

AUTORIZZAZIONE UNICA EX D. LGS. N. 387/2003



PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO TURSI SANT'ARCANGELO

Titolo elaborato:

CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

LT	GD	GD	EMISSIONE	11/04/22	0	0
REDATTO	CONTR.	APPROV.	DESCRIZIONE REVISIONE DOCUMENTO	DATA	REV	

PROPONENTE



ENERGY PRIME S.R.L.

VIA G. GARIBALDI N. 15
74023 GROTTAGLIE (TA)

CONSULENZA



GE.CO.D'OR S.R.L.

VIA G. GARIBALDI N. 15
74023 GROTTAGLIE (TA)

PROGETTISTA

ING. GAETANO D'ORONZIO
VIA GOITO 14 – COLOBRARO (MT)

Codice
TSOE070

Formato
A4

Scala
/

Foglio
1 di 20

Sommarario

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	3
3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO.....	5
4. SISTEMA DI DISTRIBUZIONE MT	8
5. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DELLE LINEE MT.....	10
5.1. Criterio di dimensionamento	10
5.2. Posa e dati tecnici del cavo utilizzato	11
5.3. Calcolo delle portate.....	13
5.4. Calcolo della caduta di tensione	15
5.5. Calcolo della perdita di potenza	16
6. TABELLA DI CALCOLO.....	16
7. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO CAVI AT	17
8. CONCLUSIONI.....	20

1. PREMESSA

Il presente documento ha come scopo la descrizione dei criteri e delle tecniche adottate per il dimensionamento delle linee elettriche di connessione dell'impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica denominato "Parco Eolico Tursi Sant'Arcangelo".

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Nel seguito sono riportate le norme tecniche di riferimento del progetto in questione:

- ✓ IEC 60502-2: "Cavi di alimentazione con isolamento estruso e relativi accessori per tensioni nominali da 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) fino a 30 kV ($U_m = 36$ kV) - Parte 2: Cavi per tensioni nominali da 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) fino a 30 kV ($U_m = 36$ kV)";
- ✓ IEC 60287: "Electric cables – Calculation of the current rating (12/2006)";
- ✓ Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387 – "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità";
- ✓ D.P.R. 18 marzo 1965, n. 342 – "Norme integrative della legge 6 dicembre 1962, n. 1643 e norme relative al coordinamento e all'esercizio delle attività elettriche esercitate da enti ed imprese diversi dall'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica";
- ✓ Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28 – "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE";
- ✓ Decreto Legislativo 31 marzo 1998, n. 112 – "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59";
- ✓ Legge 28 giugno 1986, n. 339 – "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- ✓ DM 29/05/2008 – "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";

-
- ✓ Legge 22 febbraio 2001, n. 36 – "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetiche";
 - ✓ Norma CEI 20-24: Giunzioni e terminazioni per cavi di energia;
 - ✓ Norma CEI 20-13: Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
 - ✓ Norma CEI 11-1: Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
 - ✓ Norma CEI 20-56: Cavi da distribuzione con isolamento estruso per tensioni nominali da 3,6/6 (7,2) kV a 20,8/36 (42) kV inclusi;
 - ✓ Norma CEI EN 50522 (CEI 99-3) – "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.";
 - ✓ Norma CEI EN 61936-1 (CEI 99-2): Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a - Parte 1: Prescrizioni comuni;
 - ✓ Norma CEI 11-4: Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
 - ✓ Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
 - ✓ Norma CEI 11-3; V1: Impianti di produzione eolica;
 - ✓ Norma CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria;
 - ✓ Norma CEI 11-35: Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente;
 - ✓ Norma CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
 - ✓ Norma CEI 11-25: Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi a c.a., (IIa Ediz., Fasc. 6317, 2001-12);
 - ✓ Norma CEI 17-1: Apparecchiature ad alta tensione – Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
 - ✓ Norma CEI 211-6/2001 – "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo";
-

- ✓ Norma CEI 211-4/1996 – “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”.

3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO

L'impianto eolico presenta una potenza totale in immissione di 101 MWp ed è costituito da 11 aerogeneratori di potenza nominale pari a 6 MWp, altezza torre pari a 135 m e rotore pari a 170 m, e da un sistema di accumulo di energia (BESS, Battery Energy Storage System) di potenza pari a 35 MWp.

Gli aerogeneratori sono collegati tra loro mediante cavi interrati in media tensione che convogliano l'elettricità presso una sottostazione di trasformazione 150/33 kV al fine di collegarsi, tramite un cavo interrato in alta tensione, ad una stazione in condivisione con altri produttori (meglio descritta nell'elaborato di progetto TSOE069_Relazione tecnica descrittiva delle opere elettriche), a sua volta connessa alla Rete di Distribuzione Nazionale (RTN) Terna attraverso un cavo interrato in alta tensione.

L'impianto interessa prevalentemente i Comuni di Tursi (MT), ove ricadono 8 aerogeneratori, il Comune di Sant'Arcangelo (PZ), ove ricadono 3 aerogeneratori, il BESS e la sottostazione elettrica di trasformazione 150/33 kV, il Comune di Aliano (MT), ove ricadono la stazione di condivisione e la stazione elettrica di trasformazione della RTN Terna 380/150 kV e il Comune di Roccanova (PZ), ove ricade un breve tratto di linea interrato in alta tensione 150 kV, come illustrato nella **Figura 3.1**.

Le linee elettriche interrate di Media Tensione a 33 kV, necessarie per il collegamento delle turbine eoliche e del BESS alla sottostazione di trasformazione 150/33, e le linee elettriche di Alta Tensione a 150 kV sono allocate prevalentemente in corrispondenza del sistema di viabilità interna necessario per la costruzione e la gestione futura dell'impianto. Il sistema di viabilità verrà realizzato prevalentemente adeguando il sistema viario esistente e realizzando nuovi tratti di raccordo per consentire il transito dei mezzi eccezionali.

La Soluzione Tecnica Minima Generale (Codice Pratica: 202100990) prevede che l'energia prodotta e trasformata in Alta tensione a 150 kV verrà convogliata in corrispondenza di un nuovo stallo della Stazione Elettrica di Trasformazione 380/150 kV (SE) denominata “Aliano” mediante collegamento in antenna.

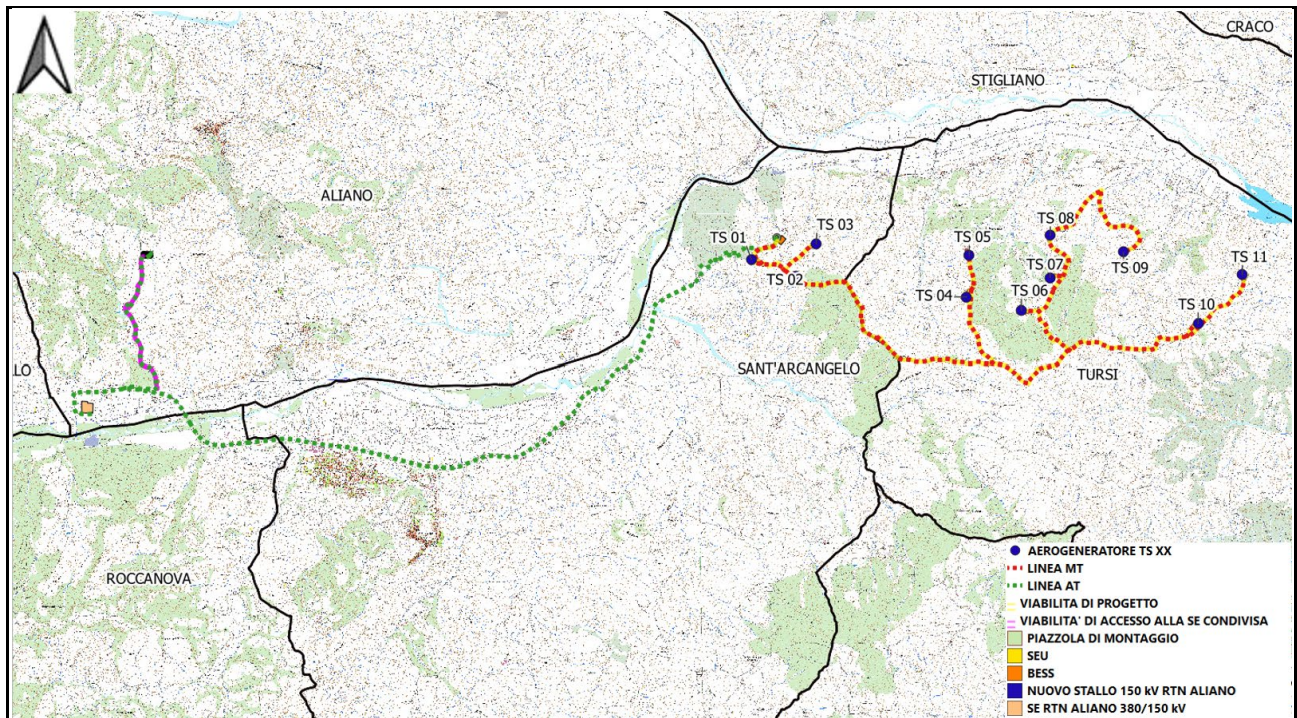


Figura 3.1: Inquadramento territoriale - Limiti amministrativi comuni interessati dall'impianto

Il progetto prevede che uno dei possibili aerogeneratori da installare è il modello Siemens Gamesa SG 170 HH 135 di potenza nominale pari a 6 MWp, altezza torre all'hub pari a 135 m e diametro del rotore pari a 170 m (**Figura 3.2**).

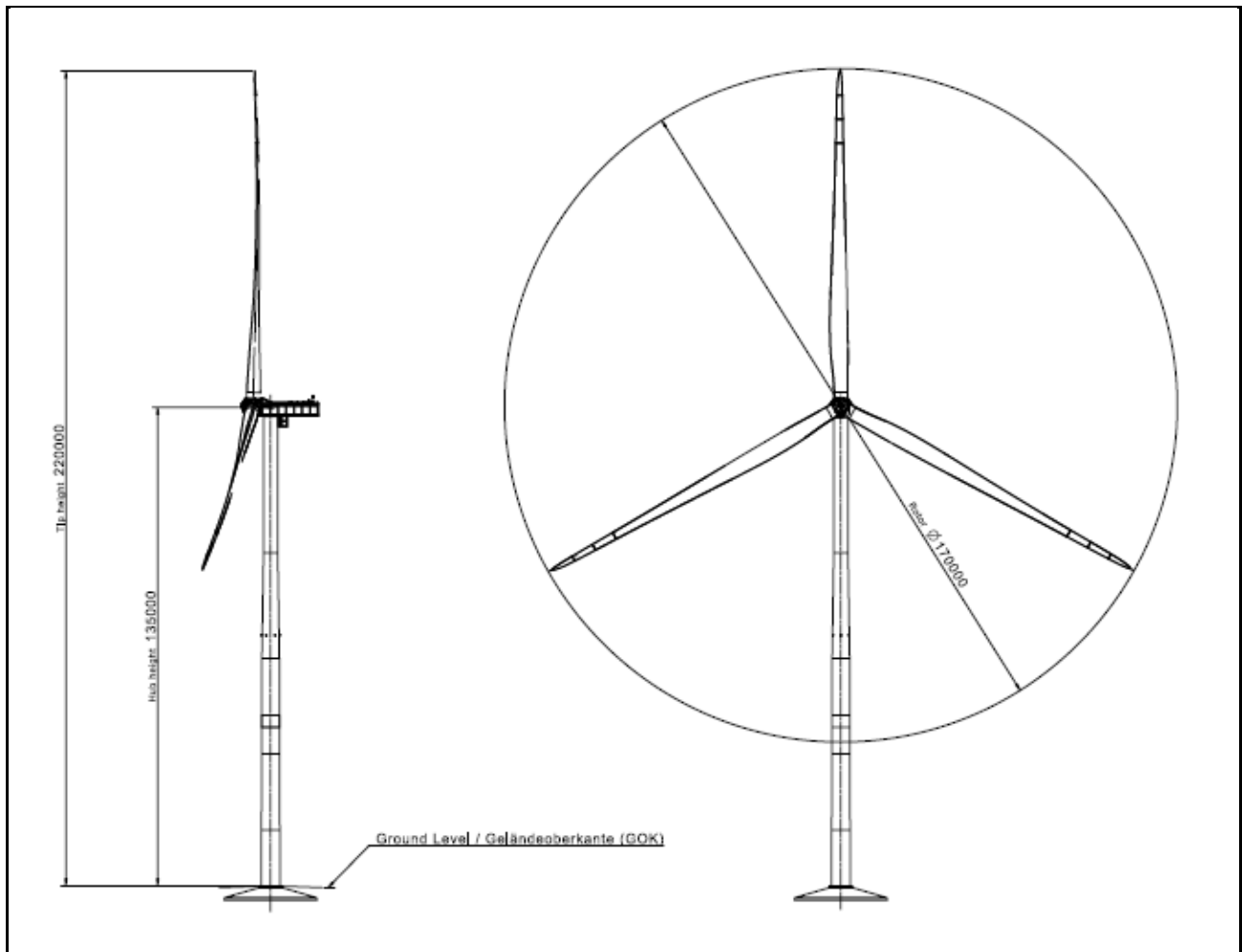


Figura 3.2: Aerogeneratore SG 170 HH 135 da 6 MWp

Ogni macchina è dotata di un sistema che esegue il controllo della potenza ruotando le pale intorno al proprio asse principale ed il controllo dell'orientamento della navicella, detto controllo dell'imbardata, che permette l'allineamento della macchina rispetto alla direzione del vento.

Il rotore, posto sopravvento al sostegno, viene realizzato in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro ed è caratterizzato da un funzionamento a passo variabile. Altre caratteristiche salienti sono riassunte nella **Tabella 3.1**.

Technical Specifications	
Rotor	
Type	3-bladed, horizontal axis
Position	Upwind
Diameter.....	170 m
Swept area	22,698 m ²
Power regulation	Pitch & torque regulation with variable speed
Rotor tilt.....	6 degrees
Blade	
Type	Self-supporting
Blade length	83.5 m
Max chord	4.5 m
Aerodynamic profile	Siemens Gamesa proprietary airfoils
Material	G (Glassfiber) – CRP (Carbon Reinforced Plastic)
Surface gloss	Semi-gloss, < 30 / ISO2813
Surface color	Light grey, RAL 7035 or White, RAL 9018
Aerodynamic Brake	
Type	Full span pitching
Activation.....	Active, hydraulic
Load-Supporting Parts	
Hub.....	Nodular cast iron
Main shaft.....	Nodular cast iron
Nacelle bed frame.....	Nodular cast iron
Mechanical Brake	
Type	Hydraulic disc brake
Position	Gearbox rear end
Nacelle Cover	
Type	Totally enclosed
Surface gloss	Semi-gloss, <30 / ISO2813
Color.....	Light Grey, RAL 7035 or White, RAL 9018
Generator	
Type.....	Asynchronous, DFIG
Grid Terminals (LV)	
Baseline nominal power ..	6.0 MW / 6.2 MW
Voltage	690 V
Frequency.....	50 Hz or 60 Hz
Yaw System	
Type.....	Active
Yaw bearing.....	Externally geared
Yaw drive.....	Electric gear motors
Yaw brake.....	Active friction brake
Controller	
Type	Siemens Integrated Control System (SICS)
SCADA system	SGRE SCADA
Tower	
Type	Tubular steel / Hybrid
Hub height	100 m to 165 m and site-specific
Corrosion protection	Painted
Surface gloss	Semi-gloss, <30 / ISO-2813
Color	Light grey, RAL 7035 or White, RAL 9018
Operational Data	
Cut-in wind speed	3 m/s
Rated wind speed	11.0 m/s (steady wind without turbulence, as defined by IEC61400-1)
Cut-out wind speed	25 m/s
Restart wind speed.....	22 m/s
Weight	
Modular approach.....	Different modules depending on restriction

Tabella 3.1: Specifiche tecniche dell'aerogeneratore Siemens Gamesa SG 170 HH 165

Le caratteristiche dell'aerogeneratore sopra riportate sono quelle ritenute idonee in base a quanto disponibile oggi sul mercato; in futuro potrà essere possibile cambiare il modello dell'aerogeneratore senza modificare in maniera sostanziale l'impatto ambientale e i limiti di sicurezza previsti.

4. SISTEMA DI DISTRIBUZIONE MT

Il "Parco Eolico Tursi Sant'Arcangelo" è caratterizzato da una potenza complessiva di 101 MWp, ottenuta da 11 aerogeneratori di potenza 6 MWp ciascuno e da un BESS di 35 MWp.

Gli aerogeneratori sono collegati elettricamente tra loro mediante cavi in media tensione a 33 kV in modo da formare 4 sottocampi (Circuiti A, B, C, D) di 2 o 3 WTG (Wind Turbine Generator); ognuno di tali circuiti, associato ad un colore diverso per maggiore chiarezza, è collegato mediante cavo interrato a 33 kV alla Stazione Elettrica Utente, come esplicitato dalla **Tabella 4.1**.

Sottocampo o Circuito	Aerogeneratore	Potenza totale [MWp]
CIRCUITO A	TS-11 – TS-10	12
CIRCUITO B	TS-07 – TS-08 – TS-09	18
CIRCUITO C	TS-04 – TS-05 – TS-06	18
CIRCUITO D	TS-01 – TS-02 – TS-03	18

Tabella 4.1: Distribuzione linee MT

Il BESS è collegato alla Stazione Elettrica Utente attraverso due linee elettriche a 33 kV, come rappresentato nella **Tabella 4.2**.

Elemento	Potenza totale [MWp]
BESS 1 - SEU	17,5
BESS 2 - SEU	17,5

Tabella 4.2: Linee elettriche di collegamento tra BESS e SEU

Gli aerogeneratori sono stati collegati elettricamente secondo un criterio che tiene in considerazione le cadute di tensioni e perdite di potenza lungo le linee di connessione e l'ottimizzazione delle lunghezze dei cavi utilizzati.

Lo schema a blocchi di riferimento (elaborato di progetto TSOE077_ Distribuzione MT - schema a blocchi), nel quale sono indicate le sezioni del cavo di ogni tratto di linea (nella parte successiva di tale trattazione la valutazione di tali sezioni sarà esaminata in dettaglio) e nel quale gli aerogeneratori di ogni linea sono collegati tra loro secondo lo schema in entra – esci, in smistamento e in fine linea, è di seguito riportato:

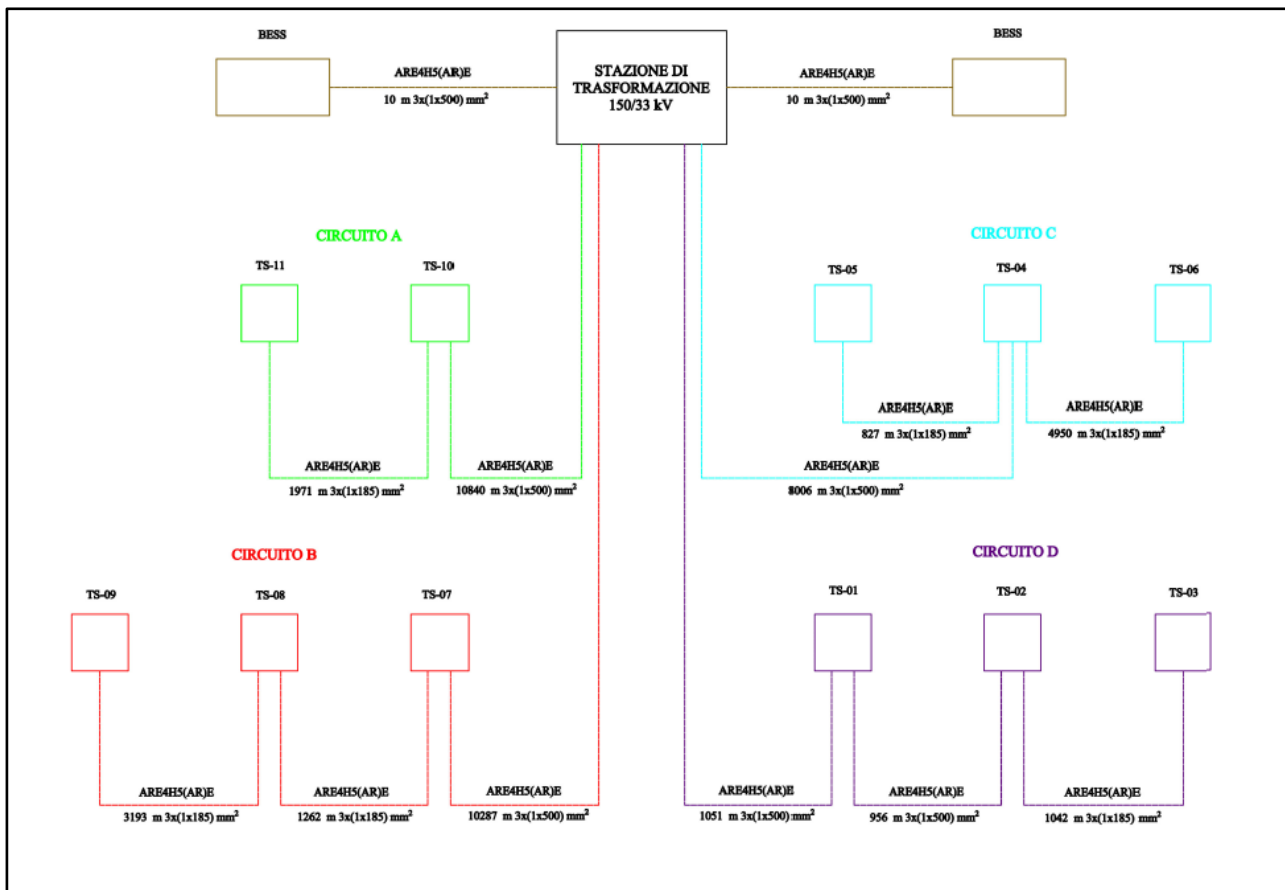


Figura 4.1: Schema a blocchi del Parco Eolico Tursi Sant'Arcangelo

5. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DELLE LINEE MT

5.1. Criterio di dimensionamento

La sezione dei cavi elettrici in media tensione è calcolata, in accordo con la norma CEI 11 – 17, in modo che risultino soddisfatte le seguenti condizioni:

1. $I_b \leq I'_z$
2. $\Delta V \leq 4\%$
3. $\Delta P \leq 5\%$

dove:

- I_b rappresenta la corrente di carico, ovvero l'intensità di corrente massima che scorre all'interno della linea di cavo;
- I'_z rappresenta la portata di corrente effettiva del cavo e dipende dalla portata nominale del cavo stesso e dalle relative condizioni di posa lungo tutto il percorso;
- ΔV rappresenta la massima caduta di tensione per la linea di cavo ed è valutata in accordo con le modalità di posa dello stesso;

- ΔP rappresenta la perdita di potenza per ognuno dei sottocampi.

Individuate le sezioni dei singoli cavi vengono effettuate le verifiche termiche, calcolando le correnti di corto circuito previste e di tenuta termica dei cavi.

5.2. Posa e dati tecnici del cavo utilizzato

Il cavo impiegato per il collegamento di tutte le tratte in media tensione è il tipo ARE4H5(AR)E AIRBAG® COMPACT, a norma IEC 60502-2 e HD 620, del primario costruttore Prysmian.

Per ogni tratto di collegamento si prevede una posa direttamente interrata di cavo, essendo il cavo in questione idoneo alla stessa e meccanicamente protetto.

Inoltre, nel caso di eventuali interferenze e particolari attraversamenti, in accordo con la Norma CEI 11 – 17, tale modalità di posa sarà modificata, anche in base ai regolamenti riguardanti le opere interferite, in modo da garantire un'adeguata protezione del cavo rispetto alle condizioni di posa normali.

I fattori di progetto presi in considerazione per l'installazione dei cavi sono i seguenti:

- ❖ Temperatura massima del conduttore pari a 90°C;
- ❖ Temperatura del terreno di 20°C;
- ❖ Resistività termica del suolo pari a 1,5 K m/W;
- ❖ Tensione nominale pari a 33 kV;
- ❖ Frequenza pari a 50 Hz;
- ❖ Profondità di posa di 1 m dal piano di calpestio.

I cavi sono collocati in trincee ad una profondità di posa di 1 m dal piano di calpestio su un sottofondo di sabbia di spessore di 0,1 m e la distanza di separazione dei circuiti adiacenti in parallelo sul piano orizzontale è pari a 0,20 m

Nel seguito è rappresentato il dettaglio dei tipologici di posa, come anche riportato nel documento "TSOE076_Distribuzione MT - sezioni tipiche delle trincee cavidotto".

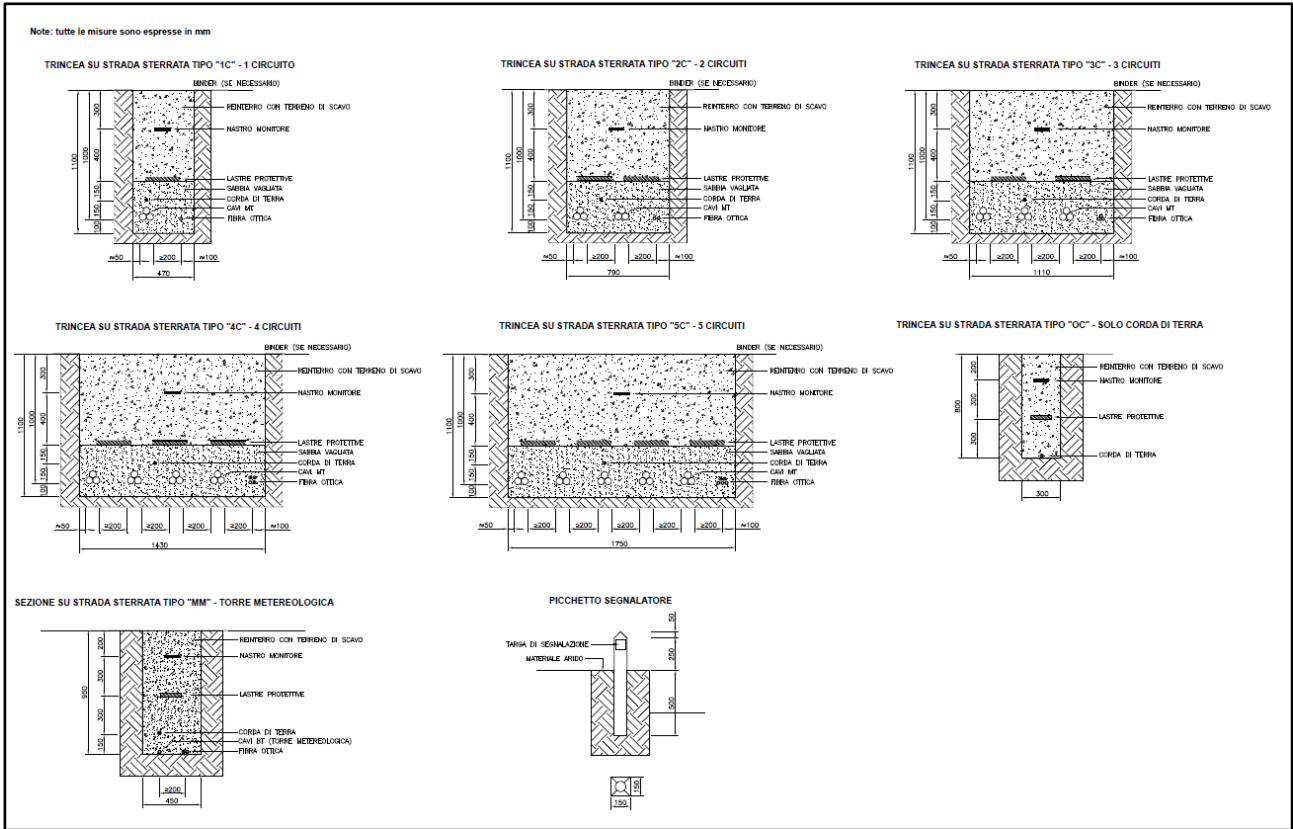


Figura 5.2.1: Sezioni tipiche trincee cavidotto MT su strada sterrata

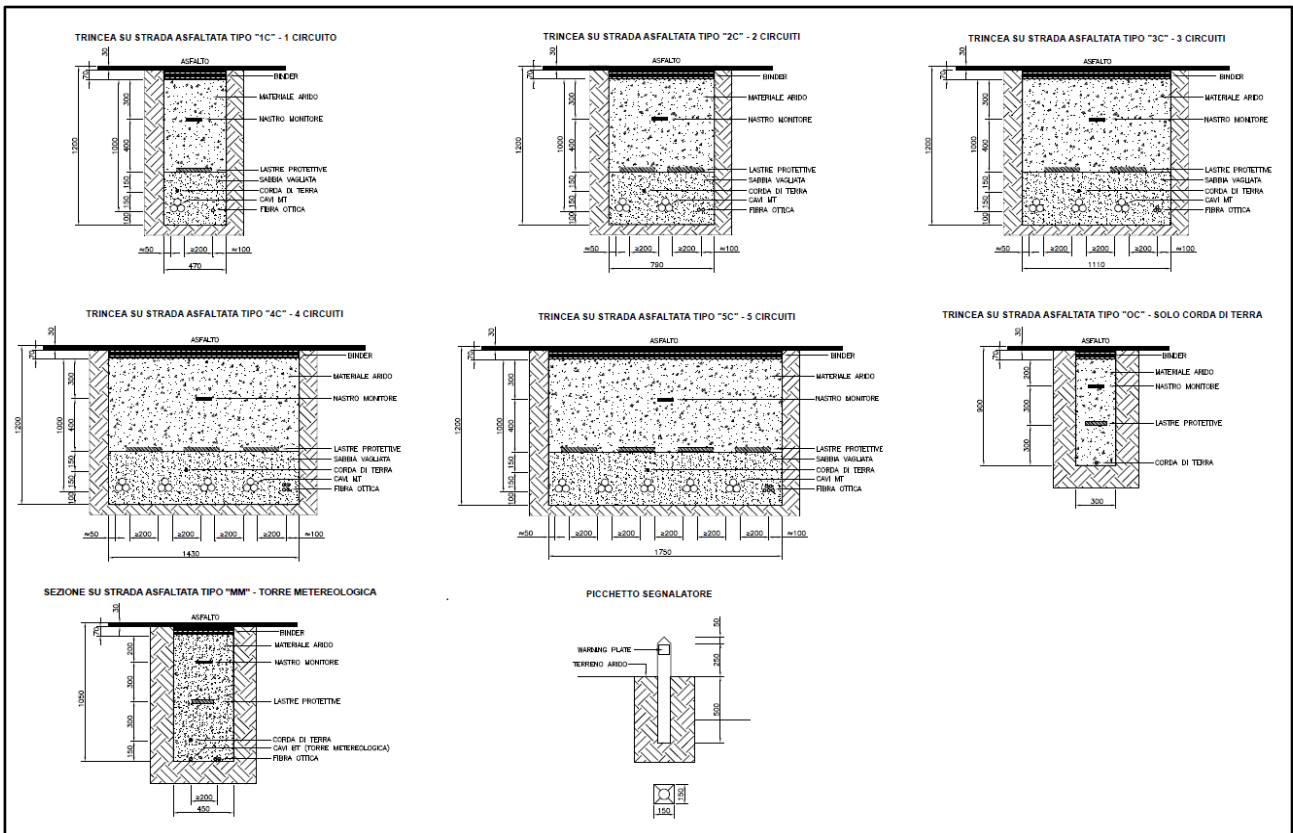


Figura 5.2.2: Sezioni tipiche trincee cavidotti MT su strada asfaltata

I cavi adoperati sono unipolari in elica visibile e i conduttori, in alluminio, sono congiunti in modo da costituire un fascio di forma circolare.

Nella zona limitrofa a quella occupata dai conduttori vi è uno strato di mescola estrusa e l'isolamento del cavo è effettuato mediante una mescola in elastomero termoplastico HPTE.

Inoltre, il cavo è schermato con un nastro di alluminio a forma di cilindro longitudinale e, nella zona ad esso adiacente, è posta una guaina protettiva in polietilene DMP.

Il cavo preso in considerazione è caratterizzato da una protezione meccanica ottenuta con materiale polimerico (Air Bag); al di sopra dei cavi, a 0,7 m dal piano di calpestio, sono installate lastre protettive, ovvero ulteriori protezioni meccaniche in grado di coprire le proiezioni dei cavi MT stessi.

Inoltre, lungo il percorso è posato a 0,3 m dal piano di calpestio un nastro monitore in polietilene, necessario alla segnalazione dei cavi al fine di evitare eventuali danneggiamenti nel caso di scavo.

I cavi sono opportunamente segnalati grazie ai picchetti segnalatori, posizionati a distanze non superiori a 50 m sui tratti rettilinei e in corrispondenza di punti di cambio direzione del percorso e dei giunti.

Considerando che le sezioni del cavo utilizzato sono di 185 mm² e 500 mm² e che l'installazione è interrata e la posa a trifoglio, le specifiche tecniche del cavo in questione sono riassunte nella tabella seguente:

Sezione [mm ²]	Resistenza apparente di fase a 90°C [Ω/Km]	Reattanza di fase a 50 Hz [Ω/Km]	Portata nominale del cavo [A]
185	0,218	0,12	351
500	0,089	0,1	650

Tabella 5.2.1: Dati tecnici cavo

In fase di progettazione esecutiva si procederà alla verifica di eventuali interferenze con sottoservizi (cavi di telecomunicazione, acquedotti, oleodotti, gasdotti, serbatoi contenenti liquidi a gas infiammabile) con i gestori degli stessi e si rispetteranno le minime distanze da rispettare in accordo con la Norma CEI 11-17.

5.3. Calcolo delle portate

La corrente di carico che attraversa il cavo può essere valutata attraverso la seguente espressione:

$$I_b = \frac{P_n}{\cos \varphi V_n \sqrt{3}} \quad (1)$$

dove:

- P_n rappresenta la massima potenza per ogni singola tratta.
- V_n rappresenta la tensione nominale dell'impianto (nel caso in questione 33 kV).

- $\cos\phi$ rappresenta il fattore di potenza (nella presente relazione assunto pari a 0,9).

Il calcolo della portata effettiva viene effettuato sulla base della norma CEI 11 – 17, della tabella CEI – UNEL 35026 e delle caratteristiche tecniche, fornite dal costruttore, del particolare cavo utilizzato.

In particolare, si fa riferimento a 4 fattori di correzione e alla portata nominale I_z del cavo:

$$I_z = k_1 k_2 k_3 k_4 k_{TUB} I_z \quad (2)$$

dove:

- k_1 rappresenta il fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20° C;
- k_2 rappresenta il fattore di correzione per profondità di posa diverse da 0,8 m;
- k_3 rappresenta il fattore di correzione per resistività termica del suolo diversa da 1,5 K m/W;
- k_4 rappresenta il fattore di correzione per gruppi di circuiti trifase installati sullo stesso piano in parallelo;
- k_{TUB} rappresenta il fattore di correzione che tiene conto dell'eventuale posa in tubazione, anziché direttamente interrata.

Nel caso del Parco Eolico Tursi Sant'Arcangelo può essere adoperato il fattore di correzione $k_1 = 1$, in quanto si può ritenere la temperatura del terreno pari a 20° C alla profondità di posa dei cavi.

Per la valutazione del fattore di correzione k_2 , tenendo conto che è stata prevista la posa direttamente interrata dei cavi ad una profondità di 1,00 m dal piano di calpestio, sulla scorta della Tabella B.12 della Norma IEC 60502-2, si considerano i valori della tabella seguente:

Profondità di posa [m]	0,8	1,00	1,25
K_2	1	0,98	0,96

Tabella 5.3.1: Fattore di correzione k_2

In corrispondenza della profondità di posa di 1,00 m si ottiene $k_2 = 0,98$.

Per quanto riguarda il fattore di correzione per resistività termica del suolo diversa da 1,5 K m/W, si ritiene $k_3 = 1$ in quanto si assume che la posa dei cavi sia in terreno asciutto con resistività termica pari a 1,5 K m/W (in fase di progettazione esecutiva sarà possibile effettuare le misure di resistività ed ottenere il corrispondente valore del parametro k_3).

Tenendo conto che per ciascuna trincea il numero di cavi in media tensione esistenti in parallelo sullo stesso piano orizzontale può essere desunto dagli elaborati grafici TSOE072_Distribuzione MT-cavidotto

su CTR (generale), TSOE073_Distribuzione MT-cavidotto su CTR (per zone), nella valutazione di k_4 si considerano i valori della tabella seguente, in accordo con la Tabella B.19 della Norma IEC 60502-2 e considerando la distanza di separazione dei circuiti adiacenti in parallelo sul piano orizzontale pari a 0,20 m.

Numero circuiti in parallelo	1	2	3	4
K_4	1	0,83	0,73	0,68

Tabella 5.3.2: Fattore di correzione k_4

Inoltre, per maggiore cautela, per ciascuna tratta si considera quale valore k_4 quello relativo al numero massimo dei circuiti in parallelo sullo stesso piano della medesima linea, in modo da ottenere un sovradimensionamento rispetto alle effettive condizioni di posa.

Infine, si ritiene il fattore di correzione $k_{TUB} = 1$, essendo la tipologia di posa del cavo direttamente interrata, trascurando, in tal modo, eventuali attraversamenti di posa in tubazione che riguardano piccoli tratti e producono effetti di piccola entità.

A scopo cautelativo, comunque, la distanza per i brevi tratti in tubatura sarà incrementata di 0,5 m, in accordo rispetto a quanto previsto dalla Norma CEI 11 – 17, Allegato B della Tabella III.

5.4. Calcolo della caduta di tensione

Per la valutazione della caduta di tensione lungo il cavo si considera la seguente formula:

$$\Delta V = I_b (R_f \cos\varphi + X_f \sin\varphi) \sqrt{3}$$

dove:

- I_b rappresenta la corrente transitante lungo il cavo;
- $\cos\varphi$ rappresenta il fattore di potenza (0,9);
- R_f rappresenta la resistenza di fase del cavo;
- X_f rappresenta la reattanza longitudinale di fase del cavo.

L'espressione considerata porta in conto la potenza attiva e reattiva lungo il cavo e i parametri longitudinale del cavo.

Tenendo presente che la tensione di esercizio del cavo è $V = 33$ kV, che R_f è pari alla resistenza unitaria R per la lunghezza L del cavo e che X_f è pari alla reattanza unitaria X per la lunghezza L , la caduta di tensione lungo la singola tratta percentuale relativa si ottiene dalla seguente espressione:

$$\Delta V_{r,\%} = \frac{\sqrt{3} L I_b (R \cos \varphi + X \sin \varphi)}{V} 100 \quad (3)$$

5.5. Calcolo della perdita di potenza

Il calcolo della perdita di potenza per effetto Joule lungo una tratta viene effettuato mediante l'espressione seguente:

$$\Delta P = 3 \frac{\rho L}{S} I_b^2$$

dove:

- ρ rappresenta la resistività elettrica del conduttore [$\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$];
- L rappresenta la lunghezza della tratta di linea considerata;
- S rappresenta la sezione del cavo del tratto di linea [mm^2];
- I_b rappresenta la corrente transitante lungo la tratta di linea.

Tenendo conto che la resistenza di fase del cavo si può esprimere come:

$$R_f = \frac{\rho L}{S}$$

si ottiene:

$$\Delta P = 3 R L I_b^2$$

con R resistenza unitaria del cavo lungo la tratta.

La perdita di potenza percentuale relativa lungo un tratto di linea è data dall'espressione:

$$\Delta P_{r,\%} = \frac{\Delta P}{\sum_{i=1}^K P_{n,i}} 100 \quad (4)$$

dove:

- $\sum_{i=1}^K P_{n,i}$ rappresenta la somma delle potenze massime relative agli aerogeneratori presenti a monte di quello terminale del tratto di linea in questione + la potenza di quello terminale;
- K rappresenta il numero di aerogeneratori presenti a monte di quello terminale del tratto di linea in questione +1.

6. TABELLA DI CALCOLO

In accordo con le norme CEI 11 – 17, tenendo conto delle espressioni (1), (2), (3) e (4) di cui ai paragrafi precedenti, sono valutate le sezioni dei singoli tratti di linea.

Inoltre, la caduta di tensione e la perdita di potenza lungo un circuito sono valutati come la somma delle cadute di tensioni e perdite di potenza relative ai singoli tratti di linea (a partire dal generatore più lontano) che lo costituiscono.

La tabella seguente mostra i risultati ottenuti sul dimensionamento in Media Tensione:

LINEA	DA	A	L [m]	SEZIONE [mm ²]	I _b [A]	I _z [A]	$\Delta V_t, \%$	$\Delta P_t, \%$
CIRCUITO A	TS-11	TS-10	1971	185	117	344	0,30	
	TS-10	SEU 150/33 kV	10840	500	233	433	1,64	
							SOMMA	SOMMA
							1,94	1,46
CIRCUITO B	TS-09	TS-08	3193	185	117	344	0,48	
	TS-08	TS-07	1262	185	233	344	0,38	
	TS-07	SEU 150/33 kV	10287	500	350	433	2,34	
							SOMMA	SOMMA
						3,20	2,27	
CIRCUITO C	TS-06	TS-04	4950	185	117	251	0,75	
	TS-05	TS-04	827	185	117	344	0,12	
	TS-04	SEU 150/33 kV	8006	500	350	433	1,82	
							SOMMA	SOMMA
						2,69	1,74	
CIRCUITO D	TS-03	TS-02	1042	185	117	234	0,16	
	TS-02	TS-01	956	500	233	433	0,14	
	TS-01	SEU 150/33 kV	1051	500	350	433	0,24	
							SOMMA	SOMMA
						0,54	0,32	
BESS	Linea BESS 1		10	500	340	529	0,0022	0,0017
	Linea BESS 2		10	500	340	529	0,0022	0,0017
							SOMMA	SOMMA
							0,0044	0,0034

Tabella 6.1: Dimensionamento dei circuiti elettrici

7. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO CAVI AT

Il collegamento elettrico tra la stazione di trasformazione 150/33 kV di Sant'Arcangelo e la stazione di condivisione di Aliano è realizzato tramite una linea interrata a 150 kV di lunghezza di circa 20000 m e composta da una terna di cavi unipolari ARE4H5E del costruttore Prysmian a 150 kV di sezione di 1000

mm², in accordo con lo standard IEC 60840, con conduttore in alluminio, isolamento in polietilene reticolato XLPE, U_0/U_n (U_{max}) 87/150 (170 kV) kV, portata nominale di 750 A, schermo isolante realizzato con semiconduttore polimerico, guaina metallica saldata longitudinalmente.

I cavi sono caratterizzati da una posa a trifoglio, sono posati a 1,60 m dal piano di calpestio e su un letto di sabbia di 0,1 m, sono ricoperti da uno strato di 0,4 m di sabbia, al di sopra del quale una lastra protettiva in cemento ne assicurerà la protezione meccanica.

A 0,7 m dal piano di calpestio un nastro monitor ha lo scopo di segnalare la presenza dei cavi al fine di evitarne eventuali danneggiamenti seguenti ad eventuali scavi da parte di terzi.

La terna di cavi in AT è distante sul piano orizzontale almeno 0,3 m dal cavo in fibra ottica, mentre nel letto di sabbia è previsto anche un cavo unipolare di protezione, così come rappresentato nel dettaglio dell'elaborato di progetto TSOE096_Sezione tipica della trincea cavidotto AT.

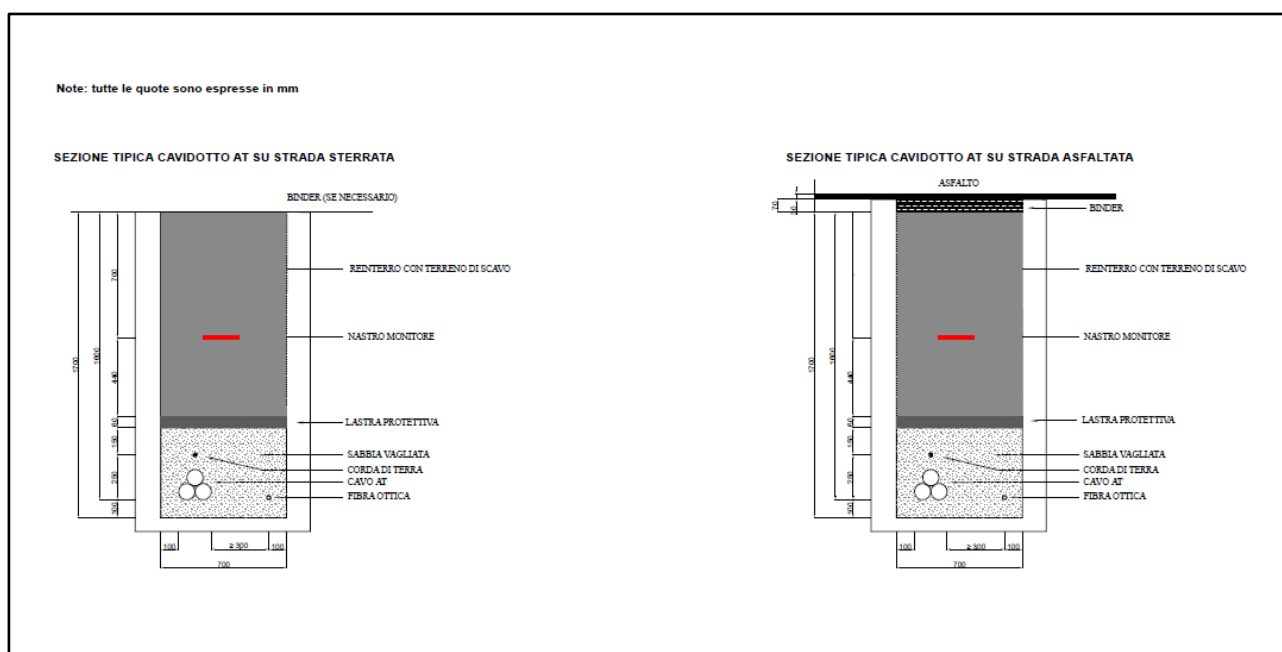


Figura 7.1: Sezione tipica del cavidotto AT di connessione tra la stazione di trasformazione 150/33 KV e la stazione di condivisione

La scelta della sezione dei cavi presi in considerazione è stata effettuata in modo che la corrente di impiego I_b risulti inferiore alla portata effettiva del cavo stesso, tenendo presente le condizioni di posa adottate e considerando la potenza totale nominale di 101 MWp del Parco Eolico Tursi Sant'Arcangelo. Il collegamento tra la stazione di condivisione e il nuovo stallo della Stazione Elettrica di Trasformazione 380/150 kV (SE) denominata "Aliano" è realizzato tramite una linea interrata a 150 kV di lunghezza di circa 6000 m e composta da una terna di cavi unipolari ARE4H5E a 150 kV di sezione di 1600 mm², in accordo con lo standard IEC 60840, con conduttore in alluminio, schermo semiconduttivo del conduttore, isolamento in polietilene reticolato XLPE, U_0/U_n (U_{max}) 87/150 (170 kV) kV, portata

nominale di 900 A, schermo semiconduttivo dell'isolamento, schermo metallica e guaina di protezione esterna in alluminio saldata longitudinalmente.

I cavi sono caratterizzati da una posa a trifoglio, sono posati a 1,60 m dal piano di calpestio e su un letto di sabbia di 0,1 m, sono ricoperti da uno strato di 0,4 m di sabbia, al di sopra del quale una lastra protettiva in cemento ne assicurerà la protezione meccanica.

A 0,7 m dal piano di calpestio un nastro monitore ha lo scopo di segnalare la presenza dei cavi al fine di evitarne eventuali danneggiamenti seguenti ad eventuali scavi da parte di terzi.

La terna di cavi in AT è distante sul piano orizzontale almeno 0,3 m dal cavo in fibra ottica, mentre nel letto di sabbia è previsto anche un cavo unipolare di protezione, così come rappresentato nel dettaglio dell'elaborato di progetto TSOE096_Sezione tipica della trincea cavidotto AT.

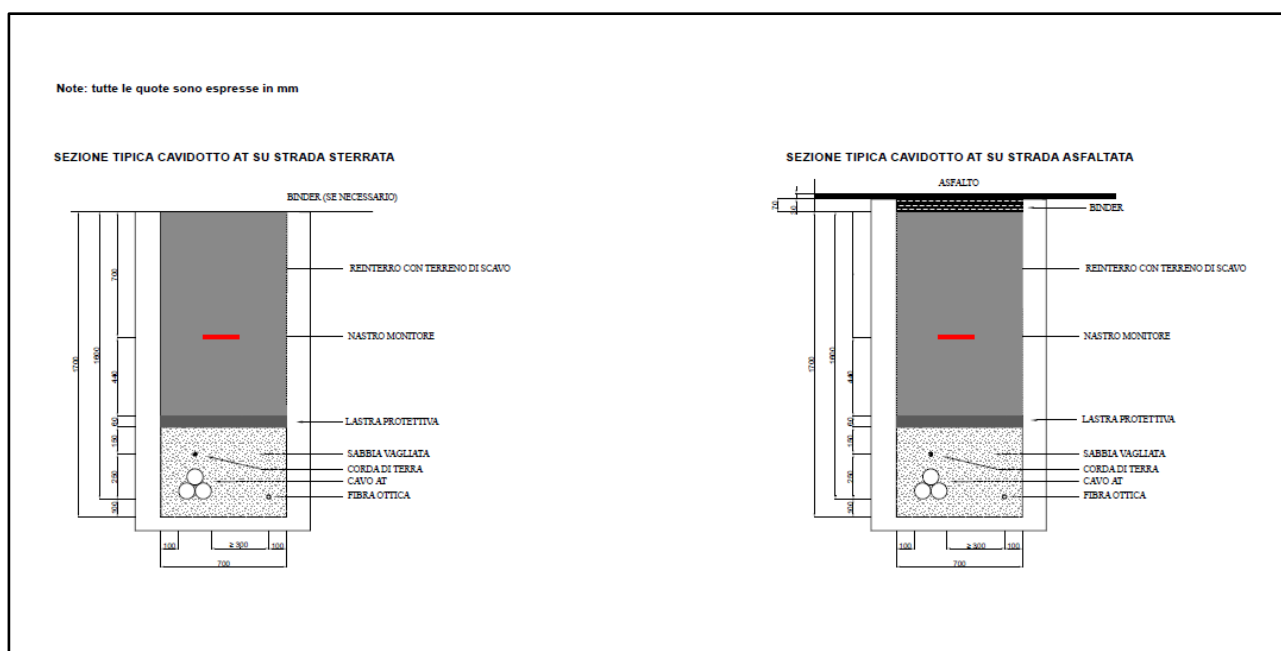


Tabella 7.2: Sezione tipica del cavidotto AT di connessione tra la stazione di condivisione e il nuovo stallo della stazione elettrica di trasformazione 380/150 kV denominata “Aliano”

La scelta della sezione dei cavi presi in considerazione è stata effettuata in modo che la corrente di impiego I_b risulti inferiore alla portata effettiva del cavo stesso, tenendo presente le condizioni di posa adottate e considerando una potenza totale nominale di 154,8 MWp dovuta ai produttori che sono collegati alla stazione di condivisione di Aliano.

La scelta dei particolari cavi AT e delle relative condizioni di posa potranno comunque subire modifiche, non sostanziali, in fase di progettazione esecutiva, a seconda delle condizioni operative riscontrate.

8. CONCLUSIONI

Come si può evincere dalla **Tabella 6.1**, la corrente di progetto lungo ogni tratta di linea di Media Tensione è inferiore a quella effettiva e le cadute di tensioni e le perdite di potenza lungo ogni linea sono inferiori rispettivamente al 4% ed al 5%.

Alla luce di tale risultato la sezione di ognuno dei cavi di collegamento MT presi in considerazione è adeguata al trasporto della potenza richiesta.

La scelta delle sezioni dei cavi di collegamento in Alta Tensione tra la stazione di trasformazione 150/33 kV di Tursi e la stazione di condivisione di Aliano e tra quest'ultima e il nuovo stallo della Stazione Elettrica 380/150 kV Terna, è adeguata in quanto le correnti di progetto risultano inferiori alle portate effettive in entrambi i casi con una minima caduta di tensione relativa percentuale.