

Regione
Molise



Provincia di
Campobasso



Comune di
San Martino
in Pensilis



Comune di
Larino



Comune di
Ururi



Committente:

RWE

RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.
via Andrea Doria, 41/G - 00192 Roma
P.IVA/C.F. 06400370968
PEC: rwerenewablesitaliasrl@legalmail.it

Titolo del Progetto:

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA
DI 35 MW DENOMINATO "PIANI DELLA CISTERNA" SITUATO NEL COMUNE DI
SAN MARTINO IN PENSILIS (CB)**

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO OPERE CIVILI

N° Documento:

PESMP_08

ID PROGETTO:

PESMP

DISCIPLINA:

PD

TIPOLOGIA:

R

FORMATO:

Elaborato:

RELAZIONE PRELIMINARE DELLE STRUTTURE - TABULATI DI CALCOLO DELLE FONDAZIONI

FOGLIO:

1 di 1

SCALA:

Nome file:

Progettazione:



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

Progettista:

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

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

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato



1. PREMESSA	4
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO.....	6
4. DESCRIZIONE TECNICA DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO	9
5. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA.....	12
6. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA	15
6.1 Combinazioni di calcolo	16
7. AZIONI SULLA COSTRUZIONE	17
7.1 Azioni antropiche e pesi propri.....	17
7.2 Azione sismica.....	18
7.3 Forze scaricate sulla fondazione.....	19
8. GENERALITÀ SUI MATERIALI IMPIEGATI.....	25
8.1 Caratteristiche del conglomerato cementizio	26
8.2 Caratteristiche dell'acciaio	28
9. MODELLO LITOSTRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO	31
10. ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON CODICI DI CALCOLO.....	32
10.1 Modellazione della fondazione.....	32
10.2 Principali risultati.....	32

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



	<p>Progetto per la realizzazione di un parco eolico della potenza di 35 MW denominato "Piani della Cisterna" situato nel comune di San Martino in Pensilis (CB)</p> <p>Relazione preliminare delle strutture – tabulati di calcolo delle fondazioni</p>	<p>DATA: GENNAIO 2024 Pag. 2 di 35</p>
---	---	---

Figura 1 - Schematizzazione impianto eolico	6
Figura 2 - Inquadramento area parco eolico su base ortofoto	7
Figura 3 - Inquadramento area parco eolico su catastale	8
Figura 4 - Inquadramento area parco e sottostazione su IGM	8
Figura 5 - Esempio Aerogeneratore	11
Figura 6 - Vista 3D e vista XZ fondazione tipo.	13
Figura 7 - Pianta fondazione.	13
Figura 8 - Schema geometrico di riferimento della struttura di fondazione.	14
Figura 9 - Peso dell'unità di volume dei principali materiali.	18
Figura 10 – Schema tipologico di carico.....	20
Figura 11 - Legame costitutivo di progetto del calcestruzzo (Legame parabola-rettangolo)	28
Figura 12 - Legame tensione-deformazione dell'acciaio.....	29
Figura 13 - Legame elastico perfettamente plastico o duttilità limitata per l'acciaio.....	30
Figura 14 - Modellazione della fondazione	32
Figura 15 - Inviluppo delle sollecitazioni sui pali.....	35

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



	<p align="center">Progetto per la realizzazione di un parco eolico della potenza di 35 MW denominato "Piani della Cisterna" situato nel comune di San Martino in Pensilis (CB)</p> <p align="center">Relazione preliminare delle strutture – tabulati di calcolo delle fondazioni</p>	<p>DATA: GENNAIO 2024 Pag. 3 di 35</p>
---	---	---

Tabella 1 - Fogli e particelle aerogeneratori9
 Tabella 2 – Caratteristiche aerogeneratore parco eolico in SAN MARTINO IN PENSILIS..... 10
 Tabella 3 – Principali risultati in termini di spostamenti e sollecitazioni flessionali.34

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



	<p>Progetto per la realizzazione di un parco eolico della potenza di 35 MW denominato "Piani della Cisterna" situato nel comune di San Martino in Pensilis (CB)</p> <p>Relazione preliminare delle strutture – tabulati di calcolo delle fondazioni</p>	<p>DATA: GENNAIO 2024 Pag. 4 di 35</p>
---	---	---

1. PREMESSA

Con il Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387, il Parlamento Italiano ha proceduto all’attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità.

Con la nuova normativa introdotta dal d.lgs. 30 giugno 2016, n. 127 (legge Madia), la conferenza dei servizi si potrà svolgere in modalità “Sincrona” o “Asincrona”, nei casi previsti dalla legge.

La presente Relazione fornisce una descrizione generale di progetto per la realizzazione di un impianto di generazione elettrica con utilizzo della fonte rinnovabile eolica, soffermando l’attenzione sulle fondazioni delle torri eoliche con lo scopo di illustrare le metodologie di calcolo seguite per il progetto strutturale di pre-dimensionamento della fondazione per l’installazione delle turbine eoliche.

Le strutture in elevazione saranno realizzate in acciaio, le strutture di fondazione saranno invece in calcestruzzo armato e di tipo profondo (plinto su pali), con caratteristiche idonee all’impiego strutturale e dimensionate in conformità al D.M. 17/01/2018.

Trattandosi di un calcolo di pre-dimensionamento si è fatto riferimento ad una fondazione tipo, posta su un terreno con caratteristiche geotecniche medie ricavate dallo studio geologico.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica costituito da n. 5 aerogeneratori tripala ad asse orizzontale ciascuno della potenza di 7,0 MW, con diametro del rotore di 170 m per una potenza complessiva di 35,00 MW, da realizzarsi nelle aree agricole del Comune di San Martino in Pensilis (CB).

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



	<p>Progetto per la realizzazione di un parco eolico della potenza di 35 MW denominato "Piani della Cisterna" situato nel comune di San Martino in Pensilis (CB)</p> <p>Relazione preliminare delle strutture – tabulati di calcolo delle fondazioni</p>	<p>DATA: GENNAIO 2024 Pag. 5 di 35</p>
---	---	---

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086, “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e da struttura metallica”;
 - Legge 2 febbraio 1974, n. 64, “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
 - D.M 17/01/2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
 - Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni”;
 - REFERENZE TECNICHE (Cap. 12 D.M. 17.01.2018)
 - UNI ENV 1992-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
 - UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.
 - UNI EN 1993-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici. UNI EN 1998-1 – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni
 - UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno
 - IEC 61400-1 International standard – Wind turbine – Part. 1 Design requirements. Ed. 3rd edition 2005-08.
 - Sicurezza
- D.LGS 9 Aprile 2008 "Testo unico sulla sicurezza"

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



3. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO

Il sito oggetto dello studio ricade in provincia di Campobasso (CB), nel Comune di San Martino in Pensilis (CB).

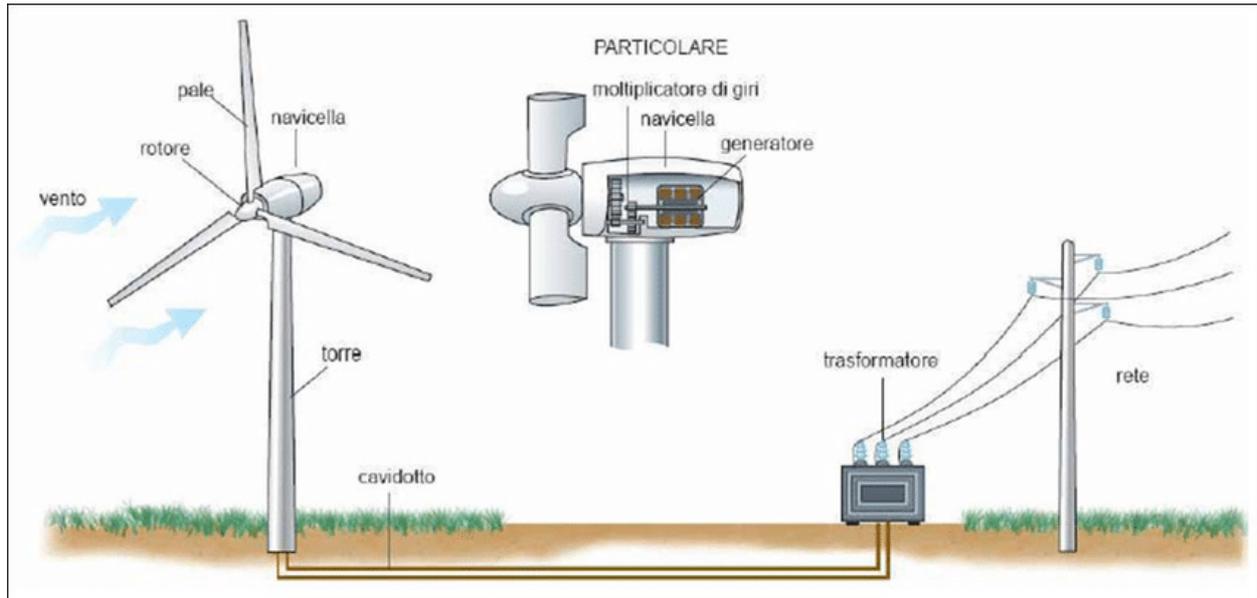


Figura 1 - Schematizzazione impianto eolico

Il parco eolico è composto da 5 aerogeneratori tutti rientranti nell'agro del Comune di San Martino in Pensilis (CB), mentre il cavidotto per il collegamento dell'impianto alla sottostazione, si estende anche nel territorio dei comuni di Ururi, ove, ricade anche l'ampliamento della stazione elettrica.

L'area di progetto su cui verrà realizzato il parco eolico è caratterizzata da orografia tipica delle zone collinari locali, priva di complicazioni eccessive e con un'altezza media compresa tra 46 e 161 metri sul livello del mare.

Attualmente il sito presenta un uso del suolo principalmente agricolo; la copertura vegetale arborea è scarsa, quindi l'area in esame è caratterizzata da una rugosità media, caratteristica favorevole allo sfruttamento del vento.

Le turbine saranno posizionate lungo la direzione prevalente del vento ossia NW.

Per effettuare una localizzazione univoca dei terreni sui quali insiste il parco eolico, di seguito si riportano le cartografie riguardanti:

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



Relazione preliminare delle strutture – tabulati di calcolo delle fondazioni

- sovrapposizione del campo eolico su ortofoto (figura 2);
- sovrapposizione del campo eolico su catastale (figura 3);
- sovrapposizione del campo eolico su IGM (figura 4);



Figura 2 - Inquadramento area parco eolico su base ortofoto

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



**Relazione preliminare delle strutture – tabulati
di calcolo delle fondazioni**

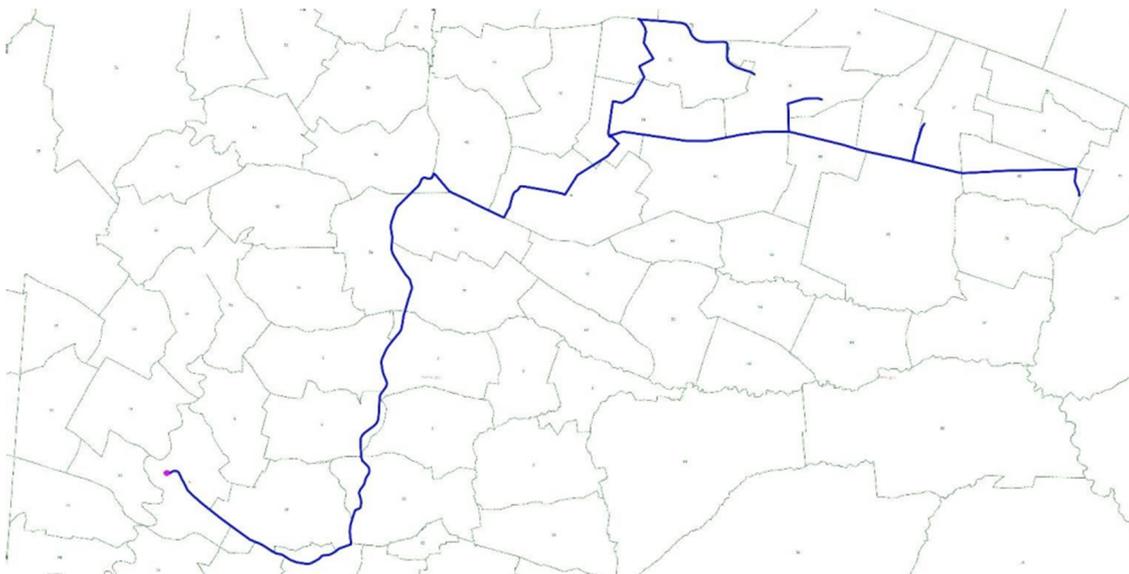


Figura 3 - Inquadramento area parco eolico su catastale

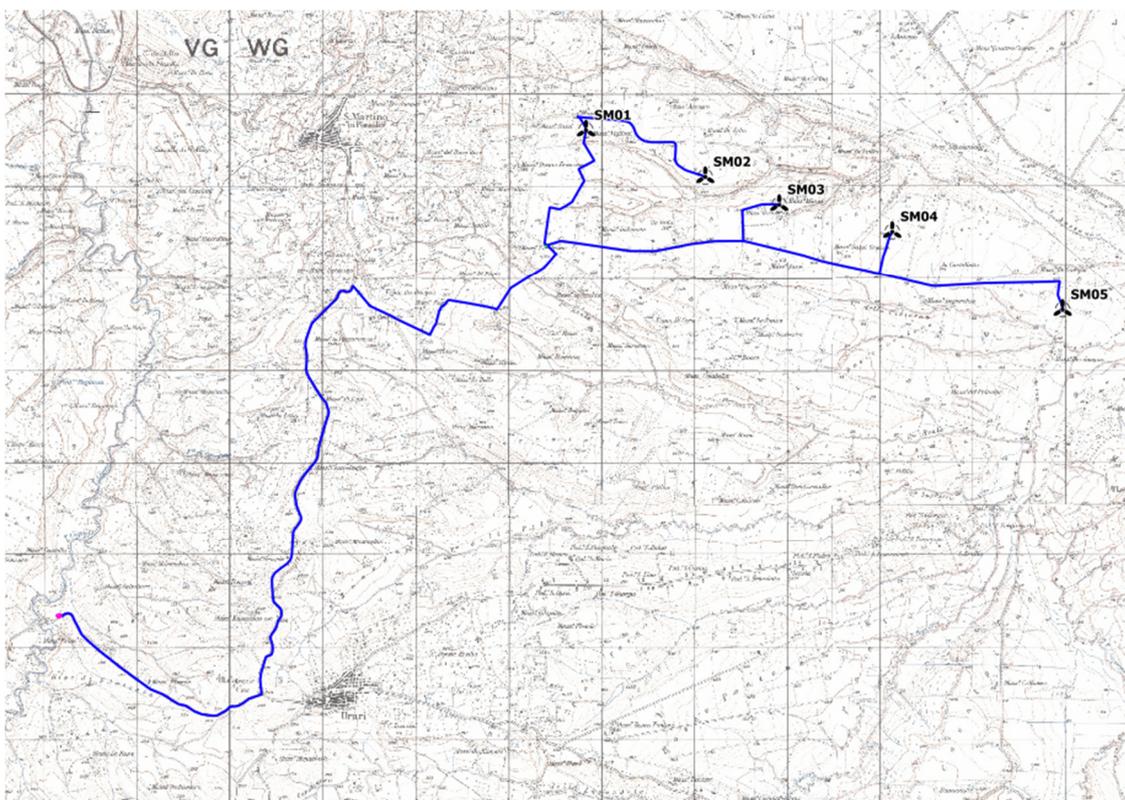


Figura 4 - Inquadramento area parco e sottostazione su IGM

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



	<p>Progetto per la realizzazione di un parco eolico della potenza di 35 MW denominato "Piani della Cisterna" situato nel comune di San Martino in Pensilis (CB)</p> <p>Relazione preliminare delle strutture – tabulati di calcolo delle fondazioni</p>	<p>DATA: GENNAIO 2024 Pag. 9 di 35</p>
---	---	---

Il parco eolico per la produzione di energia elettrica oggetto di studio avrà le seguenti caratteristiche:

- potenza installata totale: 35 MW;
- potenza della singola turbina: 7 MW;
- n. 5 turbine;
- n. 1 “Cabina di Raccolta e Smistamento”;
- Ampliamento della stazione elettrica di trasformazione RTN esistente.

I fogli e le particelle interessati dall’installazione dei nuovi aerogeneratori sono sintetizzati nella Tabella seguente.

Aerogeneratore	Foglio	Particella
SM01	33	90
SM02	35	124
SM03	35	51
SM04	37	5
SM05	40	74

Tabella 1 - Fogli e particelle aerogeneratori

4. DESCRIZIONE TECNICA DEI COMPONENTI DELL’IMPIANTO

Le pale di un aerogeneratore sono fissate al mozzo e vi è un sistema di controllo che ne modifica costantemente l’orientamento rispetto alla direzione del vento, per offrire allo stesso sempre il medesimo profilo alare garantendo, indipendentemente dalla direzione del vento, un verso orario di rotazione. L’aerogeneratore previsto per la realizzazione del parco eolico è la turbina da 7 MW con diametro del rotore di 170 m.

Nella tabella che segue sono sintetizzate le principali caratteristiche dell’aerogeneratore previsto nel parco eolico.

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



CAP. SOC. € 100.000,00 - C.C.I.A.A. POTENZA N. PZ-206983 - REGISTRO IMPRESE POTENZA - P. IVA 02094310766

Altezza al Mozzo	115 m
Diametro Rotore	170 m
Lunghezza singola Pala	85 m
Superficie del rotore	22,698 mq
Numero Pale	3
Velocità di Rotazione Max a regime del Rotore	9.22 rpm
Potenza Nominale Turbina	7000 kW
Cut-Out	25 m/s
Cut-in	3 m/s

Tabella 2 – Caratteristiche aerogeneratore parco eolico in SAN MARTINO IN PENSILIS.

La turbina eolica è montata su una torre tubolare in acciaio, con un'altezza di 115 m, e ospita alla sua base il sistema di controllo.

È costituita da più sezioni tronco-coniche che verranno assemblate in sito. Al suo interno saranno inserite la scala di accesso alla navicella e il cavedio in cui saranno posizionati i cavi elettrici necessari al trasporto dell'energia elettrica prodotta. L'accesso alla turbina avviene attraverso una porta alla base della torre che consentirà l'accesso al personale addetto alla manutenzione.

La torre, il generatore e la cabina di trasformazione andranno a scaricare su una struttura di fondazione in calcestruzzo armato di tipo profonda che verrà dimensionata sulla base degli studi geologici e dell'analisi dei carichi trasmessi dalla torre.

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



**Relazione preliminare delle strutture – tabulati
di calcolo delle fondazioni**

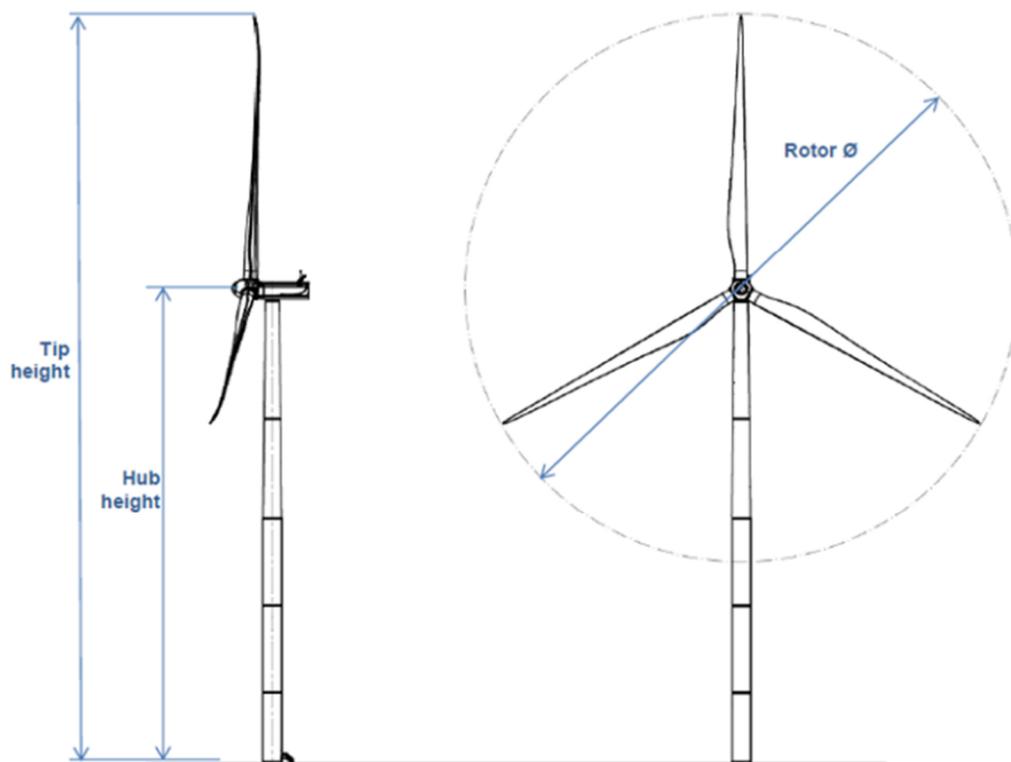


Figura 5 - Esempio Aerogeneratore

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT

EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



5. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

La turbina eolica in progetto, come già detto, è costituita da una torre tubolare in acciaio su cui sono installati la navicella e le pale. Tale torre scarica, il peso proprio e le sollecitazioni derivanti da azioni esterne, al terreno tramite la fondazione.

Nella presente relazione si individua la tipologia di fondazione più adatta per l'opera e per le condizioni del sito in cui sarà realizzata. In questo caso, si è deciso di realizzare una piastra di fondazione su pali a pianta circolare di diametro di 24 m, composta da un anello esterno a sezione troncoconica con altezza variabile tra 150 cm e 300 cm, e da un nucleo centrale cilindrico di altezza di 350 cm e diametro 650 cm. All'interno del nucleo centrale è annegato il concio di fondazione in acciaio che ha il compito di ancorare la torre in acciaio con il plinto di fondazione interrato. L'ancoraggio della torre con la fondazione sarà realizzato con l'accoppiamento delle due flange di estremità ed il serraggio dei bulloni di unione.

Il plinto verrà realizzato su 16 pali di diametro di 1000 mm ($\text{Ø}1000$) e profondità di 20,00 m disposti su una corona circolare ad una distanza di 10,5 m ($r = 10,5\text{m}$) dal centro.

Prima della posa dell'armatura del plinto sarà gettato il magrone di fondazione di spessore di 30 cm minimo.

Il plinto di fondazione sarà realizzato in calcestruzzo con classe di resistenza C32/40, i pali saranno realizzati sempre in calcestruzzo con classe di resistenza C32/40, e acciaio in barre del tipo B450C. Il plinto sarà ricoperto da uno strato di terreno proveniente dagli scavi con lo scopo di realizzare un appesantimento che risulti favorevole nelle verifiche a ribaltamento.

La modellazione tramite programma di calcolo è stata effettuata ipotizzando una piastra a sezione circolare con spessore variabile, da 1,50m a 3,00m, flangia in superficie di diametro di 6,5m alta 0,5m sopra il piano campagna. Per quanto riguarda le armature, per la piastra sono previsti diametri delle barre, sia nella direzione radiale che in quella circonferenziale, di 30mm ($\text{Ø}30$) mentre per i pali diametri di 24mm ($\text{Ø}24$) per le armature longitudinali e $\text{Ø}10$ per le staffe. I dettagli sono illustrati nel tabulato di calcolo.

Si riporta di seguito una figura con pianta e sezione della fondazione.

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



**Relazione preliminare delle strutture – tabulati
di calcolo delle fondazioni**

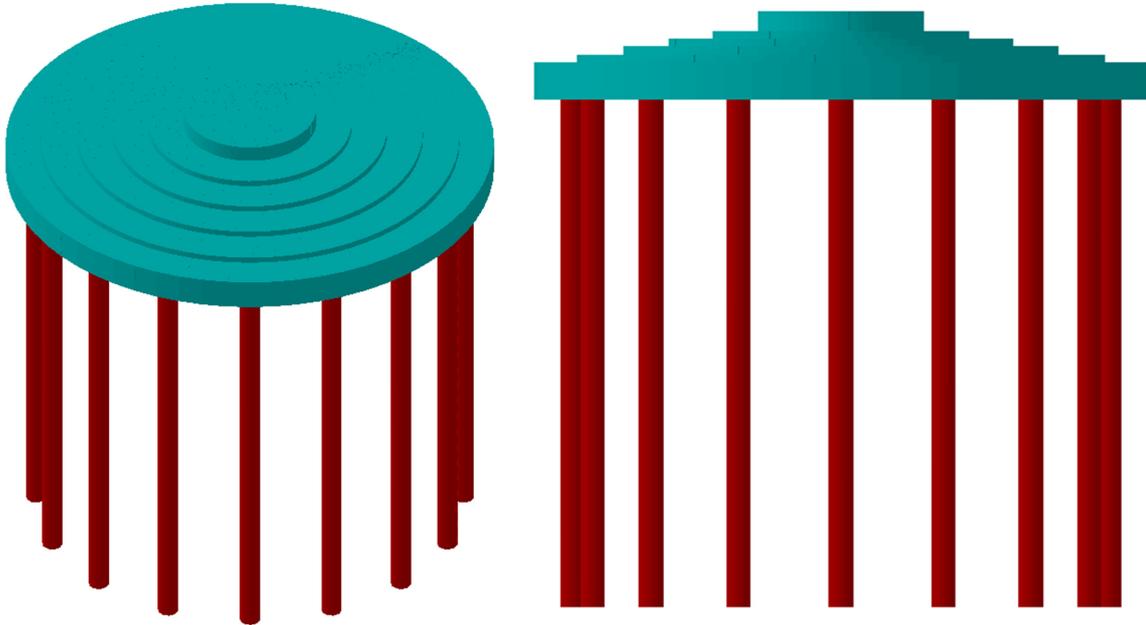


Figura 6 - Vista 3D e vista XZ fondazione tipo.

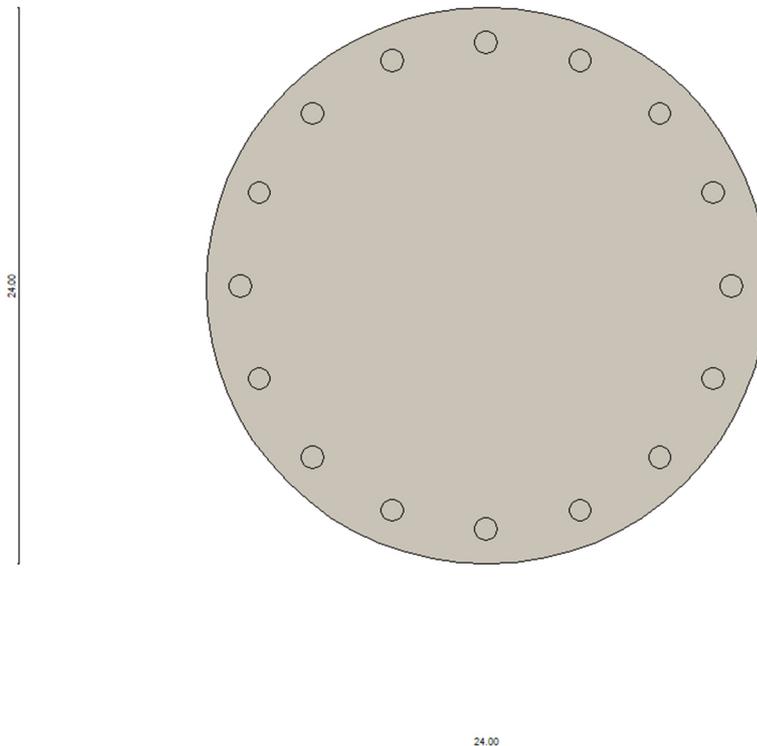


Figura 7 - Pianta fondazione.

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



Relazione preliminare delle strutture – tabulati
di calcolo delle fondazioni

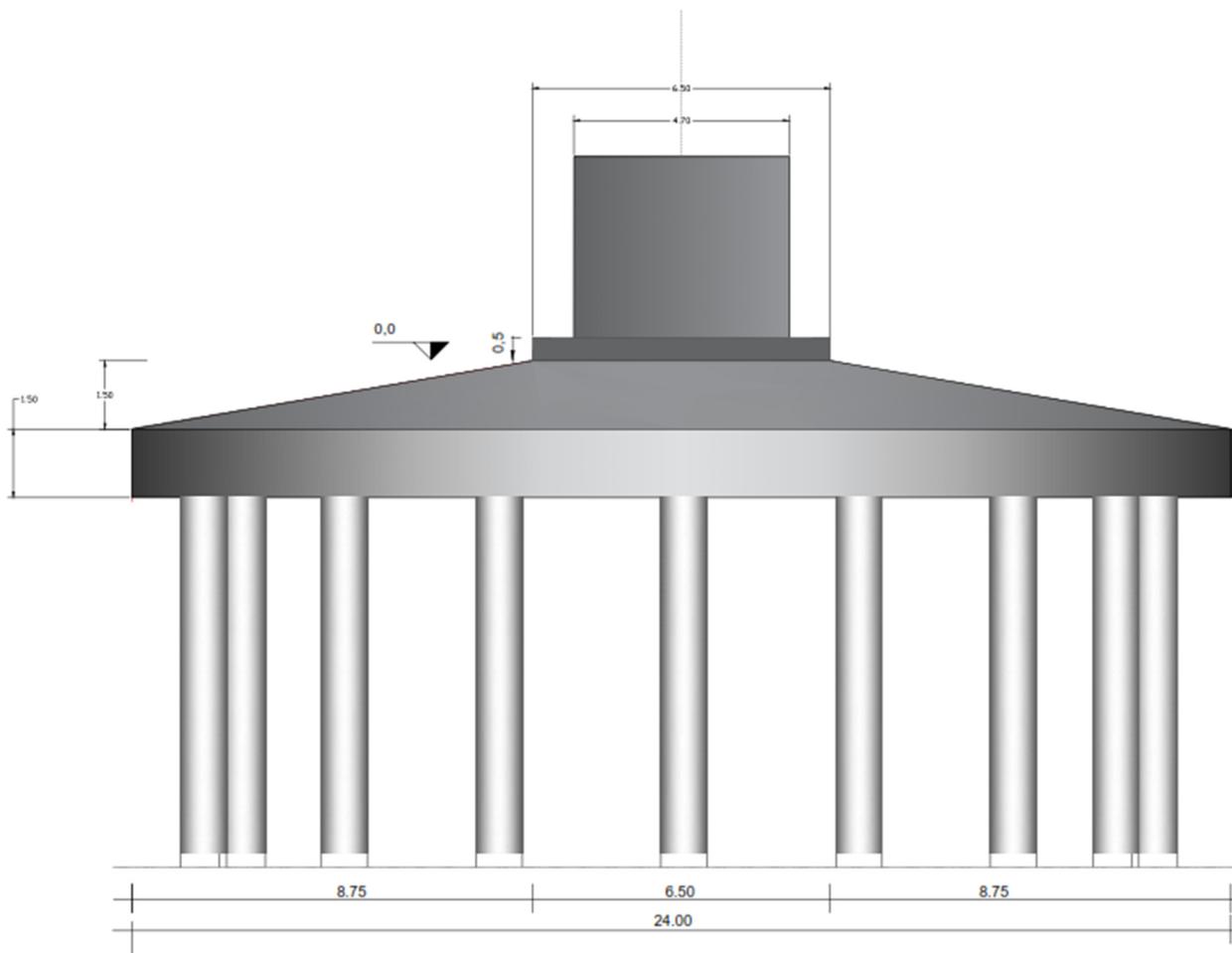


Figura 8 - Schema geometrico di riferimento della struttura di fondazione.

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL

EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



6. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Il metodo di verifica della sicurezza adottato è quello degli Stati Limite che prevede due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi S.L.U. e gli stati limite di esercizio S.L.E. La sicurezza viene quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo (capacità) sia sempre maggiore della corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo. Le norme precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale. Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali. Le prestazioni della struttura e la vita nominale sono riportati nei tabulati di calcolo della struttura riportati in allegato.

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

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

Adottando il metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale è stata verificata tramite il confronto tra la resistenza dei materiali e l'effetto delle azioni rappresentate dai rispettivi valori caratteristici, R_{ki} e F_{kj} definiti, rispettivamente, come il frattile inferiore delle resistenze e il frattile (superiore o inferiore) delle azioni che minimizzano la sicurezza; i frattili si sono assunti pari al 5%.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si è ottenuta con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dall'equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



Dove:

- **R_d** è la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto $R_{di} = R_{ki} / \gamma_{mi}$ della resistenza dei materiali ed ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate;

- **E_d** è l'effetto delle azioni di progetto, valutato in base ai valori di progetto $F_{dj} = F_{kj} \cdot \gamma_{Fj}$ delle azioni combinate come indicato D.M. 17/1/2018 ed ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate.

I coefficienti parziali di sicurezza, γ_{mi} e γ_{Fj} , associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, coprono la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e alla affidabilità del modello di calcolo utilizzato.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio è stata espressa controllando aspetti di funzionalità.

Per la definizione quantitativa dei valori caratteristici delle resistenze e delle azioni, nonché dei coefficienti parziali di sicurezza, si rimanda a quanto riportato nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate alla relazione di calcolo.

6.1 Combinazioni di calcolo

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 17.01.2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive. In particolare per gli SLU si ha:

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

Per gli SLE (divisi in combinazioni rare, combinazioni frequenti e quasi permanenti) si ha quanto segue.

combinazioni rare:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazioni frequenti:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



	<p>Progetto per la realizzazione di un parco eolico della potenza di 35 MW denominato "Piani della Cisterna" situato nel comune di San Martino in Pensilis (CB)</p> <p>Relazione preliminare delle strutture – tabulati di calcolo delle fondazioni</p>	<p>DATA: GENNAIO 2024 Pag. 17 di 35</p>
---	---	---

combinazioni quasi permanenti:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Per le combinazioni sismiche per gli SLU ed SLD si ha:

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

In particolare, le verifiche agli SLU saranno condotte in accordo con quanto riportato nel §6.4.3.1 (SLU di tipo geotecnico e strutturale), le verifiche SLE in accordo al §6.4.3.2.

7. AZIONI SULLA COSTRUZIONE

7.1 Azioni antropiche e pesi propri

I carichi nominali e/o caratteristici della struttura progettata sono stati valutati dal progettista in relazione allo schema strutturale ed ai carichi realmente agenti sulla struttura.

Le azioni da inserire nelle combinazioni permanenti e quasi-permanenti legate all'azione gravitazionale sono state determinate a partire dalle dimensioni geometriche e dal peso dell'unità di volume dei materiali di cui è composta la costruzione sia nelle parti strutturali che in quelle non strutturali; tali valori sono da considerare come valori nominali minimi.

Le azioni variabili, ovvero i carichi legati all'esercizio della costruzione, sono stati determinati per ognuno degli scenari di contingenza identificati per la struttura in esame, assumendo valori di carico più elevati a vantaggio della flessibilità d'uso della costruzione nella sua vita di progetto.

- *Peso proprio dei materiali strutturali*

Per la determinazione dei pesi propri strutturali dei più comuni materiali si sono assunti i valori dei pesi dell'unità di volume riportati nel D.M. 17/01/2018 che si riporta di seguito per completezza.

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



CAP. SOC. € 100.000,00 - C.C.I.A.A. POTENZA N. PZ-206983 - REGISTRO IMPRESE POTENZA - P. IVA 02094310766

Relazione preliminare delle strutture – tabulati di calcolo delle fondazioni

MATERIALI	PESO UNITA DI VOLUME [kN/m ³]
Calcestruzzi cementizi e malte	
Calcestruzzo ordinario	24,0
Calcestruzzo armato (e/o precompresso)	25,0
Calcestruzzi "leggeri": da determinarsi caso per caso	14,0 + 20,0
Calcestruzzi "pesanti": da determinarsi caso per caso	28,0 + 50,0
Malta di calce	18,0
Malta di cemento	21,0
Calce in polvere	10,0
Cemento in polvere	14,0
Sabbia	17,0
Metalli e leghe	
Acciaio	78,5
Ghisa	72,5
Alluminio	27,0
Materiale lapideo	
Tufo vulcanico	17,0
Calcere compatto	26,0
Calcere tenero	22,0
Gesso	13,0
Granito	27,0
Laterizio (pieno)	18,0
Legnami	
Conifere e pioppo	4,0 + 6,0
Latifoglie (escluso pioppo)	6,0 + 8,0
Sostanze varie	
Carta	10,0
Vetro	25,0
Per materiali non compresi nella tabella si potrà far riferimento a specifiche indagini sperimentali o a normative di comprovata validità assumendo i valori nominali come valori caratteristici.	

Figura 9 - Peso dell'unità di volume dei principali materiali.

7.2 Azione sismica

Coerentemente con quanto riportato all'interno delle NTC2018 l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X e Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

L'azione in superficie è stata assunta come agente su tali piani. Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti

orizzontali. L'azione sismica di progetto, in base alla quale si è valutato il rispetto dei diversi stati limite considerati, si è definita a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione; essa è stata definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero sul sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza. In accordo con il D.M. 17.01.2018 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per il sito considerato, si hanno i parametri di seguito riportati.

CLASSE D'USO: 4 VITA NOMINALE: 50 anni

CATEGORIA TOPOGRAFICA: T1 PERIODO DI RIFERIMENTO: 100 anni CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: B

Parametri Sismici

	Probab. Sup. (%)	TR (anni)	Ag (g)	F₀	T_c* (s)
SLO	81	60	0,071	2,477	0,313
SLD	63	101	0,090	2,512	0,323
SLV	10	949	0,229	2,471	0,351
SLC	5	1950	0,298	2,457	0,358

7.3 Forze scaricate sulla fondazione

Si riportano di seguito le azioni considerate per la valutazione delle sollecitazioni indotte dalle strutture in elevazione e dai carichi variabili (F_z , F_x , F_y , M_z , M_x , M_y); all'interno delle combinazioni di carico è stato preso in considerazione anche il sisma in base ai parametri descritti nel paragrafo 7.2.

In questa fase, oltre al carico permanente strutturale della fondazione (G_1), le principali azioni considerate ai fini del calcolo fanno riferimento al peso proprio non strutturale della torre (G_2), al

carico vento considerato come carico variabile Q_1 , le cui azioni in fondazione sono state valutate come taglio e momento flettente alla base determinando l'azione del vento sia in accordo con quanto riportato nel §3.3 del D.M.17.01.2018, sia considerando la condizione di carico vento estrema (extreme load). I carichi vengono assegnati alla struttura su punti posti su una circonferenza rappresentativa del perimetro della torre eolica come di cui si riporta uno schema tipologico di carico. Lo sforzo di taglio viene assegnato in parte a tutti i punti, mentre il momento flettente è ottenuto come risultante di forze di segno opposto aventi come braccio il diametro della torre.

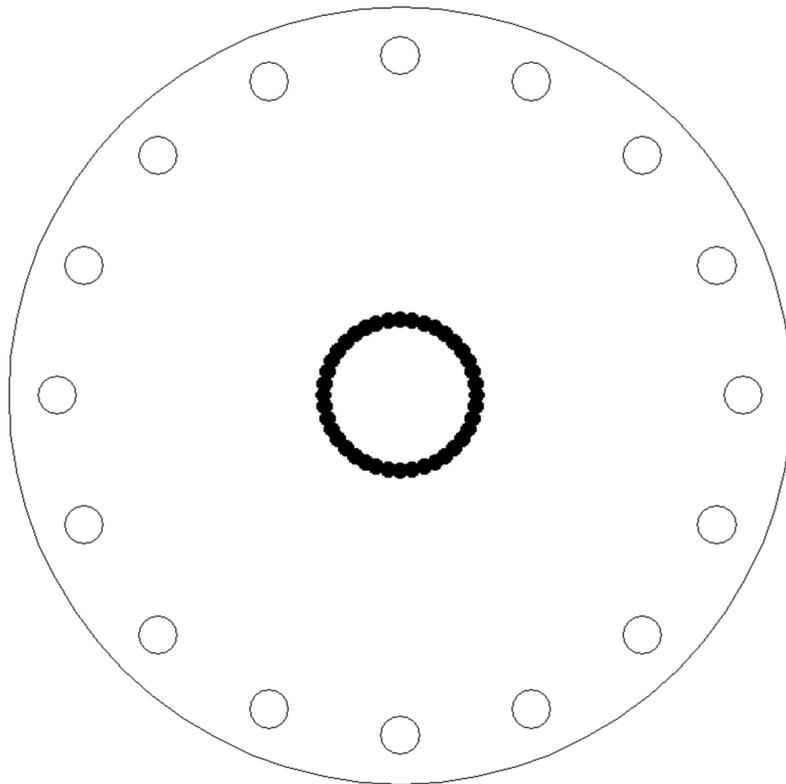


Figura 10 – Schema tipologico di carico

Le condizioni di carico considerate sullo schema precedente vengono riportate di seguito.

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



**Relazione preliminare delle strutture – tabulati
di calcolo delle fondazioni**

Condizione n° 1 - Torre non strutturale [Permanente non strutturale - Partecipa al sisma]
Carichi concentrati

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	12,35	10,00	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,32	10,37	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,23	10,73	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,09	11,07	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	11,90	11,38	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	11,66	11,66	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	11,38	11,90	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	11,07	12,09	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	10,73	12,23	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	10,37	12,32	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	10,00	12,35	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	9,63	12,32	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	9,27	12,23	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	8,93	12,09	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	8,62	11,90	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	8,34	11,66	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	8,10	11,38	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	7,91	11,07	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	7,77	10,73	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	7,68	10,37	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	7,65	10,00	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	7,68	9,63	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	7,77	9,27	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	7,91	8,93	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	8,10	8,62	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	8,34	8,34	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	8,62	8,10	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	8,93	7,91	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	9,27	7,77	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	9,63	7,68	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	10,00	7,65	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	10,37	7,68	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	10,73	7,77	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	11,07	7,91	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	11,38	8,10	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	11,66	8,34	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	11,90	8,62	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,09	8,93	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,23	9,27	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Piastra	12,32	9,63	96,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Condizione n° 2 - Vento1 [Variabile - $\Psi_0=1.00$ $\Psi_1=1.00$ $\Psi_2=1.00$ - Partecipa al sisma]
Carichi concentrati

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	12,35	10,00	0,000	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	12,32	10,37	-499,259	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	12,23	10,73	-986,224	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	12,09	11,07	-1448,906	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	11,90	11,38	-1875,910	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	11,66	11,66	-2256,724	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	11,38	11,90	-2581,969	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	11,07	12,09	-2843,638	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	10,73	12,23	-3035,287	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	10,37	12,32	-3152,197	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	10,00	12,35	-3191,489	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	9,63	12,32	-3152,197	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	9,27	12,23	-3035,287	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	8,93	12,09	-2843,638	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	8,62	11,90	-2581,969	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	8,34	11,66	-2256,724	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	8,10	11,38	-1875,910	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	7,91	11,07	-1448,906	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	7,77	10,73	-986,224	0,000	0,000	0,000	175,000

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



Relazione preliminare delle strutture – tabulati di calcolo delle fondazioni

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	7,68	10,37	-499,259	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	7,65	10,00	0,000	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	7,68	9,63	499,259	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	7,77	9,27	986,224	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	7,91	8,93	1448,906	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	8,10	8,62	1875,910	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	8,34	8,34	2256,724	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	8,62	8,10	2581,969	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	8,93	7,91	2843,638	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	9,27	7,77	3035,287	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	9,63	7,68	3152,197	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	10,00	7,65	3191,489	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	10,37	7,68	3152,197	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	10,73	7,77	3035,287	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	11,07	7,91	2843,638	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	11,38	8,10	2581,969	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	11,66	8,34	2256,724	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	11,90	8,62	1875,910	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	12,09	8,93	1448,906	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	12,23	9,27	986,224	0,000	0,000	0,000	175,000
Piastra	12,32	9,63	499,259	0,000	0,000	0,000	175,000

Condizione n° 3 - Vento2 [Variabile - $\Psi_0=1.00$ $\Psi_1=1.00$ $\Psi_2=1.00$ - Partecipa al sisma]
Carichi concentrati

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	12,35	10,00	0,000	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	12,32	10,37	499,259	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	12,23	10,73	986,224	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	12,09	11,07	1448,906	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	11,90	11,38	1875,910	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	11,66	11,66	2256,724	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	11,38	11,90	2581,969	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	11,07	12,09	2843,638	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	10,73	12,23	3035,287	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	10,37	12,32	3152,197	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	10,00	12,35	3191,489	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	9,63	12,32	3152,197	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	9,27	12,23	3035,287	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	8,93	12,09	2843,638	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	8,62	11,90	2581,969	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	8,34	11,66	2256,724	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	8,10	11,38	1875,910	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	7,91	11,07	1448,906	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	7,77	10,73	986,224	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	7,68	10,37	499,259	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	7,65	10,00	0,000	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	7,68	9,63	-499,259	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	7,77	9,27	-986,224	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	7,91	8,93	-1448,906	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	8,10	8,62	-1875,910	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	8,34	8,34	-2256,724	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	8,62	8,10	-2581,969	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	8,93	7,91	-2843,638	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	9,27	7,77	-3035,287	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	9,63	7,68	-3152,197	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	10,00	7,65	-3191,489	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	10,37	7,68	-3152,197	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	10,73	7,77	-3035,287	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	11,07	7,91	-2843,638	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	11,38	8,10	-2581,969	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	11,66	8,34	-2256,724	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	11,90	8,62	-1875,910	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	12,09	8,93	-1448,906	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	12,23	9,27	-986,224	0,000	0,000	0,000	-175,000
Piastra	12,32	9,63	-499,259	0,000	0,000	0,000	-175,000

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



**Relazione preliminare delle strutture – tabulati
di calcolo delle fondazioni**

Condizione n° 4 - Vento3 [Variabile - $\Psi_0=1.00$ $\Psi_1=1.00$ $\Psi_2=1.00$ - Partecipa al sisma]

Carichi concentrati

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	12,35	10,00	3191,489	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	12,32	10,37	3152,197	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	12,23	10,73	3035,287	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	12,09	11,07	2843,638	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	11,90	11,38	2581,969	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	11,66	11,66	2256,724	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	11,38	11,90	1875,910	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	11,07	12,09	1448,906	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	10,73	12,23	986,224	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	10,37	12,32	499,259	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	10,00	12,35	0,000	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	9,63	12,32	-499,259	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	9,27	12,23	-986,224	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	8,93	12,09	-1448,906	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	8,62	11,90	-1875,910	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	8,34	11,66	-2256,724	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	8,10	11,38	-2581,969	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	7,91	11,07	-2843,638	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	7,77	10,73	-3035,287	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	7,68	10,37	-3152,197	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	7,65	10,00	-3191,489	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	7,68	9,63	-3152,197	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	7,77	9,27	-3035,287	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	7,91	8,93	-2843,638	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	8,10	8,62	-2581,969	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	8,34	8,34	-2256,724	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	8,62	8,10	-1875,910	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	8,93	7,91	-1448,906	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	9,27	7,77	-986,224	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	9,63	7,68	-499,259	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	10,00	7,65	0,000	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	10,37	7,68	499,259	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	10,73	7,77	986,224	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	11,07	7,91	1448,906	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	11,38	8,10	1875,910	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	11,66	8,34	2256,724	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	11,90	8,62	2581,969	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	12,09	8,93	2843,638	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	12,23	9,27	3035,287	0,000	0,000	175,000	0,000
Piastra	12,32	9,63	3152,197	0,000	0,000	175,000	0,000

Condizione n° 5 - Vento4 [Variabile - $\Psi_0=1.00$ $\Psi_1=1.00$ $\Psi_2=1.00$ - Partecipa al sisma]

Carichi concentrati

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	12,35	10,00	-3191,489	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	12,32	10,37	-3152,197	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	12,23	10,73	-3035,287	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	12,09	11,07	-2843,638	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	11,90	11,38	-2581,969	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	11,66	11,66	-2256,724	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	11,38	11,90	-1875,910	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	11,07	12,09	-1448,906	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	10,73	12,23	-986,224	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	10,37	12,32	-499,259	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	10,00	12,35	0,000	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	9,63	12,32	499,259	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	9,27	12,23	986,224	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	8,93	12,09	1448,906	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	8,62	11,90	1875,910	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	8,34	11,66	2256,724	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	8,10	11,38	2581,969	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	7,91	11,07	2843,638	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	7,77	10,73	3035,287	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	7,68	10,37	3152,197	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	7,65	10,00	3191,489	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	7,68	9,63	3152,197	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	7,77	9,27	3035,287	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	7,91	8,93	2843,638	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	8,10	8,62	2581,969	0,000	0,000	-175,000	0,000

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



Relazione preliminare delle strutture – tabulati di calcolo delle fondazioni

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Tx [kN]	Ty [kN]
Piastra	8,34	8,34	2256,724	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	8,62	8,10	1875,910	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	8,93	7,91	1448,906	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	9,27	7,77	986,224	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	9,63	7,68	499,259	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	10,00	7,65	0,000	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	10,37	7,68	-499,259	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	10,73	7,77	-986,224	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	11,07	7,91	-1448,906	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	11,38	8,10	-1875,910	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	11,66	8,34	-2256,724	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	11,90	8,62	-2581,969	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	12,09	8,93	-2843,638	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	12,23	9,27	-3035,287	0,000	0,000	-175,000	0,000
Piastra	12,32	9,63	-3152,197	0,000	0,000	-175,000	0,000

Le condizioni di carico appena determinate vengono combinate come riportato di seguito.

Combinazione n° 1 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Torre non strutturale	1.50
Vento1	1.50

Combinazione n° 2 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Torre non strutturale	1.50
Vento2	1.50

Combinazione n° 3 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Torre non strutturale	1.50
Vento3	1.50

Combinazione n° 4 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Torre non strutturale	1.50
Vento4	1.50

Combinazione n° 5 - - SLE Quasi permanente

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Torre non strutturale	1.00
Vento1	1.00

Combinazione n° 6 - - SLE Frequente

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Torre non strutturale	1.00
Vento1	1.00

Combinazione n° 7 - - SLE Frequente

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Torre non strutturale	1.00
Vento1	1.00

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



Relazione preliminare delle strutture – tabulati di calcolo delle fondazioni

Combinazione n° 8 - - SLE Frequente

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Torre non strutturale	1.00
Vento1	1.00

Combinazione n° 9 - - SLE Frequente

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Torre non strutturale	1.00
Vento1	1.00

Combinazione n° 10 - - SLE Rara

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Torre non strutturale	1.00
Vento1	1.00

Combinazione n° 11 - - SLE Rara

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Torre non strutturale	1.00
Vento1	1.00

Combinazione n° 12 - - SLE Rara

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Torre non strutturale	1.00
Vento1	1.00

Combinazione n° 13 - - SLE Rara

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Torre non strutturale	1.00
Vento1	1.00

Combinazione n° 14 - - STR - A1-M1-R3

Condizione	CP
Peso proprio	1.30
Torre non strutturale	1.50

8. GENERALITÀ SUI MATERIALI IMPIEGATI

I materiali che verranno utilizzati nel progetto strutturale risponderanno ai requisiti indicati nelle norme per le costruzioni di cui al cap. 11 del D.M. 17.01.2018.

I materiali e prodotti per uso strutturale saranno:

- *identificati* univocamente mediante la descrizione a cura del produttore, del materiale stesso e dei suoi componenti elementari, secondo le procedure applicabili;

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



Relazione preliminare delle strutture – tabulati di calcolo delle fondazioni

- *qualificati e certificati* mediante la documentazione di attestazione che preveda prove sperimentali per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche, effettuate da un terzo soggetto indipendente, ovvero, ove previsto, autocertificati sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure stabilite dalle specifiche tecniche europee applicabili;
- *accettati* dal Direttore dei Lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante le eventuali prove sperimentali di accettazione previste per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche.

Le prove su materiali e prodotti, a seconda delle specifiche procedure applicabili, come specificato di volta in volta nel seguito, saranno effettuate da:

- a) laboratori di prova notificati ai sensi dell'art.18 della Direttiva n.89/106/CEE;
- b) laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001;
- c) altri laboratori, dotati di adeguata competenza ed idonee attrezzature, appositamente abilitati dal Servizio Tecnico Centrale.

Di seguito, verranno descritte generalità e caratteristiche dei materiali da utilizzare per la realizzazione della costruzione in oggetto.

8.1 Caratteristiche del conglomerato cementizio

Ai fini della valutazione del comportamento e della resistenza delle parti strutturali in conglomerato cementizio, esso sarà identificato mediante la convenzionale resistenza a compressione uniassiale caratteristica, misurata su provini cubici. Sulla base della titolazione convenzionale del conglomerato mediante la resistenza cubica R_{ck} , il conglomerato cementizio utilizzato sarà definito per classe di resistenza e per classe di esposizione come segue, come individuato dalla EN 206:

Materiali - Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descrizione	Descrizione materiale
TC	Tipo calcestruzzo
Rck	Resistenza cubica caratteristica, espresso in [kg/cmq]

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



Relazione preliminare delle strutture – tabulati di calcolo delle fondazioni

γ_{cls}	Peso specifico calcestruzzo, espresso in [kg/mc]
E	Modulo elastico calcestruzzo, espresso in [kg/cmq]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogeneizzazione
TA	Tipo acciaio

n°	Descrizione	TC	Rck [kPa]	γ_{cls} [kN/mc]	E [kPa]	ν	n	TA
1	Cls 32/40	C32/40	40000	24.52	33642648	0.200	15.00	B450C

Secondo quanto stabilito dal D.M. 17/01/2018 per la determinazione della resistenza cilindrica a compressione di calcolo si farà riferimento alle seguenti relazioni:

$$f_{ck} = 0,83 R_{ck} \quad f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$$

con la resistenza caratteristica a compressione cilindrica f_{ck} definita come la resistenza al di sotto della quale si ha il 5% di probabilità di trovare valori inferiori. Tale resistenza, secondo quanto stabilito dal D.M. 17.01.2018, designa quella dedotta da prove su cubi confezionati e stagionati a 28 giorni di maturazione. Per quanto riguarda la massima tensione che il calcestruzzo può sostenere quando è soggetto a trazione monoassiale, il valore medio e il valore caratteristico della resistenza a trazione ai quali si è fatto riferimento sono stati ricavati dalle formule indicate nel D.M. 17.01.2018

$$f_{ctm} = 0,30 f_{ck}^{2/3}$$

La tipologia di conglomerato cementizio utilizzato e i corrispondenti requisiti prestazionali vengono riportati di seguito.

Proprietà di deformazione

I valori delle proprietà del conglomerato cementizio per il calcolo delle deformazioni istantanee e differite dipenderanno oltre che dalla classe di resistenza del calcestruzzo, anche dalle proprietà degli aggregati, dai parametri legati al confezionamento e dal tipo di esposizione ambientale.

Il diagramma al quale si farà riferimento, e che meglio idealizza il rapporto fra le tensioni e le deformazioni per la sezione di cls soggetta a compressione monoassiale, sarà rappresentato dal legame tipo parabola-rettangolo, trascurando così qualunque resistenza a trazione.

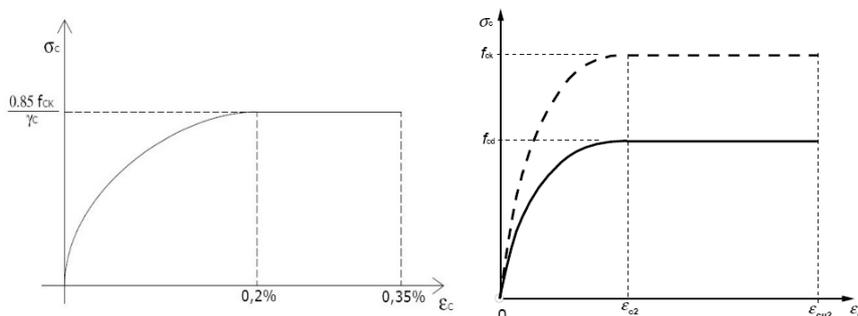


Figura 11 - Legge costitutivo di progetto del calcestruzzo (Legame parabola-rettangolo)

Il modulo di elasticità dipenderà, oltre che dalla classe di resistenza del calcestruzzo, anche dalle caratteristiche degli aggregati utilizzati, ritenuti idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale se ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla parte armonizzata della norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1.

Per il valore del modulo elastico si farà riferimento a quello relativo alla corrispondente classe di resistenza del calcestruzzo, riferito anche questo ai 28 giorni di maturazione; mentre per il coefficiente di Poisson, secondo quanto previsto dallo stesso D.M. 17.01.2018, si è adottato il valore di 0,2, avendo in generale questi, a seconda dello stato di sollecitazione, un valore compreso tra 0 (calcestruzzo fessurato) e 0,2 (calcestruzzo non fessurato).

8.2 Caratteristiche dell'acciaio

Tutti gli acciai che si utilizzeranno per la costruzione saranno derivanti da produzioni con sistema di controllo permanente della produzione in stabilimento, in grado di assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione. Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione dovrà essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001:2000 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005.

Ciascun prodotto qualificato sarà costantemente riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marcatura indelebile depositata presso il Servizio tecnico centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'azienda produttrice, allo stabilimento, al tipo di acciaio e alla sua eventuale saldabilità. La tipologia di acciaio utilizzato e i corrispondenti requisiti prestazionali vengono riportati di seguito.

Proprietà di deformazione

Il diagramma costitutivo al quale si farà riferimento, e che meglio idealizza il rapporto fra le tensioni e le deformazioni per gli acciai da armatura è simmetrico a trazione e compressione, ed è ipotizzato di tipo elastico–perfettamente plastico con andamento riportato di seguito.

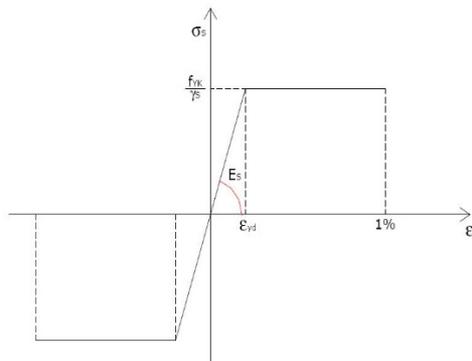


Figura 12 - Legame tensione-deformazione dell'acciaio.

Legame costitutivo di progetto acciaio

Assieme a questo, si adotteranno opportuni modelli rappresentativi del reale comportamento del materiale, modelli definiti in base al valore di calcolo $\epsilon_{ud} = 0,9\epsilon_{uk}$ ($\epsilon_{uk} = (A_{gt})k$) della deformazione uniforme ultima, al valore di calcolo della tensione di snervamento f_{yd} ed al rapporto di sovrarresistenza $k = f_t / f_{yk}$.

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



Relazione preliminare delle strutture – tabulati di calcolo delle fondazioni

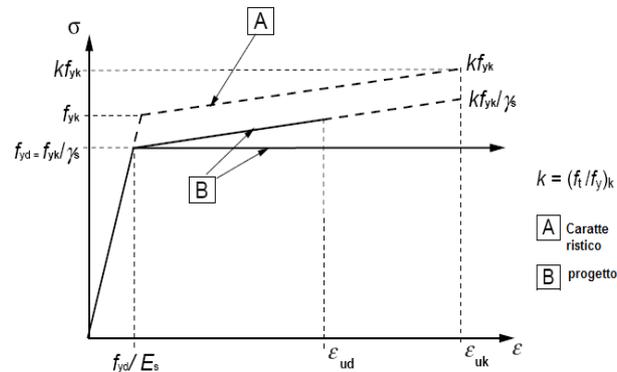


Figura 13 - Legame elastico perfettamente plastico o duttilità limitata per l'acciaio.

Si riportano di seguito le proprietà dell'acciaio ordinario **B450C** laminato a caldo.

- Tensione caratteristica di snervamento – $f_{yk} \geq 4500 \text{ daN/cm}^2$
- Tensione caratteristica di rottura – $f_{tk} \geq 5400 \text{ daN/cm}^2$
- Allungamento $\geq 7.5\%$
- Rapporto di sovrarresistenza – $f_{tk}/f_{yk} \ 1.15 \leq f_{tk}/f_{yk} \leq 1.35$
- Rapporto tens. effettiva/nominale – $f_{y,eff,k}/f_{y,nom,k} \leq 1.25$
- Coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_s = 1.15$
- Tensione di calcolo – $f_{yd} = 3913 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo elastico – $E_s = 2100000 \text{ daN/cm}^2$
- Diametro minimo 10 mm
- Diametro massimo 32 mm

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



9. MODELLO LITOSTRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Le informazioni ricavate dalle indagini geologiche, geofisiche e geotecniche consultate hanno consentito di definire il modello litologico e stratigrafico delle aree interessate dal progetto.

In fase di progettazione esecutiva si rimanda ad una campagna di indagini da eseguire in sito ad hoc in corrispondenza di ogni generatore che dovrà comprendere sondaggi geognostici, prelievo di campioni e analisi di laboratorio al fine di ricostruire con maggiore dettaglio la stratigrafia dell'area e caratterizzare i terreni dal punto di vista geotecnico. Inoltre, dovranno essere eseguite indagini geofisiche in modo da caratterizzare in modo più accurato i terreni di fondazione degli aerogeneratori. Si evidenzia che la copertura vegetale (suolo) avente uno spessore medio di circa 1,00 m., non essendo utilizzabile ai fini fondali, sarà rimossa e accantonata per il successivo reimpiego nei ripristini ambientali. Di seguito si riportano i modelli geologico tecnici in corrispondenza degli aerogeneratori.

U.G.1 ARGILLA CON SABBIA E LIMO (DA -1,00 A -5,00 MT.)

Argille con sabbie e limo di media consistenza di colore variabile avano-ocra con inclusioni di ghiaie arrotondate e smussate. I depositi mostrano un aumento della consistenza/addensamento con la profondità.

Parametri caratteristici

γ_n KN/m ³	ϕ' °	c' KPa	c_u KPa	E_d MPa
18,00	22,6	15	70	4

U.G.2 SABBIE CON ARGILLE E CONGLOMERATI (DA -5,00 MT.)

Sabbie giallastre con intercalazioni di argille e conglomerati. I depositi mostrano un aumento della consistenza/addensamento con la profondità.

Parametri caratteristici

γ_n KN/m ³	ϕ' °	c' KPa	c_u KPa	E_d MPa
19,5	24,1	22,5	120	7,5

10. ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON CODICI DI CALCOLO

Le analisi e le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU ed SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al DM 17.01.2018 come in dettaglio specificato negli allegati tabulati di calcolo.

10.1 Modellazione della fondazione

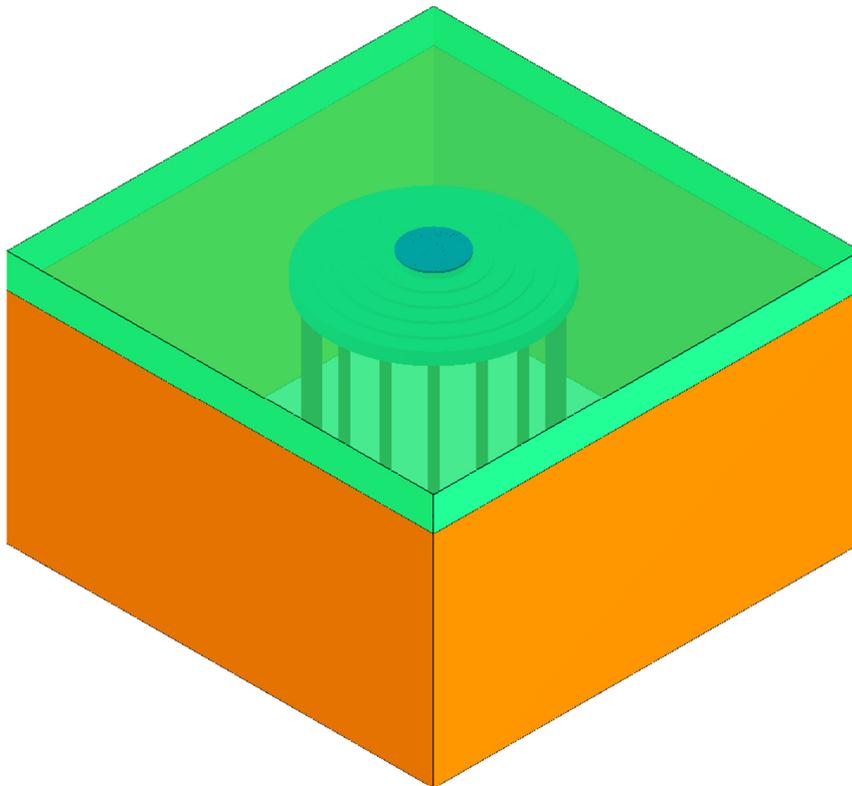


Figura 14 - Modellazione della fondazione

All'interno della modellazione sul programma di calcolo, a vantaggio di sicurezza, è stata presa in considerazione una stratigrafia con le proprietà meccaniche del terreno più basse.

10.2 Principali risultati

La modellazione della fondazione porta ai seguenti risultati, in termini di caratteristiche della sollecitazione e di spostamenti.

PROGETTAZIONE:

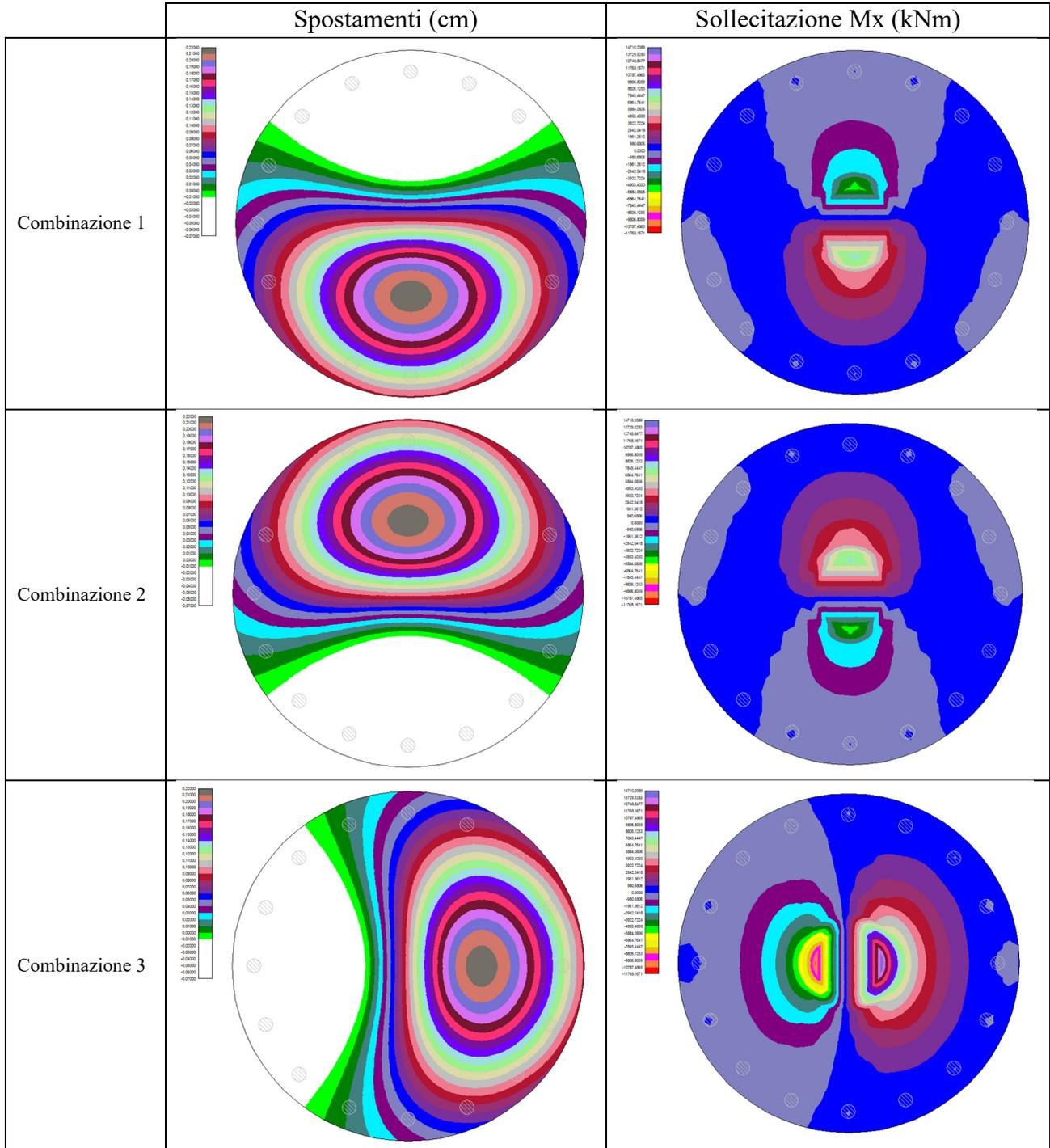


EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it



Relazione preliminare delle strutture – tabulati di calcolo delle fondazioni



Relazione preliminare delle strutture – tabulati di calcolo delle fondazioni

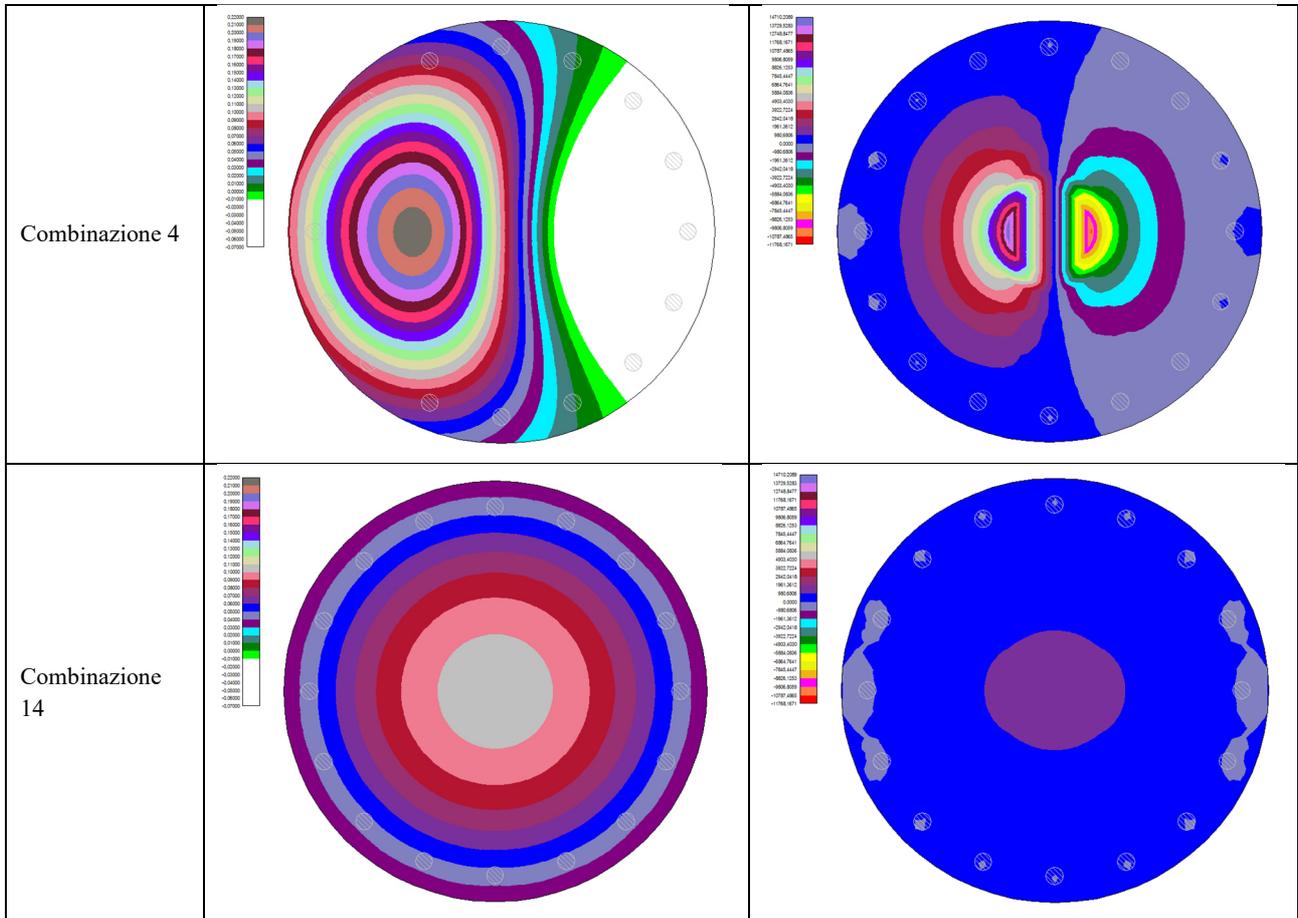


Tabella 3 – Principali risultati in termini di spostamenti e sollecitazioni flessionali.

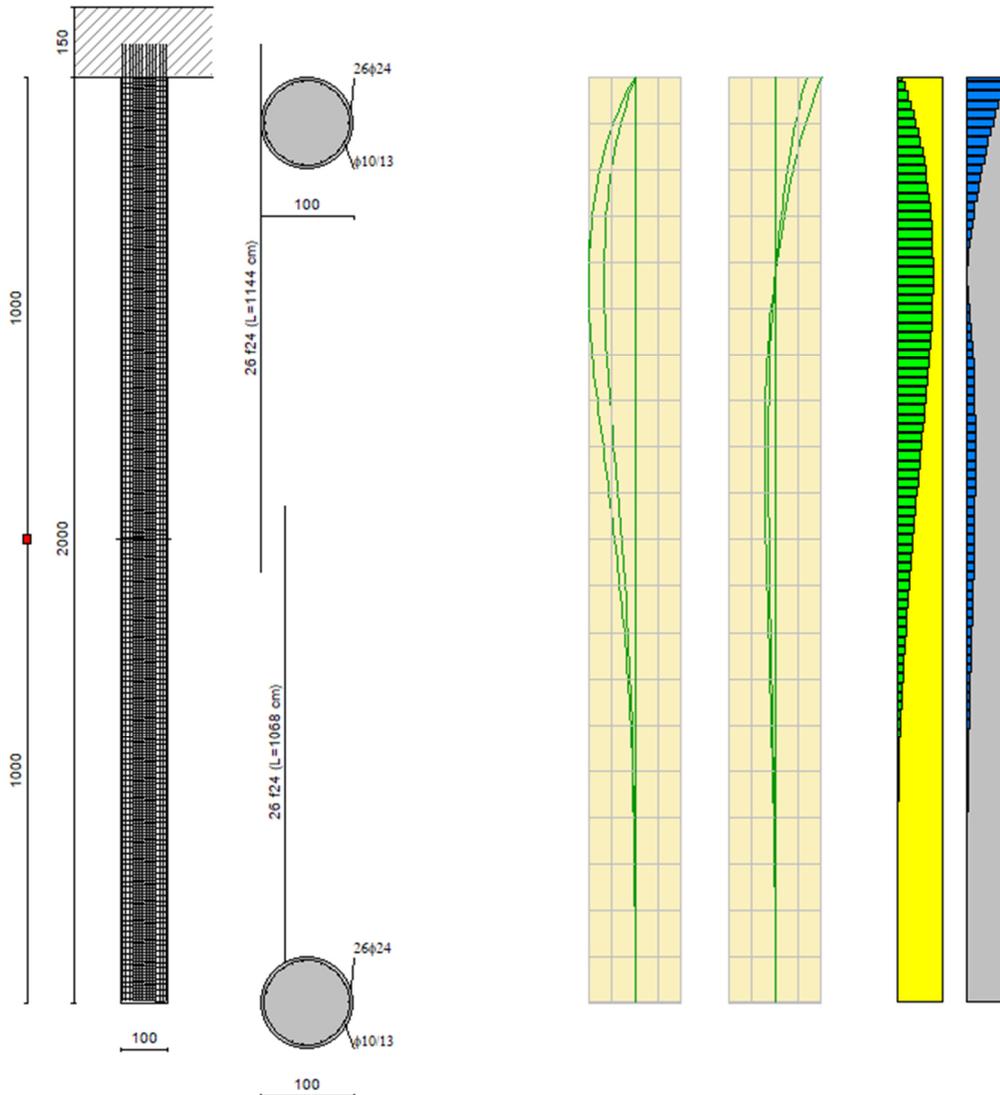


Figura 15 - Involuppo delle sollecitazioni sui pali

Allegati:

- Tabulato di calcolo

PROGETTAZIONE:



EGM PROJECT SRL - Via Vincenzo Verrastro - 15/A- 85100 Potenza

info@egmproject.it - egmproject@pec.it

