



Comune  
di Gravina in Puglia

Regione Puglia



proponente:

## AMBRA SOLARE 6 S.R.L.

Via Tevere 41, 00187 - Roma (RM) - P.IVA/C.F. 15946071006 - pec: ambrasolare6srl@legalmail.it



id:

TAV\_G

GRUPPO  
**Powertis**

DISCIPLINA:	PD	TIPOLOGIA:	R	FORMATO:	A4	CODICE PRATICA:
FOGLIO:	1 di 1	SCALA:	-	Nome file:	Relazione_Preliminare_Strutture_Impianti_G.pdf	

titolo del progetto:

PROGETTO PER LA COSTRUZIONE  
E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIFOTOVOLTAICO,  
DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI,  
DENOMINATO "LAMATUFARA"

nome elaborato:

RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE  
E SUGLI IMPIANTI

progettazione:



dott. ing. Giovanni Guzzo Follaro    dott. ing. Amedeo Costabile    dott. ing. Francesco Meringolo    dott. ing. Pierluigi Astorino

Rev:	Data Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	15/05/2022	PRIMA EMISSIONE	New Dev.	PW	PW



NEW DEVELOPMENTS S.r.l.  
piazza Europa, 14 - 87100 Cosenza (CS)

## Sommario

Premessa.....	2
1. Inseguitori solari - Studio degli effetti del vento .....	3
1.1 PANORAMICA DI DY-WIND .....	3
1.2 Il Metodo di studio.....	4
1.2.1 Vibrazione di risonanza.....	4
1.2.2 Flutter torsionale .....	5
1.2.3 Galoppo torsionale.....	6
1.2.4 Pressione del vento in galleria e test di velocità (modelli rigidi + DAF) .....	6
1.2.5 Test dinamici della galleria del vento.....	7
2. Ancoraggio al terreno di fondazione .....	10
3. Determinazione delle azioni di calcolo.....	11
3.1 Azione della Neve.....	12
3.2 Azione del vento .....	14
3.3 Azione sismica.....	17
4. Calcolo preliminare strutture – inseguitori solari.....	22
5. Dimensionamento basamenti di fondazione di cabinet e container .....	23
6. Pali di illuminazione e videosorveglianza .....	26
7. Recinzioni e cancelli.....	26
8. Edificio di controllo.....	27
Conclusioni.....	27

## Premessa

In riferimento all'Art. 29 del D.P.R. n. 207 del 05 ottobre 2010 "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE»", la presente relazione tecnica esplicita le assunzioni di progetto finalizzate al rispetto dei seguenti punti estratti dal sopracitato articolo 29:

1. I calcoli delle strutture e degli impianti devono consentire di determinare tutti gli elementi dimensionali, dimostrandone la piena compatibilità con l'aspetto architettonico ed impiantistico e più in generale con tutti gli altri aspetti del progetto. I calcoli delle strutture comprendono i criteri di impostazione del calcolo, le azioni, i criteri di verifica e la definizione degli elementi strutturali principali che interferiscono con l'aspetto architettonico e con le altre categorie di opere.
2. I calcoli degli impianti devono permettere, altresì, la definizione degli eventuali volumi tecnici necessari e, per quanto riguarda le reti e le apparecchiature degli impianti, anche la specificazione delle caratteristiche.
3. I calcoli di dimensionamento e verifica delle strutture e degli impianti devono essere sviluppati ad un livello di definizione tale che nella successiva progettazione esecutiva non si abbiano significative differenze tecniche e di costo. Nel caso di calcoli elaborati con l'impiego di programmi informatizzati, la relazione di calcolo specifica le ipotesi adottate e fornisce indicazioni atte a consentirne la piena leggibilità.

In particolare la presente relazione illustra le principali caratteristiche delle strutture costituenti il sistema di inseguimento solare monoassiale prescelto per il presente progetto rinviando alla progettazione esecutiva tutte le necessarie verifiche statiche e dinamiche prescritte dalle vigenti normative di settore.

Relativamente alle altre strutture presenti nel progetto, quali elementi prefabbricati, vani tecnici, recinzione metallica, cancelli di ingresso e sistemi di illuminazione/videosorveglianza, vengono di seguito esplicitate le modalità di verifica richiamate al punto 3 dell'art. 29 del DPR 207/2010 rinviando quindi alla fase di progettazione esecutiva il calcolo e la verifica strutturale con relativi grafici e disegni esecutivi delle opere. A tal proposito si precisa che trattasi di elementi prefabbricati e/o accessori funzionali pre-assemblati

Tav. G	Relazione preliminare sulle strutture	2 di 28
--------	---------------------------------------	---------

forniti e posati in opera da ditte specializzate e quindi accompagnati da idonea certificazione di conformità anche sotto il profilo strutturale.

## 1. Inseguitori solari - Studio degli effetti del vento

Il progetto di inseguitore solare monoassiale deve rispettare una serie di parametri che tengono conto degli effetti aeroelastici causati dal vento. Il miglioramento dell'elettronica è necessario anche per affrontare fenomeni meteorologici come cicloni, venti forti o tempeste elettriche.

In questo documento, vengono presentati i risultati dello studio del vento condotto da RWDI in collaborazione con Soltec per il tracker a singolo asse SF7, insieme con le caratteristiche per affrontare in sicurezza gli eventi meteorologici.

### 1.1 PANORAMICA DI DY-WIND

*L'approccio ibrido sperimentale-numericò sviluppato attraverso il lavoro con Soltec valuta accuratamente il comportamento del tracker sotto l'azione del vento in array multi-fila e consente flessibilità nel processo di progettazione che generalmente non è pratico attraverso il test completo del modello aeroelastico. (Matthew TL Browne, M.Eng., P.Eng., M.ASCE Project Manager / Direttore tecnico / Associato presso RWDI)*

Diversi studi hanno dimostrato che alcuni standard del codice di progettazione del vento applicati agli inseguitori solari non sono sufficienti per progettare queste strutture in modo affidabile, in quanto non considerano gli effetti del secondo ordine prodotti dall'azione del vento sul localizzatore. Al fine di prevenire i relativi problemi di instabilità strutturale, è necessario trovare nuove metodologie di analisi che migliorino la progettazione di strutture tracker affidabili quantificando la loro risposta agli effetti del vento del secondo ordine. Il capo dei consulenti eolici RWDI in collaborazione con Soltec ha sviluppato un metodo innovativo, Dy-WIND per un'analisi dinamica completa nel design del vento del tracker array. Con 15 anni di esperienza specialistica, Soltec ha incorporato questo metodo nella progettazione di inseguitori Soltec.

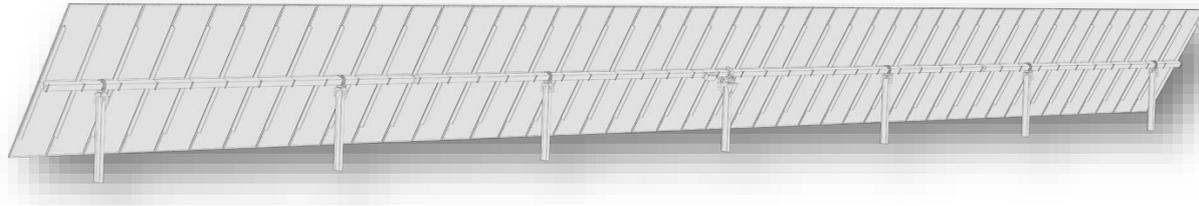


Figura 1 Schematizzazione tipo sistema tracker

## 1.2 Il Metodo di studio

Nella progettazione di inseguitori solari diversi sono i fattori che influenzano la loro risposta agli effetti dinamici del vento. L'equazione del moto presenta la seguente forma:

$$I \cdot \ddot{\alpha} + k \cdot \alpha + c \cdot \dot{\alpha} = M_{SE} + M_{BUFF}$$

Al fine di studiare gli effetti del vento sulla struttura del tracker devono essere considerati diversi fenomeni come la fluttuazione del vento e la turbolenza. La parte di fluttuazione dei carichi del vento è dovuta alla turbolenza del vento e alla risposta dinamica della struttura. I carichi inerziali dovuti alla vibrazione risonante possono aumentare in modo significativo i carichi fluttuanti del vento.

L'approccio sviluppato insieme a EWDI combina i risultati dei test in galleria del vento con l'analisi numerica per studiare l'influenza dei principali meccanismi che causano vibrazioni o instabilità nel tracker.

### 1.2.1 Vibrazione di risonanza

La vibrazione di risonanza è causata dal generatore wind buffer o dall'effetto di risonanza della scia causato dalla turbolenza generata dalle file sopravento di un campo tracker. Questo meccanismo è studiato con i dati sulla pressione in galleria del vento e l'amplificazione del carico è rappresentata da un metodo ibrido di dinamici fattori di amplificazione (DAF) e metodo di analisi del buffer (BAM) utilizzando i dati della galleria del vento come input.

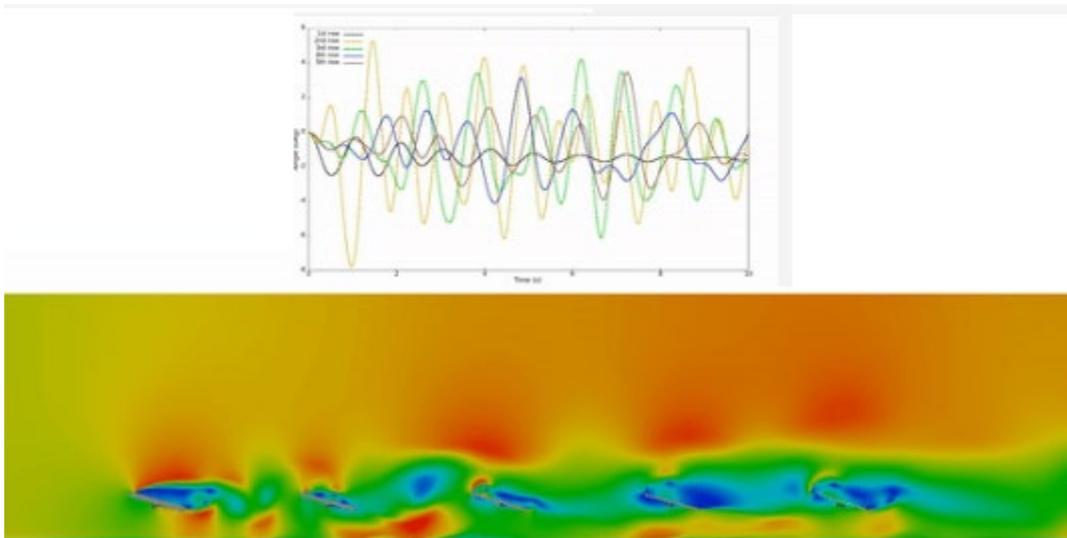


Figura 2 Simulazioni CFD eseguite da Soltec in collaborazione con Lynx basate sulla metodologia Dy-Wind

### 1.2.2 Flutter torsionale

Flutter è un'instabilità aerodinamica autoeccitata in cui le forze aerodinamiche dipendono dalla rotazione della velocità angolare della struttura stessa, e può portare ad ampiezze molto ampie in moto torsionale o movimento torsionale e verticale accoppiato. Per inseguitori che fanno affidamento su un tubo di torsione centrale guidato da una singola posizione, viene creata una modalità di vibrazione a torsione da una forma di vibrazione generalmente iniziata alle estremità della fila. Flutter torsionale caratterizza l'elevato angolo di inclinazione.

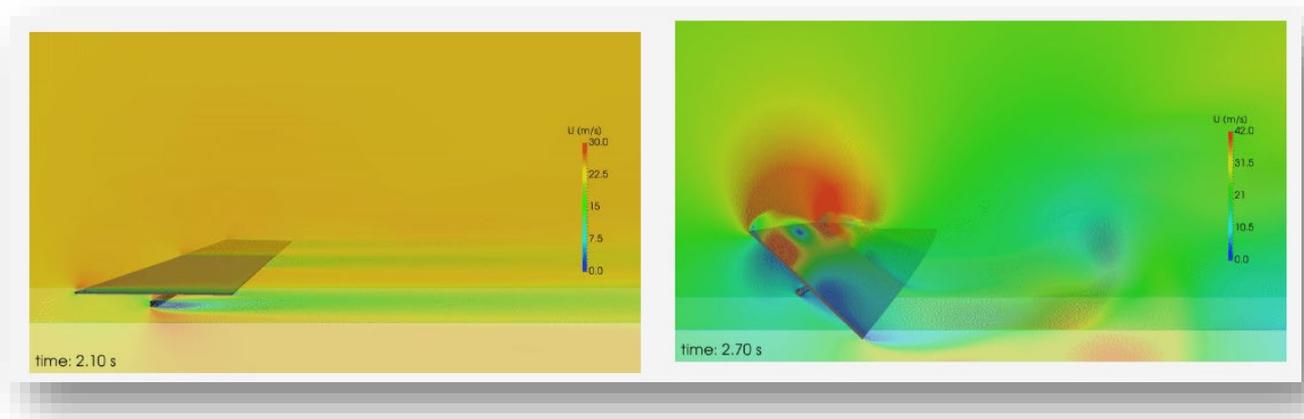


Figura 4 Simulazioni CFD eseguite da Soltec in collaborazione con Lynx basate sulla metodologia Dy-Wind

### 1.2.3 Galoppo torsionale

Questa instabilità dipende dalla rotazione della struttura e può portare a grandi risposte nella stessa a causa delle vibrazioni nel momento di beccaggio aerodinamico. All'inizio, il crescente movimento di beccaggio riduce la rigidità strutturale complessiva, determinando torsioni unidirezionali della struttura o movimenti oscillatori a seconda della rigidità residua della struttura. Con l'aumentare della velocità del vento è probabile che questa instabilità causerà un guasto una volta superata la resistenza. Questa instabilità è indicata come "Torsional Galloping", che caratterizza il comportamento dell'angolo di inclinazione basso.

Due analisi numeriche sono implementate per affrontare i meccanismi 2 e 3:

- Fluttering Analysis Method (FAM): predice la massima velocità del vento consentita prima che si verifichi l'instabilità;
- Buffeting Analysis Method (BAM): predice la risposta del tracker (carico a deflessione) a causa dell'azione del vento per gli array a più righe nel dominio del tempo.

Per eseguire queste analisi numeriche è fondamentale condurre due tipi di test in galleria del vento. I dati sperimentali ottenuti nella galleria del vento sono combinati con metodi numerici per ottenere ciascun metodo (DAF-BAM, FAM e BAM).

Il test convenzionale della pressione in galleria del vento utilizza modelli rigidi e può prevedere la forza del vento su ciascuna fila tenendo conto della scia del flusso d'aria dietro ogni fila. Questo funziona per determinare i fattori di amplificazione dinamica (DAF) per coprire l'intervallo di velocità del vento di progetto e tutte le direzioni del vento. Anche le misurazioni della velocità del vento con questo modello sono necessarie come input in FAM e BAM per gli array a più righe.

Il test dinamico della galleria del vento utilizza modelli aeroelastici per catturare la risposta e inoltre prevedere il comportamento della struttura in funzione della velocità del vento e del tempo. Questo funziona per determinare i coefficienti FAM e BAM.

### 1.2.4 Pressione del vento in galleria e test di velocità (modelli rigidi + DAF)

I coefficienti di carico statico del vento sono ottenuti dalle prove di pressione nella galleria del vento. Questi coefficienti non includono una tolleranza per il caricamento risonante causato da vibrazioni risonanti o buffe ring indotto dal risveglio. I fattori dinamici di amplificazione (DAF) rappresentano l'amplificazione del circuito dovuta a questi effetti, in base alla frequenza naturale di vibrazione del sistema strutturale, alla velocità del vento, alla lunghezza della corda e allo smorzamento nel sistema. Sono inoltre necessarie

misurazioni della velocità del vento che forniscono il relativo cambiamento di velocità attraverso un array utilizzando il modello rigido come input in FAM e BAM.

È importante notare che questi coefficienti si basano su test in galleria del vento utilizzando modelli rigidi e, pertanto, non includono effetti di interazione fluido-struttura (o effetti aeroelastici). Questi effetti sono calcolati utilizzando i dati della pressione del tunnel del vento misurati come input per l'analisi del bucher del dominio del tempo. Questo approccio ibrido di Dynamic Amplification Factors e Buffeting Analysis Method consente una previsione completa del carico su array multi-fila su tutte le velocità del vento e le direzioni del vento. Questo metodo mostra che le prime due righe esterne in un campo di tracker sono le più colpite. Oltre la seconda fila, le file di inseguitori hanno un effetto di riparo e le forze del vento sulle file interne sono notevolmente ridotte.

### 1.2.5 Test dinamici della galleria del vento

Per studiare gli effetti aeroelastici associati alle instabilità, devono essere affrontati FAM e BAM. Il primo passo per eseguire questi due metodi è quello di ottenere i derivati aerodinamici dai test dinamici della galleria del vento e quindi implementare metodi e simulazioni numerici.

Per fare ciò, una sezione del tracker viene modellata su una scala appropriata, quindi viene esaminata nella galleria del vento progettata per questo scopo. Implementando un sistema di sospensione a molla e utilizzando lo smorzamento a correnti parassite, la rigidità torsionale, l'inerzia e il coefficiente di smorzamento vengono replicati, consentendo la rotazione del modello.

Una volta ottenuti i derivati aerodinamici (per la rigidità e lo smorzamento) nella galleria del vento, vengono sviluppati due diversi modelli numerici per implementare gli studi FAM e BAM:

- FAM: utilizza un modello numerico, misurazioni della velocità del vento da matrici a più righe e i derivati aerodinamici per prevedere la velocità massima del vento a posizioni di angolo di inclinazione variabile prima che il localizzatore diventi instabile e si verifichi il galoppo/flutter torsionale.

- BAM: utilizza un modello numerico, misurazioni della velocità del vento e della pressione da matrici multiple, i derivati aerodinamici e le fluttuazioni del vento per prevedere la deflessione torsionale del localizzatore. Questo modello numerico può anche essere utilizzato per estrarre le forze autoeccitate, le forze inerziali e le forze del vento che agiscono sul tracker per la progettazione.

### 1.2.5.1 Flutter Analysis Method (FAM)

La stabilità del tracker viene analizzata per valutare la sua risposta alle azioni dinamiche del vento. È importante che i fenomeni di instabilità, come il galoppo torsionale e il flutter torsionale, siano presi in considerazione quando si progettano i tracker e si predice il loro comportamento.

I risultati di questa analisi forniscono la variazione dello smorzamento totale (strutturale + aerodinamico) in funzione della velocità del vento. L'instabilità è definita come il punto in cui lo smorzamento totale è inferiore a 0. Questo studio è molto rilevante in quanto contrassegna la velocità del vento critico prima che il tracker vada in un'instabilità.

Questo metodo può essere applicato a matrici a più file mediante l'applicazione di misurazioni della velocità del vento a diversi angoli di inclinazione del localizzatore e mostra come la rigidità torsionale del sistema (strutturale + aerodinamica) diminuisca con l'aumentare della velocità del vento. Questa influenza ha associato ad essa una perdita di frequenza naturale, quindi il tracker tende ad essere più suscettibile alle azioni di buffeting del vento quando la velocità del vento aumenta per gli angoli di inclinazione bassi.

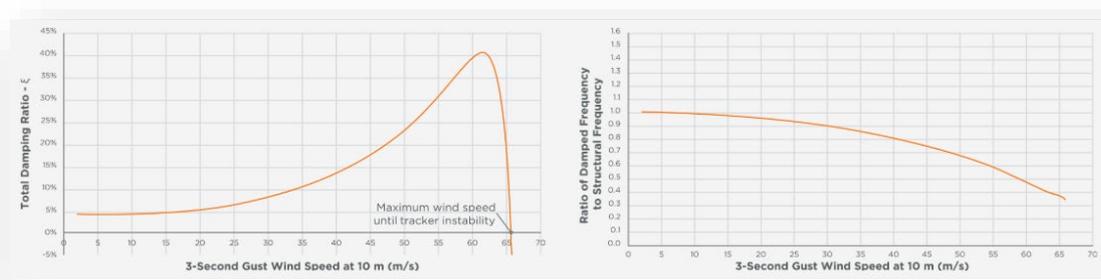


Figura 5 a sinistra FAM: rapporto di smorzamento/velocità del vento - a destra: rapporto di frequenza/velocità del vento

### 1.2.5.2 Metodo di analisi del buffer (BAM)

L'applicazione di questo metodo predice meglio il comportamento di un array tracker multi-fila sotto l'azione del vento, fornendo al contempo flessibilità nel processo di progettazione generalmente non pratico attraverso il test completo del modello aeroelastico. Questo metodo può simulare sia l'intero spettro delle fluttuazioni della turbolenza del vento sia la risposta del tracker a causa di forze auto-eccitazione e di buffeting. La forzatura dinamica è amplificata dal movimento strutturale e potrebbe produrre problemi strutturali con velocità del vento al di sotto della velocità di insorgenza critica per un'instabilità aerodinamica.

BAM è il metodo raccomandato per tenere conto dell'intero spettro delle fluttuazioni del picco del vento. Ciò significa che il momento massimo o la massima rotazione del tracker saranno calcolati dalla velocità massima del vento di picco, che rappresenta il carico del caso peggiore. Questo è fondamentale nelle regioni prossime alla massima velocità del vento consentita prima che si verifichi instabilità.

Con questo metodo, i momenti massimi e la forza dovuta alle azioni del vento possono essere analizzati in ogni membro del tracker, quindi la progettazione di ciascuna di queste parti è più affidabile rispetto a qualsiasi altro metodo.

I risultati dell'analisi del buffer nelle serie temporali della rotazione del tracker e queste risposte possono essere utilizzate per prevedere la risposta massima del momento indotta dal vento, i picchi di fluttuazione del vento, i carichi inerziali e le forze autoeccitate. Se lo smorzamento complessivo nel sistema è negativo, la soluzione numerica per il localizzatore sarà instabile (oltre la velocità massima consentita del vento indicata nell'analisi del flutter).

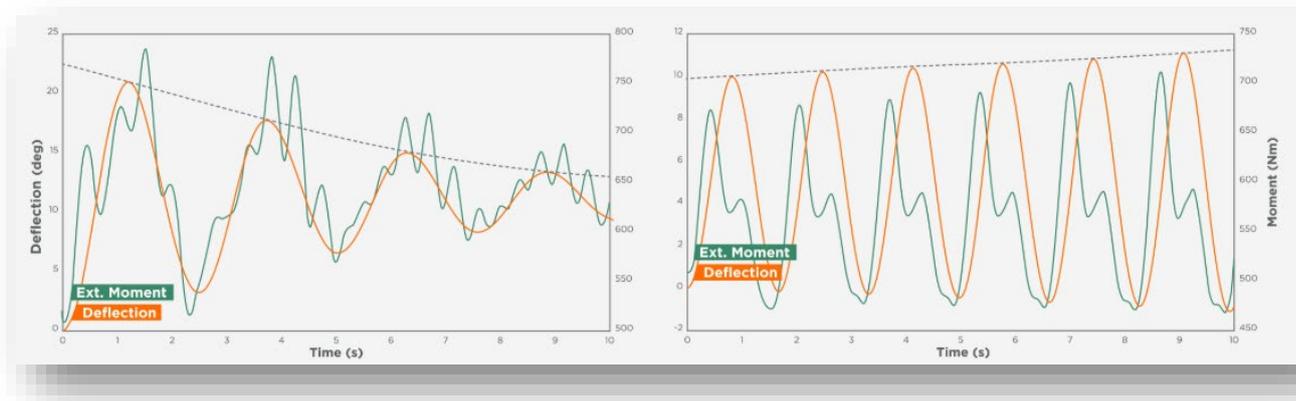


Figura 6 a sinistra FAM: risposta di stabilità (segnale smorzamento) - a destra: risposta all'impossibilità (aspetti strutturali previsti)

### 1.2.5.3 Confronto tra carichi di vento statici e dinamici

L'effetto maggiore prodotto dal vento è il momento torsionale. Questo momento di torsione influisce sul tubo di torsione e sul gruppo di supporto del motore. È notevolmente aumentato dagli effetti dinamici descritti in questo documento. Nelle tabelle seguenti c'è un confronto tra i momenti statici e quelli dinamici che influenzerebbero ciascuno dei componenti del tracker per diverse velocità del vento secondo ASCE 7 ed Eurocode.

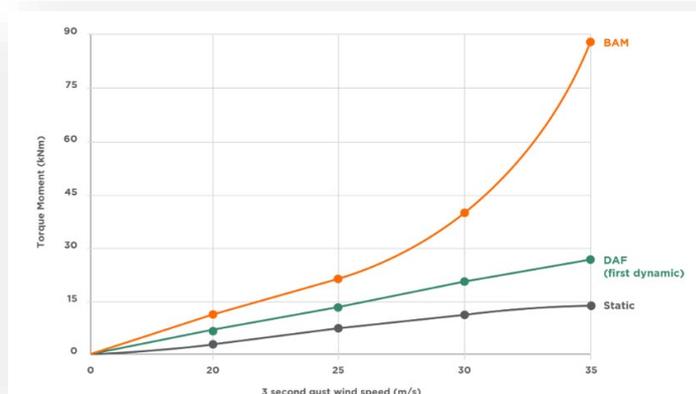


Figura 7 confronto tra carichi di vento statici e dinamici

Velocità del vento	Statico	DAF	Buffeting	$\Delta$ da statico
20 m/s	4,8 Nm	7,4 kNm	11,8 kNm	x 2,45
25 m/s	7,5 Nm	13,6 kNm	22,1 kNm	x 2,95
30 m/s	10,9 kNm	20,4 kNm	40,6 kNm	x 3,72
35 m/s	14,8 kNm	27,8 kNm	88,5 kNm	x 5,98

In conclusione, si osserva che gli effetti del vento dinamico amplificano considerevolmente il momento torsionale sulla struttura del tracker. Il design affidabile del localizzatore richiede tubi con pareti più spesse e un gruppo di supporto del motore di sezione maggiore rispetto a quelli indicati quando si considerano solo i coefficienti statici. Come si può vedere, l'incremento del momento risulta essere più elevato secondo l'approccio BAM rispetto all'approccio DAF. L'applicazione dei risultati BAM indica un aumento di materiale nelle sezioni trasversali dei profili strutturali per ottenere forza e rigidità e, di conseguenza, un aumento proporzionale del costo unitario per inseguire.

È da sottolineare che le strutture sono dotate di sistemi di protezione che permettono l'orientamento del tracker in caso di venti superiori a valori ammissibili prefissati.

## 2. Ancoraggio al terreno di fondazione

Le strutture dei moduli saranno ancorate al terreno mediante infissione del montante per una profondità dimensionata in riferimento alle sollecitazioni indotte dalla sovrastruttura. I carichi dimensionanti sono quelli derivanti dalla combinazione delle azioni del vento incidente sulla struttura che provocano a livello fondale degli sforzi assiali sul montante. Il predimensionamento della profondità di infissione è

soddisfatto se l'azione assiale esercitata dal vento è equilibrata dalle azioni tangenziali dovute al contatto con il terreno.

In fase di progettazione esecutiva sarà definita l'effettiva profondità di infissione (preliminarmente dimensionata nell'ordine di 1,5 – 2,5 m) atta a garantire l'equilibrio statico del sistema compatibile con le caratteristiche geomeccaniche del terreno di sedime.

### **3. Determinazione delle azioni di calcolo**

Al fine di valutare la sicurezza attesa nei confronti delle azioni di calcolo e nei confronti delle azioni sismiche, di seguito si descrivono le metodologie di valutazione delle azioni secondo quanto sancito dalle NTC 2018 per le successive verifiche strutturali da eseguire, precisando che le opere prefabbricate e preassemblate dalle aziende fornitrici saranno accompagnate da idonea documentazione attestante il soddisfacimento dei requisiti di sicurezza strutturale e che la stessa sarà opportunamente depositata, qualora previsto dalla Legge, presso i competenti uffici di Genio Civile.

### 3.1 Azione della Neve

#### **AZIONE DELLA NEVE PAR. 3.4 NTC18**

##### 1.DEFINIZIONE DEI DATI

Il carico di riferimento neve al suolo, per località poste a quota  $a_s \leq 1500$  m s.l.m., non dovrà essere assunto minore di quello indicato in tabella, cui corrispondono valori associati ad un periodo di ritorno pari a 50 anni. Per altitudini  $a_s \geq 1500$  m s.l.m. si dovrà fare riferimento a valori statistici locali utilizzando comunque valori non inferiori a quelli previsti per 1500m

1.1  $a_s$  (altitudine sul livello del mare):  [m]

1.2 zona:

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



## 2 CALCOLO DEL CARICO NEVE AL SUOLO

$q_{ek}$  valore caratteristico della neve al suolo **1.53** **[kN/m<sup>2</sup>]**

## 3 CALCOLO DEI COEFFICIENTI

### 3.1 Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione deve essere utilizzato per modificare il valore del carico della neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Normalmente si adotta  $C_e = 1$ . Si riportano in tabella i coefficienti consigliati per le diverse classi di topografia.

Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0.9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti.	1.1

3.1.1 Classe di topografia:

**Battuta dai venti**

Il coefficiente di esposizione vale:

$C_e$  **0.90**

### 3.2 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  $C_t = 1$ .

Il coefficiente topografico vale:

$C_t$  **1.00**

Pertanto il valore di progetto del carico da neve è quantificato in 1,53 kN/m<sup>2</sup> da applicare alle strutture considerando gli appropriati coefficienti di forma della copertura.

### 3.2 Azione del vento

#### DEFINIZIONE DEI DATI

**zona:**

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



**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<sub>s</sub>** (altitudine sul livello del mare della costruzione)

430 [m]

**D<sub>s</sub>** (Distanza dalla costa)

45 [km]

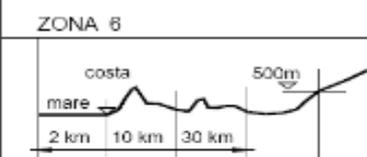
**T<sub>s</sub>** (Tempo di ritorno):

50 [anni]

**Categoria di esposizione**

II

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

ZONA 6	
	
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 II *
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7	

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

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

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$	$C_a$
3	27	500	0,37	1,000

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

$c_a = 1$  per  $a_s \leq a_0$   
 $c_a = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1)$  per  $a_0 < a_s \leq 1500$  m

$v_b$  (velocità base di riferimento) 27,00 m/s

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

$c_r$  coefficiente di ritorno 1,00

$v_r$  (velocità di riferimento) 27,02 m/s

### PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO §3.3.6.

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

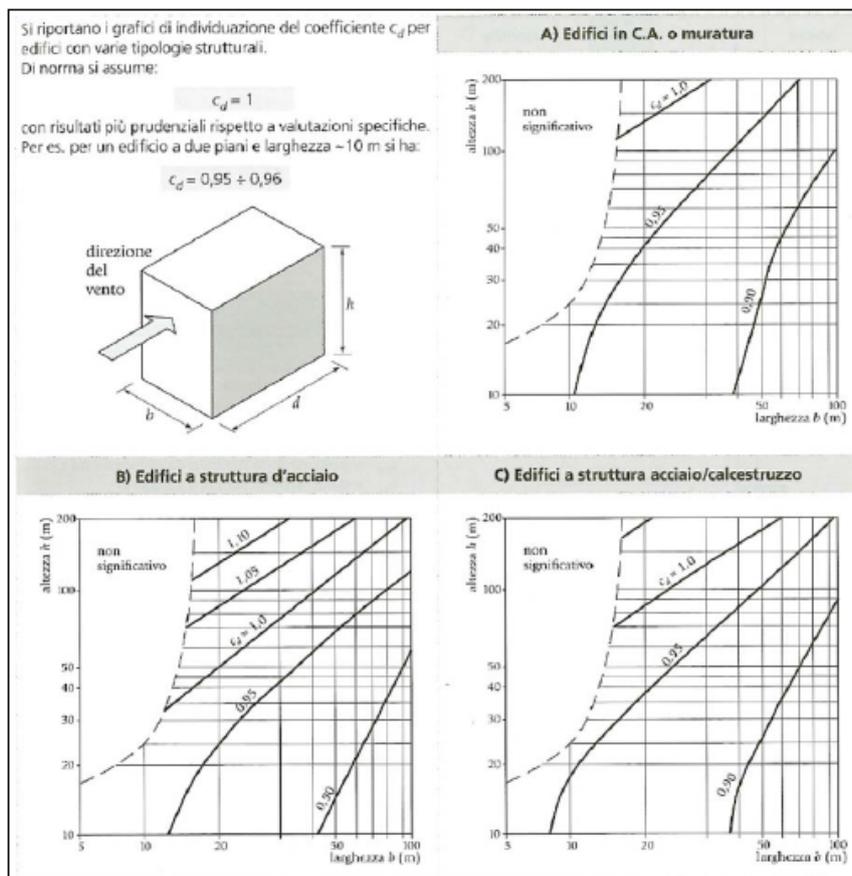
$$q_r = 1/2 \cdot \rho \cdot v_r^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3)$$

Pressione cinetica di riferimento  $q_r$  456,29 [N/m<sup>2</sup>]

### CALCOLO DEI COEFFICIENTI

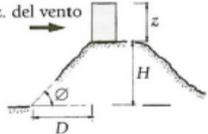
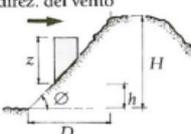
Coefficiente dinamico [§3.3.8]

$c_d$  1,00



### Coefficiente Topografico (Orografico)

Il coefficiente topografico si assume di norma uguale ad 1, sia per zone pianeggianti, ondulate, collinose e montane. Nel caso di costruzioni che sorgono presso la sommità di colline o pendii isolati si procede nel modo seguente:

1	2	3	
<p>Costruzioni ubicate sulla cresta di una collina</p> 	<p>Costruzioni ubicate sul livello superiore</p> 	<p>Costruzioni ubicate su di un pendio</p> 	
$c_t = 1 + \beta \cdot \gamma$	$c_t = 1 + \beta \cdot \gamma \cdot \left(1 - 0,1 \cdot \frac{x}{H}\right) \geq 1$	$c_t = 1 + \beta \cdot \gamma \cdot \frac{h}{H}$	
Coefficiente $\beta$		Coefficiente $\gamma$	
per: $\frac{z}{H} \leq 0,75$	$0,75 \leq \frac{z}{H} \leq 2$	per: $\frac{H}{D} \leq 0,10$	$0,10 < \frac{H}{D} \leq 0,30$
$\beta = 0,5$	$\beta = 0,8 - 0,4 \cdot \frac{z}{H}$	$\frac{H}{D} > 0,3$	$\gamma = 1$
	$\beta = 0$	$\gamma = 0$	$\gamma = 5 \left(\frac{H}{D} - 0,10\right)$

### Coefficiente di esposizione [§3.3.7]

Il coefficiente di esposizione dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito (e quindi dalla classe di rugosità del terreno) ove sorge la costruzione; per altezze non maggiori di z=200m valgono le seguenti espressioni

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

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

$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{\min}$ [m]
0,19	0,05	4,00

Coefficiente di esposizione minimo	$c_{e,\min}$	1,80	$z < 4,00$
Coefficiente di esposizione alla gronda	$c_{e,\text{gronda}}$	1,80	$z = 0,65$
Coefficiente di esposizione al colmo	$c_{e,\text{colmo}}$	1,85	$z = 4,36$

L'azione del vento così determinata sarà applicata alle strutture utilizzando l'opportuno coefficiente di forma in funzione delle caratteristiche geometriche della specifica struttura.

### 3.3 Azione sismica

#### Richiami normativi

Di seguito si riportano le tabelle estratte dalle NTC 2018

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

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

Tab. 3.2.IV – *Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$*

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

#### Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prallungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di alt

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove  $S_T$  assume il valore massimo riportato nella Tab. 3.2.V, fino alla base, dove  $S_T$  assume valore unitario.

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

$T$  è il periodo proprio di vibrazione;

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

$$S = S_S \cdot S_T \quad [3.2.3]$$

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

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

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55, \quad [3.2.4]$$

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

$F_o$  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 dalla relazione

$$T_C = C_C \cdot T_C^*, \quad [3.2.5]$$

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

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

$$T_B = T_C / 3 \quad [3.2.6]$$

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

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6. \quad [3.2.7]$$

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

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

#### 2.4.2. CLASSI D'USO

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 DM 5/11/2001, 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.

#### 2.4.3. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

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

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad [2.4.1]$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

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

Per le costruzioni a servizio di attività a rischio di incidente rilevante si adatteranno valori di  $C_U$  anche superiori a 2, in relazione alle conseguenze sull'ambiente e sulla pubblica incolumità determinate dal raggiungimento degli stati limite.

#### Parametri sismici del sito

LATITUDINE

40.8574700

LONGITUDINE

16.3597990

Tipologia di costruzione

2 – Opere ordinarie

Classe d'uso della struttura

Classe II

Fattore di Struttura "q"

q

1

Categoria di Sottosuolo

Tab. 3.2 II

C

Categoria topografica

Tab. 3.2 III

T1

Stato limite	$a_g/g$	$F_0$	$T_C^*$	$a_g$
Operatività (SLO)	0.0403 (g)	2.517	0.283 s	0.395 m/s <sup>2</sup>
Danno (SLD)	0.0472 (g)	2.498	0.316 s	0.463 m/s <sup>2</sup>
Salvaguardia vita (SLV)	0.1195 (g)	2.594	0.436 s	1.172 m/s <sup>2</sup>
Collasso (SLC)	0.1564 (g)	2.613	0.469 s	1.534 m/s <sup>2</sup>

	SLO	SLD	SLV	SLC
$S_5$ Amp. Stratigrafica	1.5000	1.500	1.500	1.455
$C_C$ Coef. Funz. Categoria	1.5925	1.536	1.381	1.348
$S_T$ Amp. Topografica	1.0000	1.000	1.000	1.000
$S$ Amp. Sito $S=S_5*S_T$	1.5000	1.5000	1.5000	1.4548

### Spettri SL

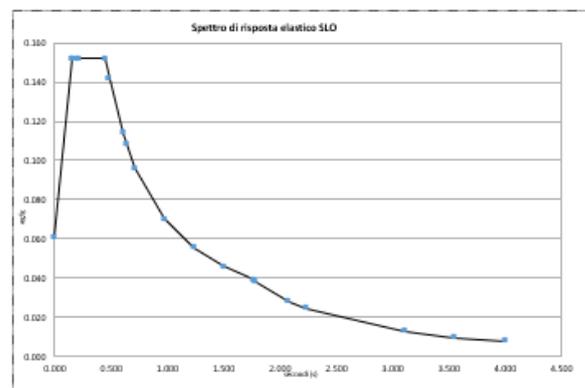
Definizione dei valori di $S$ , $T_B$ , $T_C$ e $T_D$ dello spettro di risposta SLO			
$S$	1.50		$C_s$ 1.593
$T_B$	0.150	$T_c$ 0.451	$T_d$ 1.761

Dati spettro	
Secondi	Ordinato elast.
0.000	0.060
<b>0.150</b>	<b>0.152</b>
0.162	0.152
0.201	0.152
0.211	0.152
<b>0.451</b>	<b>0.152</b>
0.485	0.141
0.602	0.114
0.632	0.108
0.713	0.096
0.975	0.070
1.237	0.055
1.499	0.046
<b>1.761</b>	<b>0.039</b>
1.783	0.038
2.078	0.028
2.226	0.024
3.104	0.013
3.552	0.010
4.000	0.008

Inizio tratto orizzontale SLO ( $T_b$ )

Fine tratto orizzontale SLO ( $T_c$ )

Inizio ultimo tratto SLO ( $T_d$ )



Definizione dei valori di S, TB, TC e TD degli spettri di risposta SLD			
S	150	C <sub>s</sub>	1536
T <sub>b</sub>	0.162	T <sub>c</sub>	0.485
		T <sub>d</sub>	1.789

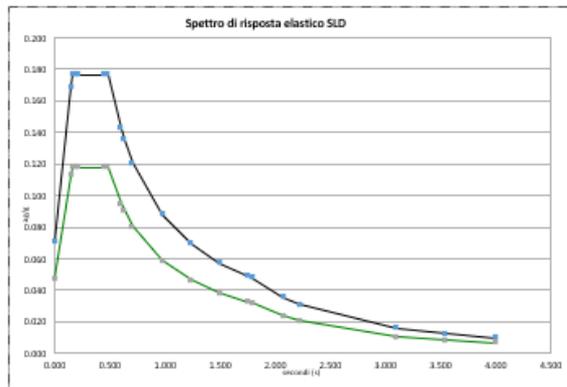
Dati spettro		
Secondi	Ordinata elast.	con η=2/3
0.000	0.071	0.047
0.150	0.163	0.113
<b>0.162</b>	<b>0.177</b>	<b>0.118</b>
0.201	0.177	0.118
0.211	0.177	0.118
0.451	0.177	0.118
<b>0.485</b>	<b>0.177</b>	<b>0.118</b>
0.602	0.142	0.095
0.632	0.136	0.090
0.713	0.120	0.080
0.975	0.088	0.059
1.237	0.069	0.046
1.439	0.057	0.038
1.761	0.049	0.032
<b>1.789</b>	<b>0.048</b>	<b>0.032</b>
2.078	0.036	0.024
2.226	0.031	0.021
3.104	0.016	0.011
3.552	0.012	0.008
4.000	0.010	0.006

←----- Colore verde nel grafico

**Inizio tratto orizzontale SLD (T<sub>b</sub>)**

**Fine tratto orizzontale SLD (T<sub>c</sub>)**

**Inizio ultimo tratto SLD (T<sub>d</sub>)**



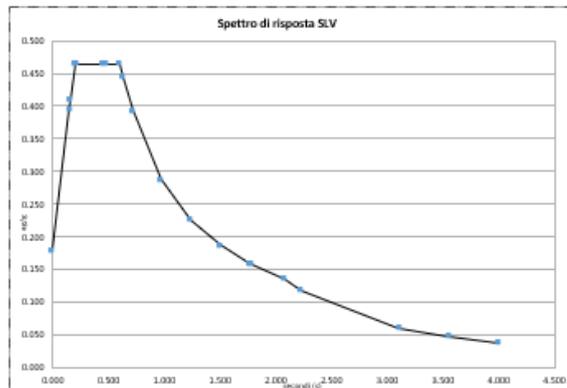
Definizione dei valori di S, TB, TC e TD dello spettro di risposta SLV			
S	15	C <sub>s</sub>	13809
T <sub>b</sub>	0.201	T <sub>c</sub>	0.602
		T <sub>d</sub>	2.078

Dati spet			Fattore di struttura	100
Secondi	Ordinata elast.	Ordinata SLU		
0.000	0.179	0.179		
0.150	0.393	0.393		
0.162	0.409	0.409		
<b>0.201</b>	<b>0.465</b>	<b>0.465</b>		
0.211	0.465	0.465		
0.451	0.465	0.465		
0.485	0.465	0.465		
<b>0.602</b>	<b>0.465</b>	<b>0.465</b>		
0.632	0.443	0.443		
0.713	0.393	0.393		
0.975	0.287	0.287		
1.237	0.226	0.226		
1.439	0.187	0.187		
1.761	0.153	0.153		
1.789	0.156	0.156		
<b>2.078</b>	<b>0.135</b>	<b>0.135</b>		
2.226	0.117	0.117		
3.104	0.060	0.060		
3.552	0.046	0.046		
4.000	0.036	0.036		

**Inizio tratto orizzontale SLV (T<sub>b</sub>)**

**Fine tratto orizzontale SLV (T<sub>c</sub>)**

**Inizio ultimo tratto SLV (T<sub>d</sub>)**



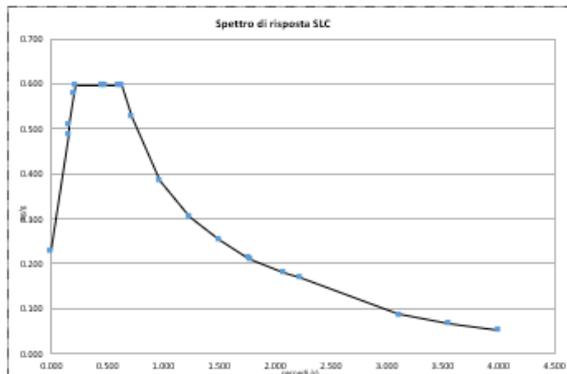
Definizione dei valori di S, TB, TC e TD dello spettro di risposta SLC			
S	1.4548	C <sub>s</sub>	13484
T <sub>b</sub>	0.211	T <sub>c</sub>	0.632
		T <sub>d</sub>	2.226

Dati spet			Fattore di struttura	1.00
Secondi	Ordinata elast.	Ordinata SLU		
0.000	0.228	0.228		
0.150	0.489	0.489		
0.162	0.509	0.509		
0.201	0.577	0.577		
<b>0.211</b>	<b>0.595</b>	<b>0.595</b>		
0.451	0.595	0.595		
0.485	0.595	0.595		
0.602	0.595	0.595		
<b>0.632</b>	<b>0.595</b>	<b>0.595</b>		
0.713	0.527	0.527		
0.975	0.385	0.385		
1.237	0.304	0.304		
1.439	0.251	0.251		
1.761	0.213	0.213		
1.789	0.210	0.210		
2.078	0.181	0.181		
<b>2.226</b>	<b>0.163</b>	<b>0.163</b>		
3.104	0.087	0.087		
3.552	0.066	0.066		
4.000	0.052	0.052		

**Inizio tratto orizzontale SLC (T<sub>b</sub>)**

**Fine tratto orizzontale SLC (T<sub>c</sub>)**

**Inizio ultimo tratto SLC (T<sub>d</sub>)**



#### 4. Calcolo preliminare strutture – inseguitori solari

Le strutture sono rappresentate da inseguitori solari monoasse con sopra debitamente ancorati i moduli fotovoltaici le cui caratteristiche metriche e geometriche sono meglio rappresentate nelle allegate tavole grafiche. Tali strutture vengono infisse nel terreno mediante battitura dei montanti e senza utilizzo di calcestruzzo o altro materiale.

Il progetto di inseguitore solare monoassiale deve rispettare una serie di parametri che tengono conto degli effetti aeroelastici causati dal vento. Il miglioramento dell'elettronica è necessario anche per affrontare fenomeni meteorologici come cicloni, venti forti o tempeste elettriche.

Le strutture dei moduli saranno ancorate al terreno mediante infissione del montante per una profondità dimensionata in riferimento alle sollecitazioni indotte dalla sovrastruttura. I carichi dimensionanti sono quelli derivanti dalla combinazione delle azioni del vento incidente sulla struttura che provocano a livello fondale degli sforzi assiali sul montante. Il predimensionamento della profondità di infissione è soddisfatto se l'azione assiale esercitata dal vento è equilibrata dalle azioni tangenziali dovute al contatto con il terreno.

In fase di progettazione esecutiva sarà definita l'effettiva profondità di infissione (preliminarmente dimensionata nell'ordine di 1,5 – 2,5 m) atta a garantire l'equilibrio statico del sistema compatibile con le caratteristiche geomeccaniche del terreno di sedime, desumibili dalla relazione geologica allegata al presente progetto definitivo.

I profili in acciaio zincato consentono una rapida e accurata installazione della struttura nel terreno. Il processo di guida su palo viene eseguito da macchine idrauliche in grado di realizzare circa 280 battiture al giorno.

L'azione dimensionante è rappresentata dalla pressione del vento che genera sui montanti infissi nel terreno sollecitazioni di trazione. Il predimensionamento consiste nel determinare la profondità di infissione dei montanti nel terreno tale da equilibrare il sistema al carico di sfilamento.

L'azione del vento sulla struttura è determinata seguendo la formulazione del paragrafo 3.3 NTC2018 mentre le caratteristiche geomeccaniche del terreno sono determinate in ragione dei risultati ottenuti dall'indagine geognostica e riportate nella relazione geologica.

Di seguito si riporta il prospetto riassuntivo delle verifiche geotecniche preliminari eseguite.

Tav. G	Relazione preliminare sulle strutture	22 di 28
--------	---------------------------------------	----------

Classe di rugosità del terreno	C
ag (altitudine della costruzione)	340 m slm
Distanza dalla costa	45 km
Tr (tempo di ritorno)	50 anni
Categoria di esposizione	II
H <sub>min</sub> tracker	0.70 m
H <sub>max</sub> tracker	4,92 m
Angolo inclinazione massimo	60°
Velocità di riferimento del vento V <sub>b,0</sub>	27 m/s
Pressione cinetica di riferimento q <sub>r</sub>	456,29 N/m <sup>2</sup>
Coefficiente topografico	1
Coefficiente di forma C <sub>e</sub>	+/- 2,24
Pressione del vento p	+/- 1,96 kN/mq
Superficie captante	159 mq
Numero montanti	7
Risultante della pressione sul singolo montante	44,49 kN
Risultante di trazione sul singolo montante	22,24 kN
Angolo di attrito interno del terreno medio	23°
Peso per unità di volume del terreno medio	18,5 kN/mc
Lunghezza di infissione	2 m
Tensione geostatica verticale massima	37 kN/mq
Risultante delle tensioni geostatiche verticali	37 kN
K <sub>o</sub>	0,61
Tensione geostatica orizzontale	22,54 kN/mq
Tensione tangenziale	9,57 kN/mq
Superficie minima di contatto	3 mq
R <sub>d</sub>	28,71 kN
γ <sub>R</sub>	1,25
Verifica di sicurezza γ <sub>R</sub> R <sub>d</sub> / F <sub>d</sub> > 1	1,03 - VERIFICATO

Tali verifiche teoriche sono da considerarsi preliminari in quanto non tengono conto di altre variabili che alterano la situazione teorica del terreno. Infatti già la tecnica di infissione con battipalo altera le caratteristiche teoriche del terreno il quale presenta una stratigrafia attuale che potrebbe essere modificata nello strato di coltre a seguito di parziali livellamenti. Inoltre le caratteristiche del terreno potrebbero variare anche all'interno dell'area di intervento e pertanto si rimanda alla progettazione esecutiva per la verifica geotecnica definitiva basata anche su valori di riferimento basati su prove di sfilamento eseguite mediante sollevatore telescopico a braccio fisso con interposto dinamometro.

## 5. Dimensionamento basamenti di fondazione di cabinet e container

Il predimensionamento delle piastre di fondazioni necessarie alla distribuzione dei carichi di cabinet, containers di contenimento inverters, trasformatori ed apparati elettrici viene eseguito considerando le

caratteristiche del terreno di sedime desumibili dalla relazione geologica e le azioni trasmesse dalle sovrastrutture desumibili dalle schede tecniche degli apparati.

Di seguito si riportano le risultanze del calcolo eseguito e le relative verifiche geotecniche.

<b>Caratteristiche dei materiali</b>	
Classe del calcestruzzo	C30/37
Peso specifico del calcestruzzo	25 kN/mc
Peso specifico del magrone	24 kN/mc
Altezza dello strato di magrone	10 cm
<b>Parametri sismici SLV</b>	
Accelerazione massima su suolo rigido $a_g$	1,138 m/s <sup>2</sup>
Coefficiente di amplificazione spettrale $F_0$	2,600
Periodo di inizio tratto a velocità costante $T_c^*$	0,440 s
Accelerazione di gravità $g$	9,81 m/s <sup>2</sup>
Accelerazione orizzontale riferita al suolo rigido adimensionale $a_g/g$	0,116
Coefficiente funzione della categoria di sottosuolo $C_c$	1,377
Periodo del tratto ad accelerazione costante $T_B$	0,202 s
Periodo del tratto a velocità costante $T_c$	0,606 s
Periodo del tratto a spostamento costante $T_D$	2,064 s
Coefficiente di smorzamento viscoso $\xi$	5%
Coefficiente di correzione per smorzamento viscoso diverso dal 5%	1
Coefficiente sismico orizzontale $k_h$	0,066
Coefficiente sismico verticale $k_v$	+/- 0,033
Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito $\beta_m$	0,38
<b>Dati geometrici</b>	
Dati fondazione B,L,h	3,00m ; 13 m; 0,20 m
Altezza affondamento zattera D	0,20 m
Angolo di inclinazione terreno di posa $\alpha$	0,00°
Sollecitazioni	
Gk1 V, Gk1 HI, Gk1 Hb, Gk1 Mb, Gk1 MI	160 kN, 0, 0, 0, 0, 0
Gk2 V, Gk2 HI, Gk2 Hb, Gk2 Mb, Gk2 MI	270 kN, 0, 0, 0, 0, 0
Qk V, Qk HI, Qk Hb, Qk Mb, Qk MI	200 kN, 0, 0, 0, 0, 0

Condizione Drenate

### 6 CARICO LIMITE

$q_{lim}$	471.2	[kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_{lim}$	18176.2	[kN]
-----------	-------	----------------------	-----------	---------	------

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma' B N_{\gamma} s_{\gamma} d_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} \Psi_{\gamma z_{\gamma}} + c' N_c s_c d_c i_c b_c \Psi_{c z_c} + q' N_q s_q d_q i_q b_q \Psi_{q z_q}$$

 contributo forze di **attrito**    
  contributo forze di **coesione**    
  contributo **sovraccarico**

### 7 VERIFICA CAPACITA' PORTANTE (ROTTURA GENERALE)

$E_d$	733.0	[kN]	$E_d \leq R_d$	verificato
$R_d$	7902.7	[kN]		
$e_d$	19.0	[kPa]		
$r_d$	204.9	[kPa]		

Condizione non drenata

### 6 CARICO LIMITE

$q_{lim}$	52.8	[kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_{lim}$	2036.5	[kN]
-----------	------	----------------------	-----------	--------	------

$$q_{lim} = c_u N_{c,0} s_{c,0} d_{c,0} i_{c,0} b_{c,0} z_{c,0} + q$$

 contributo forze di **coesione**    
  contributo **sovraccarico**

### 7 VERIFICA CAPACITA' PORTANTE (ROTTURA GENERALE)

$E_d$	733.0	[kN]	$E_d \leq R_d$	verificato
$R_d$	885.4	[kN]		
$e_d$	19.0	[kPa]		
$r_d$	23.0	[kPa]		

Per quanto riguarda invece la sovrastruttura si farà riferimento alle verifiche strutturali già predisposte dai fornitori che accompagneranno le diverse strutture.

Per le caratteristiche geometriche si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

## 6. Pali di illuminazione e videosorveglianza

La verifica strutturale degli elementi lineari in progetto, necessari per la realizzazione del sistema di illuminazione delle aree, utilizzati anche quali sostegni per gli apparati elettrici di videosorveglianza, consiste nel determinare la profondità di infissione nel terreno tale da soddisfare i requisiti di sicurezza strutturale delle parti in elevazione nei confronti delle azioni dinamiche indotte dal vento. Si ha stabilità quando il volume del terreno intorno alla base del palo è in grado di contrastare il momento di abbattimento generato dalle azioni del vento  $Q=(h+c/2)$  con  $h$  altezza fuori terra del palo e  $c$  profondità di infissione.

Definendo  $k$  = pressione sul terreno limite con valori tipici di circa 3,9 daN/cm<sup>2</sup> per ghiaie, sabbia asciutta compatta; 2,0 daN/cm<sup>2</sup> per terreno vegetale consistente e 1,0 daN/cm<sup>2</sup> per terreno di riporto e argilla umida sabbiosa, la verifica è soddisfatta quando

$$\sigma_c \leq k$$

Il valore di  $\sigma_c$  è calcolabile mediante la relazione

$$\sigma_c = \frac{\left(h + \frac{c}{2}\right)}{\pi \cdot \frac{D \cdot c^2}{48} \cdot 10^4} \leq k$$

Indicando con  $D$  il diametro del palo in prossimità del terreno.

Con la soprariportata relazione empirica è possibile determinare la profondità di infissione minima che garantisce l'equilibrio del sistema. È rinviata alla fase di progettazione esecutiva l'effettivo dimensionamento in ragione delle sezioni definitive dei lampioni e delle relative caratteristiche meccaniche dei materiali.

Per le caratteristiche geometriche si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

## 7. Recinzioni e cancelli

Assimilando recinzioni e cancelli a strutture a mensole incastrate al terreno (per i cancelli lo schema vale per i pilastri terminali), si considera che le tensioni sulla mensola vengono determinate dalla spinta orizzontale con conseguente generazione di una matrice di sollecitazione alla base. Con tale schema statico è possibile stimare i momenti di ribaltamento dei montanti e conseguentemente determinare la profondità di infissione della recinzione in ragione dell'effettiva modalità di posa. Per i cancelli allo stesso modo si dimensiona il basamento in calcestruzzo delle colonne.

Il calcolo esatto è rinviato alla fase esecutiva di progettazione con riferimento alle definitive caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati.

Per le caratteristiche geometriche si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

## 8. Edificio di controllo

Per ciò che riguarda l'edificio di controllo interno alla sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT le verifiche strutturali dovranno riguardare il soddisfacimento dei valori di sicurezza attesi ai diversi stati limite di riferimento in ragione della tipologia strutturale, delle caratteristiche di resistenza dei materiali e della geometria degli elementi.

Considerando le azioni elementari statiche e dinamiche determinabili secondo quanto riportato al capitolo 3 della presente relazione preliminare è possibile definire le azioni di calcolo da introdurre al modello strutturale per operare le opportune verifiche strutturali.

Trattandosi di corpi di fabbrica standard è certamente garantita la compatibilità strutturale e pertanto si rimanda al progetto esecutivo per le verifiche di sicurezza richieste dalle norme tecniche per come previsto dalla Legge.

Per le caratteristiche geometriche si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

## Conclusioni

Vista la natura dell'opera le azioni significative per il pre-dimensionamento delle strutture di sostegno degli inseguitori solari sono rappresentate dalla distribuzione dei carichi derivanti dalle azioni del vento. Altre azioni minori e certamente non dimensionanti, sono rappresentate dal peso proprio delle strutture, dal carico da neve e dalle azioni dinamiche indotte dalle sollecitazioni sismiche.

Le sollecitazioni derivanti da dette azioni risultano secondarie all'analisi strutturale rispetto alle azioni dinamiche indotte dal vento, visto soprattutto la trascurabile massa dei moduli che ricopre un ruolo determinante nelle verifiche statiche e dinamiche da sisma. Inoltre, vista la posizione dell'area di intervento i carichi da neve risultano marginali.

Per ciò che riguarda le restanti componenti minori quali container, cabinet, recinzioni, cancelli e pali di illuminazione, trattandosi di elementi standard si rimanda alla fase di progettazione esecutiva per le specifiche verifiche della sicurezza strutturale essendo comunque valutata, in via preliminare, la compatibilità strutturale delle opere in progetto.

Tav. G	Relazione preliminare sulle strutture	27 di 28
--------	---------------------------------------	----------

Rinviando alla progettazione esecutiva la verifica strutturale delle opere secondo i dettami delle NTC2018, considerando quindi l'analisi dei carichi rigorosa e la combinazione delle azioni sui vari elementi strutturali, dalle verifiche svolte è evidente la piena compatibilità dell'opera per come pre-dimensionata, sotto l'aspetto statico e dinamico.

In merito agli impianti presenti, come meglio dettagliatamente riportati negli elaborati del progetto definitivo, si precisa che sono state considerate tutte le necessità del progetto, sia in termini di apparati che di apparecchiature e che pertanto i volumi tecnici necessari saranno esclusivamente quelli riportati nel presente progetto definitivo. Inoltre, in merito al dimensionamento elettrico dei cavidotti si precisa che i risultati riportati nella relazione tecnica delle opere elettriche e nelle tavole elettriche allegate al progetto definitivo sono frutto di verifiche eseguite nel rispetto delle normative tecniche di settore e che pertanto si confermano i dati di progetto.

#### I progettisti



(dott. ing. Giovanni Guzzo Foliaro)



(dott. ing. Amedeo Costabile)



(dott. ing. Francesco Meringolo)



(dott. Ing. Pierluigi Astorino)