

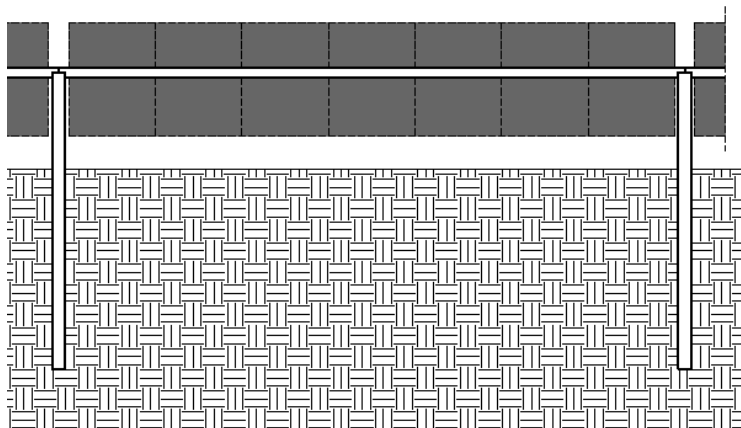
**GBRG ENGINEERING srl**  
Sede Legale: Via Togliatti 54  
Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  
20080 Zibido S. Giacomo (MI)  
Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  
[giuseppe.giunta@gbrg.it](mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it)  
[www.gbrg.it](http://www.gbrg.it)

**LUMISTUDIO SRL**  
Strada 4, palazzo Q8,5° piano  
Centro Direzionale Milanofiori  
20089 Rozzano (MI)  
Tel. +39 02.49443671  
[info@lumistudio.it](mailto:info@lumistudio.it)

## COMUNE DI BENTIVOGLIO PROVINCIA DI BOLOGNA

# NUOVA COSTRUZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA

LA CASELLA SNC



## PROGETTO DEFINITIVO

## STRUTTURA AD INSEGUIMENTO PER IMPIANTI FOTOVOLTAICI

OTTOBRE 2024

Progettista:



GBRG ENGINEERING Srl  
Sede Legale - Via Palmiro Togliatti n.54  
Sede Operativa - Via dei Fiori n.2/d  
Zibido San Giacomo (MI)  
ING. GIUNTA GIUSEPPE  
Tel. 02-9000.33.63 - Fax 02/922.70.938 [giuseppe.giunta@gbrg.it](mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it) - [www.gbrg.it](http://www.gbrg.it)



<p><b>GBRG ENGINEERING srl</b>  Sede Legale: Via Togliatti 54  Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  20080 Zibido S. Giacomo (MI)  Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a>  <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a></p>	<p><b>LUMISTUDIO SRL</b>  Strada 4, palazzo Q8,5° piano  Centro Direzionale Milanofiori  20089 Rozzano (MI)  Tel. +39 02.49443671  <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a></p>
--	---

# INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSE .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1</b>	<b>Argomentazioni dettagliate nella presente Relazione .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2</b>	<b>Unità di misura .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Normativa emessa dallo Stato Italiano .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>Eurocodice 8 –calcoli sismici- .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>PROGRAMMI DI CALCOLO .....</b>	<b>7</b>
<b>4.1</b>	<b>SAP2000 Advanced v.19.2.2.....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>13</b>
<b>5.1</b>	<b>Calcestruzzo: Montante verticale .....</b>	<b>13</b>
<b>5.2</b>	<b>Carpenterie Metalliche .....</b>	<b>14</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Acciaio da Carpenteria S275.....</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI .....</b>	<b>15</b>
<b>6.1</b>	<b>Falda .....</b>	<b>17</b>
<b>6.2</b>	<b>K Winkler.....</b>	<b>17</b>
<b>6.3</b>	<b>Categoria sismica del profilo stratigrafico .....</b>	<b>17</b>
<b>6.4</b>	<b>Valutazione della lunghezza deGLi elementi infissi nel terreno .....</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>AZIONI DI CALCOLO E COMBINAZIONI AGLI STATI LIMITE – NTC2018.....</b>	<b>19</b>
<b>7.1</b>	<b>S.L.U. e S.L.E. ....</b>	<b>19</b>
<b>7.1.1</b>	<b>Combinazioni Rare.....</b>	<b>20</b>
<b>7.1.2</b>	<b>Combinazioni Frequenti .....</b>	<b>20</b>
<b>7.1.3</b>	<b>Combinazioni Quasi Permanenti.....</b>	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>S.L.U. / S.L.D. COMBINAZIONE SISMICA –NTC2018 .....</b>	<b>21</b>
<b>9</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>22</b>
<b>9.1</b>	<b>Peso proprio dei pannelli fotovoltaici .....</b>	<b>22</b>
<b>9.2</b>	<b>Peso proprio degli Acciai .....</b>	<b>22</b>
<b>9.2.1</b>	<b>Neve su copertura .....</b>	<b>22</b>
<b>9.3</b>	<b>Azione del Vento .....</b>	<b>23</b>
<b>9.4</b>	<b>Considerazioni di carattere progettuale ed esecutivo per valutazione analisi carico vento .....</b>	<b>27</b>
<b>9.4.1</b>	<b>Accelerazione orizzontale al suolo .....</b>	<b>28</b>
<b>9.4.2</b>	<b>Categoria suolo - C .....</b>	<b>28</b>
<b>9.4.3</b>	<b>Fattore di Struttura.....</b>	<b>28</b>
<b>9.4.4</b>	<b>Spettro di risposta Elastico.....</b>	<b>29</b>
<b>9.4.4.1</b>	<b>Per componenti orizzontali .....</b>	<b>29</b>
<b>9.4.4.2</b>	<b>Per componenti verticali .....</b>	<b>32</b>
<b>9.4.5</b>	<b>Spettri di progetto per lo S.L.U. ....</b>	<b>33</b>

<p><b>GBRG ENGINEERING srl</b>  Sede Legale: Via Togliatti 54  Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  20080 Zibido S. Giacomo (MI)  Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a>  <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a></p>	<p><b>LUMISTUDIO SRL</b>  Strada 4, palazzo Q8,5° piano  Centro Direzionale Milanofiori  20089 Rozzano (MI)  Tel. +39 02.49443671  <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a></p>
--	---

<b>9.4.5.1</b>	<b>Per componenti orizzontali e verticali .....</b>	<b>33</b>
<b>9.4.6</b>	<b>Spettri di progetto per lo S.L.D. ....</b>	<b>33</b>
<b>9.4.7</b>	<b>Classe di duttilità .....</b>	<b>33</b>
<b>9.4.8</b>	<b>Vita nominale.....</b>	<b>33</b>
<b>9.4.9</b>	<b>Classe d'uso .....</b>	<b>34</b>
<b>9.4.10</b>	<b>Periodo di riferimento per l'azione sismica.....</b>	<b>34</b>
<b>9.4.10.1</b>	<b>Riepilogo dati .....</b>	<b>35</b>
<b>9.4.11</b>	<b>Accelerazione orizzontale al suolo .....</b>	<b>36</b>
<b>10</b>	<b>MODELLAZIONE STRUTTURA .....</b>	<b>38</b>
<b>10</b>	<b>VERIFICHE DI RESISTENZA.....</b>	<b>39</b>
<b>10.1</b>	<b>Verifiche SLE .....</b>	<b>39</b>
<b>10.1.1</b>	<b>Trave longitudinale sez. 150x150x5 - L 4,70 m.....</b>	<b>39</b>
<b>10.1.1</b>	<b>Verifiche deformabilità trave longitudinale SLE sez. 150x150x5 – L = 4,70 m.....</b>	<b>40</b>
<b>10.1.2</b>	<b>Montante verticale sez. 200x150 - H = 1,45 m .....</b>	<b>41</b>
<b>10.1.3</b>	<b>Verifiche deformabilità Montante verticale SLE sez. 200x150 – H = 1,45 m.....</b>	<b>42</b>
<b>10.2</b>	<b>Verifica di resistenza SLU .....</b>	<b>43</b>
<b>10.2.1</b>	<b>Trave longitudinale sez. 150x150x5 – L= 4,7 m.....</b>	<b>43</b>
<b>10.2.2</b>	<b>Montante verticale sez. 200x150 – H= 1,45 m.....</b>	<b>46</b>
<b>10.3</b>	<b>Verifica capacità portante della fondazione dei pali sez. 200x150 mm- IH=1,45 m.....</b>	<b>48</b>
<b>10.3.1</b>	<b>Resistenze di pali soggetti a carichi assiali .....</b>	<b>48</b>
<b>10.3.1</b>	<b>Resistenze di pali soggetti a carico trasversale .....</b>	<b>52</b>
<b>11</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>55</b>
<b>11.1</b>	<b>Attuale Progettuale Definitiva .....</b>	<b>55</b>
<b>11.2</b>	<b>Rimando alla futura Progettuale Esecutiva (con veri e propri campi-prova) .....</b>	<b>55</b>

<p><b>GBRG ENGINEERING srl</b>  Sede Legale: Via Togliatti 54  Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  20080 Zibido S. Giacomo (MI)  Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a>  <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a></p>	<p><b>LUMISTUDIO SRL</b>  Strada 4, palazzo Q8,5° piano  Centro Direzionale Milanofiori  20089 Rozzano (MI)  Tel. +39 02.49443671  <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a></p>
--	---

## 1 PREMESSE

La presente relazione di calcolo preliminare illustra gli interventi di realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra di tipo fisso nel comune di Bentivoglio (BO).

Il sito interessato alla realizzazione dell'impianto si sviluppa nel territorio del Comune di Bentivoglio (BO), in località La Casella SNC, identificato al catasto terreni al foglio 3, mappali 25, 27, 28, 29, 30, 77, 80, 81, 82, 83, 84.

Il progetto prevede la realizzazione di un sistema di pannelli fotovoltaici del tipo "ad inseguimento" costituiti da vele indipendenti. Ciascuna delle vele saranno sorrette da un elemento longitudinale di profilo rettangolare cavo 150x150x5 e da montanti verticali con sezione mista in acciaio da 200x150x5 riempita con boiacca o cls. Infine il montante viene ancorato al terreno per una profondità di 3 m circa.

Il seguente intervento rientra nell'ambito degli Interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici previsti dalla Delibera di giunta regionale n°2272/2016. In particolare, l'intervento prevede:

### 1.1 Argomentazioni dettagliate nella presente Relazione

La Relazione riporta nell'ordine:

1. Indicazioni sulla Normativa di riferimento
2. Caratteristiche dei Materiali
3. Descrizione geometrica
4. Analisi dei carichi
5. Analisi delle sollecitazioni
6. Verifiche di resistenza

### 1.2 Unità di misura

- lunghezza	[m] ÷ [cm] ÷ [mm]
- forze	[kN] ÷ [daN]
- angoli	[rad] ÷ [grad]
- tensioni	[N/mm <sup>2</sup> ] ÷ [daN/cm <sup>2</sup> ]

<p><b>GBRG ENGINEERING srl</b>  Sede Legale: Via Togliatti 54  Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  20080 Zibido S. Giacomo (MI)  Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a>  <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a></p>	<p><b>LUMISTUDIO SRL</b>  Strada 4, palazzo Q8,5° piano  Centro Direzionale Milanofiori  20089 Rozzano (MI)  Tel. +39 02.49443671  <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a></p>
--	---

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sviluppati nel seguito sono stati svolti nello spirito del metodo “s.l.u.” e nel rispetto della normativa vigente; in particolare si sono osservate le prescrizioni contenute nelle seguenti:

### 2.1 Normativa emessa dallo Stato Italiano

**Legge 05.11.1971 n. 1086** : "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";

**Ministero dei LL.PP. - D.M. 14.02.1992** : "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento normale e precompresso e per le strutture metalliche";

**Ministero dei LL.PP. - Circ. 37406 del 24.06.1993** : "Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al Decreto Ministeriale 14 febbraio 1992";

**Ministero dei LL.PP. - D.M. 09.01.1996** : "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento normale e precompresso e per le strutture metalliche"

**Ministero dei LL.PP. - Circ. 252 del 15.10.1996** : "Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al Decreto Ministeriale 09 gennaio 1996"

**Ministero dei LL.PP. - D.M. 16.01.1996** : Norme Tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";

**Ministero dei LL.PP. - Circ. 156 del 04.07.1996** : Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";

**Ministero dei LL.PP. - D.M. 16.01.1996** : "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche";

**Ministero dei LL.PP. - Circ. 65/AA. GG. del 10.04.1997** : Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996;

**Ministero dei LL.PP. - D.M. 04.05.1990** : "Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali";

**Ministero dei LL.PP. - Circ. 34233 del 25.02.1991** : "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali";

**Ministero dei LL.PP. - D.M. 11.03.1988** : "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

**Ministero dei LL.PP. - Circ. 30483 del 24.09.1988** : Istruzioni per l'applicazione delle "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";

**Ministero dei LL.PP. - D.M. 03.12.1987** : "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate";

<p><b>GBRG ENGINEERING srl</b>  Sede Legale: Via Togliatti 54  Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  20080 Zibido S. Giacomo (MI)  Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a>  <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a></p>	<p><b>LUMISTUDIO SRL</b>  Strada 4, palazzo Q8,5° piano  Centro Direzionale Milanofiori  20089 Rozzano (MI)  Tel. +39 02.49443671  <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a></p>
--	---

**Ministero dei LL.PP. - Circ. 31104 del 16.03.1989** : "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate";

**Ordinanza Sismica** del 20/03/2003. G.U. n°105 dell'8 Maggio 03.

- 1 Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – Individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone.
- 2 Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli Edifici.
- 3 Norme tecniche per il progetto sismico dei Ponti.
- 4 Norme tecniche per il progetto sismico di opere di Fondazione e di Sostegno dei terreni.
- 5 Nota esplicativa. Dipartimento della Protezione Civile. 04/Giugno/2003.

**Testo Unico** Norme Tecniche per le costruzioni 23.09.2005

**Testo Unico** Norme Tecniche per le costruzioni 14.01.2008

**Testo Unico** Nuove Norme Tecniche per le costruzioni 17.01.2018

## 2.2 Eurocodice 8 –calcoli sismici-

UNI ENV 1998-1-1	parte 1-1:	Regole generali – Azioni Sismiche e requisiti generali per le strutture
UNI ENV 1998-1-2	parte 1-2:	Regole generali – Regole generali per gli edifici
UNI ENV 1998-2	parte 2:	Ponti
UNI ENV 1998-1-3	parte 1-3:	Regole generali – Regole specifiche per i diversi materiali ed elementi
UNI ENV 1998-5	parte 5:	Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

## 3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Edward L. Wilson: **Three dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures** –  
*A physical approach with emphasis on earthquake engineering* - CSI Berkeley CA, USA 1998

Migliacci – F. Mola: **Progetto agli stati limite delle strutture in c.a.** – Masson Italia Editori 1985

Castellani: **Costruzioni in zona sismica** – Masson Italia Editori 1983

C. Cestelli Guidi: **Geotecnica e tecnica delle fondazioni** – Ulrico Hoepli Editore 1987

<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

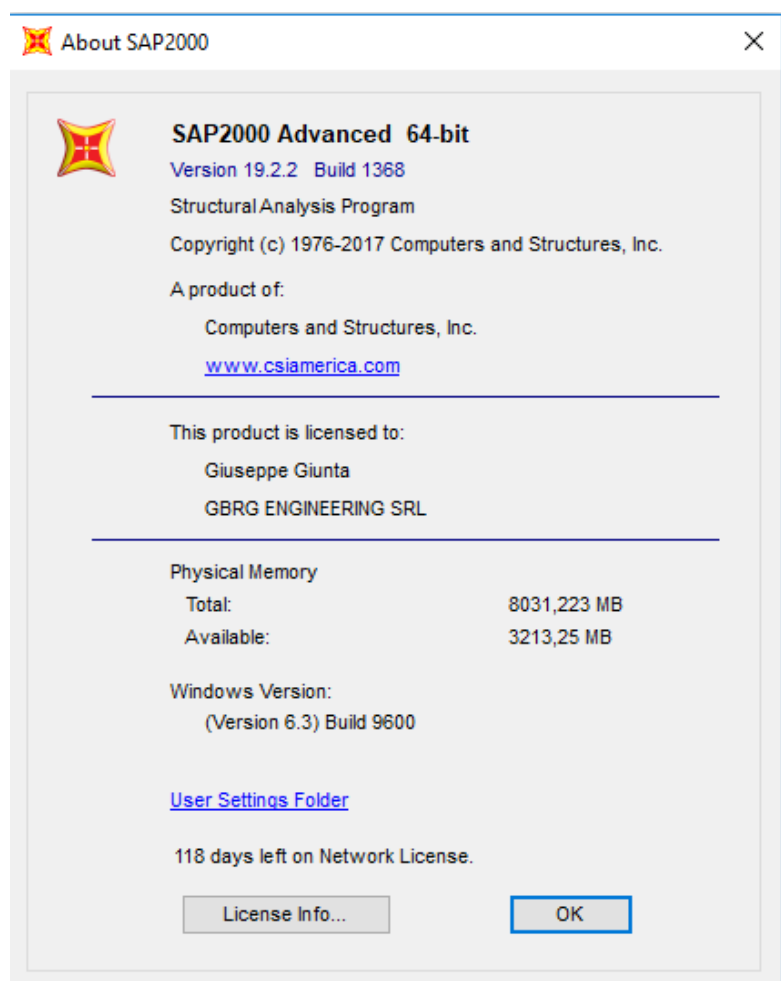
## 4 PROGRAMMI DI CALCOLO

### 4.1 SAP2000 Advanced v.19.2.2

#### ▪ Premessa

Il codice di calcolo **SAP2000 Advanced v.19.2.2** è prodotto dalla C.S.I. (Computer and Structures, Inc) di Berkeley – California, distribuito e assistito dalla C.S.I. Italia.

<b>Computers and Structures, Inc.</b> 1995 University Avenue Berkeley, California 94704 USA <b>Tel:</b> (510) 649-2200 <b>Fax:</b> (510) 649-2299 <b>e-mail:</b> <a href="mailto:info@csiberkeley.com">info@csiberkeley.com</a> <b>web:</b> <a href="http://www.csiberkeley.com">www.csiberkeley.com</a>	<b>CSI Italia Srl</b> Galleria San Marco 4 33170 Pordenone <b>Tel:</b> 0434 28465 <b>Fax:</b> 0434 28466 <b>e-mail:</b> <a href="mailto:posta@csi-italia.eu">posta@csi-italia.eu</a> <b>web:</b> <a href="http://www.csi-italia.eu">www.csi-italia.eu</a>
--	---



SAP2000 è disponibile in tre diversi livelli: Base (B) (limitato a 1500 nodi), Plus (P) e Avanzato (A).

<p><b>GBRG ENGINEERING srl</b>  Sede Legale: Via Togliatti 54  Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  20080 Zibido S. Giacomo (MI)  Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a>  <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a></p>	<p><b>LUMISTUDIO SRL</b>  Strada 4, palazzo Q8,5° piano  Centro Direzionale Milanofiori  20089 Rozzano (MI)  Tel. +39 02.49443671  <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a></p>
--	---

Sono inoltre disponibili vari moduli aggiuntivi: Bridge (BR), Offshore (OS), Costruzione per Fasi (CF).

La versione disponibile è di livello Avanzato ma senza moduli aggiuntivi.

Il codice SAP2000 è sviluppato in ambiente Windows e permette l'analisi strutturale con il metodo degli elementi finiti.

Tale metodo si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi.

I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale.

Le incognite del problema, nell'ambito del metodo degli spostamenti, sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z).

La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$$\underline{\mathbf{K}} \times \underline{\mathbf{u}} = \underline{\mathbf{F}}$$

dove:

- $\underline{\mathbf{K}}$  : matrice di rigidezza;
- $\underline{\mathbf{u}}$  : vettore spostamenti nodali;
- $\underline{\mathbf{F}}$  : vettore forze nodali.

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

Nel SAP2000 le strutture sono modellate in uno spazio virtuale, facendo riferimento ad un sistema di coordinate globale, destrorso, rettangolare, con tre assi X-Y-Z mutuamente ortogonali. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

Tutti i sistemi di riferimento locali degli elementi costituenti il modello sono riferiti ad esso tramite opportune trasformazioni di coordinate.

Gli elementi fisici del modello sono rappresentati da oggetti. Usando l'interfaccia, è necessario disegnare la geometria di un oggetto, successivamente assegnare proprietà e carichi all'oggetto per definire completamente la membratura fisica.

Gli oggetti disponibili sono:

- **Frame:** viene usato per modellare il comportamento di travi, pilastri, bielle o cavi nelle strutture piane e tridimensionali. L'elemento Frame fa uso di una formulazione a pilastro generale e tridimensionale che comprende gli effetti della flessione biassiale, della torsione, della deformazione assiale e delle deformazioni biassiali di taglio.

Un elemento Frame è modellato come un segmento che congiunge due punti. Ciascun elemento ha il proprio sistema di coordinate locale per la definizione delle proprietà della sezione e dei carichi e per l'interpretazione dei risultati.

Ciascun elemento Frame può sopportare il carico dovuto al proprio peso, più carichi concentrati e distribuiti.

Per tener conto della dimensione finita delle intersezioni fra asta e pilastro sono disponibili gli scostamenti dalle estremità (End Offsets). Sono disponibili anche rilasci alle estremità (End Releases) per modellare differenti condizioni di vincolo interno alle estremità dell'elemento.

- **Shell:** viene usato per modellare il comportamento a Shell, a membrana e a piastra nelle strutture piane e tridimensionali. L'elemento Shell ha una formulazione a tre o quattro nodi che combina il comportamento separato a membrana e quello a piastra flettente. L'elemento a quattro nodi non deve necessariamente essere piano.

Il comportamento a membrana usa una formulazione isoparametrica che comprende le componenti di rigidezza traslazionali nel piano e una componente di rigidezza rotazionale nella direzione normale al piano dell'elemento.

Il comportamento a piastra flettente comprende due componenti di rigidezza rotazionali della piastra, fuori dal piano, e una componente di rigidezza traslazionale nella direzione normale al piano dell'elemento.



<p><b>GBRG ENGINEERING srl</b>  Sede Legale: Via Togliatti 54  Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  20080 Zibido S. Giacomo (MI)  Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a>  <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a></p>	<p><b>LUMISTUDIO SRL</b>  Strada 4, palazzo Q8,5° piano  Centro Direzionale Milanofiori  20089 Rozzano (MI)  Tel. +39 02.49443671  <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a></p>
--	---

Per default viene usata una formulazione a piastra spessa (Mindlin/Reissner) che comprende gli effetti della deformazione di taglio trasversale.

A scelta, è possibile scegliere una formulazione a piastra sottile (Kirchoff) che trascuri la deformazione di taglio trasversale.

Le strutture che possono essere modellate con questo elemento comprendono:

- “Shell” tridimensionali, come serbatoi e cupole;
- Strutture a piastra, come ad esempio solette e platee;
- Strutture a membrana come pareti di taglio (setti).

Ciascun elemento Shell ha il suo proprio sistema di coordinate locali per la definizione delle proprietà del materiale e dei carichi e per l'interpretazione dell'output.

A ciascun elemento può essere applicato un carico gravitazionale oppure uniforme in ogni direzione.

Per la rigidità dell'elemento Shell viene usata una formulazione variabile, con integrazione numerica da quattro a otto punti.

Le tensioni, le forze interne ed i momenti, nel sistema di coordinate locale dell'elemento, sono valutate ai punti di integrazione di Gauss 2 per 2 ed estrapolati ai nodi dell'elemento.

Una stima approssimata dell'errore nelle tensioni o nelle forze interne dell'elemento può essere ricavata dalla differenza dei valori calcolati da elementi diversi connessi ad un nodo comune. Ciò fornirà un'indicazione dell'accuratezza di una data mesh di elementi finiti e potrà essere usata in seguito come base per selezionare una maglia nuova e più accurata.

- **Nllink**: viene usato per modellare delle non linearità locali all'interno della struttura, come ad esempio:
  - **Multi linear elastic**: elementi ad elastici n-lineari;
  - **Gaps**: elementi solo compressi costituiti da una molla con in serie un'apertura;
  - **Hook**: elementi solo tesi costituiti da una molla con in serie un gancio;
  - **Dampers**: elementi a viscosità non lineare;
  - **Plastic**: elementi a comportamento elasto-plastico con leggi diverse;
  - **Rubber Isolator**: isolatori isteretici;
  - **Friction Isolator**: isolatori ad attrito.

L'elemento Nllink viene usato per modellare una non linearità concentrata della struttura. Il comportamento non lineare è utilizzabile solo durante analisi non lineari (statiche, dinamiche). Per le altre analisi gli Nllink hanno un comportamento lineare.

Ogni elemento può essere ad 1 nodo (per esempio molle a terra) o a 2 nodi. In entrambi i casi le loro proprietà sono definite allo stesso modo.

Ogni elemento è assunto come composto da 6 molle separate, una per ogni grado di libertà (assiale, taglio, torsione e momento puro).

Ognuna di queste molle possiede un doppio gruppo di proprietà:

- Il primo gruppo definisce la rigidità elastica e lo smorzamento viscoso lineare; tali proprietà sono utilizzate durante le analisi lineari;
- Il secondo gruppo definisce una legge opzionale non lineare che verrà utilizzata in analisi non lineari.

I **casi di analisi** disponibili, che definiscono come i carichi devono essere applicati alle strutture e come è calcolata la risposta delle strutture stesse, sono classificate come lineari o non lineari.

I tipi di analisi **lineari** disponibili sono:

- **Statica**: è il tipo di analisi più frequente. I carichi sono applicati senza alcun effetto dinamico.

<p><b>GBRG ENGINEERING srl</b>  Sede Legale: Via Togliatti 54  Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  20080 Zibido S. Giacomo (MI)  Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a>  <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a></p>	<p><b>LUMISTUDIO SRL</b>  Strada 4, palazzo Q8,5° piano  Centro Direzionale Milanofiori  20089 Rozzano (MI)  Tel. +39 02.49443671  <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a></p>
--	---

- **Analisi dinamica modale:** calcolo dei modi di vibrare della struttura secondo il metodo di Eigen o il metodo di Ritz. I carichi non sono applicati, a meno che essi non siano usati per generare i vettori di Ritz.
- **Analisi dinamica in spettro di risposta:** questa analisi viene accoppiata ad una analisi modale per la determinazione di vettori di forze, le cui combinazioni rappresenteranno le azioni sismiche. Per effettuare questa analisi è necessario definire una funzione di spettro. Questa funzione di spettro normalmente è espressa in termini di pseudo-accelerazione e periodo.
- **Analisi al passo:** in questa analisi vengono applicati carichi che subiscono variazioni nel tempo. Queste variazioni sono rappresentate da funzioni storia-tempo. La soluzione di questa analisi può essere calcolata con il metodo FNA che sfrutta sovrapposizioni modali oppure mediante integrazione diretta.
- **Analisi di instabilità:** in questa analisi vengono calcolati i modi di instabilità della struttura soggetta ai carichi esterni. Il compito di questa analisi è quello di determinare dei moltiplicatori scalari dei carichi esterni che producono l'insorgere di fenomeni di instabilità.
- **Analisi a carichi mobili:** questa analisi serve per calcolare la risposta della struttura soggetta al transito di veicoli e in generale a carichi che si muovono su di essa. Si possono definire diversi tipi di veicolo e assegnare un numero arbitrario di linee di transito. Verranno considerate tutte le permutazioni derivate dal posizionamento del carico sulla struttura.

Le analisi **non lineari** disponibili sono:

- **Non lineare statica:** i carichi sono applicati senza effetti dinamici. Questa analisi può essere utilizzata per metodi tipo Pushover, o costruzioni sequenziali.
- **Non lineare dinamica:** sono applicati carichi con variazione nel tempo. Queste analisi richiedono la definizione di funzioni valore-tempo. La soluzione di queste analisi può essere ottenuta con i metodi della scomposizione modale oppure con i metodi della integrazione diretta.

I carichi possono essere applicati sia ai nodi, come forze o coppie concentrate, sia sulle travi, come forze distribuite, trapezie, concentrate, come coppie e come distorsioni termiche.

Sulle superfici degli elementi Shell è possibile applicare forze uniformemente distribuite, la cui direzione di applicazione può essere specificata nel sistema di coordinate globale o in quello locale.

La forza totale che agisce sull'elemento in ciascuna direzione locale è data dall'intensità di carico totale in quella direzione moltiplicata per l'area della superficie mediana. Questa forza è ripartita sui nodi dell'elemento.

I vincoli sono forniti tramite le sei costanti di rigidità elastica.

I vincoli esterni devono essere applicati anche ai gradi di libertà disponibili del sistema per i quali sia noto che la rigidità è nulla, come le traslazioni fuori dal piano e le rotazioni nel piano di un telaio piano, altrimenti la struttura risulta instabile e le equazioni statiche non risolubili.

Un grado di libertà vincolato esternamente non può essere vincolato internamente.

Uno dei sei gradi di libertà di qualunque nodo nella struttura può avere condizioni di supporto a molla di tipo traslazionale o rotazionale. Queste molle congiungono elasticamente il nodo al terreno. I supporti a molla in corrispondenza di gradi di libertà vincolati esternamente non contribuiscono alla rigidità della struttura.

### ▪ **Modalità' di utilizzo**

Le fasi tipiche di un'analisi a E.F. sono:

1. Definizione di un sistema di unità di misura;
2. Creazione di una mesh che rappresenta il modello;
3. Definizione delle proprietà globali del modello;
4. Definizione delle proprietà dell'elemento della mesh;
5. Applicazione delle condizioni di vincolo;

<p><b>GBRG ENGINEERING srl</b>  Sede Legale: Via Togliatti 54  Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  20080 Zibido S. Giacomo (MI)  Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a>  <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a></p>	<p><b>LUMISTUDIO SRL</b>  Strada 4, palazzo Q8,5° piano  Centro Direzionale Milanofiori  20089 Rozzano (MI)  Tel. +39 02.49443671  <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a></p>
--	---

6. Definizione delle condizioni di carico;
7. Applicazione dei carichi;
8. Definizione delle combinazioni di carico;
9. Calcolo dei risultati;
10. Visualizzazione e controllo dei risultati, per via grafica e tabellare.

### ▪ **Campo di impiego**

Il programma viene utilizzato per eseguire analisi elastiche piane e tridimensionali a elementi finiti, impiegando elementi monodimensionali (Frame) e bidimensionali (Shell), nei seguenti casi di analisi:

- Analisi statica
- Analisi dinamica modale
- Analisi dinamica in spettro di risposta

### ▪ **Affidabilità del codice di calcolo**

L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di un'ampia documentazione di supporto, costituita da un ampio manuale d'uso contenente una vasta serie di test di validazione sia su esempi classici di Scienza delle Costruzioni, sia su strutture particolarmente impegnative e reperibili nella bibliografia specializzata.

La presenza di un modulo grafico per l'introduzione di dati permette la visualizzazione dettagliata degli elementi introdotti. E' possibile inoltre ottenere rappresentazioni grafiche di deformate e sollecitazioni della struttura.

SAP2000 permette di esportare i dati di input e di output in vari formati, tra i quali Excel, per il controllo e la gestione dei tabulati di input e di output tramite fogli di calcolo.

In generale, il modello di calcolo adottato è da ritenersi appropriato se non vengono riscontrate labilità, le reazioni vincolari equilibrano i carichi applicati, la simmetria di carichi e struttura dà origine a sollecitazioni simmetriche.

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi. Viene inoltre valutata la qualità della soluzione, in base all'uguaglianza del lavoro esterno e dell'energia di deformazione.

Inoltre, è possibile scegliere il grado di affinamento dell'analisi di elementi complessi utilizzando mesh più dettagliate.

Il confronto fra i risultati ottenuti può essere tipicamente classificato secondo una delle modalità seguenti:

- **Esatto**: non c'è differenza tra i risultati del SAP2000 e i risultati indipendenti;
- **Accettabile**, se la differenza tra i risultati del SAP2000 e i risultati indipendenti non supera i valori seguenti:
  - o 5% per le forze, i momenti e i valori degli spostamenti;
  - o 10% per le azioni interne e i valori delle tensioni;
  - o 25% per valori sperimentali.
- **Non accettabile**, se la differenza tra i risultati del SAP2000 e i risultati indipendenti eccede i valori sopra riportati.

La differenza percentuale tra i risultati è tipicamente calcolata con la formula seguente:

<p><b>GBRG ENGINEERING srl</b>  Sede Legale: Via Togliatti 54  Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  20080 Zibido S. Giacomo (MI)  Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a>  <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a></p>	<p><b>LUMISTUDIO SRL</b>  Strada 4, palazzo Q8,5° piano  Centro Direzionale Milano Fiori  20089 Rozzano (MI)  Tel. +39 02.49443671  <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a></p>
--	--

$$\Delta\% = 100 \cdot \left( \frac{\text{Risultati SAP2000}}{\text{Risultati indipendenti}} - 1 \right)$$

<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

## 5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

La modellazione e l'analisi di tipo numerico è stata eseguita mediante il programma di calcolo Sap2000, sviluppando un'analisi dinamica lineare.

In particolare, si prevede la realizzazione di struttura metallica composta da elemento longitudinale di profilo rettangolare 150x150x5mm e sorrette da montanti in profilo rettangolari a sezione mista in acciaio da 200x150x5 mm riempita con getto di cls o boiaccia e degli elementi di supporto per i pannelli fotovoltaici realizzati con elementi ad omega 70x35x15x3 mm. Infine, il montante viene ancorato al terreno.

### 5.1 Calcestruzzo: Montante verticale

**Calcestruzzo:**  $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$

Rck [N/mmq]	f <sub>ck</sub>	f <sub>cd</sub>	f <sub>cc</sub>	f <sub>ctm</sub>	f <sub>cfm</sub>	f <sub>ctk</sub>	f <sub>cfk</sub>
25	20,75	12,97	11,02	2,31	2,77	1,62	1,94
<b>30</b>	<b>24,90</b>	<b>15,56</b>	<b>13,23</b>	<b>2,61</b>	<b>3,13</b>	<b>1,82</b>	<b>2,19</b>
35	29,05	18,16	15,43	2,89	3,47	2,02	2,43
40	33,20	20,75	17,64	3,16	3,79	2,21	2,65
45	37,35	23,34	19,84	3,42	4,10	2,39	2,87
50	41,50	25,94	22,05	3,66	4,40	2,57	3,08
55	45,65	28,53	24,25	3,90	4,69	2,73	3,28
Rck [N/mmq]	f <sub>ctd</sub>	f <sub>ctk</sub>	v				
25	1,01	1,21	0,15-0,18				
<b>30</b>	<b>1,14</b>	<b>1,37</b>	<b>0,16-0,19</b>				
35	1,26	1,52	0,17-0,20				
40	1,38	1,66	0,18-0,22				
45	1,49	1,79	0,20-0,25				
50	1,60	1,92	0,22-0,27				
55	1,71	2,05	0,24-0,29				

f <sub>c</sub>	= resistenza cilindrica a compressione
R <sub>c</sub>	= resistenza cubica
R <sub>cm</sub>	= resistenza cubica media
f <sub>cm</sub>	= resistenza media cilindrica
R <sub>ck</sub>	= resistenza caratteristica cubica
f <sub>ck</sub>	= resistenza caratteristica cilindrica = 0,83 R <sub>ck</sub>
f <sub>cd</sub>	= resistenza di calcolo cilindrica = f <sub>ck</sub> / γ <sub>c</sub>
f <sub>cc</sub>	= 0,85 f <sub>cd</sub>
f <sub>ct</sub>	= resistenza a trazione
f <sub>ctm</sub>	= resistenza a trazione semplice assiale = 0,27 $\sqrt[3]{R_{ck}^2}$
f <sub>cfm</sub>	= resistenza a trazione per flessione = 1,2 f <sub>ctm</sub>
f <sub>ctk</sub>	= resistenza caratteristica a trazione semplice assiale = 0,7 f <sub>ctm</sub>
f <sub>cfk</sub>	= resistenza caratteristica a trazione per flessione = 0,7 f <sub>cfm</sub>
f <sub>ctd</sub>	= resistenza di calcolo a trazione –assiale– = f <sub>ctk</sub> / γ <sub>c</sub>
f <sub>ctd</sub>	= resistenza di calcolo a trazione –per flessione– = f <sub>cfk</sub> / γ <sub>c</sub>

<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

## 5.2 Carpenterie Metalliche

In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

modulo elastico	$E = 210.000$	$N/mm^2$
modulo di elasticità trasversale	$G = E / [2 (1 + \nu)]$	$N/mm^2$
coefficiente di <i>Poisson</i>	$\nu = 0,3$	
coefficiente di espansione termica lineare	$\alpha = 12 \times 10^{-6}$	per $^{\circ}C^{-1}$
(per temperature fino a 100 $^{\circ}C$ )		
densità	$\rho = 7850$	$kg/m^3$

### 5.2.1 Acciaio da Carpenteria S275

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

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

<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

## 6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzate all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico. I parametri fisico meccanici dei terreni interessati dalle strutture in progetto sono basati dalla relazione geologica effettuata in data marzo 2024.

### COMUNE BENTIVOGLIO

(Provincia di Bologna)

#### RELAZIONE

- *CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO*
- *AZIONE SISMICA*
- *INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA*

PROCEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE (PAUR) PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE (IMPIANTO FOTOVOLTAICO), DELLA POTENZA DI PICCO TOTALE PARI A 24,99588 MWp E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 24,0 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI PROPRIETA' DI E-DISTRIBUZIONE SPA.  
SITO IN LOCALITA' LA CASELLA SNC.

Committente: NEOEN RENEWABLES ITALIA S.r.l.

Marzo, 2024



**Società di  
Geologia  
Territoriale**

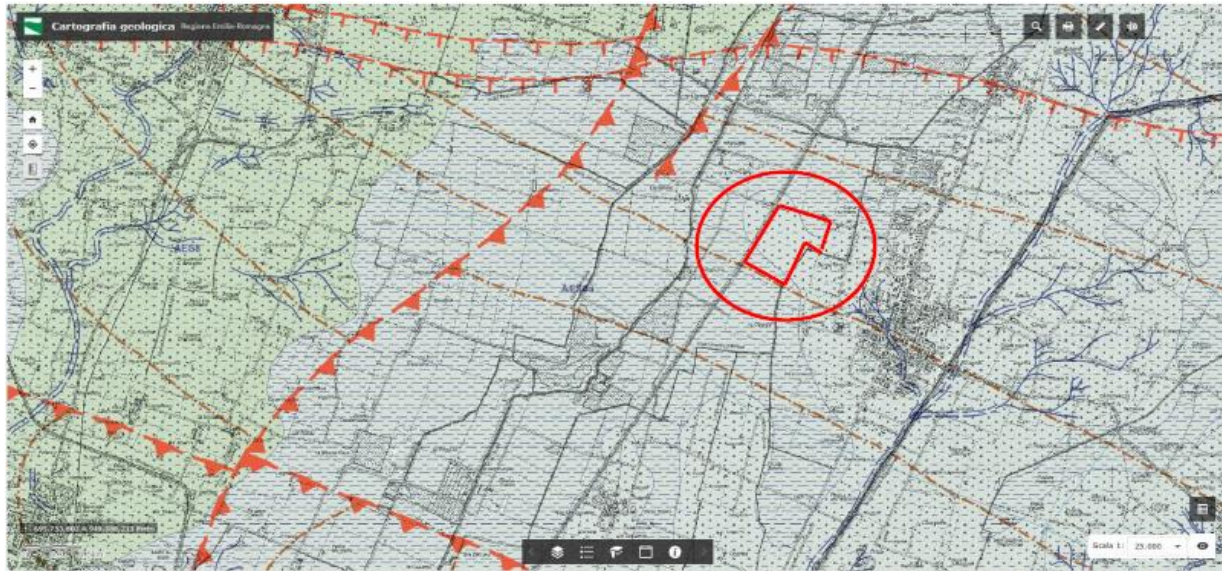
S.G.T. sas.  
di Van Zutphen Albert & C.  
Via Matteotti 50  
48012 Bagnacavallo (RA)  
[www.geo55.com](http://www.geo55.com)





<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

Dalla relazione presente l'area oggetto di intervento ricade in zona del sottosuolo caratterizzata in superficie da litologie Sabbia Limosa e Argilla Limosa - Piana alluvionale non soggetti al fenomeno della liquefazione.



- T faglia profonda diretta dedotta
- ▲ sovrascorrimento profondo post-tortoniano dedotto
- ventaglio di esondazione certo
- traccia di canale di area interdistributrice certa
- Argilla Limosa - Piana alluvionale
- Sabbia Limosa - Piana alluvionale

I valori caratterizzanti del terreno sono:

Condizioni non drenate					
		Valore Caratteristico per Elevati Volumi	Valore Caratteristico per Piccoli Volumi	Valore Media	Deviazione Standard
ANGOLO DI ATTRITTO	$\phi$ □	n/a	n/a	n/a	n/a
COESIONE DRENATA	$C'$	n/a	n/a	n/a	n/a
COESIONE NON DRENATA	$C_u$	0.79 daN/cm <sup>2</sup>	0.59 daN/cm <sup>2</sup>	0.79 daN/cm <sup>2</sup>	0.12 daN/cm <sup>2</sup>
ANGOLO DI ATTRITTO A VOLUME COSTANTE	$\phi_{cv}$	n/a	n/a	n/a	n/a
COEFFICIENTE DI POISSON	$P$			0.34	0.08
MODULO DI TAGLIO INIZIALE $G_0$	$G_0$	343 daN/cm <sup>2</sup>	232 daN/cm <sup>2</sup>	355 daN/cm <sup>2</sup>	75 daN/cm <sup>2</sup>
MODULO ELASTICO	$E$	209 daN/cm <sup>2</sup>	137 daN/cm <sup>2</sup>	217 daN/cm <sup>2</sup>	49 daN/cm <sup>2</sup>
KI DI WINKLER VERTICALE PER PIASTRA 30 CM	$K_i$			2.77 daN/cm <sup>2</sup>	0.41 daN/cm <sup>2</sup>
Kw DI WINKLER VERTICALE FONDAZIONE B = 2.9 m Vesic	$K_w$			0.85 daN/cm <sup>2</sup>	
DENSITA' DEL TERRENO	$\gamma$ □	1802 daN/m <sup>3</sup>	1704 daN/m <sup>3</sup>	1813 daN/m <sup>3</sup>	66 daN/m <sup>3</sup>
DENSITA' SECCO DEL TERRENO	$\gamma_s$	1402 daN/m <sup>3</sup>	1304 daN/m <sup>3</sup>	1413 daN/m <sup>3</sup>	66 daN/m <sup>3</sup>
OVER CONSOLIDATION RATIO	OCR			9.50	3.61



<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

		Condizioni drenate			
		Valore Caratteristico per Elevati Volumi	Valore Caratteristico per Piccoli Volumi	Valore Media	Deviazione Standard
ANGOLO DI ATTRITTO	$\phi$ □	21.5 °	17.5 °	21.9 °	2.7 °
COESIONE DRENATA	$C'$	0.493 daN/cm <sup>2</sup>	0.462 daN/cm <sup>2</sup>	0.496 daN/cm <sup>2</sup>	0.021 daN/cm <sup>2</sup>
COESIONE NON DRENATA	$C_u$	n/a	n/a	n/a	n/a
ANGOLO DI ATTRITTO A VOLUME COSTANTE	$\phi_{cv}$	26.4 °	26.2 °	27.4 °	0.7 °
COEFFICIENTE DI POISSON	$P$			0.35	0.07
MODULO DI TAGLIO INIZIALE $G_0$	$G_0$	368 daN/cm <sup>2</sup>	228 daN/cm <sup>2</sup>	382 daN/cm <sup>2</sup>	94 daN/cm <sup>2</sup>
MODULO ELASTICO	$E$	228 daN/cm <sup>2</sup>	132 daN/cm <sup>2</sup>	238 daN/cm <sup>2</sup>	64 daN/cm <sup>2</sup>
KI DI WINKLER VERTICALE PER PIASTRA 30 CM	$K_i$			2.94 daN/cm <sup>3</sup>	0.54 daN/cm <sup>3</sup>
Kw DI WINKLER VERTICALE PER FONDAZIONE B = 2.9 m. Vesic	$K_w$			0.94 daN/cm <sup>3</sup>	
DENSITA' DEL TERRENO	$\gamma$ □	1819 daN/m <sup>3</sup>	1712 daN/m <sup>3</sup>	1829 daN/m <sup>3</sup>	71 daN/m <sup>3</sup>
DENSITA' SECCO DEL TERRENO	$\gamma_s$	1419 daN/m <sup>3</sup>	1312 daN/m <sup>3</sup>	1429 daN/m <sup>3</sup>	71 daN/m <sup>3</sup>
OVER CONSOLIDATION RATIO	OCR			9.25	3.32

## 6.1 Falda

La presenza di acqua di falda viene dichiarata ad una profondità di circa -1,9 m dal piano campagna.

## 6.2 K Winkler

Terreno	Valore minimo	Valore massimo
Sabbia sciolta	0.48	1.60
Sabbia mediamente compatta	0.96	8.00
Sabbia compatta	6.40	12.80
Sabbia argillosa mediamente compatta	2.40	4.80
Sabbia limosa mediamente compatta	2.40	4.80
Sabbia e ghiaia compatta	10.00	30.00
Terreno argilloso con $q_u < 2 \text{ Kg/cm}^2$	1.20	2.40
Terreno argilloso con $2 < q_u < 4 \text{ Kg/cm}^2$	2.20	4.80
Terreno argilloso con $q_u > 2 \text{ Kg/cm}^2$	>4.80	

**Valori indicativi della costante di Winkler K in Kg/cm<sup>3</sup>**

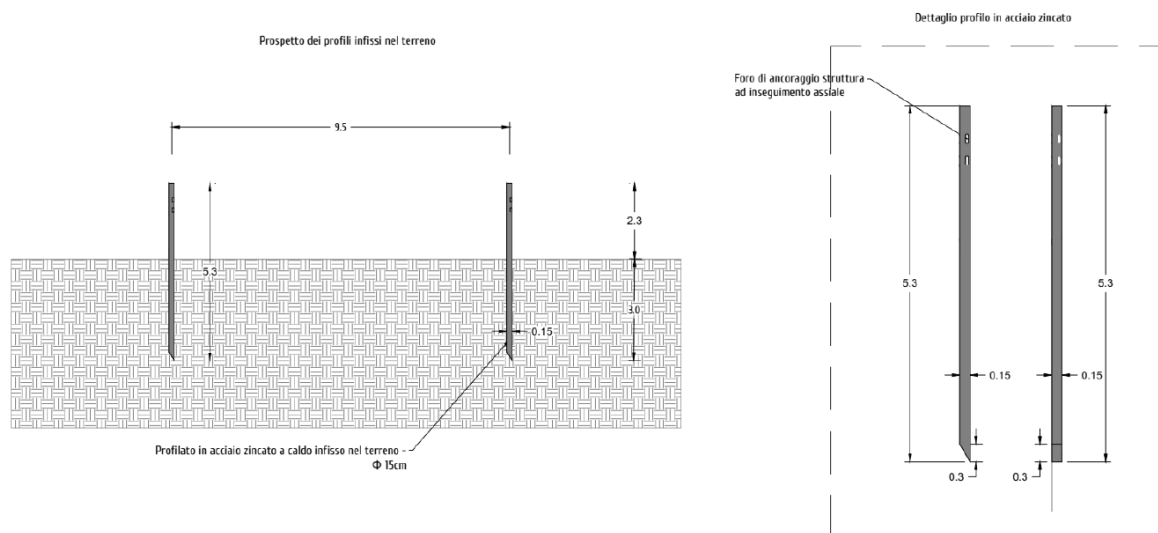
Il valore della reazione k del terreno per le analisi in oggetto viene assunto pari a **1 kg/cm<sup>3</sup>**

## 6.3 Categoria sismica del profilo stratigrafico

I terreni analizzati rientrano nella **categoria C**; tali terreni vengono definiti dalle NTC2018 come *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensanti o terreni a grana fina mediamente consistenti"*

## 6.4 Valutazione della lunghezza deGLi elementi infissi nel terreno

In base a quanto emerge dalla relazione geologica sono previsti profilati infissi nel terreno per circa 3.0 m, come da disegno estratto dagli elaborati progettuali.



<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

## 7 AZIONI DI CALCOLO E COMBINAZIONI AGLI STATI LIMITE – NTC2018

### 7.1 S.L.U. e S.L.E.

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

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):  

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:  

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:  

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:  

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:  

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:  

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.6]

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

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omessi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.).

Nelle formule sopra riportate il simbolo “+” vuol dire “combinato con”.

I valori dei coefficienti  $\psi_{0j}$ ,  $\psi_{1j}$  e  $\psi_{2j}$  sono dati nella Tab. 2.5.I oppure nella Tab. 5.1.VI per i ponti stradali e nella Tab. 5.2.VII per i ponti ferroviari. I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qi}$  sono dati nel § 2.6.1.

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

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

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

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

$\gamma_{G1}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti  $G_1$ ;

$\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali  $G_2$ ;

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

Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno, per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Capitolo 6.

Il coefficiente parziale della precompressione si assume pari a  $\gamma_P = 1,0$ .

Altri valori di coefficienti parziali sono riportati nei capitoli successivi con riferimento a particolari azioni specifiche.

<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

## COEFF. DI COMBINAZIONE

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

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

### 7.1.1 Combinazioni Rare

$$F_d = G_k + P_k + Q_{1k} + \sum_{i=2,n} (\psi_{0i} Q_{ik}) \quad \text{periodo di ritorno 1 anno}$$

### 7.1.2 Combinazioni Frequenti

$$F_d = G_k + P_k + \psi_{11} Q_{1k} + \sum_{i=2,n} (\psi_{2i} Q_{ik}) \quad \text{periodo di ritorno 2 settimane}$$

### 7.1.3 Combinazioni Quasi Permanenti

$$F_d = G_k + P_k + \sum_{i=1,n} (\psi_{2i} Q_{ik})$$

<p><b>GBRG ENGINEERING srl</b>  Sede Legale: Via Togliatti 54  Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  20080 Zibido S. Giacomo (MI)  Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a>  <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a></p>	<p><b>LUMISTUDIO SRL</b>  Strada 4, palazzo Q8,5° piano  Centro Direzionale Milanofiori  20089 Rozzano (MI)  Tel. +39 02.49443671  <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a></p>
--	---

## 8 S.L.U. / S.L.D. COMBINAZIONE SISMICA –NTC2018

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni già fornita in § 2.5.3 e che qui si riporta:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad (3.2.16)$$

essendo:

- E = azione sismica per lo stato limite in esame;
- $G_k$  = valore caratteristico delle azioni permanenti;
- $P_k$  = valore caratt. dell'azione di precompressione a cadute di tensione avvenute;
- $Q_{ki}$  = valore caratteristico dell'azione variabile  $Q_i$ ;

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

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

Vedere Tabella 2.5.I dei coefficienti  $\psi_{2i}$  per le varie destinazioni d'uso.

<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

## 9 ANALISI DEI CARICHI

### 9.1 Peso proprio dei pannelli fotovoltaici

Il peso proprio del pannello fotovoltaico è di tutta la struttura a suo supporto viene valutato come 0,30 kN/m<sup>2</sup>.

### 9.2 Peso proprio degli Acciai

Il peso proprio degli acciai da carpenteria è valutato in ragione di 7850 daN/m<sup>3</sup> ed è computato automaticamente dal programma di calcolo.

#### 9.2.1 Neve su copertura

<input type="radio"/>	<b>Zona I - Alpina</b> Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
<input checked="" type="radio"/>	<b>Zona I - Mediterranea</b> Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
<input type="radio"/>	<b>Zona II</b> Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
<input type="radio"/>	<b>Zona III</b> Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastro, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Termini, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$

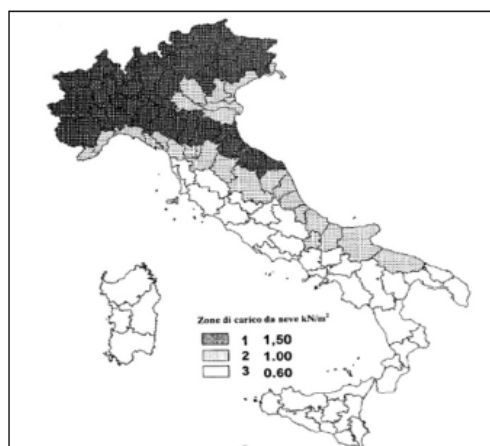
$q_s$ (carico neve sulla copertura [N/mq]) = $\mu_i q_{sk} C_E C_T$ $\mu_i$ (coefficiente di forma) $q_{sk}$ (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq]) $C_E$ (coefficiente di esposizione) $C_T$ (coefficiente termico)
---

Valore caratteristico della neve al suolo

$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])	19
$q_{sk}$ (val. caract. della neve al suolo [kN/mq])	1,50

Coefficiente termico

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato  $C_T = 1$ .



Topografia	Descrizione	$C_E$
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1

Il carico provocato dalla neve sarà valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = q_{sk} \cdot C_E \cdot C_T$$

Il valore di riferimento del carico neve al suolo  $q_{sk}$  è calcolato in riferimento alla zonazione imposta dalla normativa vigente (NTC 2018); a tal proposito il sito ricade nella Zona II con  $a_s = 19 \text{ m}$ , pertanto il valore di riferimento del carico neve al suolo è pari a:

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \quad \text{con } a_s < 200 \text{ m}$$

<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

Il coefficiente di esposizione CE e il coefficiente termico CT 0°, il coefficiente di forma i è pari a 0,8. Pertanto il carico neve risulta pari a  $q_s = 1,2 \text{ kN/m}^2$ .

#### VALORE CARATTERISTICO DELLA NEVE AL SUOLO:

$$q_{sk} = 120 \text{ Kg/m}^2.$$

### 9.3 Azione del Vento

In ossequio alla Normativa vigente, per il calcolo del carico impresso dal vento si è proceduto alla determinazione della pressione del vento in relazione ai parametri derivanti dalla zonazione eolica precedentemente riportati.

La pressione del vento  $p$  è determinata come segue:

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Nella formula precedente con  $q_r$  si indica la pressione cinetica di riferimento del vento determinata come:

$$q(z) = \frac{1}{2} * 1,25 * v_r^2 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Per un tempo di ritorno pari a  $TR = 50$  anni e per un'altitudine sul livello del mare del sito  $as$  (19), la velocità di riferimento del vento  $v_r$  è pari a  $v_{b,0}$ , ovvero pari a 25 m/s; pertanto la pressione cinetica di riferimento è pari a  $q_r = 390,63 \text{ N/m}^2$ .

Il coefficiente di esposizione  $c_e$  dipende dall'altitudine  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la struttura.

Nello specifico in assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di  $z = 200 \text{ m}$ , ad altezza  $z$  pari a 1,45 m ( $z < z_{min}$ ) e classe di esposizione del sito pari a III, il coefficiente di esposizione è pari a  $c_e = 1,71$ .

zona:

2) Emilia Romagna



#### **Classe di rugosità del terreno:**

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

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinchè una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Nelle fasce entro i 40km dalla costa delle zone 1,2,3,4,5 e 6 la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.


$a_s$  (altitudine sul livello del mare della costruzione):

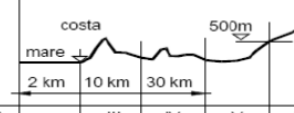
Distanza dalla costa

$T_R$  (Tempo di ritorno):


Categoria di esposizione

19	[m]
70	[km]
50	[anni]
II	

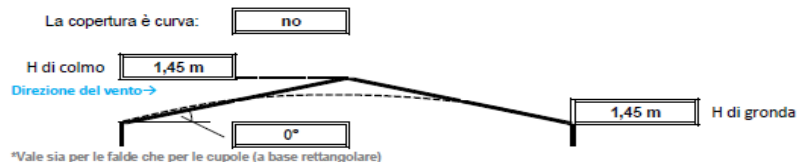
ZONE 1,2,3,4,5					
					
A	--	IV	IV	V	V
B	--	III	III	IV	IV
C	--	*	III	III	IV
D	I	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5 ** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1					

ZONA 6					
					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8		
		
A	--	IV
B	--	IV
C	--	III
D	I	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7		

ZONA 9	
	
A	I
B	I
C	I
D	I

E' consigliabile calcolare la pressione del vento per ogni facciata del fabbricato modificando i parametri per ogni caso. Nel caso di studio su prospetto di timpano, la valutazione della pressione del vento si conduce come se la copertura fosse piana e la parete alta fino alla linea di colmo. Nel caso di coperture a padiglione, la valutazione delle pressioni si esegue su ogni facciata del fabbricato utilizzando di volta in volta l'angolo della falda investito dal vento. Nel caso di coperture curve, si deve inserire l'angolo della retta tangente al bordo della copertura, in sostanza l'angolo di attacco della copertura. (per cupole a tutto sesto l'angolo è di 90°, per cupole a sesto ribassato è minore di 90°). Nel caso di studio su prospetto piano l'analisi si conduce come su prospetto di timpano. Si osserva che oltre alle pressioni andrebbe considerata anche la forza tangenziale esercitata dal vento sul fabbricato. Generalmente essa si trascura, è necessaria modellarla solo per grandi coperture piane ad esempio: coperture di grandi capannoni industriali. Il foglio di calcolo è utilizzabile per fabbricati a base rettangolare.



### CALCOLO VELOCITA' DI RIFERIMENTO DEL VENTO §3.3.2.

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$	$C_s$
2	25	750	0,45	1,000

$$v_b = v_{b,0} \cdot ca$$

$$ca = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$ca = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

$v_b$  (velocità base di riferimento) 25,00 m/s

$$v_r = v_b \cdot cr$$

Cr coefficiente di ritorno 1,00

$v_r$  (velocità di riferimento) 25,02 m/s

### PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO §3.3.6.

$q_r$  (pressione cinetica di riferimento [N/mq])

$$q_r = 1/2 \cdot \rho \cdot v_r^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3)$$

Pressione cinetica di riferimento  $q_r$  391,20 [N/m²]



<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

Il coefficiente dinamico  $c_d$  è stato assunto cautelativamente, secondo la norma, pari a 1.  
Pertanto, la pressione del vento risulta pari a  **$p = 0,669 \text{ KN/m}^2$**  a meno del coefficiente di forma.  
Il coefficiente di forma  $c_f$  dipende dalla tipologia e dalla geometria della struttura e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Nello specifico, considerando l'inclinazione del pannello oscillante tra  $\pm 45^\circ$ . Per la valutazione della pressione esterna ed interna dipende dalla tipologia strutturale. Le strutture fotovoltaiche possono essere trattate come tettoie a singola falda, con assenza di ostruzioni al di sotto di esse (coefficiente di bloccaggio  $\Phi=0$ ); il punto C3.3.8.2 della Circolare fornisce i criteri per la valutazione dell'azione del vento sulle strutture tipo tettoia, introducendo il coefficiente di forza  $C_p$ , così definito:

**Tabella C3.3.XV - Coefficienti di forza per tettoie a semplice falda ( $\alpha$  in  $^\circ$ ).**

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

Per il calcolo della tettoia si considerano le condizioni di carico più gravose tra le quattro indicate nella Figura C3.3.22, dove la forza risultante  $F = q_p(z) L^2 c_f$

Il valore del  $C_p$ , dunque, è variabile in funzione dell'inclinazione della vela fotovoltaica; di conseguenza, anche il valore della pressione del vento  $p$  varia in funzione dell'angolo di inclinazione. I valori di  $C_p$  variano a seconda dell'angolo di inclinazione della vela, come di seguito:

Coeficiente di pressione del vento $C_p$			
Inclinazione $\alpha$ [ $^\circ$ ]	$C_{pe} +$	$C_{pe} -$	[#]
0	0,20	-0,50	[#]
15	0,70	-1,15	[#]
20	0,87	-1,37	[#]
25	1,03	-1,58	[#]
30	1,20	-1,80	[#]
35	1,37	-2,02	[#]
40	1,53	-2,23	[#]
45	1,70	-2,45	[#]

I valori della pressione del vento  $p$  variano con l'angolo di inclinazione delle vele, come di seguito (in questo caso si ricorda che i valori delle pressioni sono espressi in termini di valori assoluti):

Carico Vento			
Inclinazione $\alpha$ [ $^\circ$ ]	$C_{pe} +$	$C_{pe} -$	[kN/mq]
0	0,13	0,33	[kN/mq]
15	0,47	0,77	[kN/mq]
20	0,58	0,91	[kN/mq]
25	0,69	1,06	[kN/mq]
30	0,80	1,20	[kN/mq]
35	0,91	1,35	[kN/mq]
40	1,02	1,49	[kN/mq]
45	1,13	1,63	[kN/mq]

$$Q = q \times 1,62$$

Carico Vento			
Inclinazione $\alpha$ [°]	Cpe +	Cpe -	[kN/m]
0	0,22	0,54	[kN/m]
15	0,76	1,25	[kN/m]
20	0,94	1,48	[kN/m]
25	1,12	1,72	[kN/m]
30	1,30	1,95	[kN/m]
35	1,48	2,19	[kN/m]
40	1,66	2,42	[kN/m]
45	1,84	2,66	[kN/m]

Figura C3.3.22

$\alpha$ [°]	$\alpha$ [°]	Cf>0	Cf<0	Fx+ [kN/m]	Fx+ [kN/m]	Fx+ [kN/m]	Fx+ [kN/m]
0,00	0	0,20	-0,50	0,00	0,00	0,22	-0,54
0,26	15	0,70	-1,15	0,20	-0,32	0,73	-1,20
0,35	20	0,87	-1,37	0,32	-0,51	0,88	-1,39
0,44	25	1,03	-1,58	0,47	-0,73	1,02	-1,56
0,52	30	1,20	-1,80	0,65	-0,98	1,13	-1,69
0,61	35	1,37	-2,02	0,85	-1,25	1,21	-1,79
0,70	40	1,53	-2,23	1,07	-1,56	1,27	-1,86
0,79	45	1,70	-2,45	1,30	-1,88	1,30	-1,88

<p><b>GBRG ENGINEERING srl</b>  Sede Legale: Via Togliatti 54  Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  20080 Zibido S. Giacomo (MI)  Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a>  <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a></p>	<p><b>LUMISTUDIO SRL</b>  Strada 4, palazzo Q8,5° piano  Centro Direzionale Milanofiori  20089 Rozzano (MI)  Tel. +39 02.49443671  <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a></p>
--	---

Le configurazioni dei carichi vento più sollecitanti si hanno per:

$$F_{orizz} = 1,88 \text{ kN/m quando la vela e inclinata a } 45^\circ \text{ (pressione vento } 1,63 \text{ kN/m}^2\text{)}$$

$$F_{uplift} = 1,88 \text{ kN/m quando la vela e inclinata a } 45^\circ \text{ (pressione vento } -1,63 \text{ kN/m}^2\text{)}$$

#### 9.4 Considerazioni di carattere progettuale ed esecutivo per valutazione analisi carico vento

L'azione del carico del vento in questa relazione di calcolo è stata assunta agente su tutta la superficie inclinata di  $45^\circ$  del pannello, tuttavia ci sono sul mercato dei dispositivi come l'anemometro, ovvero trattasi di un sensore che consente di misurare e monitorare il vento; Attraverso l'ausilio di questi strumenti, nel caso il vento superi una determinata velocità, si consente di ruotare i pannelli in una posizione in cui l'azione del vento non grava sulla struttura. Con questi sistemi il fattore di forma utilizzato nei calcoli di sopra può essere ridotto sensibilmente e di conseguenza l'impatto dell'azione del vento sul pannello

<p><b>GBRG ENGINEERING srl</b>  Sede Legale: Via Togliatti 54  Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  20080 Zibido S. Giacomo (MI)  Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a>  <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a></p>	<p><b>LUMISTUDIO SRL</b>  Strada 4, palazzo Q8,5° piano  Centro Direzionale Milanofiori  20089 Rozzano (MI)  Tel. +39 02.49443671  <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a></p>
--	---

## Azioni Sismiche

Si recepiscono le NTC2018 si effettua verifica delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono quindi a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

### 9.4.1 Accelerazione orizzontale al suolo

**Zona 3**  $a_g < 0,15 \cdot g$  (espressa come frazione dell'accelerazione di gravità)

### 9.4.2 Categoria suolo - C

*“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina molto consistenti”*

da cui scaturiscono i seguenti parametri dello spettro:

-	<b>S</b>	1,485
-	<b>T<sub>B</sub></b>	0,148
-	<b>T<sub>C</sub></b>	0,443
-	<b>T<sub>D</sub></b>	2,160

### 9.4.3 Fattore di Struttura

Quando si utilizza l'analisi lineare per sistemi dissipativi, come avviene per gli stati limite ultimi, gli effetti delle azioni sismiche sono calcolati, quale che sia la modellazione per esse utilizzata, riferendosi allo spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura “q” maggiore dell'unità, valutato quest'ultimo, in relazione alla tipologia di struttura, alla sua regolarità ed alla classe di duttilità di appartenenza dei vari dettagli costruttivi costituenti la struttura stessa.

Il fattore di struttura q da utilizzare per ciascuna direzione dell'azione sismica è funzione della tipologia strutturale, del grado di iperstaticità, dei criteri di progettazione adottati nonché del legame costitutivo dei materiali utilizzati per la realizzazione della costruzione; esso può essere calcolato tramite la seguente relazione:

$$q = q_0 \cdot KR$$

dove:

$q_0$  è il valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto  $\mu/\mu_1$  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.

KR è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per le costruzioni regolari in altezza, 0.8 per costruzioni non regolari in altezza.

Nel caso specifico, in sintonia con le prescrizioni progettuali ricevute, il fattore di struttura è stato assunto pari a 1,5.

**A favore di sicurezza si assume  $q = 1,5$ , ovvero struttura non dissipativa [7.3.2 NTC2018]**

<p><b>GBRG ENGINEERING srl</b>  Sede Legale: Via Togliatti 54  Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  20080 Zibido S. Giacomo (MI)  Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a>  <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a></p>	<p><b>LUMISTUDIO SRL</b>  Strada 4, palazzo Q8,5° piano  Centro Direzionale Milanofiori  20089 Rozzano (MI)  Tel. +39 02.49443671  <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a></p>
--	---

#### 9.4.4 Spettro di risposta Elastico

##### 9.4.4.1 Per componenti orizzontali

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

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

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

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

nelle quali  $T$  ed  $S_e$  sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale. Nelle (3.2.4) inoltre

$S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente

$$S = S_s \cdot S_T, \quad (3.2.5)$$

essendo  $S_s$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.V) e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.VI);

$\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la relazione

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55, \quad (3.2.6)$$

dove  $\xi$  (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

<p><b>GBRG ENGINEERING srl</b>  Sede Legale: Via Togliatti 54  Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  20080 Zibido S. Giacomo (MI)  Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a>  <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a></p>	<p><b>LUMISTUDIO SRL</b>  Strada 4, palazzo Q8,5° piano  Centro Direzionale Milanofiori  20089 Rozzano (MI)  Tel. +39 02.49443671  <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a></p>
--	---

$F_0$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

$T_C$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da

$$T_C = C_C \cdot T_C^*, \quad (3.2.7)$$

dove  $T_C^*$  è definito al § 3.2 e  $C_C$  è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (vedi Tab. 3.2.V);

$T_B$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante,

$$T_B = T_C / 3, \quad (3.2.8)$$

$T_D$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6. \quad (3.2.9)$$

Per categorie speciali di sottosuolo, per determinati sistemi geotecnici o se si intenda aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante più rigorose analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni e, in particolare, delle relazioni sforzi-deformazioni in campo ciclico, da determinare mediante specifiche indagini e prove.

In mancanza di tali determinazioni, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione definite nel § 3.2.2, la forma spettrale su sottosuolo di categoria **A** è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico  $S_s$ , il coefficiente topografico  $S_T$  e il coefficiente  $C_C$  che modifica il valore del periodo  $T_C$ .

<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

### Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo **B, C, D** ed **E** i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_C^*$  relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V, nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

**Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$**

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
<b>A</b>	1,00	1,00
<b>B</b>	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
<b>C</b>	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
<b>D</b>	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
<b>E</b>	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

### Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

**Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
<b>T1</b>	-	1,0
<b>T2</b>	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
<b>T3</b>	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
<b>T4</b>	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove  $S_T$  assume valore unitario.

<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

#### 9.4.4.2 Per componenti verticali

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
\end{aligned} \tag{3.2.10}$$

nelle quali  $T$  e  $S_{ve}$  sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale verticale e  $F_v$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \tag{3.2.11}$$

I valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $S$ ,  $\eta$  sono definiti nel § 3.2.3.2.1 per le componenti orizzontali; i valori di  $S_s$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ , salvo più accurate determinazioni, sono quelli riportati nella Tab. 3.2.VII.

**Tabella 3.2.VII – Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale**

Categoria di sottosuolo	$S_s$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Per tener conto delle condizioni topografiche, in assenza di specifiche analisi si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati in Tab. 3.2.VI.



<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

#### 9.4.5 Spettri di progetto per lo S.L.U.

##### 9.4.5.1 Per componenti orizzontali e verticali

Lo spettro di progetto da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  considerata (v. §§ 2.4 e 3.2.1), con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule 3.2.4  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

#### 9.4.6 Spettri di progetto per lo S.L.D.

Lo spettro di progetto da adottare, sia per le componenti orizzontali che per quella verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  considerata (v. §§ 2.4 e 3.2.1).

#### 9.4.7 Classe di duttilità

CDB Bassa duttilità, ovvero ogni elemento avrà una soglia minima di duttilità.

#### 9.4.8 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo alla quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella seguente tabella:

**Tabella 2.4.I – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere**

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

#### 9.4.9 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

**Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

**Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

**Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

**Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

#### 9.4.10 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 0.7 = 35 \text{ anni}$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato dalla tabella sottostante


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

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

Se  $V_R \leq 35$  anni si pone comunque  $V_R = 35$  anni.

<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

#### 9.4.10.1 Riepilogo dati

<b>Vita nominale</b>	<b>V<sub>N</sub></b>	<b>50</b>	<b>anni</b>
<b>Classe d'uso</b>		<b>I</b>	
<b>Coefficiente d'uso</b>	<b>C<sub>U</sub></b>	<b>0,7</b>	
<b>periodo di riferimento</b>	<b>V<sub>R</sub></b>	<b>35</b>	<b>anni</b>
<b>categoria sottosuolo</b>		<b>C</b>	
<b>categoria topografica</b>		<b>T1</b>	
<b>amplificazione topografica</b>	<b>S<sub>t</sub></b>	<b>1</b>	
<b>zona sismica del sito</b>		<b>3</b>	
<b>coordinate del sito</b>	<b>lat.</b>	<b>44,6355</b>	
	<b>long.</b>	<b>11,419</b>	

**GBRG ENGINEERING srl**  
 Sede Legale: Via Togliatti 54  
 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  
 20080 Zibido S. Giacomo (MI)  
 Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  
[giuseppe.giunta@gbrg.it](mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it)  
[www.gbrg.it](http://www.gbrg.it)

**LUMISTUDIO SRL**  
 Strada 4, palazzo Q8,5° piano  
 Centro Direzionale Milanofiori  
 20089 Rozzano (MI)  
 Tel. +39 02.49443671  
[info@lumistudio.it](mailto:info@lumistudio.it)

#### 9.4.11 Accelerazione orizzontale al suolo

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate
 

LONGITUDINE  
11,419

LATITUDINE  
44,6355

☐ Ricerca per comune
 

REGIONE  
Emilia-Romagna

PROVINCIA  
Bologna

COMUNE  
Bentivoglio

Elaborazioni grafiche  
 Grafici spettri di risposta  
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche  
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento
 

Controllo sul reticolo  
☐ Sito esterno al reticolo  
☐ Interpolazione su 3 nodi  
☒ Interpolazione corretta

Interpolazione  
 superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
 **FASE 1**
 FASE 2
 FASE 3

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$ 

 info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$ 

 info

Valori di progetto
 

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$ 

 info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$ 

info
 

Stati limite di esercizio - SLE
 

SLO -  $P_{VR} = 81\%$

SLD -  $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU
 

SLV -  $P_{VR} = 10\%$

SLC -  $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni  
 Grafici parametri azione  
 Grafici spettri di risposta  
 Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO
 

--- Strategia per costruzioni ordinarie
 --- Strategia scelta

Strategia di progettazione

INTRO
 FASE 1
 **FASE 2**
 FASE 3

36

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**  
 Stato Limite considerato **SLV** info

**Risposta sismica**  
 Categoria di sottosuolo **C** info  $S_S = 1,485$   $C_C = 1,607$  info  
 Categoria topografica **T1** info  $h/H = 0,000$   $S_T = 1,000$  info  
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

**Compon. orizzontale**  
☐ Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento  $\xi$  (%) **5**  $\eta = 1,000$  info  
☒ Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore  $q_o$  **1,5** Regol. in altezza **si** info

**Compon. verticale**  
 Spettro di progetto Fattore  $q$  **1,5**  $\eta = 0,667$  info

**Elaborazioni**  
 Grafici spettri di risposta   
 Parametri e punti spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale  
 — Spettro di progetto - componente verticale  
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,140 g
$F_o$	2,558
$T_C^*$	0,275 s
$S_S$	1,485
$C_C$	1,607
$S_T$	1,000
$q$	1,500

#### Parametri dipendenti

$S$	1,485
$\eta$	0,667
$T_B$	0,148 s
$T_C$	0,443 s
$T_D$	2,160 s

Nella c.ne SLV:  $a_g = 0,0140$  g (espressa come frazione dell'accelerazione di gravità)

<p><b>GBRG ENGINEERING srl</b>  Sede Legale: Via Togliatti 54  Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  20080 Zibido S. Giacomo (MI)  Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a>  <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a></p>	<p><b>LUMISTUDIO SRL</b>  Strada 4, palazzo Q8,5° piano  Centro Direzionale Milanofiori  20089 Rozzano (MI)  Tel. +39 02.49443671  <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a></p>
--	---

## 10 MODELLAZIONE STRUTTURA

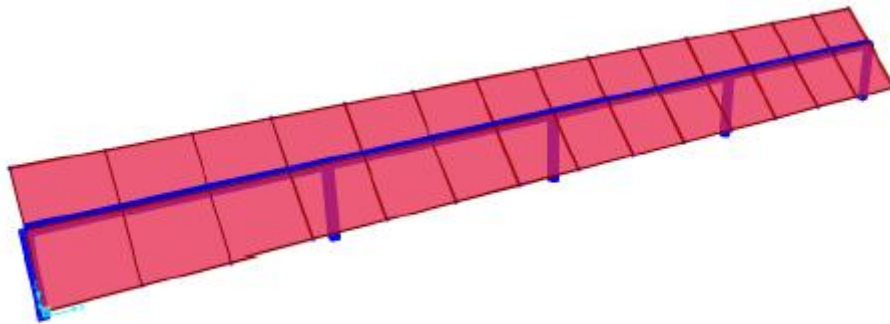
Attraverso un modello a elementi finiti, è possibile schematizzare la struttura di supporto, assegnandole:

- le geometrie di riferimento
- le proprietà dei materiali,
- i vincoli esterni
- i carichi di esercizio.

La struttura di supporto moduli viene modellata secondo le seguenti ipotesi;

- la trave orizzontale è modellata come elemento asta (beam); libera di ruotare intorno al proprio asse, incernierata sui montanti verticali.
- I montanti verticali sono modellati come elementi asta incastrati alla base con un'altezza dal piano di campagna pari a 1,45 m.
- La vela fotovoltaica, ad inclinazione variabile, è modellata come pannello di carico, elemento virtuale privo di massa e rigidità che trasferisce alla trave principale i carichi esterni (peso proprio, vento, neve, ecc...).

Il codice di calcolo SAP2000 ha dedotto le frequenze proprie del modello strutturale in oggetto.

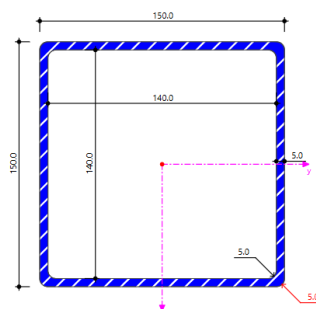


**Modello FEM della struttura**

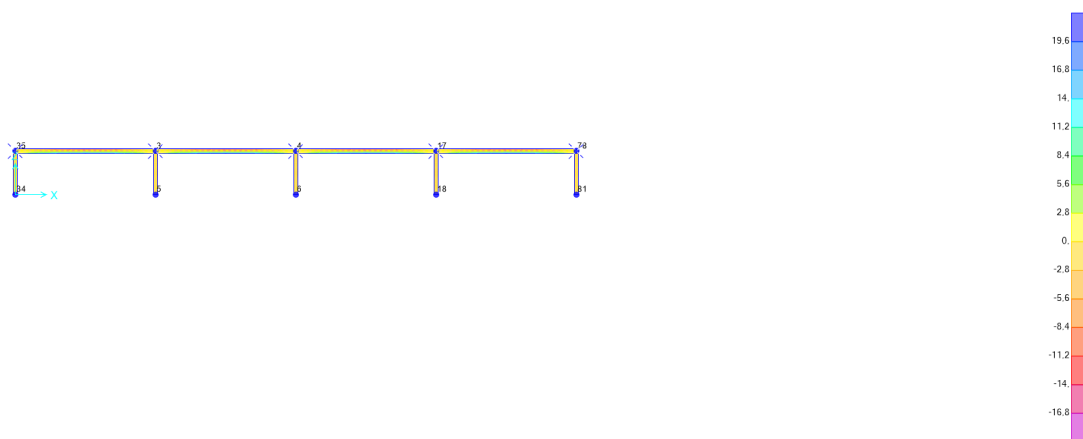
## 10 VERIFICHE DI RESISTENZA

### 10.1 Verifiche SLE

#### 10.1.1 Trave longitudinale sez. 150x150x5 - L 4,70 m



Profilo longitudinale sez. 150x150x5



Frame Text	Station mm	OutputCase	CaseType Text	Point Text	X2 mm	X3 mm	S11 N/mm2	S12 N/mm2	S13 N/mm2	SMax N/mm2	SMin N/mm2
1	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	1	-75	-75	74,768	0,618	0,618	74,778	-0,01
23	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	1	-75	-75	74,768	-0,618	-0,618	74,778	-0,01
1	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	1	-75	-75	74,768	-1,27E-17	1,185E-17	74,768	0
1	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	2	-75	0	74,768	0	0	74,768	0
1	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	3	-75	75	74,768	-1,27E-17	-1,185E-17	74,768	0
8	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	1	-75	-75	74,768	0,064	0,064	74,768	-0,00011
8	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	1	-75	-75	74,768	-1,27E-17	1,185E-17	74,768	0
8	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	2	-75	0	74,768	0	0	74,768	0
8	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	3	-75	75	74,768	-1,27E-17	-1,185E-17	74,768	0
22	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	1	-75	-75	74,768	-0,064	-0,064	74,768	-0,00011
22	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	1	-75	-75	74,768	-2,753E-17	2,57E-17	74,768	0
22	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	2	-75	0	74,768	0	0	74,768	0
22	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	3	-75	75	74,768	-2,753E-17	-2,57E-17	74,768	0
23	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	1	-75	-75	74,768	-6,907E-17	6,446E-17	74,768	0
23	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	2	-75	0	74,768	0	0	74,768	0
23	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	3	-75	75	74,768	-6,907E-17	-6,446E-17	74,768	0
1	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	4	-72,5	-70	72,276	0	2,37E-17	72,276	0
1	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	5	-72,5	70	72,276	0	-2,37E-17	72,276	0
8	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	4	-72,5	-70	72,276	0	2,37E-17	72,276	0
8	2350	SLE tutto 1 ...	Combination	5	-72,5	70	72,276	0	-2,37E-17	72,276	0

### **Tensioni massime all'interno dell'elemento rettangolare 150x150x5**

La verifica è pienamente soddisfatta in quanto risulta:

$$\sigma_{max} = 74,8 \text{ N/mm}^2 < (f_y, k / \gamma_{m0}) = (275 / 1,05) = 261.9 \text{ N/mm}^2$$

### **10.1.1 Verifiche deformabilità trave longitudinale SLE sez. 150x150x5 – L = 4,70 m**

B1 = luce gravante sulla trave = 1,62 m

B2 = luce pannello = 2,30 m

$q_{sle} = \text{carico distribuito pp pannelli} = 30 \text{ daN/m}^2 \times 2,30 \text{ m} = 69 \text{ daN/m}$

$q_{sle} = \text{carico distribuito vento} = 67 \text{ daN/m}^2 \times 1,62 \text{ m} = 108 \text{ daN/m}$

$q_{sle} = \text{carico distribuito linear. vento sulla trave} = q_{sle} + p.p. =$   
 $= 69 \text{ daN/m}^2 + 108 + 22,30 \text{ daN/m} = 199.3 \text{ daN/m}$

dove:

p.p.= peso proprio trave = 22,3 daN/m

#### **10.1.1.1 Verifica per carico totale**

$$f_{max} = 5/384 \text{ qL}^4/EJ$$

$$q_{SLE} = 2,0 \text{ kN/m}$$

$$L = 4,70 \text{ m}$$

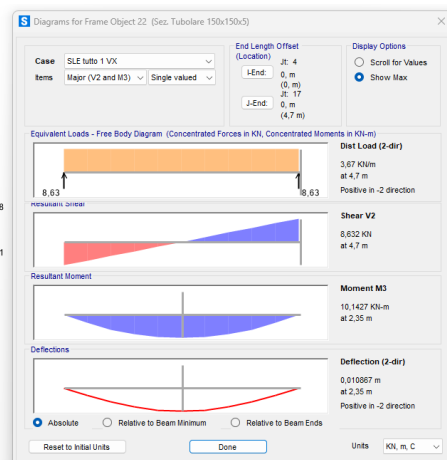
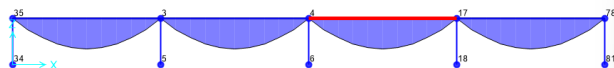
$$E = E_{acc}$$

$$E = 210000000 \text{ Kpa} = 210000000 \text{ kN/mq}$$

$$J = bh^3 / 12 = \text{da formulario} = 981 \text{ cm}^4 = 0,00000981 \text{ m}^4$$

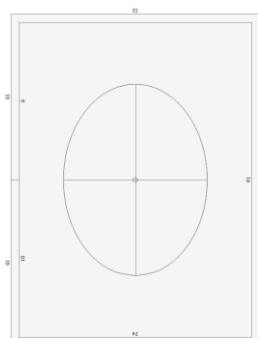
$$f_{sle} = 0,62 \text{ cm} > L/300 = 470 \text{ cm} / 300 = 1,57 \text{ cm}$$

### **VERIFICA SODDISFATTA**

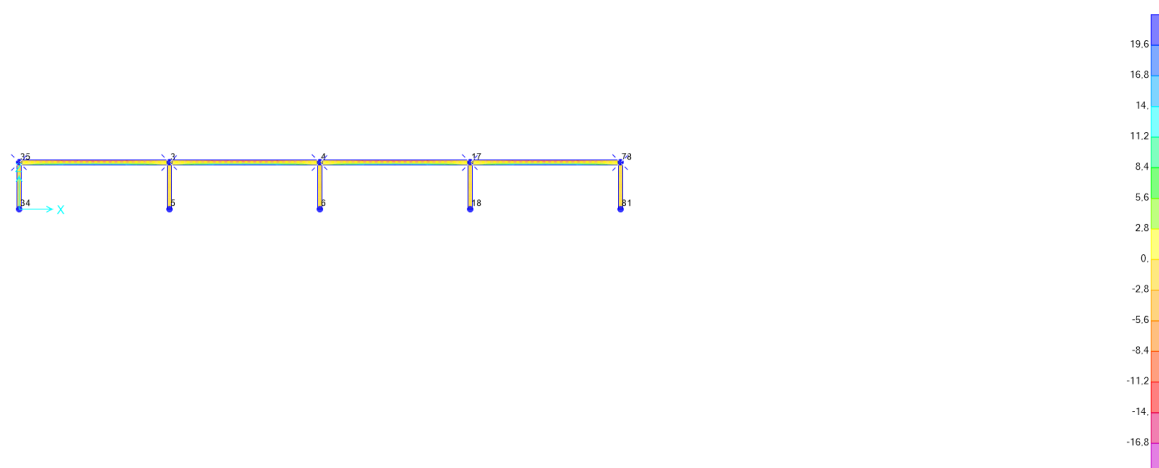




### 10.1.2 Montante verticale sez. 200x150 - H = 1,45 m



Profilo montante verticale sez. 200x150



Frame Text	Station	OutputCase Text	CaseType Text	Point Text	X2 mm	X3 mm	S11 N/mm2	S12 N/mm2	S13 N/mm2	SMax N/mm2	SMin N/mm2
12	0	SLE tutto 1 VY	Combination	6	95	-70	14,765	0	0	14,765	0
12	0	SLE tutto 1 VY	Combination	7	95	0	14,765	0	-2,594E-17	14,765	0
12	0	SLE tutto 1 VY	Combination	8	95	70	14,765	0	0	14,765	0
11	0	SLE tutto 1 VY	Combination	6	95	-70	14,458	0	0	14,458	0
11	0	SLE tutto 1 VY	Combination	7	95	0	14,458	0	-4,906E-17	14,458	0
11	0	SLE tutto 1 VY	Combination	8	95	70	14,458	0	0	14,458	0
24	0	SLE tutto 1 VY	Combination	6	95	-70	14,458	0	0	14,458	0
24	0	SLE tutto 1 VY	Combination	7	95	0	14,458	0	-2,83E-17	14,458	0
24	0	SLE tutto 1 VY	Combination	8	95	70	14,458	0	0	14,458	0
4	0	SLE tutto 1 VY	Combination	6	95	-70	7,854	0	0	7,854	0
4	0	SLE tutto 1 VY	Combination	7	95	0	7,854	0	4,525E-20	7,854	0
4	0	SLE tutto 1 VY	Combination	8	95	70	7,854	0	0	7,854	0
7	0	SLE tutto 1 VY	Combination	6	95	-70	7,854	0	0	7,854	0
7	0	SLE tutto 1 VY	Combination	7	95	0	7,854	0	-1,878E-17	7,854	0
7	0	SLE tutto 1 VY	Combination	8	95	70	7,854	0	0	7,854	0
12	725	SLE tutto 1 VY	Combination	6	95	-70	7,178	0	0	7,178	0
12	725	SLE tutto 1 VY	Combination	7	95	0	7,178	0	-2,594E-17	7,178	0
12	725	SLE tutto 1 VY	Combination	8	95	70	7,178	0	0	7,178	0
11	725	SLE tutto 1 VY	Combination	6	95	-70	6,871	0	0	6,871	0
11	725	SLE tutto 1 VY	Combination	7	95	0	6,871	0	-4,906E-17	6,871	0
11	725	SLE tutto 1 VY	Combination	8	95	70	6,871	0	0	6,871	0

Tensione all'interno dell'elemento rettangolare 150x150x5

<p><b>GBRG ENGINEERING srl</b>  Sede Legale: Via Togliatti 54  Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  20080 Zibido S. Giacomo (MI)  Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a>  <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a></p>	<p><b>LUMISTUDIO SRL</b>  Strada 4, palazzo Q8,5° piano  Centro Direzionale Milanofiori  20089 Rozzano (MI)  Tel. +39 02.49443671  <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a></p>
--	---

La verifica è pienamente soddisfatta in quanto risulta:

$$\sigma_{max} = 14,7 \text{ N/mm}^2 < (f_{ck} \times 0,85 / 1,5) = (30 \times 0,85 / 1,5) = 17 \text{ N/mm}^2$$

### **10.1.3 Verifiche deformabilità Montante verticale SLE sez. 200x150 – H = 1,45 m**

B = luce pannello fotovoltaico gravante sulla trave = 1,62 m

F = forza vento agente =  $163 \text{ daN/m}^2 \times 1,62 \text{ m} \times 4,70 \text{ m} = 1241 \text{ daN/m}$

#### **10.1.3.1.1 Verifica per carico totale**

$$f_{max} = FI/3EJ$$

$$q_{SLE} = 12,41 \text{ kN/m}$$

$$L = 1,45 \text{ m}$$

$$E = E_{cls}$$

$$E = 36000000 \text{ Kpa} = 36000000 \text{ kN/mq}$$

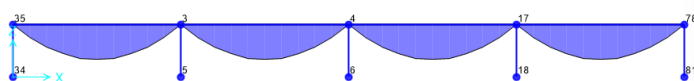
$$J = bh^3 / 12 \text{ cm}^4 = 17970,80 \text{ cm}^4 = 0,0001797 \text{ m}^4$$

$$f_{sle} = 0,195 \text{ cm} > L/600 = 145 \text{ cm} / 600 = 0,242 \text{ cm}$$

**VERIFICA SODDISFATTA**

## 10.2 Verifica di resistenza SLU

### 10.2.1 Trave longitudinale sez. 150x150x5 – L= 4,7 m



Frame Text	Station m	OutputCase	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameElem Text
1	2,35	SLU 2 VX	Combination	-1,072E-18	-3,385E-17	0	0	0	14,7097	1-1
8	2,35	SLU 2 VX	Combination	-7,944E-19	-3,385E-17	0	0	0	14,7097	8-1
22	2,35	SLU 2 VX	Combination	-5,251E-19	-1,504E-16	0	0	0	14,7097	22-1
23	2,35	SLU 2 VX	Combination	-2,612E-19	-3,862E-16	0	0	0	14,7097	23-1
1	1,88	SLU 2 VX	Combination	-1,194E-16	-2,504	0	0	0	14,1213	1-1
1	2,82	SLU 2 VX	Combination	1,172E-16	2,504	0	0	0	14,1213	1-1
8	1,88	SLU 2 VX	Combination	1,175E-16	-2,504	0	0	0	14,1213	8-1
8	2,82	SLU 2 VX	Combination	-1,191E-16	2,504	0	0	0	14,1213	8-1
22	1,88	SLU 2 VX	Combination	-5,251E-19	-2,504	0	0	0	14,1213	22-1
22	2,82	SLU 2 VX	Combination	-5,251E-19	2,504	0	0	0	14,1213	22-1
23	1,88	SLU 2 VX	Combination	-2,612E-19	-2,504	0	0	0	14,1213	23-1
23	2,82	SLU 2 VX	Combination	-2,612E-19	2,504	0	0	0	14,1213	23-1
1	1,41	SLU 2 VX	Combination	-2,376E-16	-5,008	0	0	0	12,3561	1-1
1	3,29	SLU 2 VX	Combination	2,355E-16	5,008	0	0	0	12,3561	1-1
8	1,41	SLU 2 VX	Combination	2,358E-16	-5,008	0	0	0	12,3561	8-1
8	3,29	SLU 2 VX	Combination	-2,374E-16	5,008	0	0	0	12,3561	8-1
22	1,41	SLU 2 VX	Combination	-5,251E-19	-5,008	0	0	0	12,3561	22-1
22	3,29	SLU 2 VX	Combination	-5,251E-19	5,008	0	0	0	12,3561	22-1
23	1,41	SLU 2 VX	Combination	-2,612E-19	-5,008	0	0	0	12,3561	23-1
23	3,29	SLU 2 VX	Combination	-2,612E-19	5,008	0	0	0	12,3561	23-1
1	2,35	SLU 2 VY	Combination	-3,97E-17	2,671E-16	-3,01E-16	-0,2338	3,2307	11,479	1-1
8	2,35	SLU 2 VY	Combination	-1,507E-17	2,671E-16	-3,01E-16	-0,0243	3,2307	11,479	8-1
22	2,35	SLU 2 VY	Combination	1,404E-17	5,062E-17	-2,01E-16	0,0243	3,2307	11,479	22-1

**Azioni SLU appoggio trave longitudinale 150x150x5**

Viene eseguita anche una verifica di resistenza con le formule classiche della scienza delle costruzioni; sono state eseguite la:

- verifica a flessione della trave orizzontale
- Taglio della trave orizzontale

Per quel che riguarda la trave principale, il valore del momento sollecitante massimo è pari a:

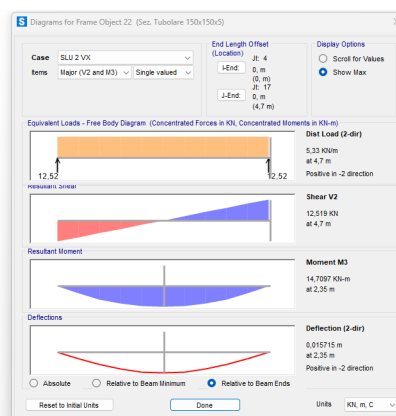
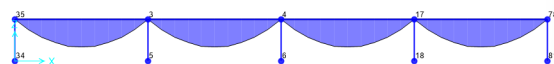
$$M_{max} = 14,71 \text{ kN*m}$$

Il valore del momento di snervamento è pari a:

$$M_{rd} = W_x \cdot \sigma_y / \gamma_{mo} = 131 \text{ cm}^3 \cdot 27,5 \text{ kN/cm}^2 / 1,05 = 34,30 \text{ kN*m}$$

La verifica di resistenza delle strutture si ritiene quindi soddisfatta ( $M_{rd} > M_{max}$ ).

Per quel che riguarda la verifica a taglio, il valore massimo del taglio sollecitante è pari a:



Frame Text	Station m	OutputCase	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameElem Text
1	0	SLU 2 VX	Combination	-5,925E-16	-12,519	0	0	0	0	1-1
8	0	SLU 2 VX	Combination	5,906E-16	-12,519	0	0	0	0	8-1
22	0	SLU 2 VX	Combination	-5,251E-19	-12,519	0	0	0	0	22-1
23	0	SLU 2 VX	Combination	-2,612E-19	-12,519	0	0	0	0	23-1
1	0,47	SLU 2 VX	Combination	-4,742E-16	-10,015	0	0	0	5,2955	1-1
8	0,47	SLU 2 VX	Combination	4,724E-16	-10,015	0	0	0	5,2955	8-1
22	0,47	SLU 2 VX	Combination	-5,251E-19	-10,015	0	0	0	5,2955	22-1
23	0,47	SLU 2 VX	Combination	-2,612E-19	-10,015	0	0	0	5,2955	23-1
1	0	SLU 2 VY	Combination	-5,012E-16	-9,769	-2,75	-0,2338	0	0	1-1
8	0	SLU 2 VY	Combination	4,465E-16	-9,769	-2,75	-0,0243	0	0	8-1
22	0	SLU 2 VY	Combination	1,404E-17	-9,769	-2,75	0,0243	0	0	22-1
23	0	SLU 2 VY	Combination	3,867E-17	-9,769	-2,75	0,2338	0	0	23-1
1	0,47	SLU 2 VY	Combination	-4,089E-16	-7,816	-2,2	-0,2338	1,163	4,1325	1-1
8	0,47	SLU 2 VY	Combination	3,542E-16	-7,816	-2,2	-0,0243	1,163	4,1325	8-1
22	0,47	SLU 2 VY	Combination	1,404E-17	-7,816	-2,2	0,0243	1,163	4,1325	22-1
23	0,47	SLU 2 VY	Combination	3,867E-17	-7,816	-2,2	0,2338	1,163	4,1325	23-1
1	0	SLU 1 VX	Combination	-3,623E-16	-7,654	0	0	0	0	1-1
1	0	SLU 3 VX	Combination	-3,623E-16	-7,654	0	0	0	0	1-1
8	0	SLU 1 VX	Combination	3,611E-16	-7,654	0	0	0	0	8-1
8	0	SLU 3 VX	Combination	3,611E-16	-7,654	0	0	0	0	8-1
22	0	SLU 1 VX	Combination	-3,198E-19	-7,654	0	0	0	0	22-1
22	0	SLU 3 VX	Combination	-3,198E-19	-7,654	0	0	0	0	22-1

<p><b>GBRG ENGINEERING srl</b>  Sede Legale: Via Togliatti 54  Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  20080 Zibido S. Giacomo (MI)  Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a>  <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a></p>	<p><b>LUMISTUDIO SRL</b>  Strada 4, palazzo Q8,5° piano  Centro Direzionale Milanofiori  20089 Rozzano (MI)  Tel. +39 02.49443671  <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a></p>
--	---

$$T_{max} = 12,51 \text{ kN}$$

Il valore della resistenza di progetto a taglio  $V_{c,Rd}$ , in assenza di torsione, vale :

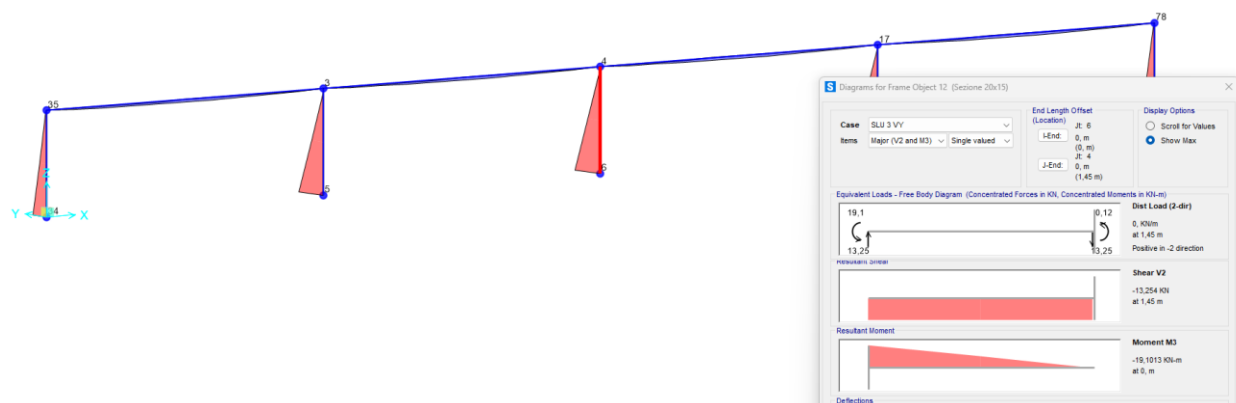
$$V_{c,Rd} = A_v \times f_{yk} / \sqrt{3} \times \gamma_{mo} = 18,09 \text{ cm}^2 \times 27,5 \text{ kN/cm}^2 / \sqrt{3} \times 1,05 = 273.54 \text{ kN}$$

per sezioni circolari cave e tubi di spessore uniforme:

$$A_v = 2A/\pi = 2 \times 28.4 / 3.14 = 18.09 \text{ cm}^2$$

Essendo il taglio agente minore di  $0,5 V_{c,Rd}$  si può trascurare l'influenza del taglio sulla sezione.

## 10.2.2 Montante verticale sez. 200x150 – H= 1,45 m



Frame Text	Station	OutputCase	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
12	0	SLU 3 VY	Combination	-3,308	-13,254	-7,419E-16	2,764E-18	-1,069E-15	-19,1013
11	0	SLU 3 VY	Combination	-3,308	-13,254	-7,527E-16	-2,938E-17	-1,061E-15	-18,7134
24	0	SLU 3 VY	Combination	-3,308	-13,254	-7,527E-16	0	-1,061E-15	-18,7134
12	0	SLU 1 VY	Combination	-8,61	-7,952	-4,452E-16	1,658E-18	-6,413E-16	-11,4608
12	0	SLU 2 VY	Combination	-18,339	-7,952	-4,453E-16	1,658E-18	-6,414E-16	-11,4608
11	0	SLU 1 VY	Combination	-8,61	-7,952	-4,517E-16	-1,763E-17	-6,364E-16	-11,228
11	0	SLU 2 VY	Combination	-18,339	-7,952	-4,518E-16	-1,763E-17	-6,366E-16	-11,228
24	0	SLU 1 VY	Combination	-8,61	-7,952	-4,517E-16	0	-6,364E-16	-11,228
24	0	SLU 2 VY	Combination	-18,339	-7,952	-4,518E-16	0	-6,366E-16	-11,228
4	0	SLU 3 VY	Combination	-2,36	-6,627	-4,994E-16	2,662E-17	-7,586E-16	-10,1726
7	0	SLU 3 VY	Combination	-2,36	-6,627	-4,995E-16	0	-7,588E-16	-10,1726
12	0,725	SLU 3 VY	Combination	-2,681	-13,254	-7,419E-16	2,764E-18	-5,307E-16	-9,4922
11	0,725	SLU 3 VY	Combination	-2,681	-13,254	-7,527E-16	-2,938E-17	-5,148E-16	-9,1042
24	0,725	SLU 3 VY	Combination	-2,681	-13,254	-7,527E-16	0	-5,148E-16	-9,1042
4	0	SLU 1 VY	Combination	-5,011	-3,976	-2,994E-16	1,597E-17	-4,548E-16	-6,1035
4	0	SLU 2 VY	Combination	-9,875	-3,976	-2,99E-16	1,597E-17	-4,542E-16	-6,1035
7	0	SLU 1 VY	Combination	-5,011	-3,976	-2,998E-16	0	-4,553E-16	-6,1035
7	0	SLU 2 VY	Combination	-9,875	-3,976	-2,999E-16	0	-4,555E-16	-6,1035
12	0,725	SLU 1 VY	Combination	-7,983	-7,952	-4,452E-16	1,658E-18	-3,185E-16	-5,6953
12	0,725	SLU 2 VY	Combination	-17,712	-7,952	-4,453E-16	1,658E-18	-3,186E-16	-5,6953
11	0,725	SLU 1 VY	Combination	-7,983	-7,952	-4,517E-16	-1,763E-17	-3,089E-16	-5,4625
11	0,725	SLU 2 VY	Combination	-17,712	-7,952	-4,518E-16	-1,763E-17	-3,09E-16	-5,4625
24	0,725	SLU 1 VY	Combination	-7,983	-7,952	-4,517E-16	0	-3,089E-16	-5,4625
24	0,725	SLU 2 VY	Combination	-17,712	-7,952	-4,518E-16	0	-3,09E-16	-5,4625
4	0,725	SLU 3 VY	Combination	-1,733	-6,627	-4,994E-16	2,662E-17	-3,966E-16	-5,368
7	0,725	SLU 3 VY	Combination	-1,733	-6,627	-4,995E-16	0	-3,966E-16	-5,368

Per quel che riguarda il montante verticale, il valore del momento sollecitante massimo è pari a:

<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

$$M_{max} = 19,10 \text{ kN*m}$$

Il valore del momento di snervamento è pari a:

$$M_{rd} = W_x \cdot \sigma_y / \gamma_{mo} = 131 \text{ cm}^3 \cdot 27,5 \text{ kN/cm}^2 / 1,05 = 34,30 \text{ kN*m}$$

La verifica di resistenza delle strutture si ritiene quindi soddisfatta ( $M_{rd} > M_{max}$ ).



<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

### 10.3 Verifica capacità portante della fondazione dei pali sez. 200x150 mm- IH=1,45 m

La verifica geotecnica più gravosa per questa tipologia di fondazione è quella relativa al collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione.

Pertanto, si eseguono di seguito le verifiche allo stato limite di collasso per carico limite assiale e trasversale sui pali di fondazione. In accordo alle prescrizioni delle NTC, si utilizza l'approccio 2 di verifica (A1+M1+R3).

- vento sfavorevole in direzione ortogonale ai pannelli fotovoltaici ( Q = 1,5);
- carico neve favorevole e quindi nullo ( Q = 0);
- peso proprio della struttura favorevole ( G = 1);

#### 10.3.1 Resistenze di pali soggetti a carichi assiali

Per la verifica dei carichi assiali di progetto si utilizza quando prescritto dalle NTC 2018 al paragrafo § 6.4.3.1.1 dove il valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  (o  $R_{t,k}$  a trazione), è dato dal minore dei valori ottenuti applicando alle resistenze calcolate  $R_{c,cal}$  (o  $R_{t,cal}$  a trazione) rapportate con i fattori di correlazione determinati alla luce del numero di verticali di indagine. In particolare, nel caso in esame si sono adottati i fattori di correlazione per n.5 verticale di indagine.

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,m})_{media}}{\xi_{\eta 1}}, \frac{(R_{c,m})_{min}}{\xi_{\eta 2}} \right\} \quad [6.4.1]$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,m})_{media}}{\xi_{\eta 1}}, \frac{(R_{t,m})_{min}}{\xi_{\eta 2}} \right\} \quad [6.4.2]$$

#### Resistenza carichi assiale palo

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

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

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

Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$

<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

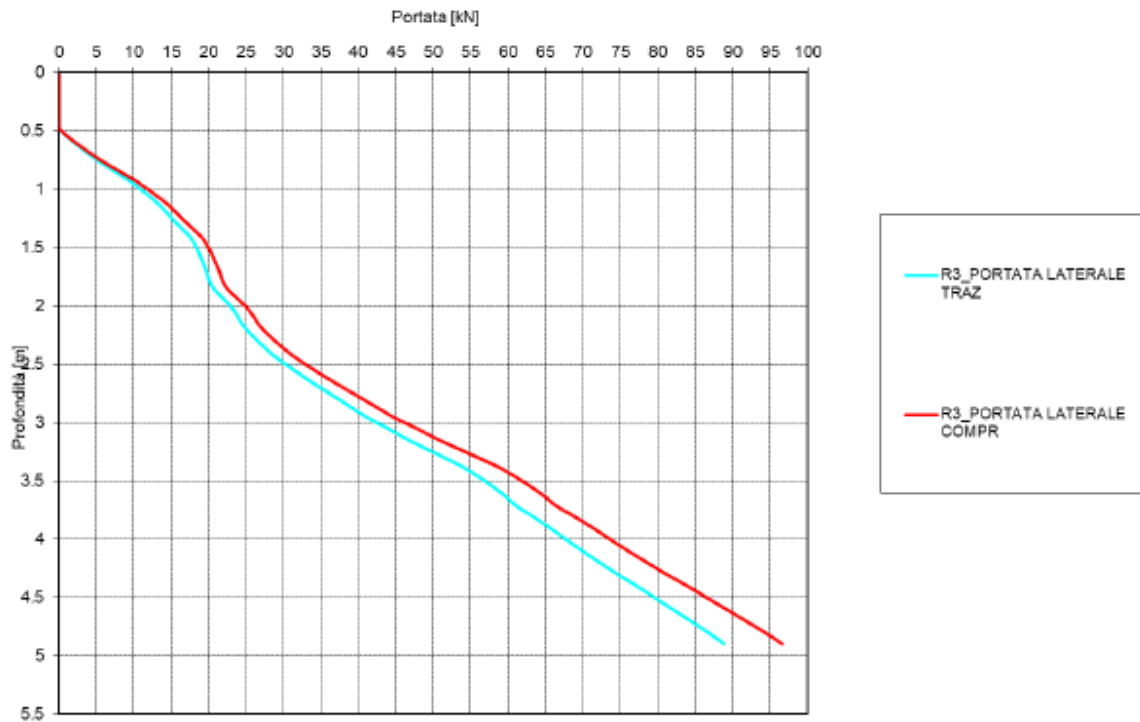
Considerando che sono state eseguite n. 5 prove penetrometriche, si utilizzeranno i valori inferiori di FT e si applicherà  $\zeta_4=1.34$ .

Tab. 6.4.IV - Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

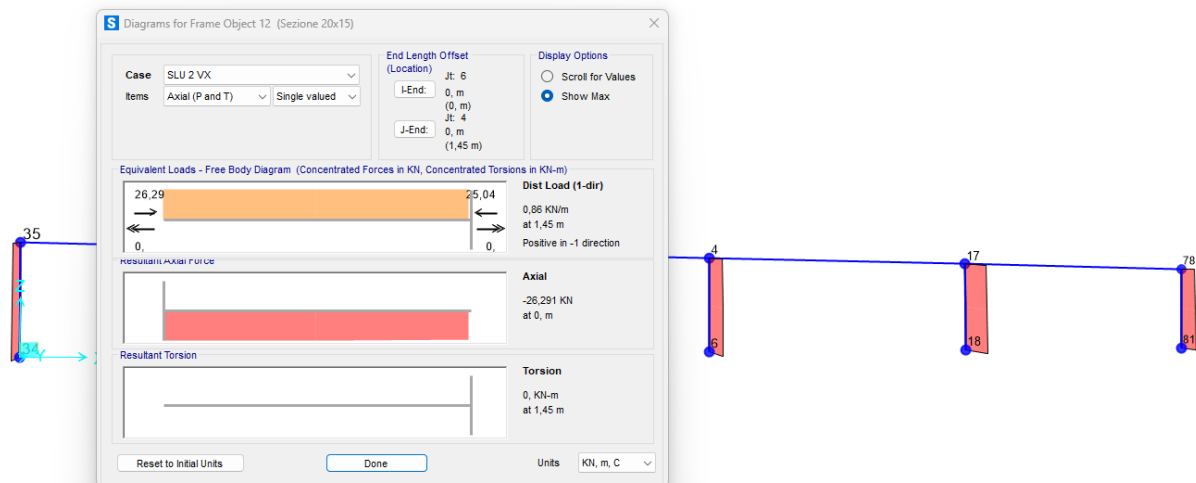
Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

La verifica di resistenza del palo è stata calcolata non considerando i primi 50 cm, spessore della lavorazione agricola, alla profondità di 3.0 m risultano le seguenti resistenze A1+M1+R3.

- prof. infissione 3.0 m dal piano di campagna: R3=42 kN per trazione
- prof. infissione 3.0 m dal piano di campagna: R3=46 kN per compressione



L'azione agente di progetto per il palo vale a trazione  $V_c$ , ed vale:

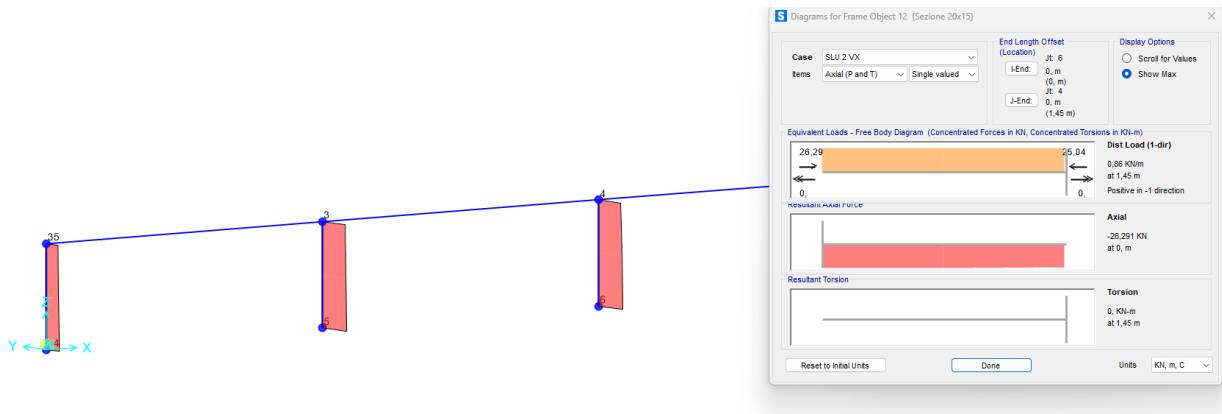


Frame Text	Station m	OutputCase	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
11	0	SLU 2 VX	Combination	-26,291	0	-2,775E-19	0	-4,024E-19	0
12	0	SLU 2 VX	Combination	-26,291	0	-2,693E-19	0	-3,905E-19	0
24	0	SLU 2 VX	Combination	-26,291	0	-2,639E-19	0	-3,827E-19	0
11	0,725	SLU 2 VX	Combination	-25,664	0	-2,775E-19	0	-2,012E-19	0
12	0,725	SLU 2 VX	Combination	-25,664	0	-2,693E-19	0	-1,953E-19	0
24	0,725	SLU 2 VX	Combination	-25,664	0	-2,639E-19	0	-1,913E-19	0
11	1,45	SLU 2 VX	Combination	-25,038	0	-2,775E-19	0	0	0
12	1,45	SLU 2 VX	Combination	-25,038	0	-2,693E-19	0	0	0
24	1,45	SLU 2 VX	Combination	-25,038	0	-2,639E-19	0	0	0
11	0	SLU 2 VY	Combination	-20,792	5,499	3,121E-16	1,219E-17	4,397E-16	7,7641
12	0	SLU 2 VY	Combination	-20,792	5,499	3,076E-16	-1,147E-18	4,431E-16	7,925
24	0	SLU 2 VY	Combination	-20,792	5,499	3,121E-16	0	4,397E-16	7,7641
11	0,725	SLU 2 VY	Combination	-20,165	5,499	3,121E-16	1,219E-17	2,134E-16	3,7773
12	0,725	SLU 2 VY	Combination	-20,165	5,499	3,076E-16	-1,147E-18	2,2E-16	3,9382
24	0,725	SLU 2 VY	Combination	-20,165	5,499	3,121E-16	0	2,134E-16	3,7773
11	1,45	SLU 2 VY	Combination	-19,539	5,499	3,121E-16	1,219E-17	-1,283E-17	-0,2095
12	1,45	SLU 2 VY	Combination	-19,539	5,499	3,076E-16	-1,147E-18	-2,972E-18	-0,0485
24	1,45	SLU 2 VY	Combination	-19,539	5,499	3,121E-16	0	-1,283E-17	-0,2095
11	0	SLU 1 VX	Combination	-16,562	0	-1,69E-19	0	-2,45E-19	0
11	0	SLU 3 VX	Combination	-16,562	0	-1,69E-19	0	-2,45E-19	0
12	0	SLU 1 VX	Combination	-16,562	0	-1,64E-19	0	-2,378E-19	0
12	0	SLU 3 VX	Combination	-16,562	0	-1,64E-19	0	-2,378E-19	0
24	0	SLU 1 VX	Combination	-16,562	0	-1,607E-19	0	-2,33E-19	0
24	0	SLU 3 VX	Combination	-16,562	0	-1,607E-19	0	-2,33E-19	0
11	0,725	SLU 1 VX	Combination	-15,935	0	-1,69E-19	0	-1,225E-19	0
11	0,725	SLU 3 VX	Combination	-15,935	0	-1,69E-19	0	-1,225E-19	0
12	0,725	SLU 1 VX	Combination	-15,935	0	-1,64E-19	0	-1,189E-19	0

$$V_{t,ed} < V_{t,k} = 26,3 \text{ kN} < 47 \text{ kN}$$

### VERIFICATO

L'azione agente di progetto per il palo vale  $V_{t,ed}$ :



Frame Text	Station m	OutputCase	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m
11	0	SLU 2 VX	Combination	-26,291	0	-2,775E-19	0	-4,024E-19	0
12	0	SLU 2 VX	Combination	-26,291	0	-2,693E-19	0	-3,905E-19	0
24	0	SLU 2 VX	Combination	-26,291	0	-2,639E-19	0	-3,827E-19	0
11	0,725	SLU 2 VX	Combination	-25,664	0	-2,775E-19	0	-2,012E-19	0
12	0,725	SLU 2 VX	Combination	-25,664	0	-2,693E-19	0	-1,953E-19	0
24	0,725	SLU 2 VX	Combination	-25,664	0	-2,639E-19	0	-1,913E-19	0
11	1,45	SLU 2 VX	Combination	-25,038	0	-2,775E-19	0	0	0
12	1,45	SLU 2 VX	Combination	-25,038	0	-2,693E-19	0	0	0
24	1,45	SLU 2 VX	Combination	-25,038	0	-2,639E-19	0	0	0
11	0	SLU 2 VY	Combination	-18,339	-7,952	-4,518E-16	-1,763E-17	-6,366E-16	-11,228
12	0	SLU 2 VY	Combination	-18,339	-7,952	-4,453E-16	1,658E-18	-6,414E-16	-11,4608
24	0	SLU 2 VY	Combination	-18,339	-7,952	-4,518E-16	0	-6,366E-16	-11,228
11	0,725	SLU 2 VY	Combination	-17,712	-7,952	-4,518E-16	-1,763E-17	-3,09E-16	-5,4625
12	0,725	SLU 2 VY	Combination	-17,712	-7,952	-4,453E-16	1,658E-18	-3,186E-16	-5,6953
24	0,725	SLU 2 VY	Combination	-17,712	-7,952	-4,518E-16	0	-3,09E-16	-5,4625
11	1,45	SLU 2 VY	Combination	-17,085	-7,952	-4,518E-16	-1,763E-17	1,855E-17	0,303
12	1,45	SLU 2 VY	Combination	-17,085	-7,952	-4,453E-16	1,658E-18	4,298E-18	0,0702
24	1,45	SLU 2 VY	Combination	-17,085	-7,952	-4,518E-16	0	1,855E-17	0,303

$$V_{c,ed} < V_{c,k} = 26,29 \text{ kN} < 46 \text{ kN}$$

### VERIFICATO

<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

### 10.3.1 Resistenze di pali soggetti a carico trasversale

Per quanto riguarda l'elemento infisso viene eseguito anche la verifica a sfilamento dell'elemento considerando l'azione del vento come condizione più gravosa che insite sulla superficie dell'elemento e andando a schematizzarla come momento agente alla base del pilastro attraverso il software di calcolo Paratie Plus.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti dal software:

Caratterizzazione del terreno:

Strato di Terreno	Terreno	$\gamma$ dry	$\gamma$ sat	$\phi'$	$\phi$	$c$	Su	Modulo	Elastico	Eu	Evc	Eur	Ah	Avexp	Pa	Rur/Rvc	Rvc	Ku	Kvc	Kur
		kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	°	°	kPa	kPa								kPa		kPa	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>
1	Limo_Drenato	14.29	18.29	21.9		49.6		Winkler										3143.04	9429.13	
2	Limo_Non D.	14.29	18.29	0		79		Winkler										0.0098	0.0098	

Definizione dell'elemento infisso:

X: 0 m

Quota in alto: 1.45 m

Quota di fondo: -3 m

Sezione: Sezione Mista CLS - Acciaio

Carichi

Carico puntuale del palo: AZIONE DEL VENTO

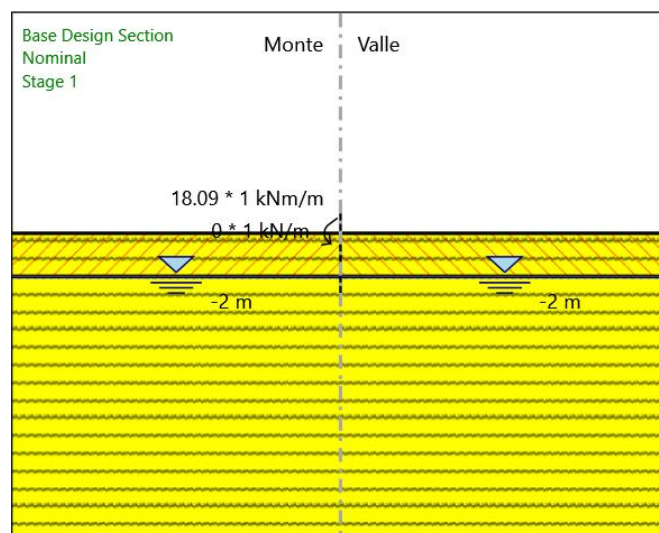
Quota: 0 m

Px: 0 kN/m

Pz: 1 kN/m

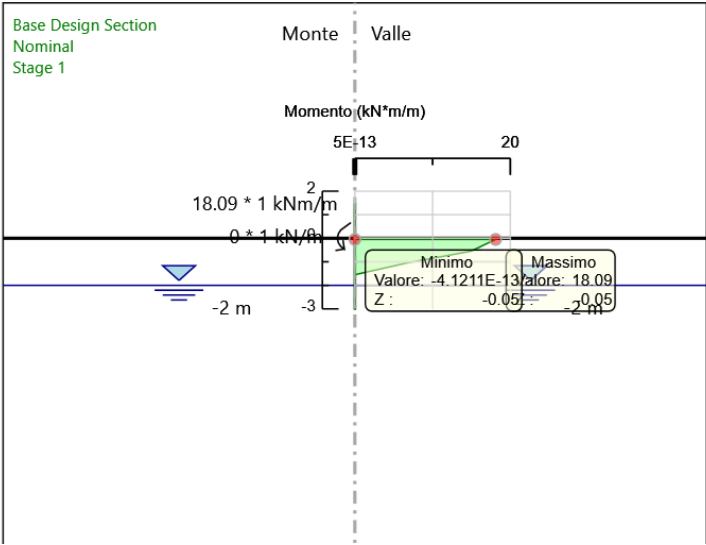
Py: 18.09 kNm/m

X: 0 m

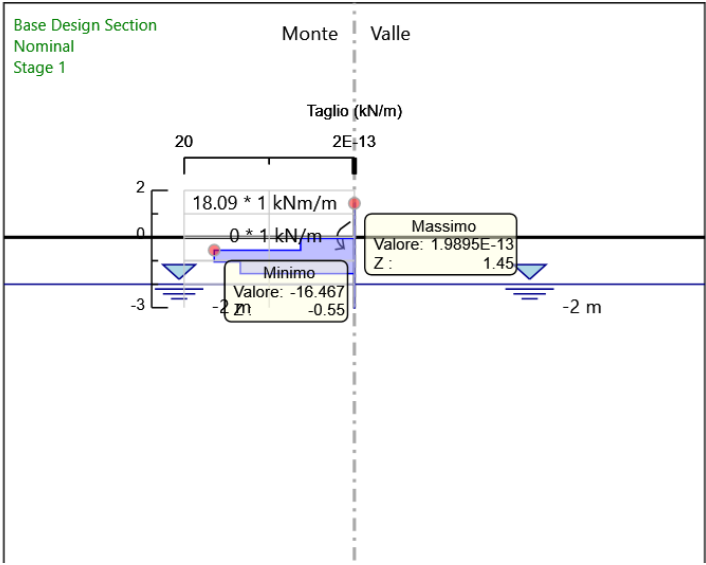




Design Assumption: Nominal Risultati Paratia		Muro: LEFT	
Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Stage 1	1.45	0	0
Stage 1	0.95	0	0
Stage 1	0.45	0	0
Stage 1	0.45	0	0
Stage 1	-0.05	0	0
Stage 1	-0.05	18.09	0
Stage 1	-0.55	14.93	-6.32
Stage 1	-1.05	6.7	-16.47
Stage 1	-1.55	0	-13.4
Stage 1	-2.05	0	0
Stage 1	-2.55	0	0
Stage 1	-3	0	0



Momenti



Tagli



<p><b>GBRG ENGINEERING srl</b>  Sede Legale: Via Togliatti 54  Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d  20080 Zibido S. Giacomo (MI)  Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38  <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a>  <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a></p>	<p><b>LUMISTUDIO SRL</b>  Strada 4, palazzo Q8,5° piano  Centro Direzionale Milanofiori  20089 Rozzano (MI)  Tel. +39 02.49443671  <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a></p>
--	---

## 11 CONCLUSIONI

### 11.1 Attuale Progettuale Definitiva

Le verifiche preliminari, riportate nei paragrafi precedenti, sono state eseguite considerando le specifiche delle norme tecniche per le costruzioni (NTC) del 17/01/2018 e della relativa circolare esplicativa. Le verifiche, integralmente soddisfatte, sono focalizzate agli elementi principali delle strutture, trave longitudinale e montanti.

In fase esecutiva si dovrà procedere all'esecuzione di tutte le verifiche di dettaglio, necessarie per gli elementi di collegamento e per ogni altra parte significativa delle strutture, compresa la verifica dello spostamento dei montanti verticali dei pannelli fotovoltaici, a cura di progettista esperto abilitato.

### 11.2 Rimando alla futura Progettuale Esecutiva (con veri e propri campi-prova)

La presente progettazione definitiva ha individuato e risolto compiutamente il predimensionamento dell'opera strutturale, al fine di ottenere i permessi di rito.

In ogni caso, in generale, risulta comunque utile (e con la presente di fatto "prescritto"), all'atto della produzione della progettazione esecutiva, eseguire un vero e proprio campo-prove, ovvero con l'esecuzione di almeno:

- 10 pali-prova composti di
  - 4 prove di sfilamento
  - 3 prove di compressione
  - 3 prove a carico orizzontale

Tutto eseguito da parte di personale tecnico competente e con laboratori ministerialmente riconosciuti.

Prove appositamente rivolte alla scelta del palo infisso nel terreno (tipo di palo e profondità di infissione), prima per verificare la capacità di portata e sfilamento e poi per la scelta del miglior profilo infisso e propria superficie di contatto palo-terreno, oltreché per accertare l'idoneità del piano di posa rispetto ai carichi previsti in Progetto.

Verrà controllata altresì la conformità del terreno di fondazione a quanto emerso in sede di rilievo geologico ed assunto a base dei calcoli.

L'installazione la struttura che verrà definitivamente montata, dovrà essere certificata dal fornitore e sottoposta a collaudo tecnico.

Si rimanda quindi alla fase di progettazione esecutiva (e costruttiva a cura dei fornitori e/o dei loro ingegneri specialisti) la valutazione definitiva anche e non solo in merito alla opzione di realizzazione di eventuali plinti integrativi di fondazione in c.a. per mitigare la deformata dovuta all'azione del vento di lunga durata nel periodo di riferimento della struttura e come sopra esposto con veri e propri campi-prova per:

- verifiche in situ con prove zenitali pull-out (ad argilla asciutta e ad argilla bagnata)
- verifiche in situ con prove zenitali di compressione (ad argilla asciutta e ad argilla bagnata)
- verifiche in situ con prove di spinta orizzontale (ad argilla asciutta e ad argilla bagnata)

Il tutto anche e non solo per verificare che non si possa trovarsi in problematiche di rifollamento del terreno sottostante che potrebbe nel lungo periodo andare a ridurre la capacità resistente orizzontale del palo.

<b>GBRG ENGINEERING srl</b> Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 <a href="mailto:giuseppe.giunta@gbrg.it">giuseppe.giunta@gbrg.it</a> <a href="http://www.gbrg.it">www.gbrg.it</a>	<b>LUMISTUDIO SRL</b> Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 <a href="mailto:info@lumistudio.it">info@lumistudio.it</a>
---	--

