



# Comune di Alberona

Provincia di Foggia



Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza di generazione pari a 19,64 MWp e potenza di immissione 15,05 MW denominato "Alberona1", da installarsi su un terreno sito nel comune di Alberona (FG) e relative opere di connessione site nei comuni di Alberona (FG), Lucera (FG) e San Severo (FG)



Energy Total Capital Alberona Srl

## Gruppo di lavoro:

ing. Antonio Ilardi  
dr. Gianmarco Durante  
dr.ssa Chiara Ciardella  
dr. Agronomo Lorenzo Fusco  
dr.ssa Geologo Katia Parente

## Fase progetto:

DEFINITIVO

## CODIFICA ELABORATO

Codifica ETCA\_FG\_21\_REL12

Nome elaborato REL Revisione 01

Foglio - Di -

Scala elaborato - Formato A4

## Il tecnico progettista:



## Elaborato:

Relazione Strutturale

## Firme e revisioni

Rev	Data	Descrizione	Firme
01	27/07/2023	Emissione	A.I.



## **Relazione di calcolo**

**COMMITTENTE:** ENERGY TOTAL CAPITAL S.r.l.

**COMUNE:** Alberona (FG)

**Revisione:** 00

**Descrizione del contenuto:** Relazione di calcolo

**Finalità:** Progettazione Definitiva, per la realizzazione d'un impianto fotovoltaico.

**Data:** Febbraio 2023

---

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OGGETTO E SCOPO DELL'INTERVENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>8</b>
4.1	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA .....	8
4.2	SEZIONI UTILIZZATE.....	9
4.2.1	IPE 360.....	9
4.2.2	IPE 330.....	10
4.2.3	IPE 330O.....	11
4.2.4	IPE TUBO 180X126X7.1.....	12
<b>5</b>	<b>CENNI DI SISMICITÀ E RIFERIMENTI ALLA VIGENTE NORMATIVA</b>	
	<b>ANTISISMICA .....</b>	<b>13</b>
5.1	AZIONE SISMICA.....	13
<b>6</b>	<b>MODELLO GEOLOGICO-TECNICO* .....</b>	<b>15</b>
6.1	SPETTRO DI PROGETTO SLV .....	16
<b>7</b>	<b>METODO DI CALCOLO DELLE STRUTTURE .....</b>	<b>16</b>
7.1	ANALISI DI CALCOLO .....	16
7.2	LEGAMI COSTITUTIVI DEI MATERIALI.....	17
7.3	AZIONI SULLE COSTRUZIONI.....	18
7.4	ANALISI ALLO SLU .....	18
<b>8</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>20</b>
8.1	CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI $G_1$ .....	20
8.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI $G_2$ .....	20
8.3	AZIONI VARIABILI $Q$ .....	20
<b>9</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO.....</b>	<b>24</b>
9.1	RISULTATI ELEMENTI METALLICI .....	29

## I PREMESSA

Il presente elaborato ha lo scopo di illustrare le caratteristiche del sito, i criteri adottati per la progettazione e la compatibilità ambientale del progetto di un impianto fotovoltaico e relative opere di connessione, denominato “Alberona”, nel comune di Alberona (FG) su suolo a destinazione produttiva. Il progetto rientra nella categoria degli impianti di potenza nominale sino a 10 MW connessi alla rete elettrica di media tensione e localizzati in area a destinazione industriale, produttiva o commerciale, per cui si applica la Procedura Abilitativa Semplificata presentata all'amministrazione comunale ai sensi dell'art. 31 comma 2 del DL 77/2021, a integrazione art. 6 del DLgs 28/2011.

Le “fonti rinnovabili” di energia sono così definite perché, a differenza dei combustibili fossili e nucleari destinati ad esaurirsi in un tempo definito, possono essere considerate inesauribili. Sono fonti rinnovabili l'energia solare e quelle che da essa derivano, l'energia eolica, idraulica, delle biomasse, delle onde e delle correnti, ma anche l'energia geotermica, l'energia dissipata sulle coste dalle maree ed i rifiuti industriali e urbani.

La transizione verso basse emissioni di carbonio intende creare un settore energetico sostenibile che stimoli la crescita, l'innovazione e l'occupazione, migliorando, nel contempo, la qualità della vita, offrendo una scelta più ampia, rafforzando i diritti dei consumatori e, in ultima analisi, permettendo alle famiglie di risparmiare sulle bollette.

Un approccio razionalizzato e coordinato dell'UE garantisce un impatto per tutto il continente nella lotta contro i cambiamenti climatici. Per ridurre le emissioni di gas a effetto serra prodotte dall'Europa e soddisfare gli impegni assunti nell'ambito dell'accordo di Parigi sono essenziali iniziative volte a promuovere le energie rinnovabili e migliorare l'efficienza energetica.

La direttiva originale sulle energie rinnovabili (2009/28/CE) stabilisce una politica generale per la produzione e la promozione di energia da fonti rinnovabili nell'UE. Richiede che l'UE soddisfi almeno il 20% del suo fabbisogno energetico totale con le rinnovabili entro il 2020, da realizzarsi attraverso il raggiungimento di singoli obiettivi nazionali. Tutti i paesi dell'UE devono inoltre garantire che almeno il 10% dei loro carburanti per il trasporto provenga da fonti rinnovabili entro il 2020.

Nel dicembre 2018 è entrata in vigore la direttiva riveduta sulle energie rinnovabili 2018/2001/UE, come parte del pacchetto Energia pulita per tutti gli europei, volto a mantenere l'UE un leader globale nelle energie rinnovabili e, più in generale, aiutare l'UE a soddisfare i suoi impegni di riduzione delle emissioni previsti dall'accordo di Parigi.

La nuova direttiva stabilisce un nuovo obiettivo vincolante per l'energia rinnovabile per l'UE per il 2030 di almeno il 32%, con una clausola per una possibile revisione al rialzo entro il 2023.

In base al nuovo regolamento sulla governance, che fa anche parte del pacchetto Energia pulita per tutti gli europei, i paesi dell'UE sono tenuti a redigere piani nazionali per l'energia e il clima (NECP) decennali per il 2021-2030, delineando il modo in cui faranno fronte ai nuovi obiettivi del 2030 per le energie rinnovabili e per l'efficienza energetica.

## 2 OGGETTO E SCOPO DELL'INTERVENTO

Il progetto prevede la costruzione ed esercizio di un impianto fotovoltaico nel comune di Alberona (FG).

Le coordinate geografiche indicative sono le seguenti:

- Lat.: 41°28'21.87"N;

- Long: 15°14'04.75"E.



Figura 2-1 – Vista aerea dell'area d'intervento

La località in cui saranno ubicati i generatori fotovoltaici è stata individuata in base ad un'indagine preliminare che ha tenuto conto di:

- caratteristiche di irraggiamento;
- vincoli paesaggistici, architettonici, archeologici, storici, naturalistici, ecc.

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche relative alle opere dell'intervento in esame sono state condotte secondo quanto prescritto dalle seguenti Normative:

- Legge n.1086 del 5 novembre 1971 “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Legge n. 64 del 2 febbraio 1974 “Provvedimenti per costruzioni con particolari prescrizioni per zone sismiche”.
- D.M. LL.PP. 11 Maggio 1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- D.M. LL.PP. del 14 febbraio 1992 “Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”.
- D.M. LL.PP. 9 gennaio 1996 “Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”.
- D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 “Norme tecniche relative a: Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”.
- Circ. Min LL.PP., 15 ottobre 1996, n. 252 “Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al D.M.LL.PP. 9 gennaio 1996”.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 n°65/AA.GG. “Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996”.
- Decreto PdR n. 380 del 6 Giugno 2001 “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”;
- Decreto Legislativo n. 301 del 27 Dicembre 2002 “Modifiche ed integrazioni al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, recante testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia.”;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri OPCM n. 3316 del 2 Ottobre 2003 “Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003.”;
- Decreto Presidente del Consiglio dei Ministri Dipartimento della Protezione Civile n. 3685 del 21 Ottobre 2003 “Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3, 4, dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 Marzo 2003, recante “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.”;



- Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica.
- Eurocodice 8 - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture.
- Ordinanza n° 3379 del 5 novembre 2004 “Disposizioni urgenti di Protezione civile”.
- Ordinanza n° 3431 del 3 maggio 2005.
- Ordinanza n° 3452 del 1° agosto 2005.
- Ordinanza n° 3467 del 13 ottobre 2005.
- D.M. del 14 settembre 2005 “Norme tecniche per le costruzioni”.
- UNI EN 206-1, 2006, “Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI 11104, 2004, Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1.
- D.M. del 14 gennaio 2008 “Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare n. 617 del 02 febbraio 2009 Istruzioni per le applicazioni delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- D.G.R. della regione Lazio n. 387 del 22 maggio 2009 “Nuova classificazione sismica della regione Lazio”.
- D.M. Infrastrutture e trasporti 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare esplicativa n.7 del 21 gennaio 2019 del C.S.LL.PP.
- D.G.R. della regione Lazio n. 835 del 03 novembre 2009 “Rettifica all'allegato I della D.G.R. 387/09”.
- D.G.R. della regione Lazio n. 26 del 26 ottobre 2020 “Regolamento regionale per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico. Abrogazione del regolamento regionale 13 luglio 2016, n. 14 e successive modifiche”.
- D.G.R. della regione Lazio n. 793 del 5 novembre 2020 “Modifica della Deliberazione di Giunta regionale 23 luglio 2019, n. 493. Sostituzione dell'allegato A rubricato "Elenco delle strutture in Classe d'uso IV (Strategiche) e in Classe d'uso III (Rilevanti)”. ”.





## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI


Salvo indicazioni diverse espressamente indicate negli elaborati grafici, sono previsti i seguenti materiali:

### 4.1 Acciaio per carpenteria metallica

Acciaio S355

General Data	
Material Name and Display Color	S355 
Material Type	Steel 
Material Grade	
Material Notes	<a href="#">Modify/Show Notes...</a>

Weight and Mass		Units
Weight per Unit Volume	76.9729	KN, m, C 
Mass per Unit Volume	7.849	

Isotropic Property Data	
Modulus Of Elasticity, E	2.100E+08
Poisson, U	0.3
Coefficient Of Thermal Expansion, A	1.170E-05
Shear Modulus, G	80769231.


  

Other Properties For Steel Materials	
Minimum Yield Stress, Fy	355000.
Minimum Tensile Stress, Fu	510000.
Expected Yield Stress, Fye	390500.
Expected Tensile Stress, Fue	561000.

## 4.2 Sezioni utilizzate

A seguire le caratteristiche geometriche delle sezioni utilizzate nel progetto:

### 4.2.1 IPE 360

Section Name
IPE360
Display Color


Section Notes
Modify/Show Notes...

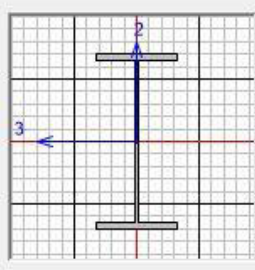
Extract Data from Section Property File

Open File...
c:\program files (x86)\computers and structures\sap2000 16\euro.pro
Import...

#### Dimensions

Outside height ( t3 )	0.36
Top flange width ( t2 )	0.17
Top flange thickness ( tf )	0.0127
Web thickness ( tw )	8.000E-03
Bottom flange width ( t2b )	0.17
Bottom flange thickness ( tfb )	0.0127
Fillet Radius	0.018

#### Section



#### Properties

#### Property Data

Section Name: IPE360			
<b>Properties</b>			
Cross-section (axial) area	7.270E-03	Section modulus about 3 axis	9.039E-04
Moment of Inertia about 3 axis	1.627E-04	Section modulus about 2 axis	1.227E-04
Moment of Inertia about 2 axis	1.043E-05	Plastic modulus about 3 axis	1.019E-03
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	1.910E-04
Shear area in 2 direction	2.880E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.1496
Shear area in 3 direction	3.598E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0.0379
Torsional constant	3.740E-07	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

4.2.2 IPE 330

**Section Name** IPE330 **Display Color** ■

**Section Notes** Modify/Show Notes...

---

**Extract Data from Section Property File**

Open File... c:\program files (x86)\computers and structures\sap2000 16\euro.pro Import...

---

**Dimensions**

Outside height ( t3 ) 0.33

Top flange width ( t2 ) 0.16

Top flange thickness ( tf ) 0.0115

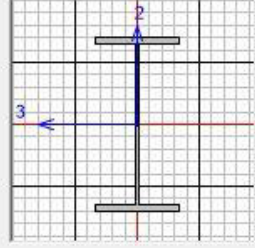
Web thickness ( tw ) 7.500E-03

Bottom flange width ( t2b ) 0.16

Bottom flange thickness ( tfb ) 0.0115

Fillet Radius 0.018

**Section**



**Properties**

---

**Property Data**

**Section Name** IPE330

**Properties**

Cross-section (axial) area	6.260E-03	Section modulus about 3 axis	7.133E-04
Moment of Inertia about 3 axis	1.177E-04	Section modulus about 2 axis	9.850E-05
Moment of Inertia about 2 axis	7.880E-06	Plastic modulus about 3 axis	8.040E-04
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	1.540E-04
Shear area in 2 direction	2.475E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.1371
Shear area in 3 direction	3.067E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0.0355
Torsional constant	2.810E-07	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

#### 4.2.3 IPE 3300

Section Name

IPE3300

Display Color

Section Notes

Modify/Show Notes...

Extract Data from Section Property File

Open File...

c:\program files (x86)\computers and structures\sap2000 16\euro.pro

Import...

Dimensions

Outside height ( t3 )

0.334

Top flange width ( t2 )

0.162

Top flange thickness ( tf )

0.0135

Web thickness ( tw )

8.500E-03

Bottom flange width ( t2b )

0.162

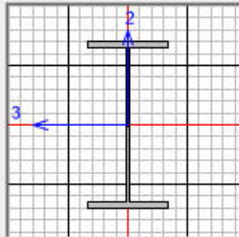
Bottom flange thickness ( tfb )

0.0135

Fillet Radius

0.018

Section



Properties

Property Data


Section Name

IPE3300

Properties

Cross-section (axial) area	7.260E-03	Section modulus about 3 axis	8.329E-04
Moment of Inertia about 3 axis	1.391E-04	Section modulus about 2 axis	1.185E-04
Moment of Inertia about 2 axis	9.600E-06	Plastic modulus about 3 axis	9.430E-04
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	1.850E-04
Shear area in 2 direction	2.839E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.1384
Shear area in 3 direction	3.645E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0.0364
Torsional constant	4.220E-07	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

#### 4.2.4 IPE TUBO 180X126X7.1

Section Name: TUBO180X126X7.1 Display Color: 

Section Notes: [Modify/Show Notes...](#)

Extract Data from Section Property File

Open File...  Import...

**Dimensions**

Outside depth ( t3 )

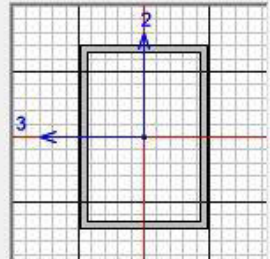
Outside width ( t2 )

Flange thickness ( tf )

Web thickness ( tw )

Corner Radius

**Section**



**Property Data**

Section Name: TUBO180X126X7.1

**Properties**

Cross-section (axial) area	4.144E-03	Section modulus about 3 axis	2.086E-04
Moment of Inertia about 3 axis	1.877E-05	Section modulus about 2 axis	1.698E-04
Moment of Inertia about 2 axis	1.070E-05	Plastic modulus about 3 axis	2.523E-04
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	1.963E-04
Shear area in 2 direction	2.556E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.0673
Shear area in 3 direction	1.789E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0.0508
Torsional constant	2.057E-05	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

## 5 Cenni Di Sismicità E Riferimenti Alla Vigente Normativa Antisismica

L'Italia è uno dei Paesi a maggiore rischio sismico del Mediterraneo, per la frequenza dei terremoti che hanno storicamente interessato il suo territorio e per l'intensità che alcuni di essi hanno raggiunto, determinando un impatto sociale ed economico rilevante. La sismicità della Penisola italiana è legata alla sua particolare posizione geografica, perché è situata nella zona di convergenza tra la zolla africana e quella eurasiatica ed è sottoposta a forti spinte compressive, che causano l'accavallamento dei blocchi di roccia.

### 5.1 Azione sismica

Ai sensi del D.M. 17/01/2018 (“Nuove Norme tecniche per le Costruzioni”), le azioni sismiche di progetto in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. La valutazione dell'azione sismica di progetto, secondo le NTC18, è da condurre attraverso specifiche analisi di Risposta Sismica Locale (RSL). In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà del terreno siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab 3.2.II delle NTC18, è possibile fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .

**Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, 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.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti 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.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, 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.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata



affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione (3.2.I delle NTC18):

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

Dove:

$h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;

$V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;

$N$  numero di strati;

$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III delle NTC18):

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$



## 6 Modello Geologico–Tecnico\*

A seguito di una analisi critica dei dati di letteratura disponibili, ai fini del dimensionamento delle opere di fondazione di progetto, viene di seguito proposta la caratterizzazione fisico-meccanica e sismica dei litotipi individuati nell'area di studio.

Si ipotizza Il substrato di fondazione è costituito da una sequenza dove i primi metri sono costituiti da terreni di riporto di qualità molto scadente dallo spessore di 5.00m. La successiva parte della stratigrafica, 15m costituita da sabbie molto sciolte.

### STRATIGRAFIA TERRENO

Spessor e strato [m]	Peso unità di volume [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso unità di volume saturato [kN/m <sup>3</sup> ]	Angolo di attrito [°]	Coesio ne [kN/m <sup>2</sup> ]
5.00	16.0	16.0	18.0	0.0
15.0	16.0	16.0	18.0	0.0

Categoria di sottosuolo: C;

Categoria topografica: T2.

**\*Dati da indagare nelle successive fasi progettuali.**

## 6.1 Spettro di progetto SLV

Parametri dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.147 g
$F_o$	2.617
$T_C^*$	0.436 s
$S_S$	1.470
$C_C$	1.381
$S_T$	1.200
$q$	1.000

### Parametri dipendenti

$S$	1.764
$\eta$	1.000
$T_B$	0.201 s
$T_C$	0.602 s
$T_D$	2.187 s

### Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV

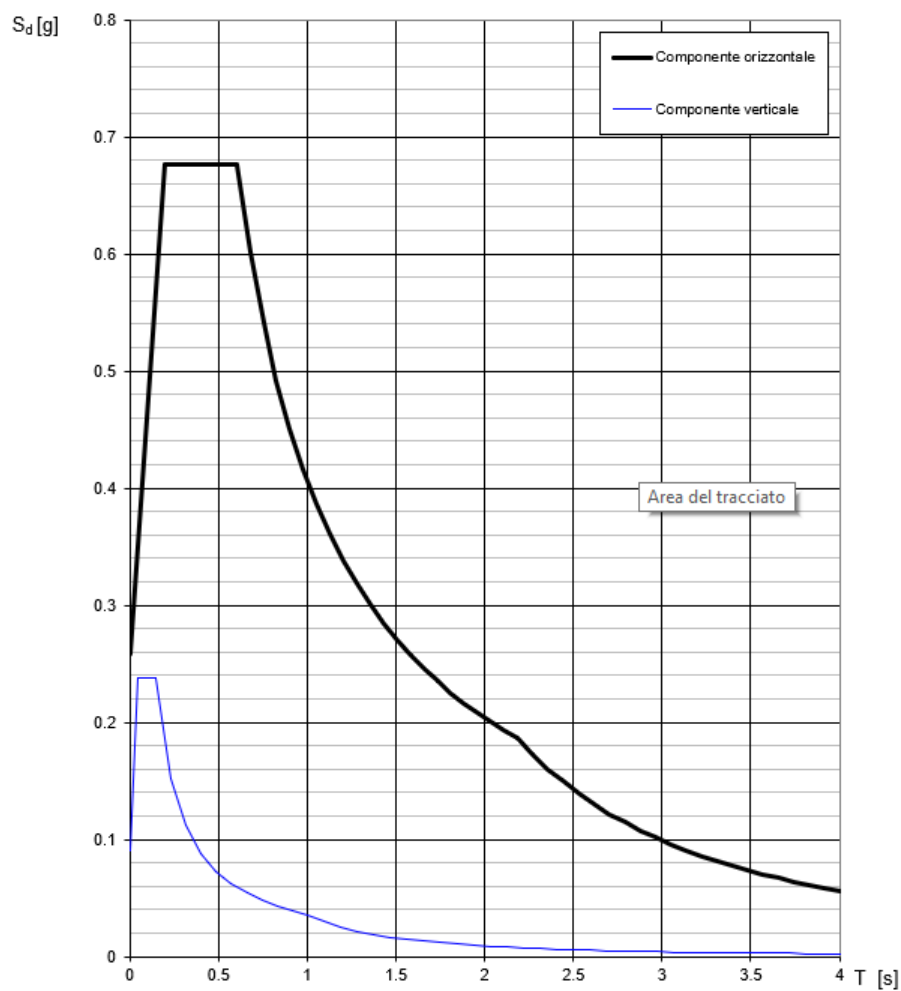


Figura 6-1 - Spettri di risposta di progetto sito specifici in componente verticale e orizzontale per lo SLV

## 7 METODO DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

### 7.1 Analisi di calcolo

Il pre-dimensionamento del plinto di fondazione che compone l'opera di progetto è stato eseguito in condizioni di S.L.U.

Gli stati limite ultimi per sviluppo di meccanismi di collasso determinati dal raggiungimento della resistenza del terreno interagente con le fondazioni (GEO) riguardano:

- collasso per carico limite nei terreni di fondazione;
- scorrimento sul piano di posa.

In tali verifiche, tutte le azioni su un elemento di fondazione possono essere ricondotte a una forza risultante applicata al piano di posa.

Per le verifiche agli stati limite ultimi di tipo geotecnico (GEO) per carico limite e per scorrimento si deve fare riferimento all'approccio 2.

L'analisi deve essere condotta con la Combinazione (A1+M1+R3), nella quale i coefficienti parziali sui parametri di resistenza del terreno (M1) sono unitari, i coefficienti parziali sulle azioni (A1) sono indicati dalla tabella 8.1 e la resistenza globale del sistema è ridotta tramite i coefficienti  $\gamma_R$  del gruppo R3 riportati in tab. 8.2.

**Tab. 8.1** – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

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

**Tab. 8.2** – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale
----------	-----------------------

	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2.3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.1$

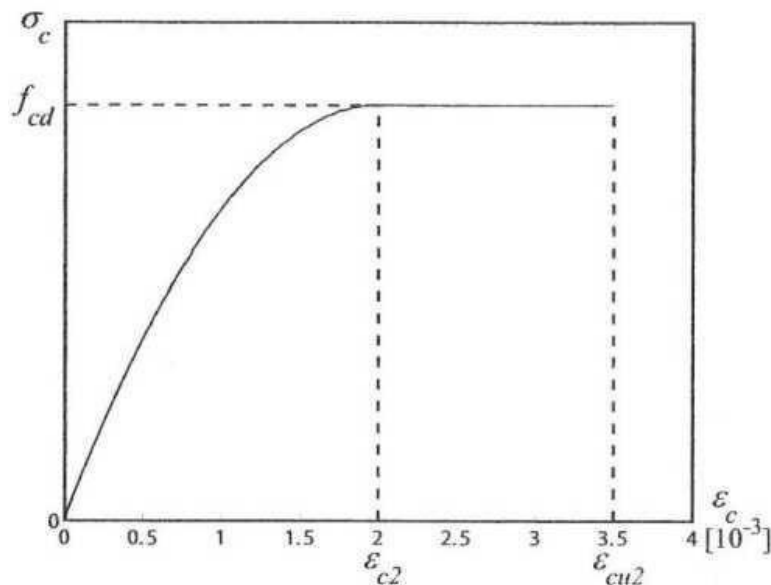
## 7.2 Legami costitutivi dei materiali

### ○ Diagramma di calcolo tensione-deformazione del conglomerato cementizio

Per il conglomerato cementizio è stato adottato il diagramma parabola-rettangolo, rappresentato nella figura: esso è definito da un arco di parabola di secondo grado passante per l'origine, avente asse parallelo a quello delle tensioni, e da un segmento di retta parallelo all'asse delle deformazioni tangente alla parabola nel punto di sommità.

Il vertice della parabola ha ascissa  $\varepsilon_{c2} = 0.20\%$ , l'estremità del segmento ha ascissa  $\varepsilon_{cu2} = 0.35\%$ .

L'ordinata massima del diagramma è pari a  $f_{cd}$ .



**Figura 17** - Diagramma di calcolo tensione-deformazione parabola-rettangolo del conglomerato

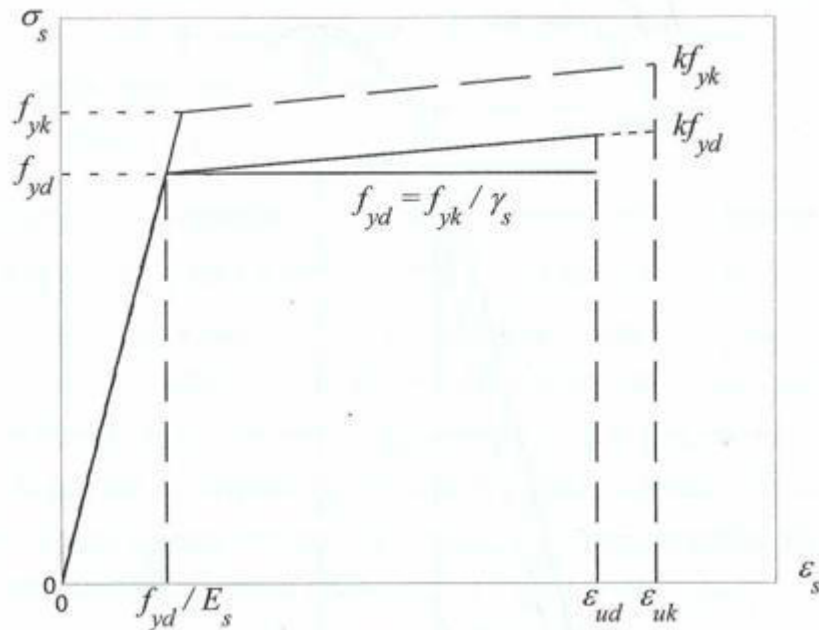
### ○ Diagramma di calcolo tensione-deformazione dell'acciaio

È stato adottato, quale diagramma di calcolo tensione-deformazione, il diagramma rappresentato nella figura 5, riferito alla tensione di snervamento di calcolo  $f_{yd}$ , di un acciaio ordinario. Esso si ottiene a partire dal diagramma caratteristico, secondo le modalità indicate nella figura, in cui:

- $\varepsilon_{ud} = 0.9 \cdot \varepsilon_{uk}$ , deformazione ultima di progetto;
- $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ , tensione di snervamento di progetto.

Il diagramma caratteristico è determinato dai seguenti parametri:

- $f_{yk}$ , tensione caratteristica di snervamento;
- $k$ , rapporto tra la tensione caratteristica di picco e la tensione caratteristica di snervamento;
- $E_s$ , modulo elastico dell'acciaio;
- $\varepsilon_{uk}$ , deformazione in corrispondenza del picco di tensione.



**Figura 18** - Diagramma di calcolo tensione-deformazione per l'acciaio (linee continue) e diagramma caratteristico (linee tratteggiate)

### 7.3 Azioni sulle costruzioni

Le azioni prese in esame per l'analisi e le verifiche delle opere in progetto verranno classificate secondo la variazione della loro intensità nel tempo in:

- Permanenti (G);
- Variabili (Q);
- Sismiche (E);

### 7.4 Analisi allo SLU

Definite le opportune combinazioni delle azioni (azioni di calcolo,  $F_d$ ), si valutano le azioni interne (sollecitazioni di calcolo,  $E_d$ ) nei vari elementi strutturali. Per ogni elemento strutturale sono valutate le

resistenze (resistenze di calcolo,  $R_d$ ). La verifica della sicurezza agli stati limite ultimi si ritiene soddisfatta controllando che, per ogni elemento strutturale e per ciascuna delle combinazioni delle azioni prese in esame, risulti:  $R_d \geq E_d$ .

Le azioni di calcolo  $F_d$  si ottengono combinando le azioni caratteristiche secondo le seguenti formule.

- Combinazione agli Stati Limite Ultimi SLU

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

- Combinazione Sismica

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

Essendo:

- $G_1$  carichi permanenti strutturali
- $G_2$  carichi permanenti non strutturali  $Q_{kj}$  carichi variabili
- $Q$  carico variabile
- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti strutturali  $G_1$
- $\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali  $G_2$
- $\gamma_Q$  coefficiente parziale dei carichi variabili  $Q$
- $\psi_{0j}$  coefficiente di combinazione

## 8 ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito nel dettaglio i carichi considerati secondo quanto prescritto dalla NTC 2018.

### 8.1 Carichi permanenti strutturali $G_1$

I pesi propri strutturali, non altrove specificati, considerati nei calcoli sono i seguenti:

- Peso proprio struttura:

il peso proprio del plinto di fondazione è calcolato come prodotto fra il volume dell'elemento stesso per il peso specifico del materiale di cui è costituito:

$$p_{pr} = \gamma_m \cdot s \cdot A$$

con:

- $\gamma_m$ : peso specifico del materiale costituente (CIs arm.  $\gamma_m = 25.0 \text{ kN/m}^3$ )
- $s$ : spessore dell'elemento;
- $A$ : area trasversale dell'elemento;

### 8.2 Carichi permanenti non strutturali $G_2$

- Peso proprio elementi non strutturali:

Peso proprio pannelli  $35 \text{ Kg/mq} - 0.53 \text{ KN/m}$

Il valore del carico permanente è dato dal peso degli elementi non strutturali, che può essere modellato come una forza concentrata o un carico distribuito.

### 8.3 Azioni variabili $Q$

- Azione del vento in accordo a quanto previsto dalla CNR 207/2008

Il peso proprio degli elementi non strutturali è dovuto al peso dei moduli fotovoltaici installati sui tracker. I singoli moduli presentano dimensioni  $1303\text{mm} \times 2172 \text{ mm}$  e peso pari a  $35\text{kg}$ . A cui equivale un carico a metro lineare applicato sui profili di sostegno pari a  $0,16 \text{ KN/m}$





#### MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	120 cells
Module Dimensions	2172×1303×40 mm (85.51×51.30×1.57 inches)
Weight	35.3 kg (77.8 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	40mm(1.57 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm <sup>2</sup> (0.006 inches <sup>2</sup> ), Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches) Landscape: 1400/1400 mm(55.12/55.12 inches)
Connector	MC4 EV02 / TS4*

\*Please refer to regional datasheet for specified connector.

**CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO**

3) Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_a$ [1/s]
3	27	500	0.02
$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])			250
$T_R$ (Tempo di ritorno)			50
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
$v_b$ ( $T_R = 50$ [m/s])			27.000
$\alpha_R$ ( $T_R$ )			1.00073
$v_b$ ( $T_R$ ) = $v_b \times \alpha_R$ [m/s]			27.020

$p$ (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
$q_b$ (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
$c_e$ (coefficiente di esposizione)
$c_p$ (coefficiente di forma)
$c_d$ (coefficiente dinamico)



Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

$q_b$ [N/mq]	456.29
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innestate o ghiacciate, mare, laghi,...)

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa	mare	500m	750m		
	2 km	10 km	30 km			
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
	costa	mare	500m		
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	I	II	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
	mare	costa	
	1.5 km	0.5 km	
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

ZONA 9		
	costa	
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

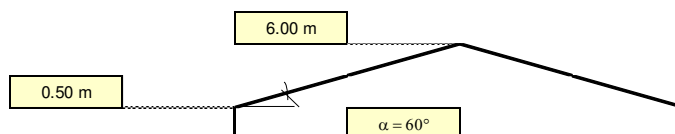
Zona	Classe di rugosità	$a_s$ [m]
3	D	12

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

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

Cat. Esposiz.	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]	$c_t$
II	0.19	0.05	4	1

$z$ [m]	$c_e$
$z \leq 4$	1.801
$z = 0.5$	1.801
$z = 6$	2.037



Determinata l'azione del vento agente sulla struttura, è possibile assimilare il pannello ad una tettoia a semplice falda e determinare il coefficiente di forza in accordo a quanto previsto dalla CNR-DT 207/2008. Secondo le diverse condizioni con cui impatta il vento sulla struttura.

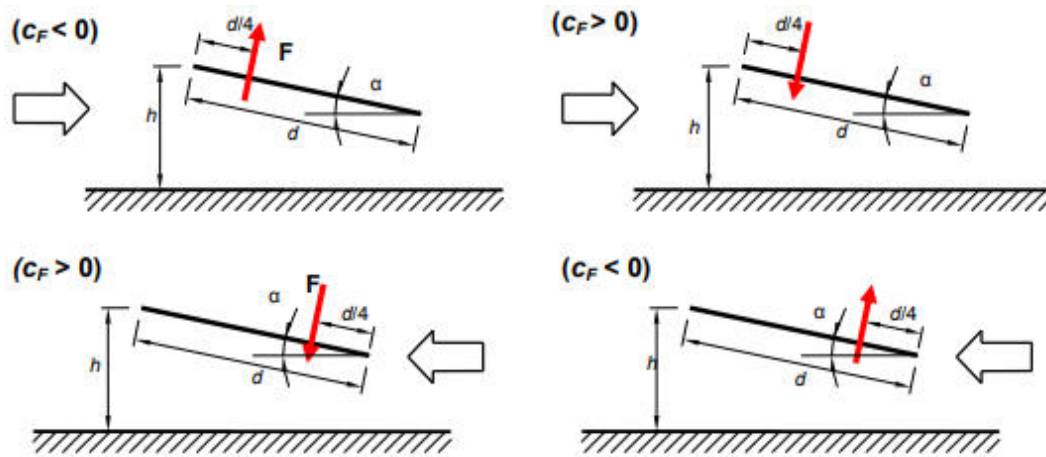


Figura 8.1

Il cui coefficiente di forza in funzione del grado di bloccaggio  $\phi$  è regolato dalle seguenti funzioni dipendenti dall'angolo di inclinazione della falda.

Valori positivi	Tutti i valori di $\phi$	$c_F = + 0,2 + \alpha/30$
Valori negativi	$\phi = 0$	$c_F = - 0,5 - 1,3 \cdot \alpha/30$
	$\phi = 1$	$c_F = -1,4$

## 9 Modello Di Calcolo

La struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici è costituita da un telaio piano, il quale è soggetto alle azioni di superficie derivanti dalla velocità del vento. La condizione di massima sollecitazione si ha quando i pannelli sono inclinati di  $60^\circ$  rispetto il piano campagna.

Il telaio a seguire illustrato è simmetrico rispetto l'asse "z". le luci di calcolo delle campate rispetto l'asse di simmetria sono: 3.00m; 3.00m; 3.90m; 0.60m.

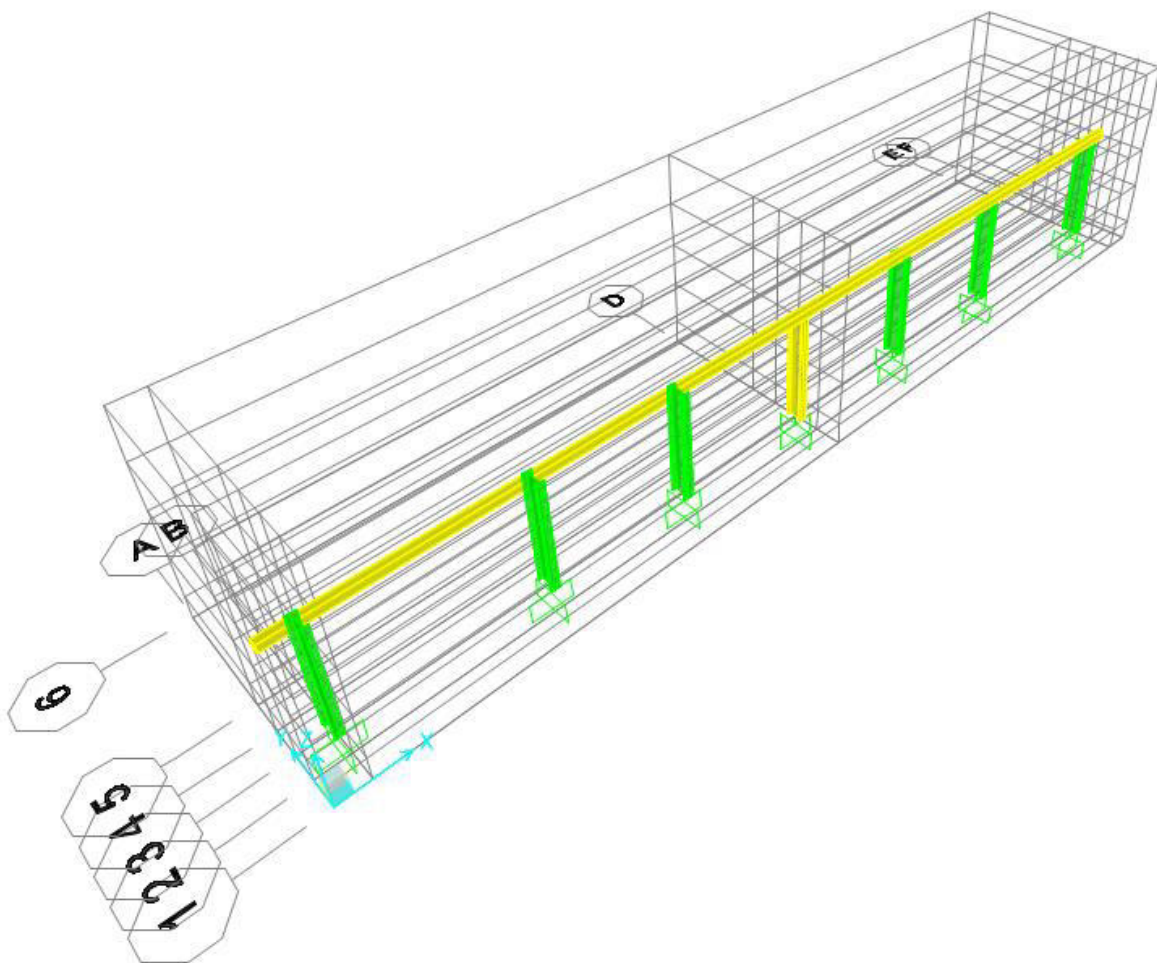


Figura 9-I – Vista Tridimensionale

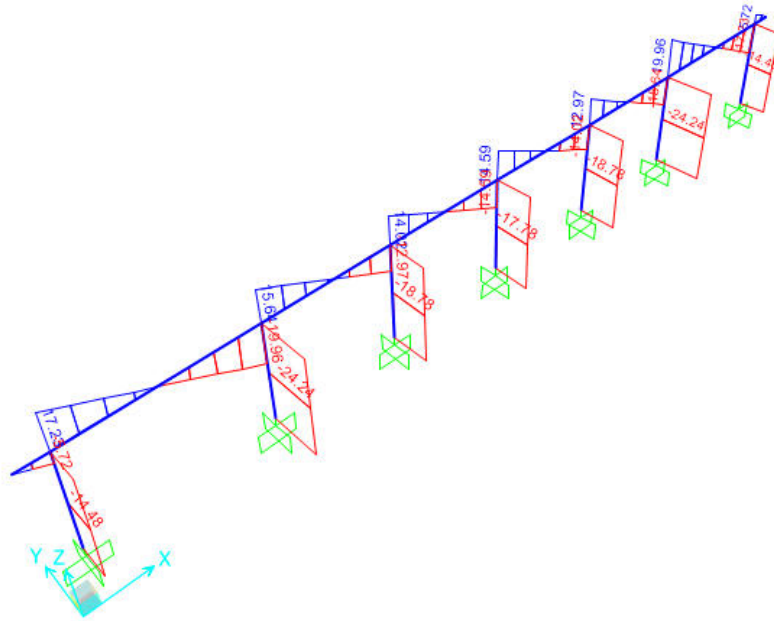


Figura 9-2 –Sforzo di Taglio [KN]

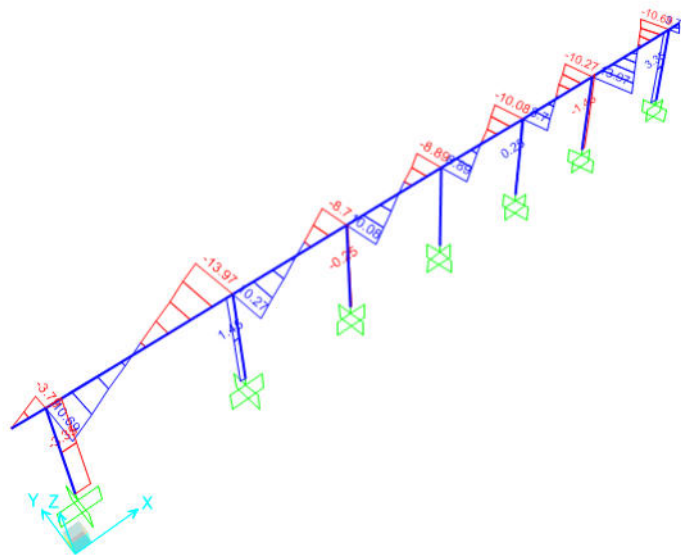


Figura 9-3 –Sforzo di Taglio [KN]

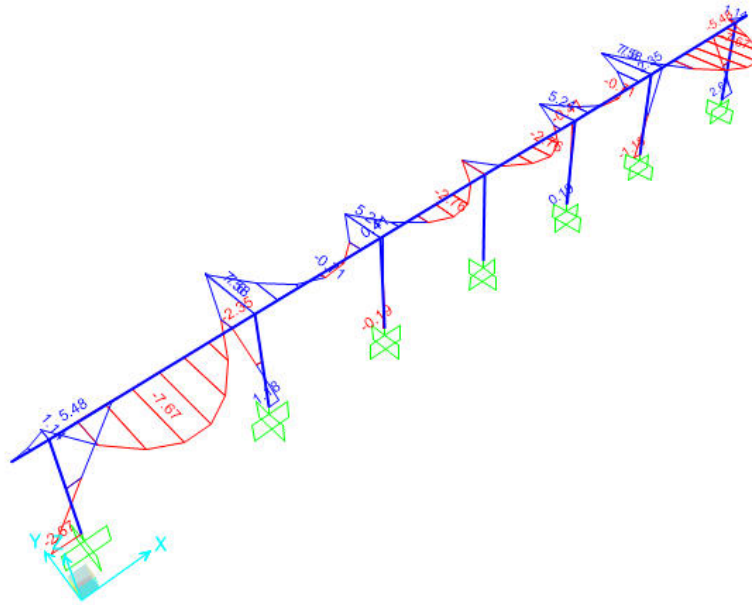


Figura 9-4 – Momento flettente su tubo [KN m]

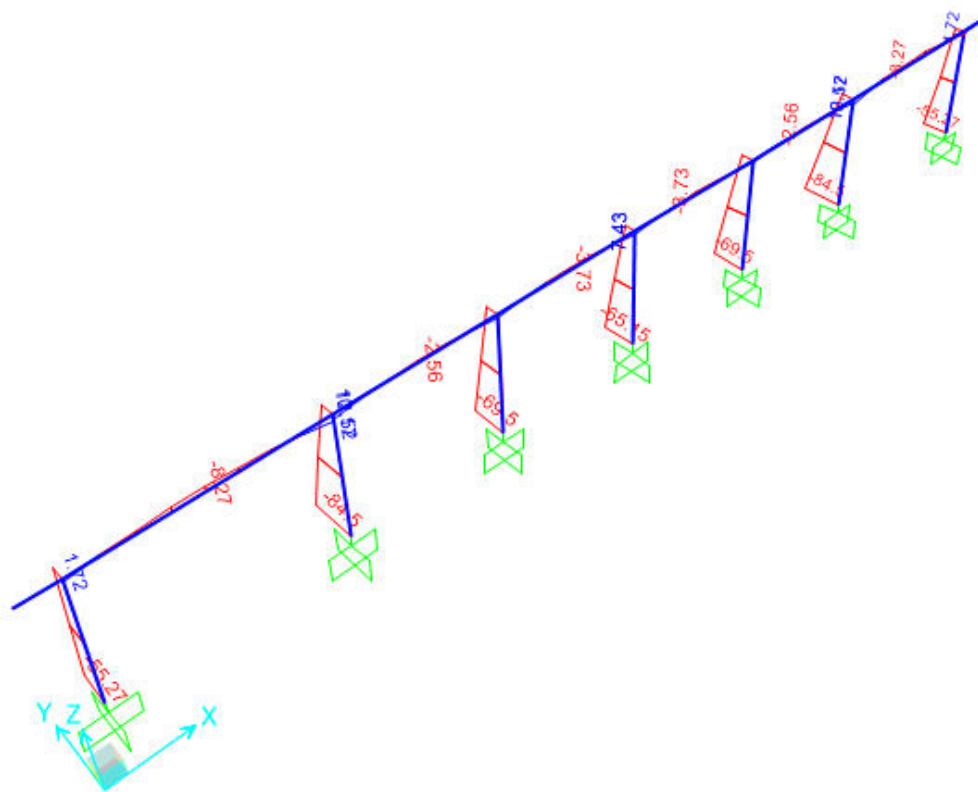


Figura 9-5 – momento flettente su montanti [KN m]

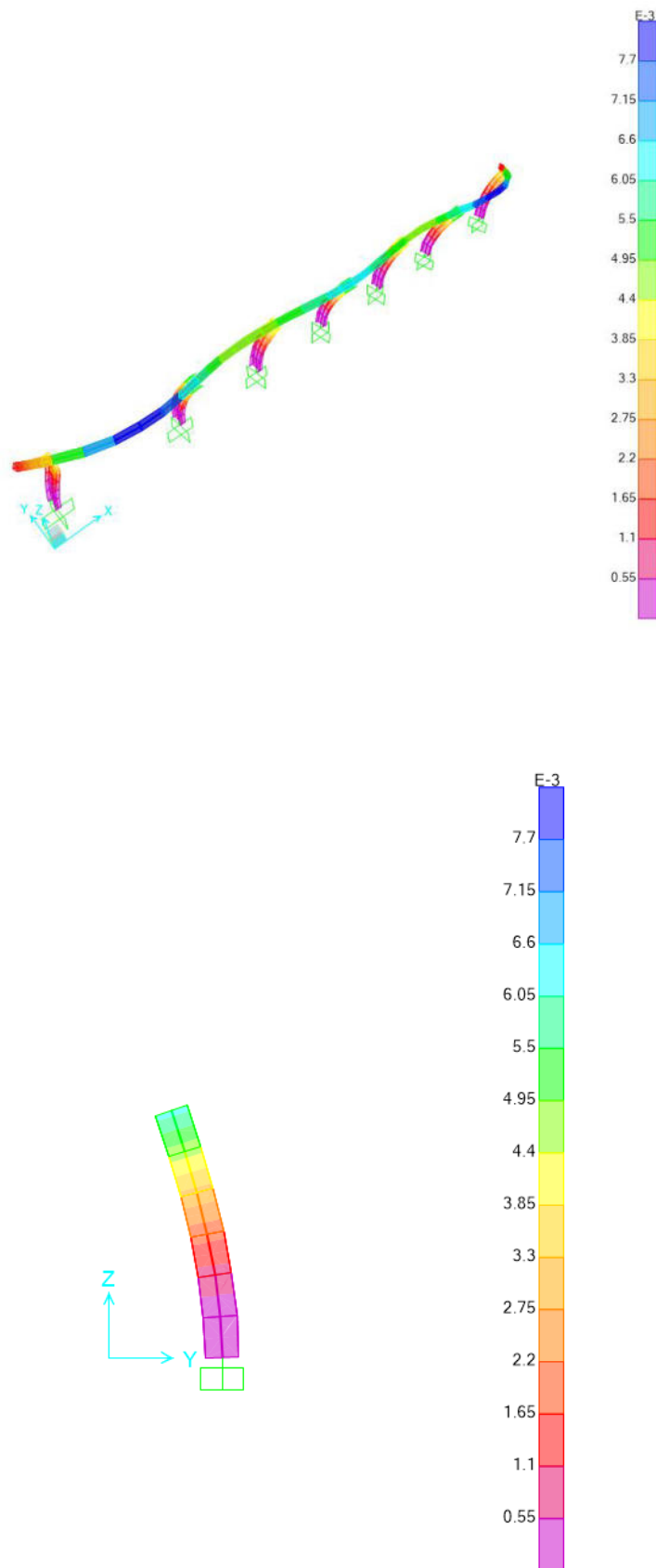


Figura 9-6 – Configurazione deformata



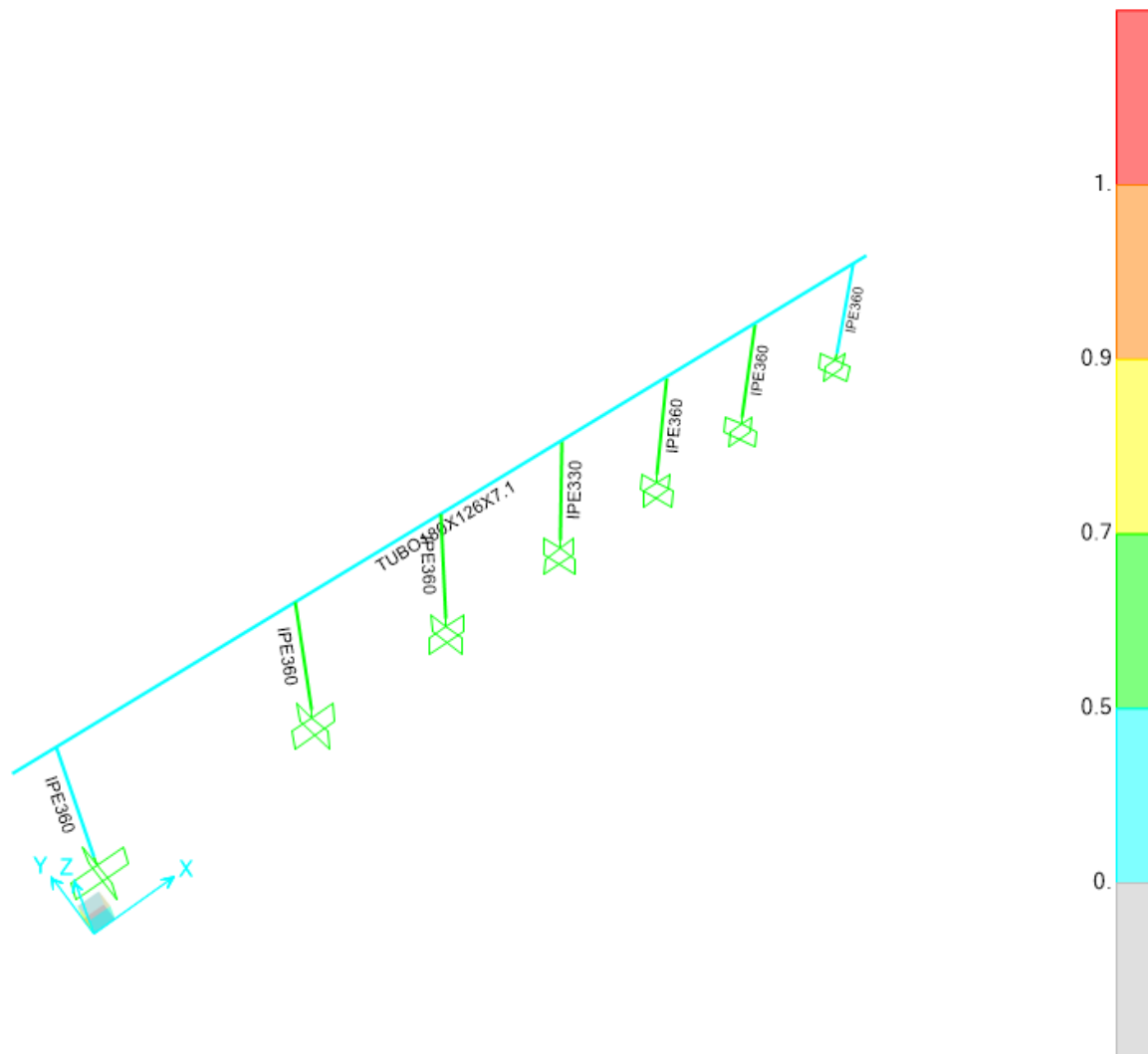


Figura 9-7 – Sezioni utilizzate e tasso di sfruttamento

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Italian NTC 2018				
Frame	DesignSect	Ratio	Combo	Location
Text	Text	Unitless	Text	m
1	IPE360	0.560277	SLU_4	0
2	IPE360	0.560277	SLU_4	0
4	IPE360	0.448904	SLU_4	0
6	IPE330	0.69875	SLU_4	0
8	IPE360	0.448904	SLU_4	0
14	TUBO180X126X7.1	0.220188	SLU_1	0
3	IPE360	0.672575	SLU_4	0
5	IPE360	0.672575	SLU_4	0

Tabella I – Sfruttamento Elementi

## **9.1 Risultati elementi metallici**

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 4 X Mid: 0.6 Combo: SLU 4 Design Type: Column  
Length: 2.43 Y Mid: 1.115 Shape: IPE360 Frame Type: InvPendulum  
Loc : 0. Z Mid: 1.215 Class: Class 1 Rolled : Yes

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?  
No  
Consider Torsion? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25 D/C Lim=0.95  
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75  
Aeff=0.007 eNy=0. eNz=0.  
A=0.007 Iyy=1.627E-04 iyy=0.15 Wel,yy=9.039E-04 Weff,yy=  
9.039E-04 Izz=1.043E-05 izz=0.038 Wel,zz=1.227E-04 Weff,zz=  
It=0. Iyz=0. h=0.36 Wpl,yy=0.001 Av,y=0.005  
1.227E-04 Iw=0. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=1.910E-04 Av,z=0.004  
E=210000000.

## STRESS CHECK FORCES &amp; MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.	-1.411	-86.848	-0.042	-22.757	-0.052	-0.089

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio:  $0.449 = 0.002 + 0.447 + 0. < 0.95$  OK  
 $= \text{Ned} / (\text{Chi}_z \text{ NRk} / \text{GammaM1}) + \text{kzy} (\text{My,Ed} + \text{NEd eNy}) / (\text{Chi}_{LT}$

$\text{My,Rk} / \text{GammaM1}) + \text{kzz} (\text{Mz,Ed} + \text{NEd eNz}) / (\text{Mz,Rk} / \text{GammaM1})$  (NTC Eq C4.2.38)

## AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-1.411	2457.952	2457.952

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	2457.952	2669.544	2427.677	2427.677	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0.21	14280.822	0.425	0.614	0.946	2325.353
MajorB (y-y)	a	0.21	116713.337	0.149	0.506	1.	2457.952
Minor (z-z)	b	0.34	915.482	1.679	2.161	0.284	698.
MinorB (z-z)	b	0.34	7481.992	0.587	0.738	0.843	2072.971
Torsional TF	b	0.34	2427.677	1.031	1.173	0.577	1419.318

## MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	-86.848	-86.848	-59.198	-64.728
Minor (z-z)	-0.042	-0.042	0.022	-0.034

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	344.519	344.519	344.519	194.44
Minor (z-z)	64.576	64.576	64.576	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	c	0.49	0.958	1.145	0.564	0.	393.765

	kw	Psi	C2	C3	zj
Factors	1.	1.408	0.	0.991	
	za	zs	zg	zz	
	0.18	0.	0.18	0.	0.

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.745	0.243	1.	0.405

SAP2000

Project

Job Number

Engineer

SHEAR DESIGN					
	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	22.757	0.089	685.306	0.033	OK
Minor (y)	0.052	0.089	896.589	5.821E-05	OK
	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW		
Reduction	685.306	1.	0.566		

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 3 X Mid: 4.5 Combo: SLU 4 Design Type: Column  
Length: 2.43 Y Mid: 1.115 Shape: IPE360 Frame Type: InvPendulum  
Loc : 0. Z Mid: 1.215 Class: Class 1 Rolled : Yes

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?  
No  
Consider Torsion? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25 D/C Lim=0.95  
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75  
Aeff=0.007 eNy=0. eNz=0.  
A=0.007 Iyy=1.627E-04 iyy=0.15 Wel,yy=9.039E-04 Weff,yy=  
9.039E-04 It=0. Izz=1.043E-05 izz=0.038 Wel,zz=1.227E-04 Weff,zz=  
1.227E-04 Iw=0. Iyz=0. h=0.36 Wpl,yy=0.001 Av,y=0.005  
E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=1.910E-04 Av,z=0.004

## STRESS CHECK FORCES &amp; MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.	-1.214	-132.781	0.018	-38.091	0.023	0.033

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio:  $0.673 = 0.002 + 0.671 + 0. < 0.95$  OK  
 $= \text{Ned} / (\text{Chi}_z \text{ NRk} / \text{GammaM1}) + \text{kzy} (\text{My,Ed} + \text{NEd eNy}) / (\text{Chi}_{LT}$

$\text{My,Rk} / \text{GammaM1}) + \text{kzz} (\text{Mz,Ed} + \text{NEd eNz}) / (\text{Mz,Rk} / \text{GammaM1})$  (NTC Eq C4.2.38)

## AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-1.214	2457.952	2457.952

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	2457.952	2669.544	2427.677	2427.677	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0.21	14280.822	0.425	0.614	0.946	2325.353
MajorB (y-y)	a	0.21	116713.337	0.149	0.506	1.	2457.952
Minor (z-z)	b	0.34	915.482	1.679	2.161	0.284	698.
MinorB (z-z)	b	0.34	7481.992	0.587	0.738	0.843	2072.971
Torsional TF	b	0.34	2427.677	1.031	1.173	0.577	1419.318

## MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	-132.781	-132.781	-86.5	-95.756
Minor (z-z)	0.018	0.018	-0.009	0.015

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	344.519	344.519	344.519	197.953
Minor (z-z)	64.576	64.576	64.576	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	c	0.49	0.941	1.125	0.575	0.	408.114

	kw	Psi	C2	C3	zj
Factors	1.	1.459	0.	0.988	
	za	zs	zg	zz	
	0.18	0.	0.18	0.	0.

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.721	0.24	1.	0.4

SAP2000

Project

Job Number

Engineer

SHEAR DESIGN					
	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	38.091	0.033	685.306	0.056	OK
Minor (y)	0.023	0.033	896.589	2.521E-05	OK
	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW		
Reduction	685.306	1.	0.566		

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 2 X Mid: 7.5 Combo: SLU 4 Design Type: Column  
Length: 2.43 Y Mid: 1.115 Shape: IPE360 Frame Type: InvPendulum  
Loc : 0. Z Mid: 1.215 Class: Class 1 Rolled : Yes

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?  
No  
Consider Torsion? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25 D/C Lim=0.95  
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75  
Aeff=0.007 eNy=0. eNz=0.  
A=0.007 Iyy=1.627E-04 iyy=0.15 Wel,yy=9.039E-04 Weff,yy=  
9.039E-04 Izz=1.043E-05 izz=0.038 Wel,zz=1.227E-04 Weff,zz=  
It=0. Iyz=0. h=0.36 Wpl,yy=0.001 Av,y=0.005  
1.227E-04 Iw=0. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=1.910E-04 Av,z=0.004  
E=210000000.

## STRESS CHECK FORCES &amp; MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.	-1.348	-109.218	-0.003	-29.515	-0.004	-0.01

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio:  $0.56 = 0.002 + 0.558 + 0. < 0.95$  OK  
 $= Ned / (Chi\_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi\_LT$

My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

## AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-1.348	2457.952	2457.952

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	2457.952	2669.544	2427.677	2427.677	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0.21	14280.822	0.425	0.614	0.946	2325.353
MajorB (y-y)	a	0.21	116713.337	0.149	0.506	1.	2457.952
Minor (z-z)	b	0.34	915.482	1.679	2.161	0.284	698.
MinorB (z-z)	b	0.34	7481.992	0.587	0.738	0.843	2072.971
Torsional TF	b	0.34	2427.677	1.031	1.173	0.577	1419.318

## MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	-109.218	-109.218	-73.357	-80.529
Minor (z-z)	-0.003	-0.003	0.002	-0.003

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	344.519	344.519	344.519	195.601
Minor (z-z)	64.576	64.576	64.576	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	c	0.49	0.953	1.138	0.568	0.	398.438

	kw	Psi	C2	C3	zj
Factors	1.	1.425	0.	0.99	
	za	zs	zg	zz	
	0.18	0.	0.18	0.	0.

	kyy	kzy	kzy	kzz
Factors	0.737	0.246	1.	0.41



SAP2000

Project

Job Number

Engineer

SHEAR DESIGN					
	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	29.515	0.01	685.306	0.043	OK
Minor (y)	0.004	0.01	896.589	4.308E-06	OK
	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW		
Reduction	685.306	1.	0.566		

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 6 X Mid: 10.5 Combo: SLU 4 Design Type: Column  
Length: 2.43 Y Mid: 1.115 Shape: IPE330 Frame Type: InvPendulum  
Loc : 0. Z Mid: 1.215 Class: Class 1 Rolled : Yes

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?  
No  
Consider Torsion? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25 D/C Lim=0.95  
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75  
Aeff=0.006 eNy=0. eNz=0.  
A=0.006 Iyy=1.177E-04 iyy=0.137 Wel,yy=7.133E-04 Weff,yy=  
7.133E-04 Izz=7.880E-06 izz=0.035 Wel,zz=9.850E-05 Weff,zz=  
It=0. Iyz=0. h=0.33 Wpl,yy=8.040E-04 Av,y=0.004  
9.850E-05 Iw=0. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=1.540E-04 Av,z=0.003  
E=210000000.

## STRESS CHECK FORCES &amp; MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.	-1.068	-102.374	0.	-27.944	0.	0.

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio:  $0.699 = 0.002 + 0.697 + 0. < 0.95$  OK  
 $= Ned / (Chi\_z NRk / GammaM1) + kzy (My, Ed + Ned eNy) / (Chi\_LT$

$My, Rk / GammaM1) + kzz (Mz, Ed + Ned eNz) / (Mz, Rk / GammaM1)$  (NTC Eq C4.2.38)

## AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-1.068	2116.476	2116.476

Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
2116.476	2298.672	2005.763	2005.763	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0.21	10330.994	0.464	0.635	0.935
MajorB (y-y)	a	0.21	84432.451	0.162	0.509	1.
Minor (z-z)	b	0.34	691.659	1.792	2.377	0.254
MinorB (z-z)	b	0.34	5652.742	0.627	0.769	0.823
Torsional TF	b	0.34	2005.763	1.053	1.199	0.564

## MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	-102.374	-102.374	-68.422	-75.213
Minor (z-z)	0.	0.	0.	0.

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	271.829	271.829	271.829	146.916
Minor (z-z)	52.067	52.067	52.067	

Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	c	0.49	0.999	1.195	0.54	0.

Factors	kw	Psi	C2	C3	zj
1.	1.43	0.	0.99		
za	zs	zg	zz		
0.165	0.	0.165	0.		0.

Factors	kyy	kzy	kzy	kzz
	0.735	0.6	1.	1.

SAP2000

Project

Job Number

Engineer

SHEAR DESIGN					
	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	27.944	0.	601.263	0.046	OK
Minor (y)	0.	0.	772.501	0.	OK
	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW		
Reduction	601.263	1.	0.556		

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 13.5 Combo: SLU 4 Design Type: Column  
Length: 2.43 Y Mid: 1.115 Shape: IPE360 Frame Type: InvPendulum  
Loc : 0. Z Mid: 1.215 Class: Class 1 Rolled : Yes

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?  
No  
Consider Torsion? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25 D/C Lim=0.95  
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75  
Aeff=0.007 eNy=0. eNz=0.  
A=0.007 Iyy=1.627E-04 iyy=0.15 Wel,yy=9.039E-04 Weff,yy=  
9.039E-04 Izz=1.043E-05 izz=0.038 Wel,zz=1.227E-04 Weff,zz=  
It=0. Iyz=0. h=0.36 Wpl,yy=0.001 Av,y=0.005  
1.227E-04 Iw=0. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=1.910E-04 Av,z=0.004  
E=210000000.

## STRESS CHECK FORCES &amp; MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.	-1.348	-109.218	0.003	-29.515	0.004	0.01

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio:  $0.56 = 0.002 + 0.558 + 0. < 0.95$  OK  
 $= Ned / (Chi\_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi\_LT$

$My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1)$  (NTC Eq C4.2.38)

## AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-1.348	2457.952	2457.952

Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
2457.952	2669.544	2427.677	2427.677	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0.21	14280.822	0.425	0.614	2325.353
MajorB (y-y)	a	0.21	116713.337	0.149	0.506	2457.952
Minor (z-z)	b	0.34	915.482	1.679	2.161	698.
MinorB (z-z)	b	0.34	7481.992	0.587	0.738	2072.971
Torsional TF	b	0.34	2427.677	1.031	1.173	1419.318

## MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	-109.218	-109.218	-73.357	-80.529
Minor (z-z)	0.003	0.003	-0.002	0.003

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	344.519	344.519	344.519	195.601
Minor (z-z)	64.576	64.576	64.576	

Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	c	0.49	0.953	1.138	0.568	398.438

Factors	kw	Psi	C2	C3	zj
1.	1.425	0.	0.99		
za	zs	zg	zz		
0.18	0.	0.18	0.	0.	

Factors	kyy	kzy	kzy	kzz
	0.737	0.246	1.	0.41

SAP2000

Project

Job Number

Engineer

SHEAR DESIGN					
	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	29.515	0.01	685.306	0.043	OK
Minor (y)	0.004	0.01	896.589	4.308E-06	OK
	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW		
Reduction	685.306	1.	0.566		

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
 Units : KN, m, C

Frame : 5	X Mid: 16.5	Combo: SLU 4	Design Type: Column
Length: 2.43	Y Mid: 1.115	Shape: IPE360	Frame Type: InvPendulum
Loc : 0.	Z Mid: 1.215	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method Both	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done?
No		
Consider Torsion? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25		
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75	D/C Lim=0.95	
Aeff=0.007	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.007	Iyy=1.627E-04	iyy=0.15	Wel,yy=9.039E-04	Weff,yy=
9.039E-04				
It=0.	Izz=1.043E-05	izz=0.038	Wel,zz=1.227E-04	Weff,zz=
1.227E-04				
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.36	Wpl,yy=0.001	Av,y=0.005
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,zz=1.910E-04	Av,z=0.004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS						
Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.	-1.214	-132.781	-0.018	-38.091	-0.023	-0.033

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio:  $0.673 = 0.002 + 0.671 + 0. < 0.95$  OK

$= \text{Ned} / (\text{Chi}_z \text{ NRk} / \text{GammaM1}) + kzy (\text{My,Ed} + \text{NEd eNy}) / (\text{Chi}_{LT} \text{ My,Rk} / \text{GammaM1})$

$+ kzz (\text{Mz,Ed} + \text{NEd eNz}) / (\text{Mz,Rk} / \text{GammaM1})$  (NTC Eq C4.2.38)

## AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd			
	Force	Capacity	Capacity			
Axial	-1.214	2457.952	2457.952			
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag	
	2457.952	2669.544	2427.677	2427.677	1.	
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0.21	14280.822	0.425	0.946	2325.353
MajorB (y-y)	a	0.21	116713.337	0.149	0.506	2457.952
Minor (z-z)	b	0.34	915.482	1.679	2.161	698.
MinorB (z-z)	b	0.34	7481.992	0.587	0.738	2072.971
Torsional TF	b	0.34	2427.677	1.031	1.173	1419.318

## MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mm,Ed	Meq,Ed		
	Moment	Moment	Moment	Moment		
Major (y-y)	-132.781	-132.781	-86.5	-95.756		
Minor (z-z)	-0.018	-0.018	0.009	-0.015		
	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd		
	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity		
Major (y-y)	344.519	344.519	344.519	197.953		
Minor (z-z)	64.576	64.576	64.576			
Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	c	0.49	0.941	1.125	0.575	408.114
Factors	kw	Psi	C2	C3		
	1.	1.459	0.	0.988		
	za	zs	zg	zz	zj	
	0.18	0.	0.18	0.	0.	
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz		
	0.721	0.24	1.	0.4		

SAP2000

Project

Job Number

Engineer

SHEAR DESIGN					
	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	38.091	0.033	685.306	0.056	OK
Minor (y)	0.023	0.033	896.589	2.521E-05	OK
	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW		
Reduction	685.306	1.	0.566		

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
 Units : KN, m, C

Frame : 8	X Mid: 20.4	Combo: SLU 4	Design Type: Column
Length: 2.43	Y Mid: 1.115	Shape: IPE360	Frame Type: InvPendulum
Loc : 0.	Z Mid: 1.215	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method Both	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done?
No		
Consider Torsion? No		

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25		
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75	D/C Lim=0.95	
Aeff=0.007	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.007	Iyy=1.627E-04	iyy=0.15	Wel,yy=9.039E-04	Weff,yy=
9.039E-04				
It=0.	Izz=1.043E-05	izz=0.038	Wel,zz=1.227E-04	Weff,zz=
1.227E-04				
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.36	Wpl,yy=0.001	Av,y=0.005
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,zz=1.910E-04	Av,z=0.004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS						
Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.	-1.411	-86.848	0.042	-22.757	0.052	0.089

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio:  $0.449 = 0.002 + 0.447 + 0. < 0.95$  OK

$= \text{Ned} / (\text{Chi}_z \text{ NRk} / \text{GammaM1}) + \text{kzy} (\text{My,Ed} + \text{NEd eNy}) / (\text{Chi}_{LT} \text{ My,Rk} / \text{GammaM1})$

$+ \text{kzz} (\text{Mz,Ed} + \text{NEd eNz}) / (\text{Mz,Rk} / \text{GammaM1})$  (NTC Eq C4.2.38)

## AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd			
	Force	Capacity	Capacity			
Axial	-1.411	2457.952	2457.952			
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag	
	2457.952	2669.544	2427.677	2427.677	1.	
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0.21	14280.822	0.425	0.614	0.946
MajorB (y-y)	a	0.21	116713.337	0.149	0.506	1.
Minor (z-z)	b	0.34	915.482	1.679	2.161	0.284
MinorB (z-z)	b	0.34	7481.992	0.587	0.738	0.843
Torsional TF	b	0.34	2427.677	1.031	1.173	0.577
						1419.318

## MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mm,Ed	Meq,Ed		
	Moment	Moment	Moment	Moment		
Major (y-y)	-86.848	-86.848	-59.198	-64.728		
Minor (z-z)	0.042	0.042	-0.022	0.034		
	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd		
	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity		
Major (y-y)	344.519	344.519	344.519	194.44		
Minor (z-z)	64.576	64.576	64.576			
Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	c	0.49	0.958	1.145	0.564	0.
						393.765
Factors	kw	Psi	C2	C3		
	1.	1.408	0.	0.991		
	za	zs	zg	zz	zj	
	0.18	0.	0.18	0.	0.	
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz		
	0.745	0.243	1.	0.405		



SAP2000

Project

Job Number

Engineer

SHEAR DESIGN					
	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	22.757	0.089	685.306	0.033	OK
Minor (y)	0.052	0.089	896.589	5.821E-05	OK
	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW		
Reduction	685.306	1.	0.566		

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)  
Units : KN, m, C

Frame : 14 X Mid: 10.5 Combo: SLU\_3 Design Type: Beam  
Length: 21. Y Mid: 1.115 Shape: TUBO180X126X7.1 Frame Type: InvPendulum  
Loc : 21. Z Mid: 2.43 Class: Class 1 Rolled : Yes

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?  
No  
Consider Torsion? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25  
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=0.95  
Aeff=0.004 eNy=0. eNz=0.  
A=0.004 Iyy=1.877E-05 iyy=0.067 Wel,yy=2.086E-04 Weff,yy=  
2.086E-04  
It=2.057E-05 Izz=1.070E-05 izz=0.051 Wel,zz=1.698E-04 Weff,zz=  
1.698E-04  
Iw=0. Iyz=0. h=0.18 Wpl,yy=2.523E-04 Av,y=0.002  
E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=1.963E-04 Av,z=0.002

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
21.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.32)

D/C Ratio:  $0.22 = 0. + 0.133 + 0.087 < 0.95$  OK  

$$= \frac{Ned}{(Chi\_min (fyk \cdot A) / GammaM1)}$$

$$+ \frac{(My, Ed)}{(Chi\_LT ((fyk \cdot Wy) / GammaM1) \cdot (1 - Ned / Ncr, y))}$$

$$+ \frac{(Mz, Ed)}{((fyk \cdot Wz) / GammaM1) \cdot (1 - Ned / Ncr, z))} \quad (NTC Eq$$

C4.2.32)

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	0.	1401.067	1401.067

	Npl,Rd 1401.067	Nu,Rd 1521.677	Ncr,T 233625.288	Ncr,TF 50.288	An/Ag 1.		
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd	
Major (y-y)	a	0.21	2557.726	0.758	0.846	0.819	1146.912
MajorB (y-y)	a	0.21	2557.726	0.758	0.846	0.819	1146.912
Minor (z-z)	a	0.21	50.288	5.409	15.674	0.033	46.111
MinorB (z-z)	a	0.21	50.288	5.409	15.674	0.033	46.111
Torsional TF	a	0.21	50.288	5.409	15.674	0.033	46.111

#### MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	0.	7.426	-0.363	9.393
Minor (z-z)	0.	7.673	0.833	5.755

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	85.301	85.301	85.301	85.301
Minor (z-z)	66.368	66.368	66.368	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	d	0.76	0.435	0.684	0.825	0.	472.436

Factors	kw	Psi	C2	C3	zj
	1.	1.634	0.	0.	
	za	zs	zg	zz	
	0.09	0.	0.09	0.	0.
	kyk	kyz	kzy	kzz	

SAP2000

Project

Job Number

Engineer

Factors	0.862	0.54	0.517	0.9	
SHEAR DESIGN					
	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	0.	0.	475.827	0.	OK
Minor (y)	0.	0.	333.079	0.	OK
	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW		
Reduction	475.827	1.	0.331		
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS					
	VMajor	VMajor			
	Left	Right			
Major (V2)	0.	0.			