, 16 - Loc. Belvedere 96100 Siracusa (SR) Tel.: 0931.1663409 Web: <a href="http://www.antexgroup.it">www.antexgroup.it</a> E-mail: <a href="mailto:info@antexgroup.it">info@antexgroup.it</a>		<b>Società di Sviluppo:</b>  Via Don Luigi Sturzo, 6/c 74020 Roccaforzata (TA) PEC: <a href="mailto:enecosrls@legal.mail.it">enecosrls@legal.mail.it</a> Part. IVA 02987670730		
<b>Progetto:</b> <b>IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 kWp                  E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN                  COMUNE DI ITTIRI (SS)</b>			<b>Progettista/Resp. Tecnico:</b> Dott. Ing. Antonino Signorello Ordine degli Ingegneri della Provincia di Catania N° 6105 sez. A	
<b>Elaborato:</b> RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI-STRUTTURA DI SUPPORTO FV				
Scala:	Nome DIS/FILE:	Allegato:	F.to:	Livello:
N.A.	C21036S05-PD-RT-04-01	1/1	A4	<b>DEFINITIVO</b>

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.

È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.



<b>PV ITALY 1 S.r.l</b>	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 <b>Antex</b> group Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>	16/01/2023	REV: 1

Sommario

<b>PREMESSA</b> .....	3
<b>1 - DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA</b> .....	3
<b>2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	4
<b>3 - MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO</b> .....	5
<b>4 - TERRENO DI FONDAZIONE</b> .....	5
<b>5 - ANALISI DEI CARICHI</b> .....	7
<b>6 - VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA</b> .....	7
<b>7 - AZIONI SULLA STRUTTURA</b> .....	13
<b>8 - CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO</b> .....	19
<b>9 PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI</b> .....	23
<b>10 - TABULATI DI CALCOLO</b> .....	25
<b>11 – PRESCRIZIONI</b> .....	34

PV ITALY 1 S.r.l	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>	16/01/2023	REV: 1

## PREMESSA

Per conto della società proponente, PV ITALY 1 S.r.l la società Antex Group Srl ha redatto il progetto definitivo relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare, da realizzarsi nel territorio del Comune di Ittiri nella Città Metropolitana di Sassari. Il progetto prevede l'installazione di n. 38.304 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino da 670 Wp ciascuno, su strutture ad inseguimento monoassiale in acciaio zincato a caldo, con una potenza complessiva pari a 25.633,68 kWp. Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete tramite collegamento in antenna a 36 kV sul futuro ampliamento a 36 kV della stazione elettrica (SE) RTN 380 kV "Ittiri". Le attività di progettazione definitiva e di studio di impatto ambientale sono state sviluppate dalla società di ingegneria Antex Group Srl. Antex Group Srl è una società che fornisce servizi globali di consulenza e management ad Aziende private ed Enti pubblici che intendono realizzare opere ed investimenti su scala nazionale ed internazionale. È costituita da selezionati e qualificati professionisti uniti dalla comune esperienza professionale nell'ambito delle consulenze ingegneristiche, tecniche, ambientali, gestionali, legali e di finanza agevolata e pone a fondamento delle attività, quale elemento essenziale della propria esistenza come unità economica organizzata ed a garanzia di un futuro sviluppo, i principi della qualità, come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 nelle loro ultime edizioni. Antex Group in un'ottica di sviluppo sostenibile proprio e per i propri clienti, è in possesso di un proprio Sistema di Gestione Qualità certificato ISO 9001:2015 per attività di "Servizi tecnico-professionali di ingegneria multidisciplinare".

## 1 - DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

I sistemi ad inseguimento solare monoassiale saranno del tipo PVH MONOLINE 2V 56M 28 Mod/String, con pali infissi nel terreno per circa 2100mm senza utilizzo di cls, una parte fuori terra di 2300mm su cui verranno montate delle cerniere bullonate che sono attraversate da una trave scatolare a sezione quadrata che ruota intorno al proprio asse, configurando i pannelli in posizione orizzontale dal terreno a una quota di 2696mm.

La cerniera nella parte di montaggio con il palo è costituita da asole che permettono l'allineamento della trave di torsione sia in verticale sia in orizzontale per una tolleranza di 40 mm e, raggiunge una quota di 2487mm il centro di rotazione.

La rotazione si aziona per mezzo meccanico da un motore montato sulla colonna centrale che apre un varco di 15cm nella superficie fotovoltaica.

Il motore è dotato di un sistema di Tracker control che permette di inclinare i pannelli fino a 60° in funzione alla posizione sul terreno e l'angolo zenitale del sole.

Le colonne, la trave soggetta a torsione e le staffe di montaggio saranno in acciaio S355 galvanizzato ASTM A123/ISO 1461, mentre i moduli di supporto saranno in acciaio S275 galvanizzato ASTM A123/ISO 1461.

Le strutture di inseguitori identificate PVH MONOLINE 2V 56M 28 Mod/String, sono state calcolate con una struttura di 7 pali per ogni tracker, distribuiti in 37538mm, mantenendo un interasse di 5700mm per i primi due pali partendo dall'asse della superficie fotovoltaica e il resto dei pali è posto ad un interasse di 5600mm e i lembi laterali di 1883mm e 1855mm.

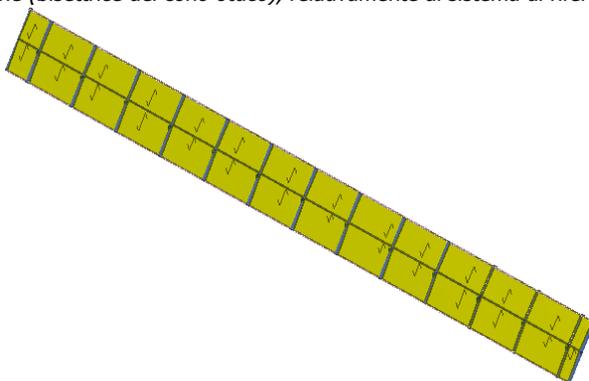
Il modulo fotovoltaico ha una dimensione di 1303x2384 mm, la stringa sarà composta da due serie di 28 moduli per la struttura PVH MONOLINE 2V 56M 28 Mod/String, di 4.78x37.54m, quando i pannelli raggiungono una configurazione inclinata del zenitale massimo di 60° l'altezza dal lembo più alto del pannello rispetto al terreno sarà di circa 4660mm, mentre il lembo più basso arriverà ai 505mm.

Vengono riportate di seguito due viste assonometriche contrapposte, allo scopo di consentire una migliore comprensione della struttura oggetto della presente relazione

PV ITALY 1 S.r.l	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>	16/01/2023	REV: 1

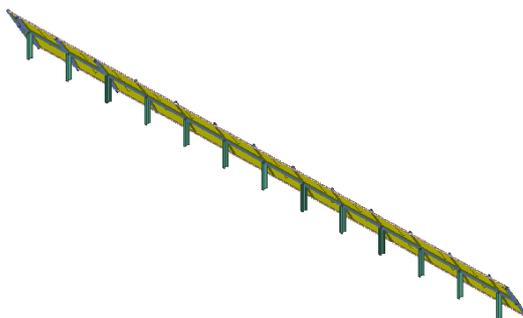
### Vista Anteriore

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale  $0, X, Y, Z$ , ha versore  $(1;1;-1)$



### Vista Posteriore

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale  $0, X, Y, Z$ , ha versore  $(-1;-1;-1)$



## 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".

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.

<b>PV ITALY 1 S.r.l</b>	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 <b>Antex</b> group Ingegneria & Innovazione		
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>	16/01/2023	REV: 1	Pag.5

### 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:

#### MATERIALI 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>	Caratteristiche acciaio	
															NCn t	γ <sub>M7</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>S355 - (S355)</b>																
001	78.500	0,000012	210.000	80.769	P	355,00 335,00	510 470	338,10 319,05	-	1,05	1,05	1,25	-	-	-	-
<b>S275 - (S275)</b>																
002	78.500	0,000012	210.000	80.769	P	275,00 255,00	430 410	261,90 242,86	-	1,05	1,05	1,25	-	-	-	-

#### 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 - NCn = 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.

### 4 - TERRENO DI FONDAZIONE

Le proprietà meccaniche dei terreni sono state investigate mediante specifiche prove mirate alla misurazione della velocità delle onde di taglio negli strati del sottosuolo. In particolare, è stata calcolata una velocità di propagazione equivalente delle onde di taglio con la seguente relazione (eq. [3.2.1] D.M. 2018):

PV ITALY 1 S.r.l	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>	16/01/2023	REV: 1

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

- $h_i$  è lo spessore dell' $i$ -simo strato;
- $V_{S,i}$  è la velocità delle onde di taglio nell' $i$ -simo strato;
- $N$  è il numero totale di strati investigati;
- $H$  è la profondità del substrato con  $V_s \geq 800$  m/s.

Le proprietà dei terreni sono, quindi, state ricondotte a quelle individuate nella seguente tabella, ponendo  $H = 30$  m nella relazione precedente ed ottenendo il parametro  $V_{S,30}$ .

**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.

Le indagini effettuate, mirate alla valutazione della velocità delle onde di taglio ( $V_{S,30}$ ), permettono di classificare il profilo stratigrafico, ai fini della determinazione dell'azione sismica, di categoria **C [C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti]**.

Le costanti di sottofondo (alla Winkler) del terreno sono state corrette secondo la seguente espressione:

$$K = c \cdot K_1;$$

dove:

$K_1$  = costante di Winkler del terreno riferita alla piastra standard di lato  $b = 30$  cm;

$c$  = coefficiente di correzione, funzione del comportamento del terreno e della particolare geometria degli elementi di fondazione. Nel caso di "Riduzione Automatica" è dato dalle successive espressioni (Rif. *Evaluation of coefficients of subgrade reaction K. Terzaghi, 1955 p. 315*):

$$c = \left[ \frac{(B+b)}{2 \cdot B} \right]^2 \quad \text{per terreni incoerenti}$$

$$c = \left( \frac{L/B + 0,5}{1,5 \cdot L/B} \right) \cdot \frac{b}{B} \quad \text{per terreni coerenti}$$

Essendo:

$b = 0,30$  m, dimensione della piastra standard;

$L$  = lato maggiore della fondazione;

$B$  = lato minore della fondazione.

Nel caso di stratigrafia la costante di sottofondo utilizzata nel calcolo delle **sollecitazioni** è quella del terreno a contatto con la fondazione, mentre nel calcolo dei **cedimenti** la costante di sottofondo utilizzata è calcolata come media pesata delle costanti di sottofondo presenti nel volume significativo della fondazione.

PV ITALY 1 S.r.l	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>	16/01/2023	REV: 1

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati nei " *Tabulati di calcolo*", nella relativa sezione. Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni geologica e geotecnica.

## 5 - ANALISI DEI CARICHI

Un'accurata valutazione dei carichi è un requisito imprescindibile di una corretta progettazione, in particolare per le costruzioni realizzate in zona sismica. Essa, infatti, è fondamentale ai fini della determinazione delle forze sismiche, in quanto incide sulla valutazione delle masse e dei periodi propri della struttura dai quali dipendono i valori delle accelerazioni (ordinate degli spettri di progetto).

La valutazione dei carichi e dei sovraccarichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del punto 3.1 del **D.M. 2018**. In particolare, è stato fatto utile riferimento alle Tabelle 3.1.I e 3.1.II del D.M. 2018, per i pesi propri dei materiali e per la quantificazione e classificazione dei sovraccarichi, rispettivamente.

La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni definitive.

Le analisi effettuate, corredate da dettagliate descrizioni, oltre che nei " *Tabulati di calcolo*" nella relativa sezione, sono di seguito riportate:

### ANALISI CARICHI

N <sub>id</sub>	T. C.	Descrizione del Carico	Tipologie di Carico	Peso Proprio		Permanente NON Strutturale		Sovraccarico Accidentale		Carico o Neve [N/m <sup>2</sup> ]
				Descrizione	PP	Descrizione	PNS	Descrizione	SA	
001	S	Modulo fotovoltaico 238x130 cm compreso i mosuli di supporto per il collegamento sul telaio di sostegno.	Autorimessa <= 30kN	Modulo fotovoltaico compreso i moduli di supporto	400		0		0	0

## 6 - VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al §3.2 del D.M. 2018. particolare il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica;
- individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio;
- determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica;
- calcolo del periodo  $T_c$  corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerate.

Si riportano di seguito le coordinate geografiche del sito rispetto al Datum **ED50**:

Latitudine	Longitudine	Altitudine
[°]	[°]	[m]
40.584000	8.585425	405

### 6.1 Verifiche di regolarità

Sia per la scelta del metodo di calcolo, sia per la valutazione del fattore di comportamento adottato, deve essere effettuato il controllo della regolarità della struttura. tabella seguente riepiloga, per la struttura in

<b>PV ITALY 1 S.r.l</b>	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 <b>Antex</b> group Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>		

esame, le condizioni di regolarità in pianta ed in altezza soddisfatte.

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN PIANTA	
La distribuzione di masse e rigidzze è approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali e la forma in pianta è compatta, ossia il contorno di ogni orizzontamento è convesso; il requisito può ritenersi soddisfatto, anche in presenza di rientranze in pianta, quando esse non influenzano significativamente la rigidezza nel piano dell'orizzontamento e, per ogni rientranza, l'area compresa tra il perimetro dell'orizzontamento e la linea convessa circoscritta all'orizzontamento non supera il 5% dell'area dell'orizzontamento	NO
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4	NO
Ciascun orizzontamento ha una rigidezza nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidezza degli elementi strutturali verticali da potersi assumere che la sua deformazione in pianta influenzi in modo trascurabile la distribuzione delle azioni sismiche tra questi ultimi e ha resistenza sufficiente a garantire l'efficacia di tale distribuzione	SI

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA	
Tutti i sistemi resistenti alle azioni orizzontali si estendono per tutta l'altezza della costruzione o, se sono presenti parti aventi differenti altezze, fino alla sommità della rispettiva parte dell'edificio	SI
Massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base	NO
Il rapporto tra la capacità e la domanda allo SLV non è significativamente diverso, in termini di resistenza, per orizzontamenti successivi (tale rapporto, calcolato per un generico orizzontamento, non deve differire più del 30% dall'analogo rapporto calcolato per l'orizzontamento adiacente); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti	NO
Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengano con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengano in modo che il rientro di un orizzontamento non superi il 10% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante, né il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro orizzontamenti, per il quale non sono previste limitazioni di restringimento	SI

La rigidezza è calcolata come rapporto fra il taglio complessivamente agente al piano e  $\delta$ , spostamento relativo di piano (il taglio di piano è la sommatoria delle azioni orizzontali agenti al di sopra del piano considerato). I valori calcolati ed utilizzati per le verifiche sono riportati nei "*Tabulati di calcolo*" nella relativa sezione. La struttura è pertanto:

in pianta	in altezza
<b>NON REGOLARE</b>	<b>REGOLARE</b>

## 6.2 Classe di duttilità

La classe di duttilità è rappresentativa della capacità dell'edificio di dissipare energia in campo anelastico per azioni cicliche ripetute. deformazioni anelastiche devono essere distribuite nel maggior numero di elementi duttili, in particolare le travi, salvaguardando in tal modo i pilastri e soprattutto i nodi travi pilastro che sono gli elementi più fragili. D.M. 2018 definisce due tipi di comportamento strutturale:

- comportamento strutturale non-dissipativo;
- comportamento strutturale dissipativo.

Per strutture con comportamento strutturale dissipativo si distinguono due livelli di Capacità Dissipativa o Classi di Duttilità (CD).

- CD "A" (Alta);
- CD "B" (Media).

<b>PV ITALY 1 S.r.l</b>	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 <b>Antex</b> group Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>		

La differenza tra le due classi risiede nell'entità delle plasticizzazioni cui ci si riconduce in fase di progettazione; per ambedue le classi, onde assicurare alla struttura un comportamento dissipativo e duttile evitando rotture fragili e la formazione di meccanismi instabili imprevisi, si fa ricorso ai procedimenti tipici della gerarchia delle resistenze.

La struttura in esame è stata progettata in classe di duttilità **NON DISSIPATIVA**.

### 6.3 Spettri di Progetto per S.L.U. e S.L.D.

L'edificio è stato progettato per una **Vita Nominale** pari a **50** e per **Classe d'Uso** pari a **1**.

In base alle indagini geognostiche effettuate si è classificato il **suolo** di fondazione di **categoria C**, cui corrispondono i seguenti valori per i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta orizzontale e verticale:

Stato Limite	a <sub>g</sub> /g	F <sub>0</sub>	Parametri di pericolosità sismica						
			T* <sub>c</sub> [s]	C <sub>c</sub>	T <sub>B</sub> [s]	T <sub>c</sub> [s]	T <sub>D</sub> [s]	S <sub>s</sub>	
SLO	0.0467	2.482	0.290	1.58	0.153	0.458	1.787	1.50	
SLD	0.0508	2.493	0.290	1.58	0.153	0.458	1.803	1.50	
SLV	0.1640	2.467	0.379	1.45	0.183	0.548	2.256	1.46	
SLC	0.2333	2.417	0.402	1.42	0.190	0.570	2.533	1.36	

Per la definizione degli spettri di risposta, oltre all'accelerazione (a<sub>g</sub>) al suolo (dipendente dalla classificazione sismica del Comune) occorre determinare il Fattore di Comportamento (q).

Il Fattore di comportamento q è un fattore riduttivo delle forze elastiche introdotto per tenere conto delle capacità dissipative della struttura che dipende dal sistema costruttivo adottato, dalla Classe di Duttilità e dalla regolarità in altezza.

Si è inoltre assunto il **Coefficiente di Amplificazione Topografica** (S<sub>T</sub>) pari a **1.00**.

Tali succitate caratteristiche sono riportate negli allegati "Tabulati di calcolo" al punto "DATI GENERALI ANALISI SISMICA".

Per la struttura in esame sono stati utilizzati i seguenti valori:

#### Stato Limite di Danno

Fattore di Comportamento (q<sub>x</sub>) per sisma orizzontale in direzione X: **1.00**;  
 Fattore di Comportamento (q<sub>y</sub>) per sisma orizzontale in direzione Y: **1.00**;  
 Fattore di Comportamento (q<sub>z</sub>) per sisma verticale: **1.00** (se richiesto).

#### Stato Limite di salvaguardia della Vita

Fattore di Comportamento (q<sub>x</sub>) per sisma orizzontale in direzione X: **1.500** ;  
 Fattore di Comportamento (q<sub>y</sub>) per sisma orizzontale in direzione Y: **1.500** ;  
 Fattore di Comportamento (q<sub>z</sub>) per sisma verticale: **1.50** (se richiesto).

Di seguito si esplicita il calcolo del fattore di comportamento per il sisma orizzontale:

	Dir. X	Dir. Y
Tipologia (§7.4.3.2 D.M. 2018)	<b>A pendolo inverso</b>	<b>A pendolo inverso</b>
Tipologia strutturale	-	-

PV ITALY 1 S.r.l	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 <b>Antex</b> group Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>	16/01/2023	REV: 1

$\alpha_u/\alpha_1$	<b>1</b>	<b>1</b>
$k_w$	-	-
$q_0$	<b>1.500</b>	<b>1.500</b>
$k_R$	<b>1.00</b>	

Il fattore di comportamento è calcolato secondo la relazione (7.3.1) del §7.3.1 del D.M. 2018:

$$q = q_0 \cdot k_R;$$

dove:

$k_w$  è il coefficiente che riflette la modalità di collasso prevalente in sistemi strutturali con pareti.

$q_0$  è il valore massimo del fattore di comportamento che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto  $\alpha_u/\alpha_1$  tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione. **NOTA:** il valore proposto di  $q_0$  è già ridotto dell'eventuale coefficiente  $k_w$ ;

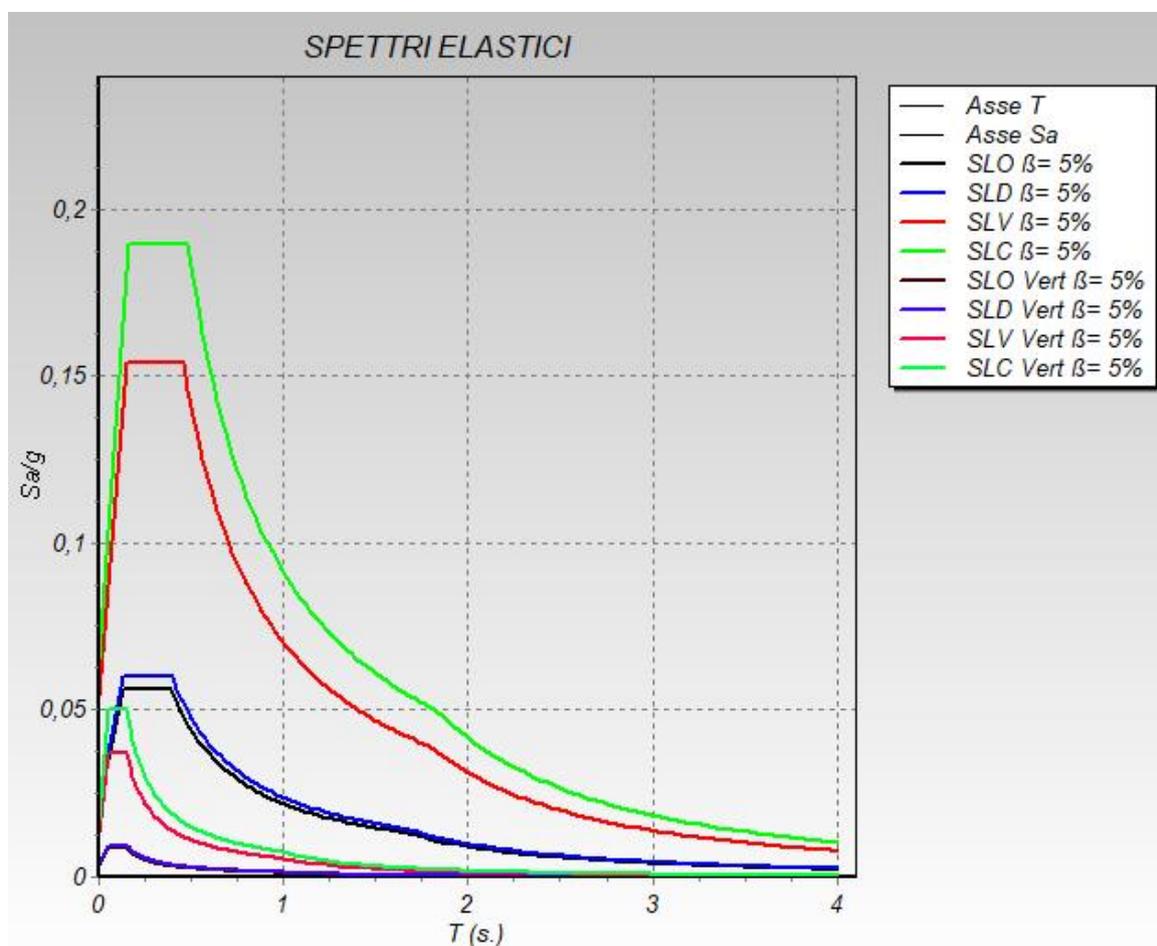
$k_R$  è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

**N.B.1:** Per le costruzioni **regolari in pianta**, qualora non si proceda ad un'analisi non lineare finalizzata alla valutazione del rapporto  $\alpha_u/\alpha_1$ , per esso possono essere adottati i valori indicati nel §7.4.3.2 del D.M. 2018 per le diverse tipologie costruttive. Per le costruzioni **non regolari in pianta**, si possono adottare valori di  $\alpha_u/\alpha_1$  pari alla media tra 1,0 ed i valori di volta in volta forniti per le diverse tipologie costruttive.

**Valori massimi del valore di base  $q_0$  del fattore di comportamento allo SLV per costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2 D.M. 2018)(cfr. Tabella 7.3.II D.M. 2018)**

Tipologia strutturale	$q_0$	
	CD"A"	CD"B"
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. §7.4.3.1)	4,5 $\alpha_u/\alpha_1$	3,0 $\alpha_u/\alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate (v. §7.4.3.1)	4,0 $\alpha_u/\alpha_1$	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. §7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. §7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. §7.4.3.1)	3,5	2,5

Gli spettri utilizzati sono riportati nella successiva figura.



## 6.4 Metodo di Analisi

Gli effetti del sisma sono stati valutati convenzionalmente mediante analisi statica della struttura soggetta a:

- un sistema di forze orizzontali parallele alle direzioni ipotizzate per il sisma, distribuite (sia planimetricamente che altimetricamente) in modo da simulare gli effetti dinamici del sisma.
- un sistema di forze verticali, distribuite sulla struttura proporzionalmente alle masse presenti.

Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state composte poi con quelle derivanti da carichi verticali, orizzontali non sismici secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche. Il calcolo è stato effettuato mediante un programma agli elementi finiti le cui caratteristiche verranno descritte nel seguito.

Il calcolo degli effetti dell'azione sismica è stato eseguito con riferimento alla struttura spaziale, tenendo cioè conto degli elementi interagenti fra loro secondo l'effettiva realizzazione escludendo i tamponamenti. Non ci sono approssimazioni su tetti inclinati, piani sfalsati o scale, solette, pareti irrigidenti e nuclei.

Si è tenuto conto delle deformabilità taglianti e flessionali degli elementi monodimensionali; muri, pareti, setti, solette sono stati correttamente schematizzati tramite elementi finiti a tre/quattro nodi con comportamento a guscio (sia a piastra che a lastra).

Sono stati considerati sei gradi di libertà per nodo; in ogni nodo della struttura sono state applicate le forze sismiche derivanti dalle masse circostanti.

Le sollecitazioni derivanti da tali forze sono state poi combinate con quelle derivanti dagli altri carichi come prima specificato.

<b>PV ITALY 1 S.r.l</b>	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 <b>Antex</b> group Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>	16/01/2023	REV: 1

## 6.5 Valutazione degli spostamenti

Gli spostamenti  $d_E$  della struttura sotto l'azione sismica di progetto allo SLV sono stati ottenuti moltiplicando per il fattore  $\mu_d$  i valori  $d_{Ee}$  ottenuti dall'analisi lineare, dinamica o statica, secondo l'espressione seguente:

$$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$$

dove

$$\begin{aligned} \mu_d &= q && \text{se } T_1 \geq T_c; \\ \mu_d &= 1 + (q-1) \cdot T_c / T_1 && \text{se } T_1 < T_c. \end{aligned}$$

In ogni caso  $\mu_d \leq 5q - 4$ .

## 6.6 Combinazione delle componenti dell'azione sismica

Le azioni orizzontali dovute al sisma sulla struttura vengono convenzionalmente determinate come agenti separatamente in due direzioni tra loro ortogonali prefissate. In generale, però, le componenti orizzontali del sisma devono essere considerate come agenti simultaneamente. A tale scopo, la combinazione delle componenti orizzontali dell'azione sismica è stata tenuta in conto come segue:

- gli effetti delle azioni dovuti alla combinazione delle componenti orizzontali dell'azione sismica sono stati valutati mediante le seguenti combinazioni:

$$E_{EdX} \pm 0,30E_{EdY}$$

$$E_{EdY} \pm 0,30E_{EdX}$$

dove:

$E_{EdX}$  rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione dell'azione sismica lungo l'asse orizzontale X scelto della struttura;

$E_{EdY}$  rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione dell'azione sismica lungo l'asse orizzontale Y scelto della struttura.

L'azione sismica verticale deve essere considerata in presenza di: elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, elementi pressoché orizzontali precompressi, elementi a sbalzo pressoché orizzontali con luce maggiore di 5 m, travi che sostengono colonne, strutture isolate.

La combinazione della componente verticale del sisma, qualora portata in conto, con quelle orizzontali è stata tenuta in conto come segue:

- gli effetti delle azioni dovuti alla combinazione delle componenti orizzontali e verticali del sisma sono stati valutati mediante le seguenti combinazioni:

$$E_{EdX} \pm 0,30E_{EdY} \pm 0,30E_{EdZ}$$

$$E_{EdY} \pm 0,30E_{EdX} \pm 0,30E_{EdZ}$$

$$E_{EdZ} \pm 0,30E_{EdX} \pm 0,30E_{EdY}$$

dove:

$E_{EdX}$  e  $E_{EdY}$  sono gli effetti dell'azione sismica nelle direzioni orizzontali prima definite;

$E_{EdZ}$  rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione della componente verticale dell'azione sismica di progetto.

PV ITALY 1 S.r.l	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>	16/01/2023	REV: 1

## 6.7 Eccentricità accidentali

Per valutare le eccentricità accidentali, previste in aggiunta all'eccentricità effettiva. Inoltre, sono state amplificate le forze agenti tramite il fattore  $\delta=1+0,6 \cdot x/L_e$ , dove (cfr. § 4.3.3.2.4 UNI EN 1998-1:2005):

- x** è la distanza dell'elemento resistente verticale dal baricentro geometrico dell'edificio, misurata perpendicolarmente alla direzione dell'azione sismica considerata;
- L<sub>e</sub>** è la distanza tra i due elementi resistenti più lontani, misurata allo stesso modo.

## 7 - AZIONI SULLA STRUTTURA

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 2018. I carichi agenti sui solai, derivanti dall'analisi dei carichi, vengono ripartiti dal programma di calcolo in modo automatico sulle membrature (travi, pilastri, pareti, solette, platee, ecc.).

I carichi dovuti ai tamponamenti, sia sulle travi di fondazione che su quelle di piano, sono schematizzati come carichi lineari agenti esclusivamente sulle aste.

Su tutti gli elementi strutturali è inoltre possibile applicare direttamente ulteriori azioni concentrate e/o distribuite (variabili con legge lineare ed agenti lungo tutta l'asta o su tratti limitati di essa).

Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico di seguito descritte; da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

### 7.1 Stato Limite di Salvaguardia della Vita

Le azioni sulla costruzione 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<sub>1</sub>** 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<sub>2</sub>** rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P** rappresenta l'azione di pretensione e/o 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<sub>ki</sub>** rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- γ<sub>g</sub>, γ<sub>q</sub>, γ<sub>p</sub>** coefficienti parziali come definiti nella Tab. 2.6.I del D.M. 2018;
- ψ<sub>0i</sub>** sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

Le **10 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<sub>k1</sub> nella formula precedente).

<b>PV ITALY 1 S.r.l</b>	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 <b>Antex</b> group Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>	16/01/2023	REV: 1

I coefficienti relativi a tali combinazioni di carico sono riportati negli allegati "*Tabulati di calcolo*".  
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 è stata combinata con le altre azioni secondo la seguente relazione:

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

dove:

- E rappresenta l'azione sismica per lo stato limite in esame;
- G<sub>1</sub> rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G<sub>2</sub> rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P rappresenta l'azione di pretensione e/o precompressione;
- $\psi_{2i}$  coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q<sub>i</sub>;
- Q<sub>ki</sub> valore caratteristico dell'azione variabile Q<sub>i</sub>.

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

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

I valori dei coefficienti  $\psi_{2i}$  sono riportati nella seguente tabella:

Categoria/Azione	$\psi_{2i}$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,3
Categoria B - Uffici	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,6
Categoria E - Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	0,8
Categoria F - Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,6
Categoria G - Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,3
Categoria H - Coperture	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	*
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)	*
Vento	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,2
Variazioni termiche	0,0
* "Da valutarsi caso per caso"	

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'**Approccio 2** come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione **A1+M1+R3**. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 definiti nella Tab. 6.2.I del D.M. 2018.

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

Si è quindi provveduto a progettare le armature di ogni elemento strutturale per ciascuno dei valori ottenuti secondo le modalità precedentemente illustrate. Nella sezione relativa alle verifiche dei "*Tabulati di calcolo*" in allegato sono riportati, per brevità, i valori della sollecitazione relativi alla combinazione cui corrisponde il minimo valore del coefficiente di sicurezza.

## 7.2 Stato Limite di Danno

L'azione sismica, ottenuta dallo spettro di progetto per lo Stato Limite di Danno, è stata combinata con le altre azioni mediante una relazione del tutto analoga alla precedente:

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

dove:

- E rappresenta l'azione sismica per lo stato limite in esame;
- G<sub>1</sub> rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G<sub>2</sub> rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P rappresenta l'azione di pretensione e/o precompressione;
- ψ<sub>2i</sub> coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q<sub>i</sub>;
- Q<sub>ki</sub> valore caratteristico dell'azione variabile Q<sub>i</sub>.

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

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

I valori dei coefficienti ψ<sub>2i</sub> sono riportati nella tabella di cui allo SLV.

## 7.3 Stati Limite di Esercizio

Allo Stato Limite di Esercizio le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 2018 al §2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

rara	frequente	quasi permanente
$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

dove:

- G<sub>kj</sub>: valore caratteristico della j-esima azione permanente;
- P<sub>kh</sub>: valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
- Q<sub>ki</sub>: valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
- Q<sub>ki</sub>: valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- ψ<sub>0i</sub>: coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
- ψ<sub>1i</sub>: coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- ψ<sub>2i</sub>: coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

Ai coefficienti ψ<sub>0i</sub>, ψ<sub>1i</sub>, ψ<sub>2i</sub> sono attribuiti i seguenti valori:

Azione	ψ <sub>0i</sub>	ψ <sub>1i</sub>	ψ <sub>2i</sub>
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

<b>PV ITALY 1 S.r.l</b>	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>	16/01/2023	REV: 1

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

In maniera analoga a quanto illustrato nel caso dello SLU le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico; a turno ogni condizione di carico accidentale è stata considerata sollecitazione di base [ $Q_{k1}$  nella formula (1)], con ciò dando origine a tanti valori combinati. Per ognuna delle combinazioni ottenute, in funzione dell'elemento (trave, pilastro, etc...) sono state effettuate le verifiche allo SLE (tensioni, deformazioni e fessurazione).

Negli allegati "Tabulati Di Calcolo" sono riportati i coefficienti relativi alle combinazioni di calcolo generate relativamente alle combinazioni di azioni "**Quasi Permanente**" (1), "**Frequente**" (4) e "**Rara**" (4).

Nelle sezioni relative alle verifiche allo SLE dei citati tabulati, inoltre, sono riportati i valori delle sollecitazioni relativi alle combinazioni che hanno originato i risultati più gravosi.

## 7.4 Azione del Vento

L'applicazione dell'azione del vento sulla struttura si articola in due fasi:

1. calcolo della pressione Normale e Tangenziale lungo l'altezza dell'edificio;
2. trasformazione delle pressioni in forze (lineari/concentrate) sugli elementi (strutturali/non strutturali) dell'edificio.

### 7.4.1 Calcolo pressione normale e tangenziale

- **Pressione Normale con configurazione zenitale del sistema a 60°**

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d \quad (\text{relazione 3.3.4 - D.M. 2018});$$

dove

- $q_r$ : la pressione cinetica di riferimento data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_r^2 \quad (\text{relazione 3.3.6 - D.M. 2018});$$

con:

$\rho$ : densità dell'aria (assunta pari a 1,25 kg/m<sup>3</sup>);

$v_r$ : velocità di riferimento del vento (in m/s), data da (Eq. 3.3.2 - D.M. 2018):

$$v_r = v_b \cdot C_r, \text{ con:}$$

$\alpha_R$ : coefficiente dato dalla seguente relazione:

$$c_r = 0,75 \cdot \sqrt{1 - 0,2 \cdot \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]} \quad (\text{relazione 3.3.3 - D.M. 2018});$$

$v_b$ : velocità di riferimento del vento associata ad un periodo di ritorno di 50 anni, data da:  $v_b = v_{b,0} \cdot C_a$

dove:

$C_a$  è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

PV ITALY 1 S.r.l	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 Ingegneria & Innovazione		
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>	16/01/2023	REV: 1	Pag.17

$C_a = 1$  per  $a_s \leq a_0$ .  
 $C_a = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1)$  per  $a_0 < a_s \leq 1500$  m.  
 $V_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$ : parametri forniti dalla Tab. 3.3.I del §3.3.2 D.M. 2018;  
 $a_s$ : altitudine sul livello del mare (m.s.l.m) del sito ove sorge la costruzione;  
 $T_R$ : periodo di ritorno espresso in anni [10 anni; 500 anni].

-  $C_e$ : coefficiente di esposizione, che per altezza sul suolo ( $z$ ) non maggiori di 200 m è dato dalla formula:

$$C_e(z) = k_r \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$C_e(z) = C_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

(relazione 3.3.7 - D.M. 2018);

dove:

$k_r$ ,  $z_0$ ,  $z_{\min}$ : parametri forniti dalla Tab. 3.3.II del par. 3.3.7 D.M. 2018 (*funzione della categoria di esposizione del sito e della classe di rugosità del terreno*);  
 $c_t$ : coefficiente di topografia (assunto pari ad 1).

-  $c_p$ : coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento (cfr. § 3.3.8 - D.M. 2018).

-  $c_d$ : coefficiente dinamico (assunto pari ad 1; par. 3.3.9 - D.M. 2018).

### • **Pressione Tangenziale con configurazione zenitale del sistema a 0°**

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

$$P_t = q_r \cdot C_e \cdot C_f \quad \text{(relazione 3.3.5 - D.M. 2018);}$$

dove

- $q_r$ ,  $C_e$ : definiti in precedenza;
- $C_f$ : coefficiente d'attrito, funzione della scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente funzione (valori presi dalla Tab. C3.3.I della Circolare 2018).

Per il caso in esame:

## VENTO - CALCOLO PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO

Vento - calcolo pressione cinetica di riferimento										
$\alpha$	DIR	$a_s$	Zona	$V_{b,0}$	$a_0$	$k_s$	$V_b$	$T_R$	$\alpha_R$	$q_b$
[°]		[m]		[m/s]	[m]		[m/s]	[anni]		[N/m <sup>2</sup> ]
0,00	+X; -X; +Y; -Y	500	6	28,02	500	0,360	28,00	50	1,00	<b>490.72</b>

### LEGENDA:

$\alpha$	Angolo di inclinazione del vento rispetto all'asse x
DIR	Direzioni locali di calcolo del vento
$a_s$	Altitudine sul livello del mare (m.s.l.m) del sito ove sorge la costruzione;
Zona	Zona di riferimento per il calcolo del vento;
$V_{b,0}$ , $a_0$ , $k_s$	Parametri per la definizione della velocità base di riferimento
$V_b$	Velocità di riferimento del vento associata ad un periodo di ritorno di 50 anni;
$T_R$	Periodo di ritorno;
$\alpha_R$	Coefficiente per il calcolo della pressione cinetica di riferimento;
$q_b$	Pressione cinetica di riferimento.

PV ITALY 1 S.r.l	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 Ingegneria & Innovazione	
	RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV	16/01/2023	REV: 1

Pag.18

## VENTO - CALCOLO COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE

Vento - calcolo coefficiente di esposizione

Z	d <sub>ct</sub>	CIRg	Cat exp	k <sub>r</sub>	Z <sub>G</sub>	Z <sub>min</sub>	C <sub>t</sub>	C <sub>e</sub>
[m]	[km]				[m]	[m]		
0,00	sulla costa,	D	II	0,19	0,05	4,00	1,00	2,35
5,00	entro 25 Km							2,35

### LEGENDA:

<b>Z</b>	Altezza dell'edificio a cui viene calcolata la pressione del vento;
<b>d<sub>ct</sub></b>	Distanza dalla costa;
<b>CIRg</b>	Classe di rugosità del terreno (A, B, C, D);
<b>Cat exp</b>	Categoria di esposizione del sito (I, II, III, IV, V);
<b>k<sub>r</sub>, Z<sub>0</sub>, Z<sub>min</sub></b>	Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione;
<b>C<sub>t</sub></b>	Coefficiente di topografia;
<b>C<sub>e</sub></b>	Coefficiente di esposizione;

## VENTO - CALCOLO PRESSIONE DEL VENTO

Vento - calcolo pressione del vento

Z	q <sub>b</sub>	C <sub>e</sub>	C <sub>p</sub>	C <sub>d</sub>	p	Scz	C <sub>f</sub>	p <sub>f</sub>
[m]	[N/m <sup>2</sup> ]				[N/m <sup>2</sup> ]			[N/m <sup>2</sup> ]
0,00	490,72	2,35	2,24	1,00	2968	-	-	1154
5,00		2,35			2968			1154

### LEGENDA:

<b>Z</b>	Altezza dell'edificio a cui viene calcolata la pressione del vento;
<b>q<sub>b</sub></b>	Pressione cinetica di riferimento.
<b>C<sub>e</sub></b>	Coefficiente di esposizione;
<b>C<sub>p</sub></b>	Coefficiente di forma/aerodinamico. (* ) Valorizzato al momento del calcolo della pressione agente sul singolo elemento strutturale ed è funzione della posizione dello stesso (sopravento/sottovento);
<b>C<sub>d</sub></b>	Coefficiente dinamico;
<b>p</b>	Pressione normale (senza il contributo di C <sub>p</sub> );
<b>Scz</b>	Scabrezza della superficie (liscia, scabra, molto scabra);
<b>C<sub>f</sub></b>	Coefficiente d'attrito;
<b>p<sub>f</sub></b>	Pressione tangenziale (senza il contributo di C <sub>p</sub> ).

### 7.4.2 Applicazione delle forze sulla struttura

Per ogni superficie esposta all'azione del vento si individua la posizione del baricentro e in corrispondenza di esso, dal diagramma delle pressioni dell'edificio, si ricava la pressione per unità di superficie.

Per gli elementi **strutturali** la pressione è trasformata in:

- forze lineari per i beam (*pilastrì e travi*);
- forze nodali per le shell (*pareti, muri e solette*).

Per gli elementi **non strutturali** (*tamponature, solai e balconi*) la forza totale (pressione nel baricentro x superficie) viene divisa per il perimetro in modo da ottenere una forza per unità di lunghezza che viene applicata sugli elementi strutturali confinanti.

<b>PV ITALY 1 S.r.l</b>	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 <b>Antex</b> group Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>		

## 8 - CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

### 8.1 Denominazione

Nome del Software	<b>CDS WIN</b>
Versione	2022
Caratteristiche del Software	Software per il calcolo di strutture agli elementi finiti
Licenza numero	30204
Produzione e Distribuzione	<b>STS WEB</b> <b>STS</b> Srl, con sede legale in Via Tre Torri,11 95030 S.A. LI BATTIATI (CT), Italia - tel. 095/7252559 - fax 095/213813.

### 8.2 Sintesi delle funzionalità generali

Il pacchetto consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali e di generare gli elaborati grafici esecutivi.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette, setti, travi-parete).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastri, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Apposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

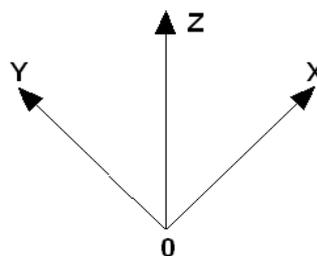
Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

PV ITALY 1 S.r.l	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>	16/01/2023	REV: 1

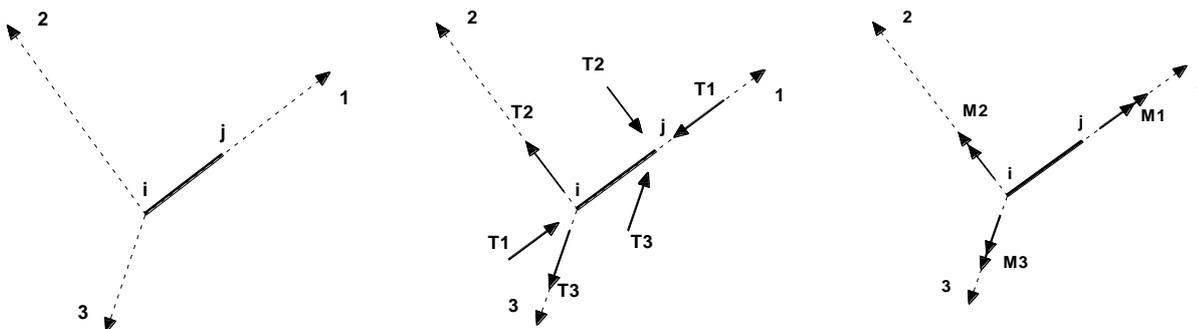
## 8.3 Sistemi di Riferimento

### 8.3.1 Riferimento globale

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



### 8.3.2 Riferimento locale per travi



L'elemento Trave è un classico elemento strutturale in grado di ricevere Carichi distribuiti e Carichi Nodali applicati ai due nodi di estremità; per effetto di tali carichi nascono, negli estremi, sollecitazioni di taglio, sforzo normale, momenti flettenti e torcenti.

Definiti i e j (nodi iniziale e finale della Trave) viene individuato un sistema di assi cartesiani 1-2-3 locale all'elemento, con origine nel Nodo i così composto:

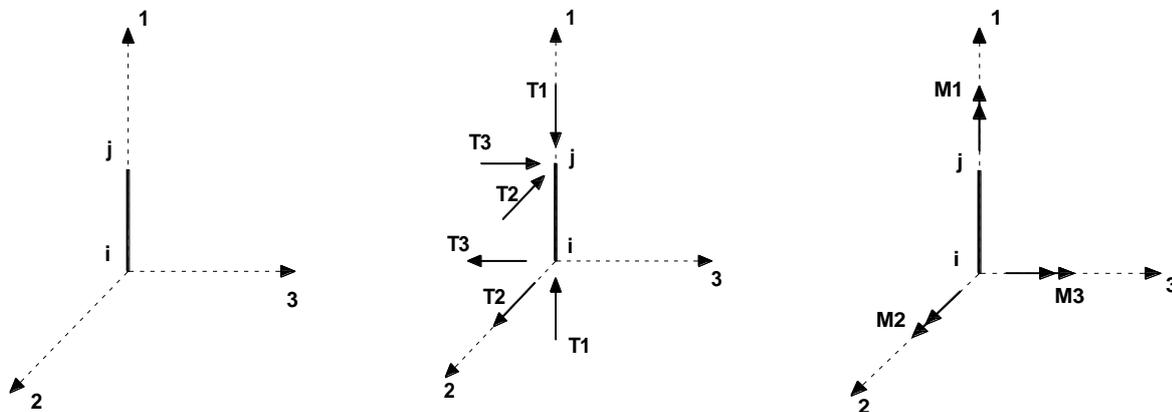
- asse 1 orientato dal nodo i al nodo j;
- assi 2 e 3 appartenenti alla sezione dell'elemento e coincidenti con gli assi principali d'inerzia della sezione stessa.

Le sollecitazioni verranno fornite in riferimento a tale sistema di riferimento:

1. Sollecitazione di Trazione o Compressione  $T_1$  (agente nella direzione i-j);
2. Sollecitazioni taglianti  $T_2$  e  $T_3$ , agenti nei due piani 1-2 e 1-3, rispettivamente secondo l'asse 2 e l'asse 3;
3. Sollecitazioni che inducono flessione nei piani 1-3 e 1-2 ( $M_2$  e  $M_3$ );
4. Sollecitazione torcente  $M_1$ .

<b>PV ITALY 1 S.r.l</b>	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 <b>Antex</b> group Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>	16/01/2023	REV: 1

### 8.3.3 Riferimento locale per pilastri



Definiti i e j come i due nodi iniziale e finale del pilastro, viene individuato un sistema di assi cartesiani 1-2-3 locale all'elemento, con origine nel Nodo i così composto:

- asse 1 orientato dal nodo i al nodo j;
- asse 2 perpendicolare all' asse 1, parallelo e discorde all'asse globale Y;
- asse 3 che completa la terna destrorsa, parallelo e concorde all'asse globale X.

Tale sistema di riferimento è valido per Pilastri con angolo di rotazione pari a '0' gradi; una rotazione del pilastro nel piano XY ha l'effetto di ruotare anche tale sistema (ad es. una rotazione di '90' gradi porterebbe l'asse 2 a essere parallelo e concorde all'asse X, mentre l'asse 3 sarebbe parallelo e concorde all'asse globale Y). La rotazione non ha alcun effetto sull'asse 1 che coinciderà sempre e comunque con l'asse globale Z.

Per quanto riguarda le sollecitazioni si ha:

- una forza di trazione o compressione  $T_1$ , agente lungo l'asse locale 1;
- due forze taglienti  $T_2$  e  $T_3$  agenti lungo i due assi locali 2 e 3;
- due vettori momento (flettente)  $M_2$  e  $M_3$  agenti lungo i due assi locali 2 e 3;
- un vettore momento (torcente)  $M_1$  agente lungo l'asse locale nel piano 1.

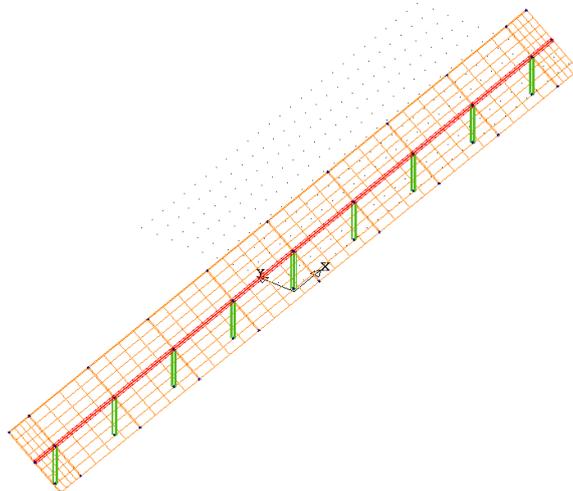
## 8.4 Modello di Calcolo

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

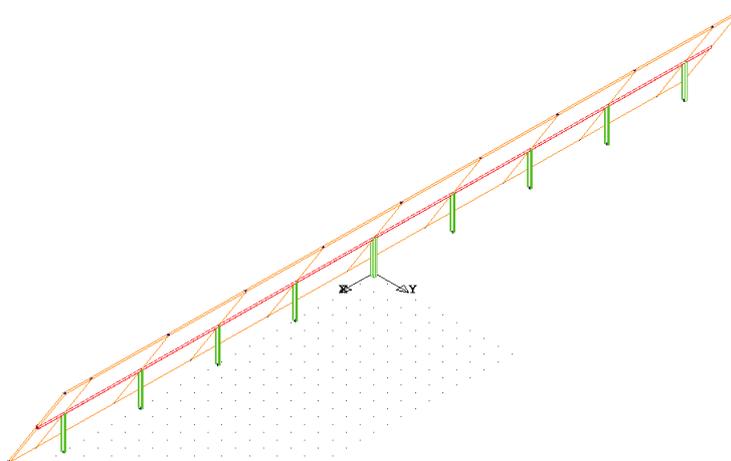
Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento nei "Tabulati di calcolo".

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata con evidenziazione dei nodi e degli elementi.

## Vista Anteriore



## Vista Posteriore



Le aste in **c.a.**, in **acciaio**, sia travi che pilastri, sono schematizzate con un tratto flessibile centrale e da due tratti (braccetti) rigidi alle estremità. I nodi vengono posizionati sull'asse verticale dei pilastri, in corrispondenza dell'estradosso della trave più alta che in esso si collega. Tramite i braccetti i tratti flessibili sono quindi collegati ad esso. In questa maniera il nodo risulta perfettamente aderente alla realtà poiché vengono presi in conto tutti gli eventuali disassamenti degli elementi con gli effetti che si possono determinare, quali momenti flettenti/torcenti aggiuntivi.

Le sollecitazioni vengono determinate solo per il tratto flessibile. Sui tratti rigidi, infatti, essendo (teoricamente) nulle le deformazioni, le sollecitazioni risultano indeterminate.

Questa schematizzazione dei nodi viene automaticamente realizzata dal programma anche quando il nodo sia determinato dall'incontro di più travi senza il pilastro, o all'attacco di travi/pilastri con elementi shell.

La modellazione del materiale degli elementi in c.a., acciaio e legno segue la classica teoria dell'elasticità lineare; per cui il materiale è caratterizzato oltre che dal peso specifico, da un modulo elastico (E) e un modulo tagliante (G). La possibile fessurazione degli elementi in c.a. è stata tenuta in conto nel modello considerando un opportuno decremento del modulo di elasticità e del modulo di taglio, nei limiti di quanto previsto dalla normativa vigente per ciascuno stato limite.

PV ITALY 1 S.r.l	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>	16/01/2023	REV: 1

## 9 PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

La verifica degli elementi allo SLU avviene col seguente procedimento:

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

### 9.1 Verifiche di Resistenza

#### 9.1.1 Elementi in Acciaio

Per quanto concerne la verifica degli elementi in **acciaio**, le verifiche effettuate per ogni elemento dipendono dalla funzione dell'elemento nella struttura. Ad esempio, elementi con prevalente comportamento assiale (controventi o appartenenti a travature reticolari) sono verificate a trazione e/o compressione; elementi con funzioni portanti nei confronti dei carichi verticali sono verificati a Pressoflessione retta e Taglio; elementi con funzioni resistenti nei confronti di azioni orizzontali sono verificati a pressoflessione deviata e taglio oppure a sforzo normale se hanno la funzione di controventi.

Le verifiche allo SLU sono effettuate sempre controllando il soddisfacimento della relazione:

$$R_d \geq S_d$$

dove  $R_d$  è la resistenza calcolata come rapporto tra  $R_k$  (resistenza caratteristica del materiale) e  $\gamma$  (coefficiente di sicurezza), mentre  $S_d$  è la generica sollecitazione di progetto calcolata considerando tutte le Combinazioni di Carico per lo Stato Limite esaminato.

La resistenza viene determinata, in funzione della Classe di appartenenza della Sezione metallica, col metodo Elastico o Plastico (vedi §4.2.3.2 del D.M. 2018).

Viene portato in conto l'indebolimento causato dall'eventuale presenza di fori.

Le verifiche effettuate sono quelle previste al §4.2.4.1.2 D.M. 2018 ed in particolare:

- Verifiche di Trazione
- Verifiche di Compressione
- Verifiche di Flessione Monoassiale
- Verifiche di Taglio (considerando l'influenza della Torsione) assiale e biassiale.
- Verifiche per contemporanea presenza di Flessione e Taglio
- Verifiche per PressoFlessione retta e biassiale

Nei "*Tabulati di calcolo*", per ogni tipo di Verifica e per ogni elemento interessato dalla Verifica, sono riportati i valori delle resistenze e delle sollecitazioni che hanno dato il minimo coefficiente di sicurezza, calcolato generalmente come:

$$CS = R_d/S_d.$$

PV ITALY 1 S.r.l	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>	16/01/2023	REV: 1

### 9.1.1.1 Verifiche di Instabilità

Per tutti gli elementi strutturali sono state condotte verifiche di stabilità delle membrature secondo le indicazioni del §4.2.4.1.3 del D.M. 2018; in particolare sono state effettuate le seguenti verifiche:

- Verifiche di stabilità per compressione semplice, con controllo della snellezza.
- Verifiche di stabilità per elementi inflessi.
- Verifiche di stabilità per elementi inflessi e compressi.

Le verifiche sono effettuate considerando la possibilità di instabilizzazione flessotorsionale.

Nei "Tabulati di calcolo", per ogni tipo di verifica e per ogni elemento strutturale, sono riportati i risultati di tali verifiche.

### 9.1.1.2 Verifiche di Deformabilità

Sono state condotte le verifiche definite al §4.2.4.2 del D.M. 2018 e in particolare si citano:

- Verifiche agli spostamenti verticali per i singoli elementi (§4.2.4.2.1 D.M. 2018).
- Verifiche agli spostamenti laterali per i singoli elementi (§4.2.4.2.2 D.M. 2018).
- Verifiche agli spostamenti per il piano e per l'edificio (§4.2.4.2.2 D.M. 2018).

I relativi risultati sono riportati nei "Tabulati di calcolo".

## 9.2 Gerarchia delle Resistenze

### 9.2.1 Elementi in Acciaio

Per quanto riguarda le aste in acciaio, sono state applicate le disposizioni contenute al §7.5.3 del D.M. 2018. Più in particolare:

- per gli elementi travi e pilastri sono state effettuate le verifiche definite al §7.5.4 D.M. 2018 e relativi sotto paragrafi;
- per gli elementi di controventamento sono state effettuate le verifiche definite al §7.5.5 D.M. 2018; più specificatamente, per gli elementi dissipativi (aste tese di controventi a X o aste di controventi a V) sono state effettuate le relative verifiche di resistenza; per gli elementi in acciaio (travi o colonne) ad essi collegati le sollecitazioni di progetto sono state ricavate considerando come agenti le resistenze degli elementi dissipativi, opportunamente amplificate dal minimo coefficiente  $\Omega$  tra tutti gli elementi dissipativi collegati alla trave o colonna.

Le relative verifiche sono riportate nei "Tabulati di calcolo", con l'indicazione del coefficiente  $\Omega$  utilizzato per la singola verifica.

<b>PV ITALY 1 S.r.l</b>	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 <b>Antex</b> group Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>	16/01/2023	REV: 1

## 10 - TABULATI DI CALCOLO

- SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella caratteristiche statiche dei profili e caratteristiche materiali.

<b>Sez.</b>	: Numero d'archivio della sezione
<b>U</b>	: Perimetro bagnato per metro di sezione
<b>P</b>	: Peso per unità di lunghezza
<b>A</b>	: Area della sezione
<b>Ax</b>	: Area a taglio in direzione X
<b>Ay</b>	: Area a taglio in direzione Y
<b>Jx</b>	: Momento d'inerzia rispetto all'asse X
<b>Jy</b>	: Momento d'inerzia rispetto all'asse Y
<b>Jt</b>	: Momento d'inerzia torsionale
<b>Wx</b>	: Modulo di resistenza a flessione, asse X
<b>Wy</b>	: Modulo di resistenza a flessione, asse Y
<b>Wt</b>	: Modulo di resistenza a torsione
<b>ix</b>	: Raggio d'inerzia relativo all'asse X
<b>iy</b>	: Raggio d'inerzia relativo all'asse Y
<b>sver</b>	: Coefficiente per verifica a svergolamento ( $h/(b*t)$ )
<b>E</b>	: Modulo di elasticità normale
<b>G</b>	: Modulo di elasticità tangenziale
<b>lambda</b>	: Valore massimo della snellezza
<b>Tipo Acciaio</b>	: Tipo di acciaio
<b>Tipo verifica</b>	: <i>EvitaVerif</i> : non esegue verifica <i>NoVerCompr</i> : verifica solo aste tese <i>Completa</i> : verifica completa
<b>gamma</b>	: peso specifico del materiale
<b>Lungh/SpLim</b>	: Rapporto fra la lunghezza dell'asta e lo spostamento limite
<b>Tipo profilatura</b>	: a freddo/a caldo (Dato valido solo per tipologie tubolari)
<b>Wx Plast.</b>	: Modulo di resistenza plastica in direzione X
<b>Wy Plast.</b>	: Modulo di resistenza plastica in direzione Y
<b>Wt Plast.</b>	: Modulo di resistenza plastica torsionale
<b>Ax Plast.</b>	: Area a taglio plastica direzione X
<b>Ay Plast.</b>	: Area a taglio plastica direzione Y
<b>Iw</b>	: Costante di ingobbamento (momento di inerzia settoriale)
<b>Num.Rit.Tors</b>	: Numero di ritegni torsionali

<b>PV ITALY 1 S.r.l</b>	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 <b>Antex</b> group Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>		

- SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella coordinate nodi.

<b>Nodo3d</b>	: Numero del nodo spaziale
<b>Coord.X</b>	: Coordinata X del punto nel sistema di riferimento globale
<b>Coord.Y</b>	: Coordinata Y del punto nel sistema di riferimento globale
<b>Coord.Z</b>	: Coordinata Z del punto nel sistema di riferimento globale
<b>Filo</b>	: Numero del filo per individuare le travate in c.a.
<b>Piano Sism.</b>	: Numero del piano rigido di appartenenza del nodo
<b>Peso</b>	: Peso sismico del nodo; ogni canale di carico è stato moltiplicato per il proprio coefficiente di riduzione del sovraccarico

- SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nella tabella dati di asta spaziale.

<b>Asta3d</b>	: Numero dell'asta spaziale
<b>Filo in.</b>	: Numero del filo del nodo iniziale
<b>Filo fin.</b>	: Numero del filo del nodo finale
<b>Q. iniz.</b>	: Quota del nodo iniziale
<b>Q. fin.</b>	: Quota del nodo finale
<b>Nod3d iniz.</b>	: Numero del nodo iniziale
<b>Nod3d fin.</b>	: Numero del nodo finale
<b>Cr. Pr.</b>	: Numero del criterio di progetto per la verifica
<b>Sez. N.ro</b>	: Numero in archivio della sezione
<b>Base x Alt</b>	: Per le sezioni rettangolari base ed altezza; per le altre tipologie ingombro massimo della sezione
<b>Magr.</b>	: Dimensione del magrone per sezioni di fondazione
<b>Rot.</b>	: Angolo di rotazione della sezione
<b>dx</b>	: Scostamento in direzione X globale dell'estremo iniziale dell'asta dal nodo iniziale
<b>dy</b>	: Scostamento in direzione Y globale dell'estremo iniziale dell'asta dal nodo iniziale
<b>dz</b>	: Scostamento in direzione Z globale dell'estremo iniziale dell'asta dal nodo iniziale
<b>dx</b>	: Scostamento in direzione X globale dell'estremo finale dell'asta dal nodo finale
<b>dy</b>	: Scostamento in direzione Y globale dell'estremo finale dell'asta dal nodo finale
<b>dz</b>	: Scostamento in direzione Z globale dell'estremo finale dell'asta dal nodo finale
<b>Cri Geo</b>	: Criterio geotecnico
<b>Tipo Elemento</b>	: Tipo elemento ai fini sismici: Le sigle sotto riportate hanno il significato appresso specificato: - "Secondario NTC18": si intende un elemento asta secondario ai sensi della NTC2018, che non viene inserito nel modello sismico ed a cui vengono applicate le verifiche di duttilità. - "NoGerarchia": si intende un elemento asta non appartenente ad un meccanismo dissipativo e in cui non è applicabile la gerarchia delle resistenze (esempio aste meshate interne a pareti o piastre o travi inclinate)

<b>PV ITALY 1 S.r.l</b>	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 <b>Antex</b> group Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>	16/01/2023	REV: 1

• **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta appresso la spiegazione delle sigle usate nelle tabelle carichi termici aste, carichi distribuiti aste, carichi concentrati, carichi termici shell e carichi shell.

CARICHI ASTE

- **Asta3d** : Numero dell'asta spaziale
- **Dt** : Delta termico costante
- **ALLSISMICA** : Coefficiente di riduzione del sovraccarico per la condizione in stampa ai fini del calcolo della massa sismica
- **Riferimento** : Sistema di riferimento dei carichi (0 globale ; 1 locale)
- **Qx** : Carico distribuito in direzione X sul nodo iniziale
- **Qy** : Carico distribuito in direzione Y sul nodo iniziale
- **Qz** : Carico distribuito in direzione Z sul nodo iniziale
- **Qx** : Carico distribuito in direzione X sul nodo finale
- **Qy** : Carico distribuito in direzione Y sul nodo finale
- **Qz** : Carico distribuito in direzione Z sul nodo finale
- **Mt** : Momento torcente distribuito

CARICHI CONCENTRATI

- **Nodo3d** : Numero del nodo spaziale
- **Fx** : Forza in direzione X nel sistema di riferimento globale
- **Fy** : Forza in direzione Y nel sistema di riferimento globale
- **Fz** : Forza in direzione Z nel sistema di riferimento globale
- **Mx** : Momento in direzione X nel sistema di riferimento globale
- **My** : Momento in direzione Y nel sistema di riferimento globale
- **Mz** : Momento in direzione Z nel sistema di riferimento globale

CARICHI SHELL

- **Shell**: Numero dello shell spaziale
- **Dt**: Delta termico costante
- **Riferimento**: Sistema di riferimento delle pressioni e dei carichi distribuiti; verticale è la direzione dell'asse Z del sistema di riferimento globale, normale è la direzione ortogonale all'elemento per le pressioni e ortogonale al lato per i carichi distribuiti. Codici:

0 = pressione verticale e carico normale  
1 = pressione normale e carico verticale  
2 = pressione normale e carico normale  
3 = pressione verticale e carico verticale

- **P.a** : Pressione sul primo vertice dello shell
- **P.b** : Pressione sul secondo vertice dello shell
- **P.c** : Pressione sul terzo vertice dello shell
- **P.d** : Pressione sul quarto vertice dello shell
- **Q.ab** : Carico distribuito sul lato ab
- **Q.bc** : Carico distribuito sul lato bc
- **Q.cd** : Carico distribuito sul lato cd
- **Q.da** : Carico distribuito sul lato da

**ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE**

PROFILATI IPE							
Sez. N.ro	Descrizione	h mm	b mm	a mm	e mm	r mm	Mat. N.ro
75	HEA240	230,0	240,0	7,5	12,0	21,0	3
191	IPE240	240,0	120,0	6,2	9,8	15,0	2

**ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE**

TUBI A SEZIONE RETTANGOLARE					
Sez. N.ro	Descrizione	h mm	b mm	s mm	Mat. N.ro
1078	T 150*150*4	150,0	150,0	4,0	1

**ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE**

CARATTERISTICHE STATICHE DEI PROFILI														
Sez. N.ro	U m2/m	P kg/m	A cmq	Ax cmq	Ay cmq	Jx cm4	Jy cm4	Jt cm4	Wx cm3	Wy cm3	Wt cm3	ix cm	iy cm	sver 1/cm
75	1,37	60,3	76,83	37,79	15,64	7763,2	2768,8	30,5	675,06	230,73	25,45	10,05	6,00	0,80
191	0,92	30,7	39,12	15,04	13,16	3891,6	283,6	9,3	324,30	47,27	9,47	9,97	2,69	2,04
1078	0,58	18,2	23,22	10,38	10,38	823,0	823,0	1251,8	109,73	109,73	170,45	5,95	5,95	0,00

**ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO / LEGNO / PREFABBRICATE**

DATI PER VERIFICHE EUROCODICE							
Sez. N.ro	Descrizione	Wx Plastico cm3	Wy Plastico cm3	Wt Plastico cm3	Ax Plastico cm2	Ay Plastico cm2	Iw cm6
75	HEA240	744,63	351,69	40,35	61,38	25,17	328485,9
191	IPE240	366,65	73,92	15,76	25,45	19,14	37391,2
1078	T 150*150*4	126,91	126,91	170,45	11,61	11,61	0,0

**ARCHIVIO SEZIONI IN ACCIAIO**

CARATTERISTICHE MATERIALE								
Mat. N.ro	E kg/cmq	G kg/cmq	lambda max	Tipo Acciaio	Verifica	Gamma kg/mc	Lung/ SpLim	Tipo Profilat.
1	2100000	850000	200,0	S275	Completa	7850	250	a Freddo
2	2100000	850000	200,0	S235	Completa	7850	250	a Freddo
3	2100000	850000	200,0	S235	Completa	7850	250	a Freddo

**DATI GENERALI DI STRUTTURA**

DATI GENERALI DI STRUTTURA			
Massima dimens. dir. X (m)	50,80	Altezza edificio (m)	4,67
Massima dimens. dir. Y (m)	2,00	Differenza temperatura(°C)	15
PARAMETRI SISMICI			
Vita Nominale (Anni)	50	Classe d' Uso	I Cu=0.7
ISOLE GRUPPO	PRIMO		
Categoria Suolo	B	Coeff. Condiz. Topogr.	1,00000
Sistema Costruttivo Dir.1	Acciaio	Sistema Costruttivo Dir.2	Acciaio
Regolarita' in Altezza	SI (KR=1)	Regolarita' in Pianta	NO
Direzione Sisma (Grd)	0	Sisma Verticale	ASSENTE
Effetti P/Delta	NO	Quota di Zero Sismico (m)	0,00000
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.D.			
Probabilita' Pvr	0,63	Periodo di Ritorno Anni	35,00
Accelerazione Ag/g	0,02	Periodo T'c (sec.)	0,28
Fo	2,63	Fv	0,50
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,20	Periodo TB (sec.)	0,13
Periodo TC (sec.)	0,40	Periodo TD (sec.)	1,68
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.V.			

Probabilita' Pvr	0,10	Periodo di Ritorno Anni	332,00
Accelerazione Ag/g	0,05	Periodo T'c (sec.)	0,33
Fo	2,85	Fv	0,82
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,20	Periodo TB (sec.)	0,15
Periodo TC (sec.)	0,46	Periodo TD (sec.)	1,78
<b>PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO ACCIAIO - D I R. 1</b>			
Classe Duttilita'	NON dissip.	Sotto-Sistema Strutturale	Intelaiat
AlfaU/Alfa1	1,30	Fattore di comportam 'q'	1,50
<b>PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO ACCIAIO - D I R. 2</b>			
Classe Duttilita'	NON dissip.	Sotto-Sistema Strutturale	Intelaiat
AlfaU/Alfa1	1,30	Fattore di comportam 'q'	1,50
<b>COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI DEI MATERIALI</b>			
Acciaio per carpenteria	1,05	Verif.Instabilita' acciaio:	1,05
Acciaio per CLS armato	1,15	Calcestruzzo CLS armato	1,50
Legno per comb. eccez.	1,00	Legno per comb. fondam.:	1,30
Livello conoscenza	NUOVA COSTRUZIONE		
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		

**COORDINATE DEI NODI**

IDENT. Nodo3d N.ro	POSIZIONE NODO			ATTRIBUTI		PESO SISMICO		
	Coord.X (m)	Coord.Y (m)	Coord.Z (m)	Filo N.ro	Piano Sism.	Dir. X (t)	Dir. Y (t)	Dir. Z (t)
1	0,00	0,00	0,00	1	0	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	2,50	1	0	0,00	0,00	0,18
3	5,70	0,00	0,00	2	0	0,00	0,00	0,00
4	5,70	0,00	2,50	2	0	0,00	0,00	0,14
5	-5,70	0,00	0,00	3	0	0,00	0,00	0,00
6	-5,70	0,00	2,50	3	0	0,00	0,00	0,14
7	11,30	0,00	0,00	4	0	0,00	0,00	0,00
8	11,30	0,00	2,50	4	0	0,00	0,00	0,14
9	16,90	0,00	0,00	5	0	0,00	0,00	0,00
10	16,90	0,00	2,50	5	0	0,00	0,00	0,14
11	22,50	0,00	0,00	6	0	0,00	0,00	0,00
12	22,50	0,00	2,50	6	0	0,00	0,00	0,11
13	-11,30	0,00	0,00	7	0	0,00	0,00	0,00
14	-11,30	0,00	2,50	7	0	0,00	0,00	0,14
15	-16,90	0,00	0,00	8	0	0,00	0,00	0,00
16	-16,90	0,00	2,50	8	0	0,00	0,00	0,14
17	-22,50	0,00	0,00	9	0	0,00	0,00	0,00
18	-22,50	0,00	2,50	9	0	0,00	0,00	0,11
19	24,40	0,00	2,50	10	0	0,00	0,00	0,02
20	-24,40	0,00	2,50	11	0	0,00	0,00	0,02
21	-1,00	1,00	4,67	12	0	0,00	0,00	0,00
22	4,70	1,00	4,67	13	0	0,00	0,00	0,00
23	-6,70	1,00	4,67	14	0	0,00	0,00	0,00
24	10,30	1,00	4,67	15	0	0,00	0,00	0,00
25	15,90	1,00	4,67	16	0	0,00	0,00	0,00
26	21,50	1,00	4,67	17	0	0,00	0,00	0,00
27	-12,30	1,00	4,67	18	0	0,00	0,00	0,00
28	-17,90	1,00	4,67	19	0	0,00	0,00	0,00

<b>PV ITALY 1 S.r.l</b>	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 <b>Antex</b> group Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>	16/01/2023	REV: 1

● **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 spiccato 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)*

<b>PV ITALY 1 S.r.l</b>	IMPIANTO AGRI-VOLTAICO DI POTENZA NOMINALE 25.633,68 KWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARSI IN COMUNE DI ITTIRI (SS)	 <b>Antex</b> group Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO-TABULATI- STRUTTURA DI SUPPORTO FV</b>		

• **VERIFICHE ASTE IN ACCIAIO / LEGNO**

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>	: Sulla prima riga numero del filo del nodo iniziale, sulla terza quello del nodo finale
<b>Quota</b>	: Sulla prima riga quota del nodo iniziale, sulla terza quota del nodo finale
<b>Tratto</b>	: 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
<b>Cmb N.r</b>	: 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). 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

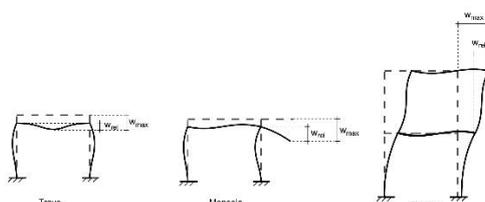
Per le strutture dissipative, nei pilastri, sono stati tenuti in conto i fattori di sovrarresistenza riportati nella Tab. 7.5.I delle NTC 2008 e par 7.5.1 delle NTC2018

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>β*1</b>	: Lunghezza libera di inflessione
<b>clas.</b>	: Classe di verifica della trave
<b>ε</b>	: $(235/f_y)^{(1/2)}$ . Se il valore ε' 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

- R%pf** : 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
- R%ft** : Rapporto di verifica per l'instabilità flessio-torsionale moltiplicato per 100 determinato dalla formula [C4.2.36]
- Wmax** : Spostamento massimo
- Wrel** : Spostamento relativo, depurato dalla traslazione rigida dei nodi
- Wlim** : Spostamento limite

Gli spostamenti Wmax e Wrel, 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 Wmax e Wrel, si può fare riferimento alla figura seguente:



Quindi ai fini della verifica è sufficiente che risulti  $Wrel \leq Wlim$ , essendo del tutto normale che l'asta possa risultare verificata anche con  $Wmax > Wlim$ .

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** →  $\sigma_n$  : Tensione normale dovuta a sforzo normale
- MxV.Rd** →  $\sigma_{M_x}$  : Tensione normale dovuta a momento  $M_x$
- MyV.Rd** →  $\sigma_{M_y}$  : Tensione normale dovuta a momento  $M_y$
- VxplRd** →  $\tau_x$  : Tensione tangenziale dovuta a taglio  $T_x$
- VyplRd** →  $\tau_y$  : Tensione tangenziale dovuta a taglio  $T_y$
- T Rd** →  $\tau_{M_t}$  : Tensione tangenziale da momento torcente
- fy rid** → **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 %** → **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.** → **KcC** : Coefficiente di instabilità di colonna ( $K_{crit,c}$ ) determinato dalle formule dei DM 2008/2018 [4.4.15]
- lmd** → **KcM** : Coefficiente di instabilità di trave ( $K_{crit,m}$ ) determinato dalle formule dei DM 2008/2018 [4.4.12]
- R%pf** → **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** → **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 Wmax e Wrel 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:

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

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	VxpI.Rd Kg	VypI.Rd Kg	T Rd kg/m	fy rid Kg/cmq	Rap %	
Sez.N. HEA240	75	1	2,50	1	-287	0	0	0	0	0	171964	16665	7871	79322	32531	521	2238	0	
Asta:	1	1	0,00	1	-385	0	0	0	0	0	171964	16665	7871	79322	32531	521	2238	0	
Instab.:	1	250,0	β <sup>1</sup> =	175,0	-483	0	0	cl= 1	ε= 1,00	lmd= 29	Rpf= 0	Rft= 0	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	10,0	mm		
Sez.N. IPE240	191	2	2,50	1	-278	0	-1	0	0	0	87545	8206	1654	32888	24738	204	2238	0	
Asta:	2	2	0,00	1	-378	0	0	0	0	0	87545	8206	1654	32888	24738	204	2238	0	
Instab.:	2	250,0	β <sup>1</sup> =	175,0	-378	0	0	cl= 1	ε= 1,00	lmd= 65	Rpf= 1	Rft= 1	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	10,0	mm		
Sez.N. IPE240	191	4	2,50	1	-275	0	0	0	0	0	87545	8206	1654	32888	24738	204	2238	0	
Asta:	3	4	0,00	1	-375	0	0	0	0	0	87545	8206	1654	32888	24738	204	2238	0	
Instab.:	3	250,0	β <sup>1</sup> =	175,0	-375	0	0	cl= 1	ε= 1,00	lmd= 65	Rpf= 1	Rft= 1	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	10,0	mm		
Sez.N. IPE240	191	5	2,50	1	-278	0	1	1	0	0	87545	8206	1654	32888	24738	204	2238	0	
Asta:	4	5	0,00	1	-378	0	-1	1	0	0	87545	8206	1654	32888	24738	204	2238	0	
Instab.:	4	250,0	β <sup>1</sup> =	175,0	-378	0	1	cl= 1	ε= 1,00	lmd= 65	Rpf= 1	Rft= 1	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	10,0	mm		
Sez.N. IPE240	191	6	2,50	2	4	0	-13	-8	0	0	87545	8206	1654	32888	24738	204	2238	1	
Asta:	5	6	0,00	2	-259	0	-2	-5	0	0	87545	8206	1654	32888	24738	204	2238	0	
Instab.:	5	250,0	β <sup>1</sup> =	175,0	-308	0	3	cl= 1	ε= 1,00	lmd= 65	Rpf= 1	Rft= 1	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	10,0	mm		
Sez.N. IPE240	191	9	2,50	2	4	0	13	8	0	0	87545	8206	1654	32888	24738	204	2238	1	
Asta:	6	9	0,00	2	-259	0	2	5	0	0	87545	8206	1654	32888	24738	204	2238	0	
Instab.:	6	250,0	β <sup>1</sup> =	175,0	-308	0	3	cl= 1	ε= 1,00	lmd= 65	Rpf= 1	Rft= 1	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	10,0	mm		
Sez.N. IPE240	191	8	2,50	1	-278	0	-1	-1	0	0	87545	8206	1654	32888	24738	204	2238	0	
Asta:	7	8	0,00	1	-378	0	1	-1	0	0	87545	8206	1654	32888	24738	204	2238	0	
Instab.:	7	250,0	β <sup>1</sup> =	175,0	-378	0	1	cl= 1	ε= 1,00	lmd= 65	Rpf= 1	Rft= 1	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	10,0	mm		
Sez.N. IPE240	191	7	2,50	1	-275	0	0	0	0	0	87545	8206	1654	32888	24738	204	2238	0	
Asta:	8	7	0,00	1	-375	0	0	0	0	0	87545	8206	1654	32888	24738	204	2238	0	
Instab.:	8	250,0	β <sup>1</sup> =	175,0	-375	0	0	cl= 1	ε= 1,00	lmd= 65	Rpf= 1	Rft= 1	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	10,0	mm		
Sez.N. IPE240	191	3	2,50	1	-278	0	1	0	0	0	87545	8206	1654	32888	24738	204	2238	0	
Asta:	9	3	0,00	1	-378	0	0	0	0	0	87545	8206	1654	32888	24738	204	2238	0	
Instab.:	9	250,0	β <sup>1</sup> =	175,0	-378	0	0	cl= 1	ε= 1,00	lmd= 65	Rpf= 1	Rft= 1	Wmax/rel/lim=	0,0	0,0	10,0	mm		
Sez.N. T 150*150*	1078	9	2,50	1	0	-53	-1960	-2100	64	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	42	
Asta:	10	8	2,50	2	0	36	980	0	-4	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	13	
Instab.:	10	560,0	β <sup>1</sup> =	392,0	0	0	-67	-1960	2100	-70	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	42
Sez.N. T 150*150*	1078	8	2,50	2	0	-65	-1960	-2100	67	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	42	
Asta:	11	7	2,50	1	0	30	980	0	1	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	13	
Instab.:	11	560,0	β <sup>1</sup> =	392,0	0	0	-61	-1960	2100	-66	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	42
Sez.N. T 150*150*	1078	7	2,50	1	0	-61	-1960	-2100	66	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	42	
Asta:	12	3	2,50	2	0	31	980	0	0	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	13	
Instab.:	12	560,0	β <sup>1</sup> =	392,0	0	0	-63	-1960	2100	-67	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	42
Sez.N. T 150*150*	1078	3	2,50	2	0	-63	-2031	-2138	67	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	44	
Asta:	13	1	2,50	1	0	32	1015	0	0	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	14	
Instab.:	13	570,0	β <sup>1</sup> =	399,0	0	0	-65	-2031	2138	-68	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	44
Sez.N. T 150*150*	1078	1	2,50	1	0	-65	-2031	-2138	68	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	44	
Asta:	14	2	2,50	2	0	32	1015	0	0	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	14	
Instab.:	14	570,0	β <sup>1</sup> =	399,0	0	0	-63	-2031	2138	-67	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	44
Sez.N. T 150*150*	1078	2	2,50	2	0	-63	-1960	-2100	67	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	42	
Asta:	15	4	2,50	1	0	31	980	0	0	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	13	
Instab.:	15	560,0	β <sup>1</sup> =	392,0	0	0	-61	-1960	2100	-66	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	42
Sez.N. T 150*150*	1078	4	2,50	1	0	-61	-1960	-2100	66	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	42	
Asta:	16	5	2,50	2	0	30	980	0	-1	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	13	
Instab.:	16	560,0	β <sup>1</sup> =	392,0	0	0	-65	-1960	2100	-67	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	42

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP s.r.l.  
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.  
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C21-036-S05



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 %
Sez.N. 1078	5	2,50	2	0	-67	-1960	-2100	70	0	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	42
T 150°150°	qn=	500	2	0	36	980	0	4	0	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	13
Asta: 17	6	2,50	1	0	-53	-1960	2100	-64	0	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	42
Instab.:l=	560,0	β¹=	392,0	0	0	0	cl= 1	ε= 0,92	lmd= 0	Rpf= 0	Rft= 0	Wmax/rel/lim=	7,4	7,4	22,4	mm		
Sez.N. 1078	6	2,50	1	0	-46	-226	-712	47	0	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	1
T 150°150°	qn=	500	2	0	0	-127	600	-1	0	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	4
Asta: 18	10	2,50	2	0	0	-226	712	-5	0	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	7
Instab.:l=	190,0	β¹=	133,0	0	0	0	cl= 1	ε= 0,92	lmd= 0	Rpf= 0	Rft= 0	Wmax/rel/lim=	0,1	0,1	15,2	mm		
Sez.N. 1078	11	2,50	2	0	0	-226	-712	5	0	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	7
T 150°150°	qn=	500	2	0	0	-98	-562	0	0	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	3
Asta: 19	9	2,50	1	0	-46	-226	712	-47	0	0	60820	3324	3324	17558	17558	2577	2619	1
Instab.:l=	190,0	β¹=	133,0	0	0	0	cl= 1	ε= 0,92	lmd= 0	Rpf= 0	Rft= 0	Wmax/rel/lim=	0,1	0,1	15,2	mm		

## 11 – PRESCRIZIONI

Si esegue la verifica a sfilamento del palo considerando l'azione del vento  $p=2970 \text{ N/m}^2$  (pressione normale) e le caratteristiche del terreno.

La forza agente sull'aria di influenza sarà:  $F= 2970 \times (2.4 \times 5,60) / 10 = 3990 \text{ daN}$

L'azione sopra calcolata e quella che agisce su singolo palo con area di influenza  $2.4 \times 5.6 \text{m}$ , ed il punto di applicazione della forza si trova nella colonna più alta a una quota di  $2,50 \text{m}$ .

Dalla relazione geologica di sito vengono estrapolati i dati geotecnici da utilizzare in questa fase di progettazione definitiva, in cui i valori rappresentano una stratigrafia tipo similare ai litotipi che insistono nel sito d'interesse.

L'assunzione di base del sistema, estendibile anche ad altri sistemi di classificazione, quali Q, RMR, SMR, è che l'ammasso si comporta in maniera isotropa.

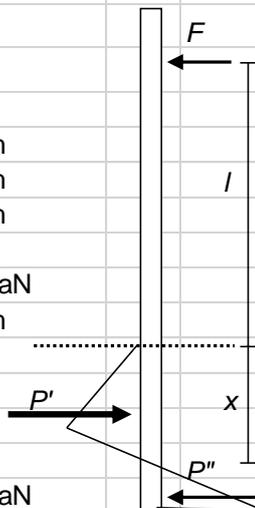
I dati geotecnici che verranno utilizzati sono dati di letteratura ottenuti sugli stessi litotipi con caratteristiche fisiche e geomeccaniche simili.

Terreni litoidi			
$\gamma =$	1,9 – 2,1	T/m <sup>3</sup>	Peso di volume
$\varphi' =$	32-36	°	(angolo di attrito)
$C' =$	0	Kg/cm <sup>2</sup>	(coesione)
$\sigma_r =$	1000-5000	T/m <sup>2</sup>	(resistenza a compressione)

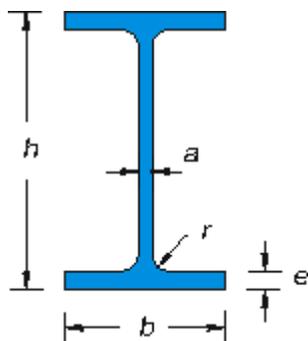
Questi dati dovranno essere implementati e confermati attraverso indagini geognostiche ad hoc in una fase successiva per soddisfare a pieno il concetto di modello geotecnico indicato nelle NTC 2018, per cui è necessario integrare questi dati.

#### Estratto dalla relazione geologica di progetto

VERIFICA DEI PALI DI SUPPORTO:		
<b>VERIFICA DI STABILITA':</b>		
<b>DATI:</b>		
Peso specifico terreno $\gamma =$	1900	daN <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
Angolo di attrito terreno $\varphi =$	36	°
Coesione o Cementificazione $c =$		daN/cm <sup>2</sup>
Coef. Spinta passiva $k_p =$	3,85	
Coef. sicurezza $\eta =$	1,10	
$k_p' = k_p / \eta$	3,50	
Diametro del palo $d =$	0,24	m
larghezza di influenza $b =$	0,48	m
Profondità di Infissione $h =$	2,10	m
Forza applicata al palo $F =$	1995	daN
Altezza di appl. fuori terra $l =$	2,50	m
<b>RISULTATI:</b>		
Profondità centro di rotazione $x =$	1,29	
Forza resistente a valle $P' =$	10566	daN
Forza resistente a monte $P'' =$	8571	daN
<i>Equilibrio alla rotazione rispetto al centro di rotazione:</i>		
Momento di $F = F(l+x) =$	7554,3	daNm
Momento di $P' = P' x/2 =$	6797,3	daNm
Momento di $P'' = P'' (h-x)/3 =$	4647,6	
Verifica: $(M_{p'} + M_{p''}) / M_F$	1,52	>1,5
<b>VERIFICA DI RESISTENZA:</b>		
Momento massimo $M =$	5415	daNm
Modulo di resistenza $W =$	1357	cm <sup>3</sup>
Tensione massima a flessione =	399	daN/cm <sup>2</sup> < Tens. Amm.le



- La distanza di infissione deve essere almeno 1,70m;
- La sezione del palo deve raggiungere un'ampiezza di 24 cm, nelle tavole si indica pali IPE240



IPE-240

h mm	b mm	a mm	e mm	r mm	Peso kg/m	Sezione cm <sup>2</sup>	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
							Jx cm <sup>4</sup>	Jy cm <sup>4</sup>	Wx cm <sup>3</sup>	Wy cm <sup>3</sup>	ix cm	iy cm
80	46	3,8	5,2	5	6,0	7,64	80,14	8,49	20,03	3,69	3,24	1,05
100	55	4,1	5,7	7	8,1	10,32	171,0	15,92	34,20	5,79	4,07	1,24
120	64	4,4	6,3	7	10,4	13,21	317,8	27,67	52,96	8,65	4,90	1,45
140	73	4,7	6,9	7	12,9	16,43	541,2	44,92	77,32	12,31	5,74	1,65
160	82	5,0	7,4	9	15,8	20,09	869,3	68,31	108,7	16,66	6,58	1,84
180	91	5,3	8,0	9	18,8	23,95	1.317	100,9	146,3	22,16	7,42	2,05
200	100	5,6	8,5	12	22,4	28,48	1.943	142,4	194,3	28,47	8,26	2,24
220	110	5,9	9,2	12	26,2	33,37	2.772	204,9	252,0	37,25	9,11	2,48
240	120	6,2	9,8	15	30,7	39,12	3.892	283,6	324,3	47,27	9,97	2,69
270	135	6,6	10,2	15	36,1	45,95	5.790	419,9	428,9	62,20	11,23	3,02
300	150	7,1	10,7	15	42,2	53,81	8.356	603,8	557,1	80,50	12,46	3,35
330	160	7,5	11,5	18	49,1	62,61	11.770	788,1	713,1	98,52	13,71	3,55
360	170	8,0	12,7	18	57,1	72,73	16.270	1.043	903,6	122,8	14,95	3,79
400	180	8,6	13,5	21	66,3	84,46	23.130	1.318	1.156	146,4	16,55	3,95
450	190	9,4	14,6	21	77,6	98,82	33.740	1.676	1.500	176,4	18,48	4,12
500	200	10,2	16,0	21	90,7	115,5	48.200	2.142	1.928	214,2	20,43	4,31
550	210	11,1	17,2	24	106	134,4	67.120	2.668	2.441	254,1	22,35	4,45
600	220	12,0	19,0	24	122	156,0	92.080	3.387	3.069	307,9	24,30	4,66