



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA



COMUNE di SAN SEVERO

Proponente

ENERWING S.R.L.

Via Milazzo n°17-40121 Bologna (BO)



Partnered
by:



Progettazione

Ing. Fabio Domenico Amico

Via Milazzo, 17 - 40121 Bologna
E-Mail: f.amico@readvisor.eu



Studio Ambientali
e Paesaggistico

Arch. Antonio Demaio

Via N. delli Carri, 48 - 71121 Foggia (FG)
Tel. 0881.756251 | Fax 1784412324
E-Mail: sit.vega@gmail.com



VEGA sas LANDSCAPE ECOLOGY
& URBAN PLANNING
Via delli Carri, 48 - 71121 Foggia - Tel. 0881.756251 - Fax 1784412324
mail: info@studiovega.org - website: www.studiovega.org



Studio Incidenza Ambientale
Flora fauna ed ecosistema

Dott. Forestale Luigi Lupo

Corso Roma, 110 - 71121 Foggia
E-Mail: luigilupo@libero.it

Studio
Acustico

Arch. Marianna Denora

Via Savona, 3 - 70022 Altamura (BA)
Tel. Fax 080 3147468
E-Mail: info@studioprogettazioneacustica.it

Studio
Archeologico



Dott. Vincenzo Ficco

Tel. 0881.750334
E-Mail: info@archeologicasrl.com

Studio idraulico

Studio di Geologia Tecnica & Ambientale

Dott.sa Geol. Giovanna Amedei

Via Pietro Nenni, 4 - 71012 Rodi Garganico (FG)
Tel./Fax 0884.965793 | Cell. 347.6262259
E-Mail: giovannaamedei@tiscali.it

Studio Geologico

Opera

Impianto Eolico composto da n.10 aerogeneratori aventi una potenza complessiva di 60 MW nel Comune di San Severo (FG) alla Località "La Camera"

Oggetto

Folder:

PROGETTO - Parte A

Nome Elaborato:

L6IRSH2_ARCH_DOC_A2

Descrizione Elaborato:

Relazione preliminare sulle strutture

02	Marzo 2020	Integrazioni volontarie spostamento SSE	Vega	Arch.A. Demaio	Enerwing Srl
01	Marzo 2020	Integrazione documentale AU	Ing. Amico	Ing. Amico	Enerwing Srl
00	Ottobre 2019	Emissione per progetto definitivo	Vega	Arch.A. Demaio	Enerwing Srl
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione

Scala:

Formato:

Codice Pratica

L6IRSH2

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località "La Camera", costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	3
3. UBICAZIONE E DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	6
3.1 CARATTERISTICHE GENERALI DELL'AEROGENERATORE	6
3.2 CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE	6
3.3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	7
3.4 ANALISI DEI CARICHI	8
3.5 AZIONE DEL VENTO SECONDO IL DM 16/01/1996	9
3.6 VERIFICHE	10
3.7 CALCOLO DEI PLINTI RETTANGOLARI	11
3.8 DESCRIZIONE DELLE ARMATURE PREVISTE NEI PLINTI	11
4. UBICAZIONE E DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	12
4.1 DESCRIZIONE DEI MANUFATTI COMPONENTI L'OPERA.....	12
4.2 EDIFICIO APPARECCHIATURE	12
4.3 CABINA DI TRAFORMAZIONE (OPERA UTENZA)	13
4.4 FONDAZIONE DEL TRASFORMATORE	13
4.5 PLATEA OPERE ELETTROMECCANICHE	13
4.6 MATERIALI IMPIEGATI	14
4.7 AZIONI SULLA STRUTTURA E PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO.....	14
4.7.1 Regolarità delle strutture e fattore di struttura	14
4.7.2 Combinazioni delle azioni sulla costruzione	14
4.7.3 Destinazione d'uso e sovraccarichi variabili dovuto alle azioni antropiche	17
4.7.4 Modello Di Calcolo.....	18
4.7.5 Durabilità	18
4.7.6 Misura Della Sicurezza	18
4.7.7 Schematizzazione Della Struttura.....	19
4.7.8 Combinazione Di Calcolo.....	21
4.7.9 Azioni Agenti Sulle Fondazioni	22



Partnered by:



Enerwing Srl

Via Milazzo, 17 – 40121 Bologna

Pagina 2 di 23

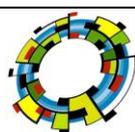
Impianto eolico nel Comune di San Severo in località "La Camera", costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

Elenco delle Figure

Figura 1. Definizione del sistema di coordinate secondo IEC 61400-1	8
---	---

Elenco delle Tabelle

Tabella 1. Caratteristiche dei materiali costituenti le fondazioni in c.a.	7
Tabella 2. Carichi estremi sulle fondazioni	8
Tabella 3. Fatica equivalente sui carichi di fondazione ($N_{eq}=10^7$)	9



VEGA sas LANDSCAPE ECOLOGY
& URBAN PLANNING
Via degli Carri, 48 - 71121 Foggia - Tel. 0881.756251 - Fax 1784412324
mail: info@studiovega.org - website: www.studiovega.org

Protocollo: L6IRSH2
Data emissione: 2019
Committente: Enerwing Srl
N° commessa: 2019-017
File: Doc_RelazioneStrtture

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località "La Camera", costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

1. PREMESSA

La presente relazione ha carattere puramente descrittivo-illustrativo, fornendo esclusivamente, nelle linee generali, indicazioni sulle soluzioni strutturali adottate e i metodi di calcolo utilizzati per le fondazioni degli aerogeneratori e per le opere di rete dello stallo di Utenza inerenti la connessione del parco eolico nel comune di San Severo in località "La Camera" alla Stazione Elettrica Nazionale 150kV/380kV di Terna denominata "San Severo".

Per una compiuta e dettagliata analisi strutturale delle opere, si rimanda pertanto alla fase di progettazione esecutiva che verrà svolta a valle dell'ottenimento delle autorizzazioni necessarie alla costruzione ed esercizio dell'impianto.

In sede di progettazione esecutiva, in seguito alle prove geotecniche sul terreno atte a definire i valori di portanza su ogni singola postazione, sarà possibile realizzare il calcolo puntuale della fondazione per l'aerogeneratore e per le opere di rete dello stallo di Utenza. Tuttavia si precisa che i calcoli di dimensionamento e verifica saranno sviluppati ad un livello di definizione tale che nella successiva fase di progettazione esecutiva non si abbiano significative differenze tecniche e di costo.

2. NORMATIVA TECNICA E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione e' la seguente:

- **Legge n. 1086 del 05.11.1971** "Norme per la disciplina delle opere in c.a. normale e precompresso, ed a struttura metallica";
- **Legge n. 64 del 02.02.1974** - "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- **D.M. 09.01.96** "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- **DM 16 gennaio 1996** "Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- **DM 16 gennaio 1996** "Norme tecniche relative ai <Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>";
- **D.M. 11 marzo 1988** "Norme tecniche riguardanti indagini sui terreni e sulle rocce stabilita dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per progettazione, esecuzione e collaudo di opere di sostegno delle terre e opere di fondazione";
- **IEC 60400-1** "Wind Turbine safety and design";

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località “La Camera”, costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all’esercizio dell’impianto.

- **Circolare Min. LL.PP. 04 luglio 1996, n. 156** “Istruzioni per l’applicazione delle ‘Norme tecniche relative ai <Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>”;
- **Circolare Min. LL.PP. 31 luglio 1979, n. 19581 - Legge 1086**, art. 7 - Collaudo statico
- **Circolare Min. LL.PP. 1 settembre 1987, n. 29010 - Legge 1086 - D.M. 27 luglio 1985**, Controllo dei materiali in genere e degli acciai per cemento armato normale in particolare
- **Circolare Min. LL.PP. 29 ottobre 1987, n. 29233 - Legge 1086**, art. 20, Autorizzazioni laboratori per prove sui materiali;
- **Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici - Linee Guida sul calcestruzzo strutturale – Dicembre 1996**;

La citata O.P.C.M ha, fra l’altro, sancito che la potestà regionale di individuazione, formazione ed aggiornamento dell’elenco delle zone sismiche ricadenti nel territorio regionale doveva essere esercitata sulla base dei criteri approvati e contenuti nell’Allegato 1 all’O.P.C.M.

La Regione Puglia, in applicazione del citato O.P.C.M. 3274, con deliberazione della G.R. n° 153 del 02/03/04 [6], stabiliva fra l’altro di “provvedere alla prima, ancorché temporanea, riclassificazione sismica del territorio regionale pugliese, così come individuata nell’Allegato 1 alla presente deliberazione per farne parte integrante, riservandosi di provvedere definitivamente alla predetta riclassificazione sismica, successivamente all’intervenuta elaborazione della nuova mappa nazionale del rischio sismico a cura della competente Amministrazione statale” e confermava la zonizzazione sismica proposta dalla citata O.P.C.M. . Secondo l’Allegato 1 citato, il territorio del Comune di San Severo è classificato come appartenente alla zona sismica 2.

Le strutture indicate in premessa sono state progettate effettuando le calcolazioni per una zona equivalente alla 1° categoria.

Inoltre, ai fini della esatta determinazione dell’azione sismica agente sulle strutture, è necessario individuare la categoria di sottosuolo, secondo la tabella di seguito riportata:

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località “La Camera”, costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all’esercizio dell’impianto.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{z,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{z,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{DPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{z,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{DPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{v,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{z,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{DPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_z > 800$ m/s).</i>

Nello specifico caso, secondo indagine MASW condotta dal geologo, è stato possibile identificare una categoria di sottosuolo di tipo C: “Sabbiose - Argillose”.

Infine, per tenere conto delle condizioni topografiche, è necessario individuare la categoria topografica secondo la seguente tabella:

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

Sempre nella relazione geologica è dichiarato che la categoria topografica è pari a T1.

Infine, di seguito, si riporta un riepilogo dei parametri sismici locali di calcolo utilizzati per la modellazione strutturale:

Stato limite	PVr [%]	Tr [anni]	Ag [g]	Fo	Tc [s]
SLD	63	50	0,0627	2,463	0,330
SLV	10	475	0,1717	2,487	0,436

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località "La Camera", costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

3. UBICAZIONE E DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

Il presente progetto è finalizzato alla costruzione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica mediante l'installazione di 10 aerogeneratori in località "La Camera" in agro di San Severo (FG) e la realizzazione di un cavidotto interrato che porterà l'energia prodotta alla sottostazione di San Severo "La Camera".

3.1 CARATTERISTICHE GENERALI DELL'AEROGENERATORE

La torre di sostegno, che porta l'asse dell'elica ad una altezza di 115 m dal suolo, e del tipo tubolare rastremato, con un diametro di 5 m alla base e di 3 m in sommità.

Le principali caratteristiche dell'aerogeneratore sono:

- Potenza: 6000 kW;
- Frequenza: 50/60 Hz;
- Giri del rotore: 6,2 – 17,7 giri/minuto;
- Senso di rotazione: orario;
- Numero delle pale: 3;
- Freni: Aerodinamici;
- Peso torre tubolare: 180 t;
- Peso navicella: 90 t;
- Peso rotore: 30 t.

3.2 CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Per la completa caratterizzazione del terreno di fondazione si rimanda alla relazione geologica, nonché alla relazione geotecnica.

Il terreno di sedime si presenta costituito prevalentemente da argilla e marne argillose. I parametri geotecnici utilizzati sono richiamati nella relazione geotecnica. Sempre nella relazione geologica è stata valutata la tensione massima di lavoro (in condizioni di SLU) del terreno di fondazione superficiale, assunta pari a $q_{max} = 2 \text{ daN/cm}^2$.

Benché tale valore sia sufficiente in relazione alla realizzazione di fondazioni superficiali, al fine di limitare i cedimenti differenziali delle strutture di fondazione, si è scelto di fondare le strutture su pali trivellati in c.a. . Le verifiche puntuali della portanza dei pali di fondazione sono riportate nei successivi paragrafi.

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località “La Camera”, costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

3.3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Nella realizzazione dei manufatti in c.a. si utilizzerà acciaio tipo Fe B 44 k con tensione caratteristica di snervamento ≥ 430 N/mm² e tensione ammissibile di 260 N/mm² controllato in stabilimento.

Il calcestruzzo viene specificato come “miscela progettata” con riferimento alle proprietà richieste (calcestruzzo a prestazione).

Con “calcestruzzo a prestazione”, secondo le Linee Guida e la norma UNI 9858, si intende un calcestruzzo per il quale il progettista ha la responsabilità di specificare le prestazioni richieste ed eventuali ulteriori caratteristiche e per il quale l'appaltatore è responsabile della fornitura di una miscela conforme alle prestazioni richieste e alle eventuali ulteriori caratteristiche.

I dati fondamentali per i calcestruzzi a prestazione, specificati nel seguito, comprendono:

- classe di resistenza;
- dimensione massima nominale degli aggregati;
- classe di esposizione ambientale;
- classe di consistenza;
- tipologia strutturale (calcestruzzo non armato, armato o precompresso).

Il calcestruzzo dovrà essere confezionato conformemente alle norme di C.S.A. e nel rispetto delle norme UNI di riferimento (UNI 9858 – UNI 8981 – UNI 9917 – UNI 9420 – etc.).

Si riporta, di seguito, una tabella riassuntiva delle caratteristiche dei materiali impiegati.

MATERIALI

Calcestruzzo	
Classe di resistenza	C 25/30
Classe di esposizione ambientale	2a, XC2
Classe di consistenza	S4
Tipologia strutturale	Cemento Armato
Resistenza caratteristica	30 N/mm ²
Copriferro	40 mm
Dimensione massima nominale degli aggregati	≤ 30 mm
Acciaio	
Tipo di acciaio	Fe 44 K
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 430$ N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 540$ N/mm ²
Tensione ammissibile	$\sigma_{amm} = 260$ N/mm ²

Tabella 1. Caratteristiche dei materiali costituenti le fondazioni in c.a.

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località "La Camera", costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

3.4 ANALISI DEI CARICHI

Il calcolo di progetto della torre di sostegno dell'aerogeneratore è stato eseguito dal produttore sulla base delle sollecitazioni massime previste dalle norme IEC 61400-1 per le aree di classe IEC Ia.

I carichi agenti sui plinti di fondazione sono essenzialmente quelli scaricati dalle torri. Oltre ai pesi propri delle membrature ed ai carichi permanenti delle apparecchiature il calcolo tiene conto anche delle azioni del vento e delle azioni sismiche.

In Figura 1 si riporta il sistema di riferimento adottato per la rappresentazione dei carichi.

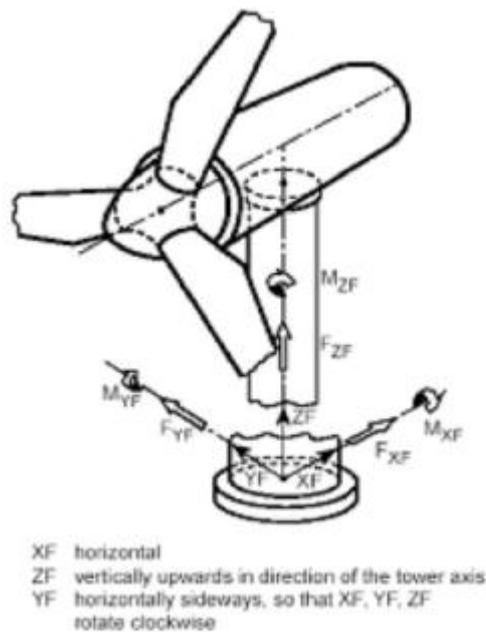


Figura 1. Definizione del sistema di coordinate

Le tabelle riportate di seguito, estrapolate dalla documentazione tecnica fornitaci dal costruttore delle turbine, riassumono i carichi a cui sono sottoposte le fondazioni.

SG 6.0-170 6,0 MW, HH115 m – EXTREME FOUNDATION LOADS		
	Extreme load case - Load factor 1.0	Extreme load case - Load factor 1,1
Fx (kN)	1535,05	1688,55
Fy (kN)	50,5	55,55
Fz (kN)	-6826,1	-7508,71
Fxy (kN)	1535,88	1689,47
Mx (kNm)	4163,87	4580,25
My (kNm)	178349,5	196184,46
Mz (kNm)	374,9	412,39
Mxy (kNm)	178398,1	196237,91

Tabella 2. Carichi estremi sulle fondazioni

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località "La Camera", costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

EQUIVALENT AND MEAN FATIGUE FOUNDATION LOADS			
	Mean load	Range m = 4	Range m = 7
Fx (kN)	473,93	563,31	558,57
Fy (kN)	-6,23	361,63	361,77
Fz (kN)	-6694,21	177,3	174,53
Mx (kNm)	4669,6	22054,68	26918,71
My (kNm)	56807,04	39810,03	50074,58
Mz (kNm)	133,54	10283,41	10803,68

Tabella 3. Fatica equivalente sui carichi di fondazione ($N_{eq}=10^7$)

Al fine di confrontare i valori delle sollecitazioni calcolati secondo la IEC 61400-1 con la normativa italiana, verrà riportato nel prossimo paragrafo il calcolo delle azioni del vento secondo il D.M. del 16 gennaio 1996 "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".

3.5 AZIONE DEL VENTO SECONDO IL DM 16/01/1996

Le azioni del vento sulle strutture si possono, nei casi usuali, ricondurre ad azioni statiche equivalenti.

Normalmente la direzione del vento si considera orizzontale e proveniente da qualsiasi direttrice.

Le azioni statiche del vento si traducono in pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione.

Secondo il D.M. 16/01/1996 la pressione del vento P è data dall'espressione:

$$P = q_{ref} \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

dove

- q_{ref} è la pressione cinetica di riferimento di cui al punto 7.4. del D.M.;
- C_e è il coefficiente di esposizione di cui al punto 7.5. del D.M.;
- C_p è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento;
- C_d è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali".

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località "La Camera", costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

La pressione di riferimento q_{ref} è calcolata come segue:

$$q_{ref} = \frac{v_{ref}^2}{1,6}$$

con v_{ref} che rappresenta la velocità di riferimento del vento misurata in m/s, cioè il valore massimo, riferito ad un intervallo di ritorno di 50 anni, della velocità del vento misurata a 10 m dal suolo su un terreno di II categoria e mediata su 10 minuti.

Il valore della velocità di riferimento può essere assunto pari a quello riportato nella tabella 7.1 dello stesso decreto. Nel caso della regione Puglia la velocità di riferimento risulta essere pari a 27 m/s e la relativa pressione di riferimento q_{ref} sarà quindi pari a 455,625 N/m².

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza della costruzione z sul suolo, dalla rugosità e dalla topografia del terreno, dall'esposizione del sito ove sorge la costruzione. Tale coefficiente risulta dato dalla formula:

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

dove

- k_r , z_0 , z_{min} sono assegnati in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;
- c_t è il coefficiente di topografia e può essere considerato pari a 1.

Per la verifica dei plinti di fondazione che si effettuerà nella progettazione esecutiva, per una progettazione cautelativa, verrà utilizzato il valore di forza in direzione dell'asse y più elevato tra quello calcolato secondo la normativa italiana e quello fornito dal costruttore delle turbine.

3.6 VERIFICHE

Le verifiche, svolte secondo il metodo delle tensioni ammissibili, si ottengono involupando tutte le condizioni di carico prese in considerazione.

Le verifiche sono state effettuate in corrispondenza delle condizioni maggiormente gravose per la struttura di fondazione, sommando ai pesi propri e alle azioni del vento, i carichi sismici.

Sono state effettuate le seguenti verifiche:

- verifica del terreno di fondazione;
- verifica della tensione di lavoro delle armature della fondazione;

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località "La Camera", costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

- verifica della tensione di lavoro del calcestruzzo della fondazione;
- verifica a taglio della fondazione;
- verifica a punzonamento della fondazione;
- verifica allo slittamento;
- verifica al ribaltamento;
- verifica della portanza dei pali di fondazione.

Il dimensionamento preliminare della fondazione c.a. degli aerogeneratori è coerente con il predimensionamento elaborato dal costruttore riportato nel Documento SG 6.0-170 Estimated Foundation Design T115-50A D2372547/001.

3.7 CALCOLO DEI PLINTI RETTANGOLARI

Il calcolo dell'armatura del plinto di fondazione può essere ricondotto da quello di una piastra a quello di quattro mensole incastrate al piede del pilastro, essendo tale schema in vantaggio di sicurezza rispetto a quello più esatto di piastra.

L'armatura del grigliato di base è ottenuta dal calcolo a flessione semplice schematizzando l'intero plinto come quattro mensole incastrate al piede del pilastro.

La verifica a taglio viene effettuata sempre sulle stesse mensole, su una sezione di riferimento distante dal filo del pilastro di un tratto pari alla metà dell'altezza massima del plinto. Il passaggio di questa verifica implica automaticamente il passaggio della verifica a punzonamento per lo sforzo normale del pilastro.

Se la lunghezza della mensola di verifica, misurata da filo del pilastro al bordo più lontano, è inferiore all'altezza massima del plinto, essa si suppone sufficientemente tozza da non richiedere alcuna verifica a taglio e la verifica dell'armatura di base viene effettuata secondo lo schema semplificato di puntone e tirante. Il progetto delle armature viene effettuato nella condizione che gli elementi bidimensionali siano soggetti contemporaneamente a sforzi membranali e flessionali.

3.8 DESCRIZIONE DELLE ARMATURE PREVISTE NEI PLINTI

Le armature di seguito riportate sono state dedotte dal calcolo preliminare effettuato per gli aerogeneratori della centrale eolica. Per il calcolo puntuale delle armature e le verifiche delle opere in c.a., si rimanda alla successiva progettazione esecutiva delle opere.

L'armatura inferiore del plinto tipo è costituita da una maglia principale di ferri o 20/25; L'armatura superiore è costituita da una maglia di ferri o 20/25, in cui i ferri centrali sono interrotti in corrispondenza del concio di

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località "La Camera", costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

fondazione della torre. In sovrapposizione rispetto alla maglia principale sono previsti i raffittimenti composti da 60 ferri radiali o 20 passanti all'interno del concio, 3 ferri circolari o 20 di diametro di 100, 180 e 240 cm posizionati all'interno del concio e 60 ferri ad U o 26 posti appena al di sotto del concio di fondazione. L'armatura laterale del plinto consta di ferri o 16/25 posati sia in verticale che in orizzontale.

4. UBICAZIONE E DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

Il presente calcolo è finalizzato alla costruzione di una sottostazione di utente a servizio dell'impianto di produzione di energia elettrica costituito da 10 aerogeneratori da installarsi in località "La Camera" nel Comune di San Severo (FG) e la realizzazione di un cavidotto interrato che porterà l'energia prodotta alla Stazione RTN di Terna denominata "San Severo".

4.1 DESCRIZIONE DEI MANUFATTI COMPONENTI L'OPERA

Verranno di seguito espone le caratteristiche dei manufatti che compongono la sottostazione utente di connessione allo scopo di descrivere e dimensionare gli stessi.

4.2 EDIFICIO APPARECCHIATURE

All'interno dell'area della sottostazione AT/MT sarà realizzato un edificio atto a contenere le apparecchiature di potenza e controllo relative alla sottostazione stessa; saranno previsti i seguenti locali:

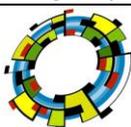
- Locale quadri di controllo e di distribuzione per l'alimentazione dei servizi ausiliari – Locale BT;
- Locale contenente il quadro di Media Tensione e controllo – Locale MT e Controllo
- Locale quadro misure AT, con accesso garantito sia dall'interno che dall'esterno della SSE – Locale MIS AT;
- Locale contenente il gruppo elettrogeno per l'alimentazione dei servizi ausiliari in situazione di emergenza – Locale GE;

Il fabbricato complessivo ha le seguenti dimensioni:

- Larghezza: 4,10 mt
- Lunghezza: 20,70 mt
- Altezza: 3,5mt
- Superficie complessiva: 84,87 mq

Dal punto di vista strutturale il fabbricato sarà realizzata in opera in c.a. con tramezzature interna in c.l.s.

ignifughe, pilastri in c.a. con sezione 30x40cm poggiante su plinti con una superficie di contatto 120x130cm,



Impianto eolico nel Comune di San Severo in località "La Camera", costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

collegati con travi di fondazione 2x50cm in c.a..

Per ulteriori informazioni si riferisca all'elaborato L6IRSH2_CalcoliPrelStrutture_02

4.3 CABINA DI TRAFORMAZIONE (OPERA UTENZA)

Il fabbricato destinato alla cabina della sottostazione elettrica ha le seguenti dimensioni:

- Larghezza: 13,72 mt
- Lunghezza: 29,47 mt
- Altezza max: 7,50 mt
- Superficie complessiva: 404,33 mq

Dal punto di vista strutturale il fabbricato sarà realizzata in opera in c.a. con tramezzature interna in c.l.s. ignifughe, pilastri in c.a. con sezione 35x35cm poggiante su plinti con una superficie di contatto 120x120cm, collegati con travi di fondazione 2x50cm in c.a..

Per ulteriori informazioni si riferisca all'elaborato L6IRSH2_CalcoliPrelStrutture_02

4.4 FONDAZIONE DEL TRASFORMATORE

La fondazione del trasformatore sarà realizzata nella forma di un monoblocco costituito nella parte centrale da una platea in c.a. e di n. 2 vasche laterali per la raccolta delle acque e di perdite del trasformatore che verranno prelevate e smaltite da apposite ditte. La dimensione tipica è quella riportato nell'elaborato planimetrico allegato alla presente relazione di calcolo preliminare.

Per ulteriori informazioni si riferisca all'elaborato L6IRSH2_CalcoliPrelStrutture_02

4.5 PLATEA OPERE ELETTROMECCANICHE

La fondazione delle opere elettromeccaniche sarà realizzata nella forma di una platea in c.a. con una superficie di base come quella riportata nell'elaborato planimetrico allegato ai seguenti calcoli e di altezza pari a 60 cm poggiante su uno strato di magrone da 15 cm.

Per ulteriori informazioni si riferisca all'elaborato L6IRSH2_CalcoliPrelStrutture_02

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località "La Camera", costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

4.6 MATERIALI IMPIEGATI

Di seguito vengono riportate le caratteristiche dei materiali impiegati:

- ✓ Acciaio B 450 C - $f_{tk}=540$ N/mm², f_{yk} 450 N/mm² (E= 200000 N/mmq; peso spec.=78,5 KN/mc; G=84000 N/mmq);
- ✓ Calcestruzzo per strutture prefabbricate – C28/35, R_{ck} = 350 N/mmq (E= 32308.2 N/mmq; n= 0.2; peso spec.= 25000 N/mc);
- ✓ Calcestruzzo per sottofondi – C12/15, R_{ck} = 150 N/mmq (E= 27085.17 N/mmq; n= 0.2; peso spec.= 25000 N/mc);
- ✓ Calcestruzzo di regolarizzazione – C16/20, R_{ck} = 250 N/mmq (E= 28607.90 N/mmq; n= 0.2; peso spec.= 25000 N/mc);
- ✓ Calcestruzzo per opere in c.a. – C20/25, R_{ck} = 250 N/mmq (E= 29961.9 N/mmq; n= 0.2; peso spec.= 25000 N/mc);

4.7 AZIONI SULLA STRUTTURA E PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO

4.7.1 Regolarità delle strutture e fattore di struttura

Per quanto riguarda il calcolo del fattore di struttura da adottare per il calcolo si adotta un fattore di comportamento associato alle strutture intelaiate in c.a., mentre per le verifiche geotecniche delle opere di fondazioni si fa riferimento a strutture non dissipative., come previsto dalle NTC18. Trattandosi quindi di sole fondazioni superficiali e strutture interrato con pareti in c.a. (e dunque a comportamento rigido), progettate in campo elastico, il fattore di struttura q sarà automaticamente determinato e pari a 1. Le fondazioni, dovendo essere progettate per rimanere in campo elastico, non necessiteranno quindi di specifiche armature per ottenere un comportamento duttile. Tutte le strutture sono considerate regolari così come previsto dalle regole delle NTC18.

4.7.2 Combinazioni delle azioni sulla costruzione

Le azioni definite come al paragrafo 2.5.1 delle NTC 2018, dovranno essere combinate in accordo a quanto definito al paragrafo 2.5.3 delle stesse NT, applicando i seguenti coefficienti di combinazione:

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località "La Camera", costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

Tabella Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.-1: **Valori dei coefficienti di combinazione (Tabella 2.5.I del D.M. 2018)**

Categoria/Azione variabile	Y0j	Y1j	Y2j
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso . 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0	0	0
Vento	0,6	0,2	0
Neve (a quota . 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} da utilizzare nelle calcolazioni sono definiti nelle NTC 2018 al paragrafo 2.6.1- Tab. 2.6.I.

Le prestazioni attese nei confronti delle azioni sismiche dovranno essere verificate agli stati limite, sia di esercizio che ultimi individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO);
- Stato Limite di Danno (SLD).

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV);
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC).

Le NTC 2008 indicano che l'azione sismica sia caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, considerate tra di loro indipendenti, ed 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.

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località "La Camera", costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

L'azione in superficie dovrà essere assunta come agente su tali piani. Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale saranno caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie, in assenza di documentazione potranno essere determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.

Per la definizione delle forme spettrali (spettri elastici e spettri di progetto), in conformità ai dettami del NTC 2018 § 3.2.3. vanno definiti i seguenti termini:

- Vita Nominale;
- Classe d'Uso;
- Categoria del suolo;
- Coefficiente Topografico;
- Latitudine e longitudine del sito oggetto di edificazione;
- Fattore di struttura q.

Tali valori sono stati utilizzati da apposita procedura informatizzata che, a partire dalle coordinate del sito oggetto di intervento (sistema di coordinate UTM wgs 84 geografiche) fornisce i parametri di pericolosità sismica da considerare ai fini del calcolo strutturale.

Le verifiche delle prestazioni saranno effettuate per le azioni derivanti dalla neve, dal vento e dalla temperatura secondo quanto previsto al cap. 3 del DM 17.01.18 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n. 7 per un periodo di ritorno coerente alla classe della struttura ed alla sua vita utile (vita di riferimento ≥ 100 anni, struttura Classe d'uso IV – Edifici strategici cfr DGR Puglia nr 1214/10).

Nel caso in specie trattandosi di opere di classe d'uso 4, gli stati limite da verificare ed il tipo di verifica da effettuare secondo norma sono i seguenti:

- Stato Limite di Operatività (SLO) con controllo degli spostamenti;
- Stato Limite di Danno (SLD) con controllo degli spostamenti;
- Stato Limite di Danno (SLD) con controllo degli spostamenti + verifiche di resistenza;
- Stato Limite di Salvaguardia (SLV) con verifica di resistenza.

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località "La Camera", costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

4.7.3 Destinazione d'uso e sovraccarichi variabili dovuti alle azioni antropiche

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si dovrà fare riferimento alla tabella del D.M. 14.01.2008 in funzione della destinazione d'uso.

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti q_k [kN/m²]
- carichi verticali concentrati Q_k [kN]
- carichi orizzontali lineari H_k [kN/m]

Tabella Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.-2: **Valori dei carichi di esercizio per le diverse categorie di edifici (Tabella 3.I.II del D.M. 2008)**

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	Uffici. Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	3,00 4,00 5,00	2,00 4,00 5,00	1,00 2,00 3,00
D	Ambienti ad uso commerciale. Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00
E	Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale. Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	$\geq 6,00$ —	6,00 —	1,00* —
F-G	Rimesse e parcheggi. Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	2,50 —	2 x 10,00 —	1,00** —
H	Coperture e sottotetti Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 —	1,20 —	1,00 —
* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati				
** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso				

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località "La Camera", costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

I valori nominali e/o caratteristici q_k , Q_k ed H_k di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II. delle NTC 2018. In presenza di carichi verticali concentrati Q_k essi sono stati applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dell'orizzontamento, in generale con forma dell'impronta di carico quadrata pari a 35 x 35 mm.

4.7.4 Modello Di Calcolo

I modelli di calcolo da utilizzare saranno quelli esplicitamente richiamati nel D.M. 17.01.2018 ed in particolare:

- analisi elastica lineare per il calcolo delle sollecitazioni derivanti da carichi statici;
- analisi dinamica modale con spettri di progetto per il calcolo delle sollecitazioni di progetto dovute all'azione sismica;
- analisi degli effetti del 2° ordine quando significativi;
- verifiche sezionali agli S.L.U. per le sezioni in c.a. utilizzando il legame parabola rettangolo per il calcestruzzo ed il legame elastoplastico incrudente a duttilità limitata per l'acciaio.

Per quanto riguarda le azioni sismiche ed in particolare per la determinazione del fattore di struttura, dei dettagli costruttivi e le prestazioni sia agli SLU che allo SLD si farà riferimento al D.M. 17.01.18 e alla circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019, n. 67 che è stata utilizzata come norma di dettaglio.

4.7.5 Durabilità

Per garantire la durabilità delle strutture saranno prese in considerazione opportuni stati limite di esercizio (SLE) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui le strutture dovranno essere utilizzate limitando sia gli stati tensionali che, nel caso delle opere in calcestruzzo, l'ampiezza delle fessure.

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, sarà posta adeguata cura nelle previsioni sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura prevedendo tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono stati previsti in coerenza con tali obiettivi.

4.7.6 Misura Della Sicurezza

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località "La Camera", costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

Il metodo di verifica della sicurezza adottato sarà quello degli Stati Limite (SL) prevedendo due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi SLU e gli stati limite di esercizio SLE.

La sicurezza sarà quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore della corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.

4.7.7 Schematizzazione Della Struttura

La struttura sarà modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali.

In particolare le travi ed i pilastri saranno schematizzate con elementi trave a due nodi deformabili assialmente, a flessione e taglio utilizzando funzioni di forma cubiche di Hermite, modello finito che ha la caratteristica di fornire la soluzione esatta in campo elastico lineare per cui non necessita di ulteriori suddivisioni interne degli elementi strutturali.

Gli elementi finiti a due nodi possono essere utilizzati in analisi di tipo non lineare potendo modellare non linearità sia di tipo geometrico che meccanico con i seguenti modelli:

- Matrice geometrica per gli effetti del II° ordine;
- Non linearità meccanica per comportamento assiale solo resistente a trazione o compressione;
- Non linearità meccanica di tipo elasto-plastica con modellazione a plasticità concentrata e duttilità limitata con controllo della capacità rotazionale ultima delle cerniere plastiche.

Per gli elementi strutturali bidimensionali (pareti a taglio, setti, nuclei irrigidenti, piastre o superfici generiche) si utilizzerà un modello finito a 3 o 4 nodi di tipo shell che modella sia il comportamento membranale (lastra) che flessionale (piastra). Tale elemento finito di tipo isoparametrico sarà modellato con funzioni di forma di tipo polinomiale che rappresentano una soluzione congruente ma non esatta nello spirito del metodo FEM.

Il metodo è efficiente per il calcolo degli spostamenti nodali ed è sempre rispettoso dell'equilibrio a livello nodale con le azioni esterne. Le verifiche saranno effettuate sia direttamente sullo stato tensionale ottenuto, per le azioni di tipo statico e di esercizio. Per le azioni dovute al sisma (ed in genere per le azioni che provocano elevata domanda di deformazione anelastica), le verifiche saranno effettuate sulle risultanti (forze e momenti) agenti globalmente su una sezione dell'oggetto strutturale (muro a taglio, trave accoppiamento, etc.).

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località "La Camera", costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

Nel modello si terranno in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi.

La presenza di orizzontamenti sarà tenuta in conto o con vincoli cinematici rigidi o con modellazione della soletta con elementi SHELL.

L'analisi delle sollecitazioni sarà condotta in fase elastica lineare tenendo conto eventualmente degli effetti del secondo ordine.

Le sollecitazioni derivanti dalle azioni sismiche saranno ottenute sia con da analisi statiche equivalenti che con da analisi dinamiche modali. I vincoli tra i vari elementi strutturali e con il terreno saranno modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale.

Il modello di calcolo terrà conto dell'interazione suolo-struttura schematizzando le fondazioni superficiali (con elementi plinto, trave o piastra) su suolo elastico alla Winkler.

Per le verifiche sezionali saranno utilizzati i seguenti legami:

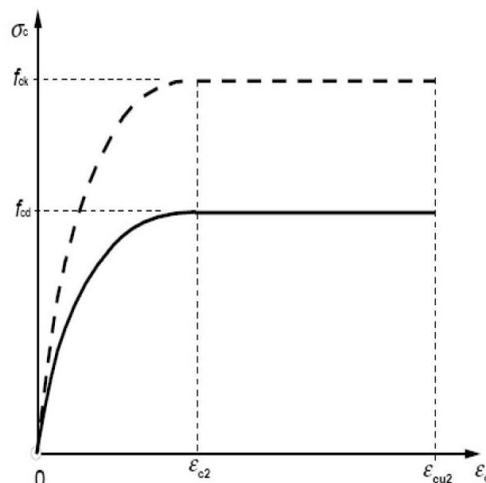


Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.-1: **Legame costitutivo di progetto del calcestruzzo**

Il valore ϵ_{cu2} nel caso di analisi non lineari è stato valutato in funzione dell'effettivo grado di confinamento esercitato dalle staffe sul nucleo di calcestruzzo.

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località "La Camera", costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

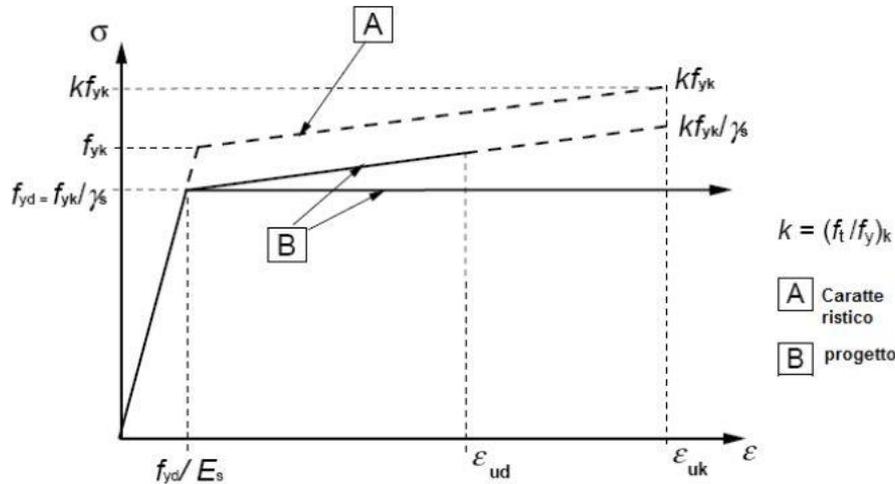


Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.-2: **Legame costitutivo di progetto dell'acciaio per c.a.**

Il modello di calcolo da utilizzare è rappresentativo della realtà fisica per la configurazione finale anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

4.7.8 Combinazione Di Calcolo

Le combinazioni di calcolo da considerare sono quelle previste dal D.M. 17.01.2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.

In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite, sono state definite le seguenti combinazioni delle azioni (Cfr. al § 2.5.3 NTC 2018):

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU) (2.5.1);
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7(2.5.2);
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili (2.5.3);
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine(2.5.4);
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 form. 2.5.5);
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6 form. 2.5.6).

Nelle combinazioni per SLE, saranno omessi i carichi Q_{kj} dal momento che hanno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G₂.

Impianto eolico nel Comune di San Severo in località “La Camera”, costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all’esercizio dell’impianto.

Altre combinazioni saranno considerate in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.), ove nelle formule il simbolo “+” è da intendersi “combinato con”.

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qi} sono stati desunti dalle norme (Cfr. § 2.6.1, Tab. 2.6.I).

Per le combinazioni sismiche:

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell’azione sismica con le altre azioni (Cfr. § 2.5.3 form. 3.2.16 delle NTC 2008)

Gli effetti dell’azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17).

I valori dei coefficienti γ_2 saranno desunti dalle norme (Cfr. Tabella 2.5.I) La struttura sarà progettata così che il degrado nel corso della sua vita nominale, con manutenzione ordinaria, non pregiudichi le sue prestazioni in termini di resistenza, stabilità e funzionalità, portandole al di sotto del livello richiesto dalle presenti norme.

Le misure di protezione contro l’eccessivo degrado sono stabilite con riferimento alle previste condizioni ambientali.

La protezione contro l’eccessivo degrado si otterrà con un’opportuna scelta dei dettagli, dei materiali e delle dimensioni strutturali, con l’utilizzo, ove necessario, dell’applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi, nonché con l’adozione di altre misure di protezione attiva o passiva.

Per le azioni eccezionali, che si presentano in occasione di eventi quali incendi, esplosioni ed urti, ove richiesto da specifiche esigenze di destinazione d’uso, saranno considerate nella progettazione, con calcolo e verifica delle suddette azioni, determinate sulla base delle indicazioni di cui al § 3.6.1 delle NTC.

4.7.9 Azioni Agenti Sulle Fondazioni

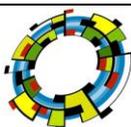
Per la valutazione preliminare delle azioni di progetto (Ed) in fondazione si sono utilizzate due combinazioni delle azioni:

Per quanto riguarda le azioni verticali:

- SLU (combinazione fondamentale):
 $Ed = \gamma_{G1} * G1$
- SLU + SISMA (combinazione sismica) SLV:
 $Ed = E + G1 = G1 * kv + G1$

Per quanto riguarda le azioni orizzontali:

- combinazione sismica SLV (taglio sismico)
 $Ed = G1 * khi$



Impianto eolico nel Comune di San Severo in località "La Camera", costituito da n. 10 aerogeneratori per una potenza complessiva di 60 MW comprese le relative opere di connessione alla rete ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto.

In cui:

- Ed azione di progetto
- G1 peso proprio degli elementi strutturali
- yG1 coefficiente parziale di sicurezza (A1, A2 - punto 2.6.1 delle NTC 2018 e tab.2.6.I)
- E azione sismica
- Kv ordinata dello spettro di progetto delle componenti verticali in corrispondenza del periodo fondamentale T1
- Khi ordinata dello spettro di progetto delle componenti orizzontali in corrispondenza del periodo fondamentale T1

Considerando solo le fondazioni principali e di dimensioni rilevanti si ottiene la tabella 6 riportante i carichi unitari sulle fondazioni.

Per la combinazione delle azioni Ed di cui sopra si è utilizzato l'Approccio normativo 2 (punto 2.6.1 delle NTC 2008):

$$(A1+M1+R3) - (STR + GEO)$$

Con:

- A = Azioni yF (oppure yE oppure yG)
- M = resistenza dei materiali (terreno) yM
- R = resistenza globale del sistema yR

Inoltre per le azioni sismiche E, dagli spettri di progetto dell'allegato 2 si sono calcolati i valori di kv e khi con le seguenti assunzioni:

Fattore di struttura q = 1

Altezza media delle strutture = 5 metri

Periodo fondamentale T1=0,17sec

Come già più volte specificato in precedenza, i calcoli sopraindicati servono solo a mettere in evidenza le volumetrie delle fondazioni e i relativi spazi di occupazione, nonché il sistema di armatura che verrà presumibilmente applicato. Solo in seguito alle analisi geotecniche sulla portanza del terreno ed alla analisi geologica di ogni singola postazione, sarà possibile eseguire dei calcoli esecutivi, che vengono quindi rimandati alla successiva fase di progettazione esecutiva.