

REGIONE MOLISE

Comune di Sant'Elia a Pianisi (CB)

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 41.4 MW sito nel comune di Sant'Elia a Pianisi (CB) e delle relative opere di connessione da realizzarsi nei comuni di Monacilioni e Ripabottoni (CB)

TITOLO

Relazione tecnica calcoli elettrici

PROGETTAZIONE	PROPONENTE	
 SR International S.r.l. C.so Vittorio Emanuele II, 282-284 - 00186 Roma Tel. 06 8079555 - Fax 06 80693106 C.F e P.IVA 13457211004 	 Sorgenia Renewables Srl Codice Fiscale e Partita Iva: 10300050969 Indirizzo PEC: sorgenia.renewables@legalmail.it Sede legale: Via Alessandro Algardi 4, 20148 Milano	

Revisione	Data	Elaborato	Verificato	Approvato	Descrizione
00	15/03/2024	F.Lauretti	Imperato	Sorgenia Renewables	Relazione tecnica calcoli elettrici

N° DOCUMENTO	SRG-SLP-RTCE	SCALA	--	FORMATO	A4
--------------	--------------	-------	----	---------	----

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO	5
3	DESCRIZIONE SINTETICA DI PROGETTO	7
4	NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	9
5	SCELTE PROGETTUALI	11
6	CAVIDOTTI INTERRATI IN MT	11
6.1	CARATTERISTICHE TECNICHE	11
6.2	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO	13
6.3	MODALITÀ DI POSA	20
7	STAZIONE UTENTE DI TRASFORMAZIONE	21
8	CAVIDOTTO INTERRATO IN AT	21
8.1	CARATTERISTICHE TECNICHE	21
8.2	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO	22
8.3	MODALITÀ DI POSA	24

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1: Inserimento dell'area di impianto e del punto di connessione su ortofoto.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2: Inquadramento del layout di Sant'Elia su cartografia IGM 1:25000</i>	<i>6</i>
<i>Figura 3: Schema circuitale di collegamento in MT del parco eolico alla SU.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4: Percorsi dei cavidotti in MT tra i gruppi di aerogeneratori.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 5: Sezione tipo del cavo in MT - 30kV – ARP1H5(AR)EX.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 6: Sezione tipo del cavo in MT - 30kV – ARP1H5(AR)E.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 7: Caratteristiche tecniche del cavo in AT a 36 kV</i>	<i>22</i>
<i>Figura 8: Sezioni tipiche di scavo e di posa per il cavo in AT a 36 kV.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 9: Distanze minime con altri cavi, tubazioni metalliche serbatoi e cisterne di carburante.....</i>	<i>25</i>

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1: Riferimento catastale e geografico della posizione degli aerogeneratori.....</i>	<i>6</i>
<i>Tabella 2: Caratteristiche tecniche dell'aerogeneratore di progetto.....</i>	<i>7</i>
<i>Tabella 3: Dimensione degli scavi in MT interni ed esterni al parco eolico.....</i>	<i>9</i>
<i>Tabella 4: Risultati del dimensionamento dei cavi relativi al gruppo 1</i>	<i>16</i>
<i>Tabella 5: Risultati del dimensionamento dei cavi relativi al gruppo 2</i>	<i>17</i>
<i>Tabella 6: Risultati del dimensionamento dei cavi relativi al gruppo 3</i>	<i>18</i>
<i>Tabella 7: Risultati del dimensionamento dei cavi relativi al gruppo 4</i>	<i>19</i>
<i>Tabella 8: Lunghezze e sezioni dei cavi MT da utilizzare nel circuito elettrico del parco.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabella 9: Lunghezze e sezioni dei cavi MT da utilizzare nel circuito elettrico del parco.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabella 10: Risultati del dimensionamento dei cavi in AT a 36 kV.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabella 11: Specifiche tecniche del cavo in AT a 36 kV</i>	<i>24</i>

1 INTRODUZIONE

Studio Rinnovabili, in qualità di consulente tecnico e tramite la società SR International S.r.l., è stata incaricata dalla società proponente **Sorgenia Renewables S.r.l.** di redigere il progetto definitivo per lo sviluppo di un impianto eolico e delle relative opere di connessione. Studio Rinnovabili, attraverso la società SR International Srl, è una azienda di consulenza che dal 2005 fornisce servizi nel campo delle energie rinnovabili, e tra questi l'analisi di dati vento, studi di produzione energetica, asseverazioni tecniche e progettazione di impianti eolici. Sorgenia Renewables è una società di sviluppo e gestione di impianti per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, facente capo a Sorgenia S.p.A.

Il progetto eolico qui descritto ha una potenza nominale complessiva di 41.4 MW ottenuta per mezzo di 9 aerogeneratori tripala da 4.6 MW, collocati nel territorio di Sant'Elia a Pianisi in Regione Molise.

Il presente documento costituisce lo studio anemologico concernente la realizzazione dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica denominato "Sant'Elia" di potenza 41.4 MW (di seguito il "Progetto" o "l'Impianto"), nel comune di Sant'Elia (CB), e le relative opere di connessione, nei Comuni di Monacilioni e Ripabottoni (CB) che intende realizzare la società Sorgenia Renewables (di seguito la "Società").

2 LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

Gli aerogeneratori che compongono il progetto eolico Sant'Elia sono interamente ubicati nel comune di Sant'Elia a Pianisi (CB), in Molise, ad un'altitudine compresa tra i 400 ed i 600 m s.l.m. L'area, di carattere collinare, è adibita prevalentemente ad uso agricolo. Sono presenti macchie boschive sparse, specie nella parte centrale dell'area di interesse.

L'area del parco eolico è situata a circa 3.5 km a nord dal centro abitato di Sant'Elia a Pianisi (CB), a circa 7.5 km a sud-est dal centro abitato di Ripabottoni (CB) e a circa 7.5 km a nord-ovest da Bonefro (CB). Occupa una superficie totale di 7.5 km². L'elettricità prodotta viene condotta per mezzo di un cavo MT interrato dall'area di parco fino ad una sottostazione di nuova realizzazione inserita sul ramo "Morrone – Larino". Nel suo percorso, tale cavo interrato passa sui territori comunali di Sant'Elia a Pianisi, Monacilioni e Ripabottoni, in provincia di Campobasso. In Figura 1 si riporta la posizione dell'area progetto su ortofoto, nonché della Stazione Utente 30/36 kV e della Stazione RTN.

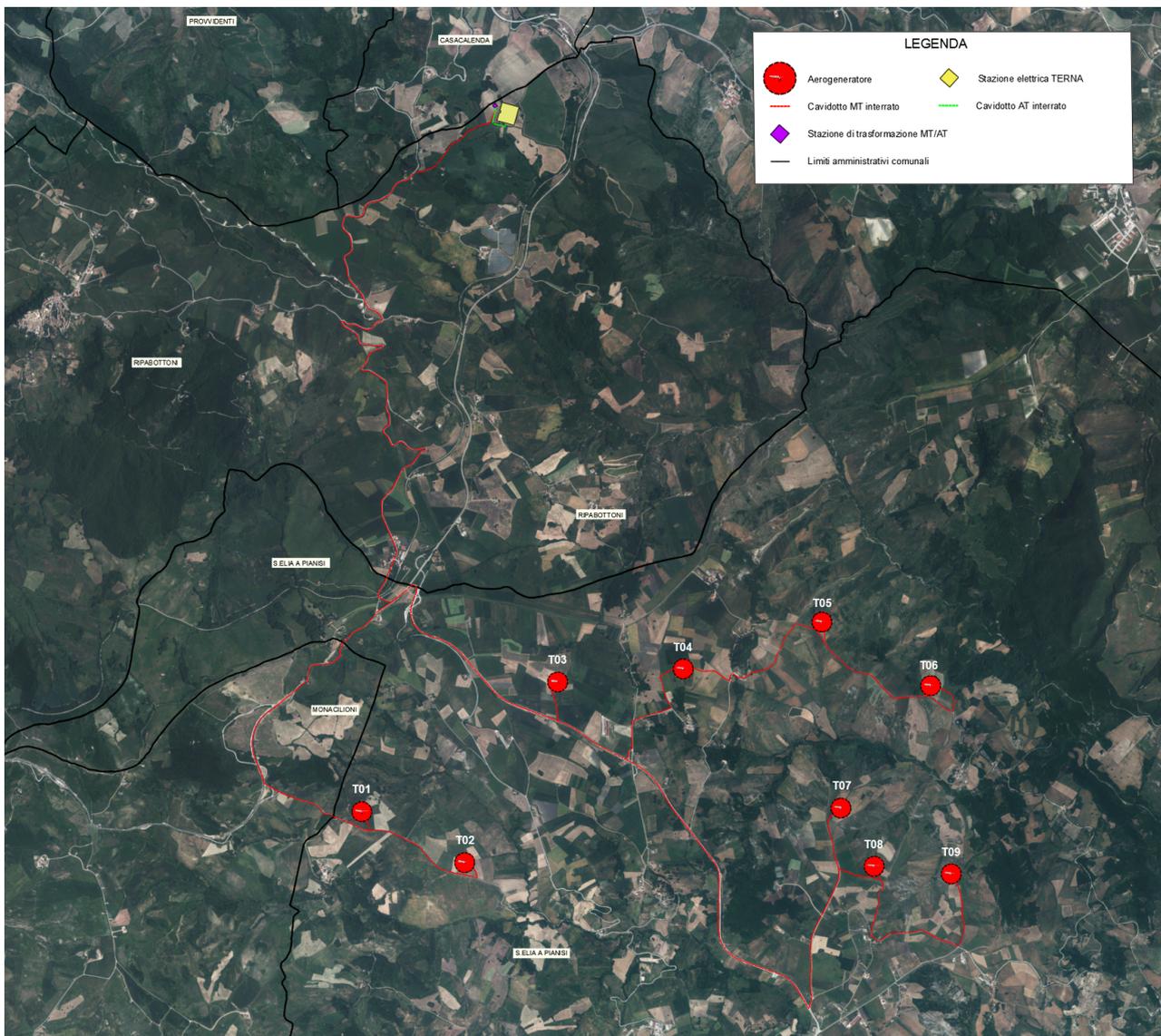


Figura 1: Inserimento dell'area di impianto e del punto di connessione su ortofoto

Si riporta, inoltre, il layout di impianto su carta IGM 1:25000 (Figura 2). Seguono gli identificativi, i dati catastali e le coordinate assolute nel sistema di riferimento UTM WGS84 F33 Nord (Tabella 1).

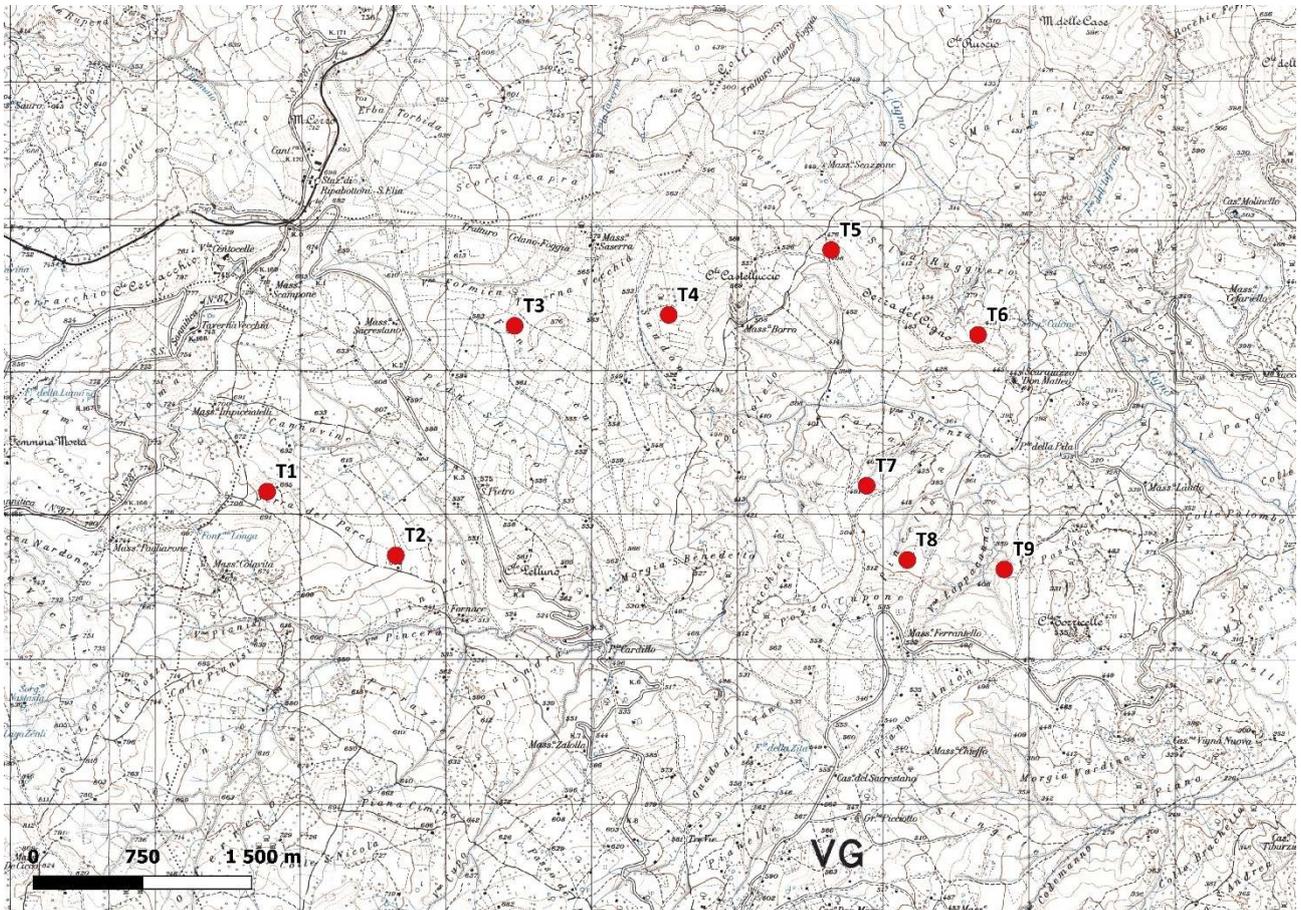


Figura 2: Inquadramento del layout di Sant'Elia su cartografia IGM 1:25000

Id	Comune	Riferimento catastale		UTM WGS84 F33 Nord	
		Foglio	Particella	Est [m]	Nord [m]
T01	Sant'Elia a Pianisi	13	14	486695	4610963
T02	Sant'Elia a Pianisi	13	33	487578	4610523
T03	Sant'Elia a Pianisi	6	92	488375	4612085
T04	Sant'Elia a Pianisi	15	320	489453	4612198
T05	Sant'Elia a Pianisi	17	56	490643	4612603
T06	Sant'Elia a Pianisi	18	98	491577	4612054
T07	Sant'Elia a Pianisi	30	76	490807	4610994
T08	Sant'Elia a Pianisi	30	169	491091	4610492
T09	Sant'Elia a Pianisi	32	24	491753	4610426

Tabella 1: Riferimento catastale e geografico della posizione degli aerogeneratori

3 DESCRIZIONE SINTETICA DI PROGETTO

Il progetto per la realizzazione dell'impianto eolico da 41.4 MW nel comune di Sant'Elia (CB) prevede di installare 9 aerogeneratori di potenza nominale pari a 4.6 MW. L'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori verrà trasmessa a mezzo di un cavidotto interrato in media tensione (MT) a 30kV, il cui tracciato corre nei Comuni di Monacilioni (CB) e Ripabottoni (CB), fino ad una cabina di trasformazione 30/36 kV nel Comune di Ripabottoni (CB). Conformemente a quanto indicato nella Soluzione tecnica minima generale di connessione - cod. pratica 202101880 - comunicata dalla società TERNA S.p.a. in data 11/11/2021, lo schema di connessione alla RTN prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV con la sezione 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 150/36 kV della RTN, da inserire in entra – esce sul costruendo elettrodotto RTN a 150 kV della RTN "Morrone - Larino", previa:

- realizzazione di un nuovo collegamento a 150 kV tra la suddetta SE e la cabina primaria di Pietracatella;
- potenziamento/rifacimento della linea RTN 150 kV "Morrone – Larino".

Pertanto la cabina di trasformazione 30/36 kV verrà collocata nel Comune di Ripabottoni (CB) in posizione limitrofa alla costruenda stazione elettrica di trasformazione (SE) 150/36 kV della RTN cui verrà collegata in antenna mediante cavidotto interrato a 36 kV.

Il modello di aerogeneratore sarà selezionato sulla base delle più innovative tecnologie disponibili sul mercato. Il tipo e la taglia esatta dell'aerogeneratore saranno comunque individuati in seguito della fase di acquisto della macchina e verranno descritti in dettaglio in fase di progettazione esecutiva. Si riportano in Tabella 2 le principali caratteristiche tecniche di un aerogeneratore con potenza nominale pari a 4,6 MW.

Potenza nominale	4,6 MW
Diametro del rotore	170 m
Lunghezza della pala	83 m
Corda massima della pala	4,5 m
Area spazzata	22.698 m
Altezza al mozzo	125 m
Classe di vento IEC	IIIA
Velocità cut-in	3 m/s
V nominale	10 m/s
V cut-out	25 m/s

Tabella 2: Caratteristiche tecniche dell'aerogeneratore di progetto

Nei pressi di ogni aerogeneratore sarà realizzata una piazzola opportunamente dimensionata, collegata alla viabilità pubblica per mezzo di strade carrabili con ampiezza di 5 m. Sono previsti inoltre adeguamenti stradali laddove le condizioni della viabilità esistente non permettano il trasporto di grandi componenti fino all'area di parco.

Di seguito in Figura 3 è riportato lo schema circuitale di collegamento tra gli aerogeneratori con la SU, con la suddivisione in gruppi. In Figura 4 sono indicati i percorsi dei collegamenti elettrici in MT tra le turbine eoliche, evidenziati per colore del rispettivo gruppo di appartenenza.

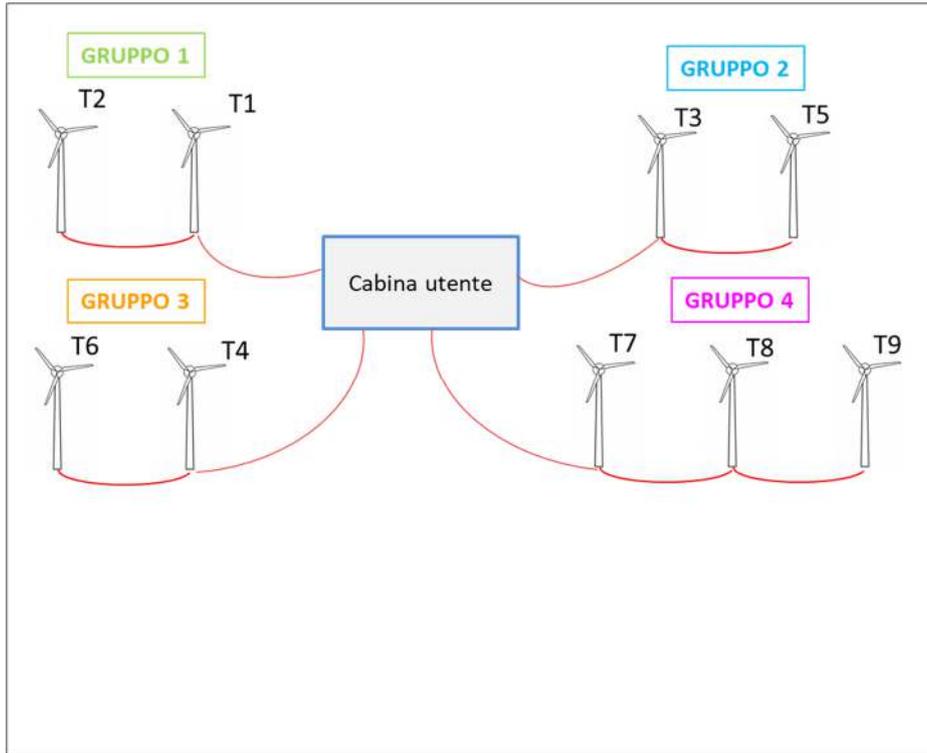


Figura 3: Schema circuitale di collegamento in MT del parco eolico alla SU

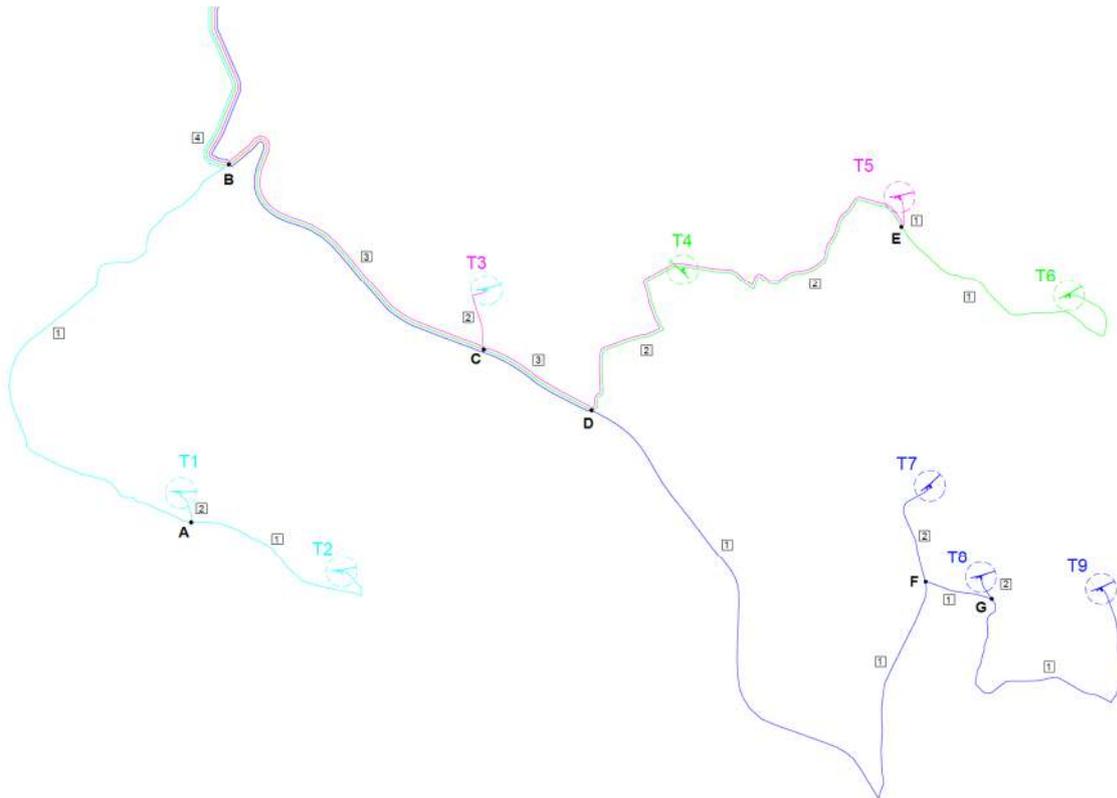


Figura 4: Percorsi dei cavidotti in MT tra i gruppi di aerogeneratori

Le lunghezze dei tratti di collegamento in MT sono riportate nella tabella 1 successiva, in cui viene anche mostrato la dimensione dello scavo ed il numero di cavi alloggiati in esso per tutte le tratte:

Collegamento	Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Profondità [m]	Volume [mc]	N° cavi per scavo
T1-A	190	0.5	1.2	114	2
A-T2	2310	0.5	1.2	1386	1
A-B	3220	0.5	1.2	1932	1
B-SU	6820	0.9	1.2	7365.6	4
B-C	2100	0.7	1.2	1764	3
C-T3	400	0.5	1.2	240	2
C-D	680	0.7	1.2	571.2	3
D-T4	1220	0.5	1.2	732	2
T4-E	1600	0.5	1.2	960	2
E-T5	180	0.5	1.2	108	1
E-T6	1700	0.5	1.2	1020	1
T7-F	630	0.5	1.2	378	2
F-G	380	0.5	1.2	228	1
T8-G	130	0.5	1.2	78	2
G-T9	2000	0.5	1.2	1200	1
F-D	4140	0.5	1.2	2484	1

TOTALE SCAVI:	27700	20560.8
----------------------	--------------	----------------

Tabella 3: Dimensione degli scavi in MT interni ed esterni al parco eolico

Il progetto oggetto di questo studio è frutto di scelte e considerazioni tecniche effettuate nel rispetto dei vincoli territoriali e del contesto insediativo circostante. L'impianto produrrà energia da fonte rinnovabile con lo scopo di aumentare la sicurezza dell'approvvigionamento di energia e di diminuire la dipendenza da fonti fossili, contribuendo al raggiungimento degli obiettivi strategici nazionali verso la transizione energetica.

4 NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- D.Lgs. 387/2003
- D.Lgs. 28/2011
- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- Norma CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria;
- Norma CEI 11-32; V1: Impianti di produzione eolica;
- 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 11-27 Lavori su impianti elettrici;
- Norma CEI EN 50110-1-2 Esercizio degli impianti elettrici;
- Norma CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;

- Norma CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
- Norma CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- Norma CEI 11-37: Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;
- Norma CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- Norma CEI EN 60721-3-3 Classificazioni delle condizioni ambientali;
- Norma CEI EN 60721-3-4 Classificazioni delle condizioni ambientali;
- Norma CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua;
- Norma CEI EN 62271-100 Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- Norma CEI EN 62271-102 Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione;
- Norma CEI 36-12 Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V;
- Norma CEI EN 60044-1 Trasformatori di corrente;
- Norma CEI EN 60044-2 Trasformatori di tensione induttivi;
- Norma CEI EN 60044-5 Trasformatori di tensione capacitivi;
- Norma CEI EN 60076-1 Trasformatori di potenza;
- Norma CEI EN 60137 Isolatori passanti per tensioni alternate superiori a 1 kV;
- Norma CEI EN 60099-4 Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata;
- Norma CEI EN 60099-5 Scaricatori – Raccomandazioni per la scelta e l'applicazione;
- Norma CEI EN 60694 Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione;
- Norma CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (Codice IP);
- Norme CEI EN 61284 Linee aeree – Prescrizioni e prove per la morsetteria;
- Norma CEI EN 61400 Sistemi di generazione a turbina eolica;
- Norma CEI-UNEL 35027: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata;
- Guida Terna - Criteri di connessione degli impianti di produzione al sistema di difesa di Terna.

5 SCELTE PROGETTUALI

In generale, la disposizione degli aerogeneratori sul territorio è stata realizzata tenendo conto sia del rendimento delle singole macchine e sia dell'orografia del sito d'installazione, dall'esistenza o meno di viabilità o abitazioni, da zone vincolate o aree non idonee e da altri fattori legati all'impatto paesaggistico dell'impianto eolico sul territorio. Allo scopo di minimizzare le mutue interazioni tra gli aerogeneratori (e garantendo allo stesso tempo una buona produttività) le macchine sono state posizionate ad una distanza minima pari tre volte il diametro della circonferenza circoscritta dalle pale dell'aerogeneratore in direzione perpendicolare al vento.

Dal punto di vista elettrico, gli aerogeneratori del parco sono stati suddivisi in n.4 gruppi, considerando la distanza tra le macchine e dunque il minor percorso delle linee in cavo da installare, evitando sprechi di materiale ed ottimizzando la scelta delle sezioni dei cavi contenendone perdite di potenza e cadute di tensione. In ciascuno dei gruppi, le macchine sono state collegate tra di loro in "entra-esce" ed infine con i quadri in MT dedicati all'interno della SU, trasmettendo l'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori attraverso un cavidotto interrato in MT a 30 kV.

In fase esecutiva i percorsi dei cavidotti di raccordo tra:

- gli aerogeneratori;
- gli aerogeneratori e la SU;
- la stazione utente con la stazione RTN (in AT);

saranno verificati e definiti in modo da:

- evitare interferenze con strutture e parti di altri impianti;
- evitare effetti di qualunque genere;
- evitare curvature inutili e percorsi tortuosi;
- assicurare una facile posa nelle condutture;
- effettuare una posa ordinata e ripristinare la condizione ante-operam.

6 CAVIDOTTI INTERRATI IN MT

6.1 CARATTERISTICHE TECNICHE

I collegamenti elettrici saranno tutti realizzati con cavi direttamente interrati tranne nei casi in cui sia necessaria una maggiore protezione meccanica, realizzata con tubazioni in PVC che saranno a loro volta rinfiancate con sabbia (o inerte prescritto). Lo scavo sarà infine riempito con materiale inerte, geomix e binder, in corrispondenza del tipo di strada attraversata. I cavi utilizzati nel seguente progetto per le connessioni elettriche, si distinguono in unipolari, tripolari a elica visibile (a campo radiale) e tripolari cinturati (a campo non radiale).

Nel seguente progetto, i cavi in MT cui si prevede l'utilizzo sono del tipo:

- ARP1H5(AR)EX (Figura 5), cordati tripolari ad elica visibile per sezioni calcolate comprese tra 185 fino a 300 mmq, direttamente interrati nello scavo con protezione meccanica in materiale polimerico (air bag);
- ARP1H5(AR)E unipolari e disposti a trifoglio (Figura 6), avente sezione nominale pari a 630 mmq e 630 mmq, del tipo air bag.



Figura 5: Sezione tipo del cavo in MT - 30kV – ARP1H5(AR)EX

MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / MEDIUM VOLTAGE - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION

ARP1H5(AR)E *P-Laser* **AIR BAG™**
CABLE SYSTEM



Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV
Single core 12/20 kV and 18/30 kV

<p>Norma di riferimento HD 620/IEC 60502-2</p> <p>Descrizione del cavo Anima Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio Semiconduttivo interno Miscela estrusa Isolante Miscela in elastomero termoplastico (qualità HPTE) Semiconduttivo esterno Miscela estrusa Rivestimento protettivo Nastro semiconduttore igroespandente Schermatura Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale (Rmax 3Ω/Km) Protezione meccanica Materiale Polimerico (Air Bag) Guaina Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)</p>	<p>Standard HD 620/IEC 60502-2</p> <p>Cable design Core Compact stranded aluminium conductor Inner semi-conducting layer Extruded compound Insulation Thermoplastic elastomer compound (type HPTE) Outer semi-conducting layer Extruded compound Protective layer Semiconductive watertight tape Screen Aluminium tape longitudinally applied (Rmax 3Ω/Km) Mechanical protection Polymeric material (Air Bag) Sheath Polyethylene: red colour (DMP 2 type)</p>
---	--

sezione nominale	diámetro conduttore	diámetro sull'isolante	diámetro esterno nominale	peso del cavo	raggio minimo di curvatura	sezione nominale	posa in aria a trifoglio	posa interrata a trifoglio p=1 °C m/W	posa interrata a trifoglio p=2 °C m/W
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	weight	minimum bending radius	conductor cross-section	open air installation trefoil	underground installation trefoil p=1 °C m/W	underground installation trefoil p=2 °C m/W
(mm²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm²)	(A)	(A)	(A)
50	8,2	24,8	38	1060	540	50	195	173	129
70	9,7	25,1	38	1110	550	70	242	212	158
95	11,4	26,0	39	1200	560	95	293	254	190
120	12,9	26,9	40	1300	580	120	339	290	217
150	14,0	27,6	41	1390	580	150	382	324	242
185	15,8	29,0	42	1540	610	185	439	368	275
240	18,2	31,4	45	1790	630	240	519	428	320
300	20,8	34,6	49	2160	690	300	599	486	363
400	23,8	37,8	53	2570	750	400	700	557	416
500	26,7	40,9	56	3020	790	500	812	636	475
630	30,5	45,5	61	3640	860	630	943	725	541

Figura 6: Sezione tipo del cavo in MT - 30kV – ARP1H5(AR)E

Questo cavo possiede un sistema di protezione, situato al di sotto della guaina esterna, che garantisce una elevata protezione meccanica, assorbendo gli urti e riducendo il rischio di deformazioni o danneggiamenti degli strati sensibili sottostanti, come l'isolante o lo schermo metallico. Questo sistema fa sì che il cavo possa essere posato direttamente nel terreno senza l'utilizzo di una protezione meccanica esterna.

Si sottolinea che in fase esecutiva, soprattutto in riferimento alla situazione di mercato al momento dell'acquisto dei componenti, potrà essere scelta una diversa tipologia di cavi elettrici. Tale sostituzione avverrà con componenti di pari prestazioni. Il percorso di connessione del parco eolico con la SU e tra quest'ultima fino alla SE è stato determinato dalla necessità di utilizzare quanto più possibile la viabilità esistente e dall'esigenza di limitare al minimo i percorsi da realizzare su strade pubbliche.

6.2 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

Per il calcolo della sezione dei cavi bisogna tener conto sia delle perdite di potenza che delle cadute di tensione sulle linee elettriche dell'impianto, per i seguenti collegamenti tra:

- gli aerogeneratori appartenenti nello stesso gruppo tra di loro;
- l'ultimo aerogeneratore di ogni gruppo con la cabina utente;
- la cabina utente con il quadro dedicato nella SE.

La sezione dei cavi di ciascun tratto di linea sarà determinata in modo da minimizzare le perdite di potenza per effetto joule ed essere adeguata ai carichi da trasportare nelle condizioni di massima produzione di tutti gli aerogeneratori. Bisogna fare in modo cioè, che il sistema eolico abbia un rendimento massimo e che la temperatura del conduttore del cavo in esame non superi mai una soglia limite, garantendo altresì il giusto valore di tensione per tutti i dispositivi dell'impianto, fino al punto di consegna dell'energia elettrica.

Si possono utilizzare due metodi di calcolo (di seguito descritti) e, una volta determinata la sezione commerciale del cavo, si effettuerà poi una verifica utilizzando l'altro metodo di calcolo:

- Metodo della massima caduta di tensione (c.d.t.) ammissibile

Il calcolo della sezione del cavo viene effettuato considerando accettabile una caduta di tensione non superiore ad un certo valore fissato, nel nostro caso pari al 4% della V_n , considerando l'intero impianto eolico dagli aerogeneratori fino alla SU. In questo caso la formula da utilizzare per il calcolo della sezione del cavo è la seguente:

$$S = \frac{k \cdot \rho \cdot l \cdot I_b}{\Delta V}$$

dove: k è una costante che tiene conto del tipo di sistema elettrico, l è la lunghezza della linea [m], I_b l'intensità della corrente d'impiego [A], ΔV la caduta di tensione e ρ è la resistività del materiale conduttore (alluminio nel nostro caso). Per il metodo della caduta di tensione, dunque, si definisce inizialmente un valore di caduta di tensione ammissibile e si calcola la sezione relativa del cavo, scegliendo quella commerciale immediatamente superiore al valore della sezione risultante dal calcolo effettuato. Sarà inoltre necessario riportare la sezione del cavo selezionato alla caduta di tensione effettiva: se è superiore a quella ammessa, infatti, occorre aumentare ulteriormente la sezione del cavo da installare.

- Metodo del bilancio termico

Ogni conduttore percorso da corrente tende a scaldarsi per effetto Joule fino a raggiungere una temperatura massima, detta temperatura di regime. Questa viene raggiunta quando la potenza che si genera per effetto Joule uguaglia quella che si dissipa nell'ambiente circostante. Per il dimensionamento dei cavi elettrici cilindrici, si può utilizzare la seguente formula:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot \rho \cdot I^2 \cdot 10^3}{\pi^2 \cdot \lambda \cdot \Delta T}} \quad [mm]$$

dove: ρ è la resistività del materiale conduttore, ΔT è la differenza di temperatura tra il conduttore e l'ambiente esterno, I è l'intensità di corrente d'impiego che circola sul cavo, λ è il coefficiente di conducibilità termica dell'ambiente. Il diametro del cavo elettrico dunque è funzione dell'intensità di corrente, della temperatura massima che non si vuole superare e del tipo di materiale utilizzato. Gli altri valori sono delle costanti che si trovano sui manuali dei cavi elettrici. Una volta effettuato questo calcolo, bisognerà approssimare per eccesso al valore più vicino dei diametri disponibili dei cavi in commercio. Per quanto riguarda il metodo della portata è necessario conoscere la corrente effettivamente circolante sulla linea e metterla in relazione, attraverso le tabelle di riferimento, con la tipologia di cavo da utilizzare.

La portata dei cavi in regime permanente sarà determinata utilizzando la seguente formula:

$$I_z = I_0 \times K1 \times K2 \times K3$$

Dove con I_0 si indica la portata dei conduttori isolati in gomma E4, unipolari direttamente interrati, calcolata in base alla norma IEC 60287 per le seguenti condizioni:

- Temperatura del terreno: 20 [°C];
- Posa del cavo ad [1] m di profondità;
- Resistività termica del terreno: 1 [KmW];
- Schermi metallici collegati fra loro e messi a terra ad entrambe le estremità;

si indica con:

- K1 = coefficiente che tiene conto della temperatura ambiente per la posa del cavo (in terra o su canalette metalliche);
- K2 = coefficiente che tiene conto della profondità di posa;
- K3 = coefficiente che tiene conto delle condizioni di posa (più cavi o tubi affiancati).

I coefficienti relativi a K1, K2 e K3 possono essere ricavati dal catalogo del costruttore dei cavi elettrici, tratti dalla tabella CEI UNEL 35027.

Infine, per la scelta delle caratteristiche delle apparecchiature elettriche e dei cavi, bisogna anche determinare (sulla rete precedentemente modellata con i cavi che rispettano tutti i vincoli imposti) il valore della corrente di corto circuito, seguendo le indicazioni contenute nella norma IEC 60909 (equivalente alla norma CEI 11-25), verificando se tutti i cavi precedentemente scelti, sono in grado di sostenere la corrente presunta di corto circuito per un secondo. Se si verifica che una data linea non è in grado di sostenere il corto circuito, si maggiora la sezione e si procede di nuovo alla verifica, il tutto fino a quando i risultati sono coerenti.

In funzione del numero di turbine collegate a monte del tratto è stato calcolato il valore di corrente massima transitante sul cavo di connessione.

Il criterio utilizzato per determinare la sezione dei conduttori in MT è quello della massima caduta di tensione ammissibile. Dopo aver scelto la sezione commerciale del cavo, è stata effettuata la verifica con il criterio termico, con la condizione che la massima densità di corrente (e quindi la massima sovratemperatura rispetto all' ambiente circostante) non superasse determinati valori di sicurezza. In base ai valori limiti delle portate di corrente (I_z) stabiliti dai costruttori dei cavi nelle varie condizioni di posa, quest' ultimi devono essere superiori alle correnti di impiego (I_b) calcolate in ogni tratto che compone il circuito elettrico:

$$I_b < I_z$$

Nel calcolo delle sezioni dei cavi si è tenuto conto anche del criterio economico, al fine di minimizzare il volume dei conduttori e quindi delle diverse sezioni delle linee.

Il valore della c.d.t.% massima fissata a partire dalla cabina utente fino all'aerogeneratore più lontano di ogni gruppo è pari all' 1% della tensione di esercizio del sistema. Mentre relativo invece al tratto tra la CR e la SU, è stato assunto massimo pari al 4,5% della tensione nominale del sistema.

La formula che permette il calcolo della caduta di tensione percentuale dei collegamenti è la seguente:

$$cdt\% = \frac{\sqrt{3} \cdot I_b \cdot L \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)}{V_n} \cdot 100$$

con:

- V_n , la tensione di esercizio [V];
- R , la resistenza [Ω];
- X , la reattanza induttiva per unità di lunghezza;
- L , la lunghezza del collegamento;
- I_b , la corrente del cavo;
- $\cos \phi$, il fattore di potenza.

Il dimensionamento dei cavi sarà eseguito affinché essi siano percorsi da una corrente tale da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti, sottoposti agli effetti termici dovuti al passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati ed in condizioni ordinarie di esercizio. Inoltre, la sezione scelta del conduttore deve essere tale da garantire che in ogni punto del sistema non venga superata la massima caduta di tensione consentita ed assicurare così una perdita di potenza contenuta.

Di seguito i calcoli del dimensionamento dei cavi elettrici in MT a 30 kV del circuito eolico, riportati in forma tabellare:

- GRUPPO 1

DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DEI CAVI - GRUPPO 1		
Collegamento	Tra la Turbina T2 e la Turbina T1	Tra la Turbina T1 e la SU
Lunghezza cavo (m)	2520	10250
Intensità di corrente (A)	98.4	196.7
Conduttori per fase	1	1
Temp. Terreno (°C)	25	25
Coefficiente di correz.	0.96	0.96
Resistività termica 1,0 [Km/W]	1	1
Cavi unipolari-posa trifoglio	3	3
Profondità di posa (m)	1.2	1.2
Coefficiente di correz.	0.98	0.98
N. cavi per scavo	2	4
Coeffic. per n° di strati	0.84	0.67
Coefficiente totale	0.79	0.63
Sezione (mm ²)	185	630
Portata ammissibile (A)	304	457
$\Delta V\%$ per ogni tratto	0.35	1.27
$\Delta V\%$ accumulata	0.35	1.62
ΔP per ogni tratto (kW)	15.95	88.0

Tabella 4: Risultati del dimensionamento dei cavi relativi al gruppo 1

- GRUPPO 2

DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DEI CAVI - GRUPPO 2		
Collegamento	Tra la Turbina T5 e la Turbina T3	Tra la Turbina T3 e la SU
Lunghezza cavo (m)	4100	9340
Intensità di corrente (A)	98.4	196.7
Conduttori per fase	1	1
Temp. Terreno (°C)	25	25
Coefficiente di correz.	0.96	0.96
Resistività termica 1,0 [Km/W]	1	1
Cavi unipolari-posa trifoglio	3	3
Profondità di posa (m)	1.2	1.2
Coefficiente di correz.	0.98	0.98
N. cavi per scavo	3	4
Coeffic. per n° di strati	0.74	0.67
Coefficiente totale	0.70	0.63
Sezione (mm ²)	185	630
Portata ammissibile (A)	268	457
$\Delta V\%$ per ogni tratto	0.58	1.16
$\Delta V\%$ accumulata	0.58	1.73
ΔP per ogni tratto (kW)	25.95	80.1

Tabella 5: Risultati del dimensionamento dei cavi relativi al gruppo 2

- GRUPPO 3

DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DEI CAVI - GRUPPO 3		
Collegamento	Tra la Turbina T6 e la Turbina T4	Tra la Turbina T4 e la SU
Lunghezza cavo (m)	3320	10840
Intensità di corrente (A)	98.4	196.7
Conduttori per fase	1	1
Temp. Terreno (°C)	25	25
Coefficiente di correz.	0.96	0.96
Resistività termica 1,0 [Km/W]	1	1
Cavi unipolari-posa trifoglio	3	3
Profondità di posa (m)	1.2	1.2
Coefficiente di correz.	0.98	0.98
N. cavi per scavo	2	4
Coeffic. per n° di strati	0.84	0.67
Coefficiente totale	0.79	0.63
Sezione (mm ²)	185	630
Portata ammissibile (A)	304	457
$\Delta V\%$ per ogni tratto	0.47	1.34
$\Delta V\%$ accumulata	0.47	1.81
ΔP per ogni tratto (kW)	21.01	93.0

Tabella 6: Risultati del dimensionamento dei cavi relativi al gruppo 3

- GRUPPO 4

DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DEI CAVI - GRUPPO 4

Collegamento	Tra la Turbina T9 e la Turbina T8	Tra la Turbina T8 e la Turbina T7	Tra la Turbina T7 e la SU
Lunghezza cavo (m)	2150	1160	14390
Intensità di corrente (A)	98.4	196.7	295
Conduttori per fase	1	1	1
Temp. Terreno (°C)	25	25	25
Coefficiente di correz.	0.96	0.96	0.96
Resistività termica 1,0 [Km/W]	1	1	1
Cavi unipolari-posa trifoglio	3	3	3
Profondità di posa (m)	1.2	1.2	1.20
Coefficiente di correz.	0.98	0.98	0.98
N. cavi per scavo	2	2	4
Coeffic. per n° di strati	0.84	0.84	0.67
Coefficiente totale	0.79	0.79	0.63
Sezione (mm ²)	240	300	630
Portata ammissibile (A)	353	400	457
$\Delta V\%$ per ogni tratto	0.24	0.22	2.67
$\Delta V\%$ accumulata	0.24	0.47	3.14
ΔP per ogni tratto (kW)	10.48	18.3	277.82

Tabella 7: Risultati del dimensionamento dei cavi relativi al gruppo 4

Come si evince dalle tabelle precedenti, la perdita di potenza complessiva sui cavi in MT è pari a circa 1,2 MW che equivale al 3,1% della potenza nominale dell'impianto.

Nella tabella riassuntiva seguente sono rappresentate le varie sezioni dei cavi scelti nel progetto con le rispettive lunghezze di connessione.

Collegamento	Tipologia di cavo MT - 30 kV	Lunghezza cavi [m]
Turbina T2 - Turbina T1	3x185	2520
Turbina T5 - Turbina T3	3x185	4100
Turbina T6 - Turbina T4	3x185	3320
Turbina T9 - Turbina T8	3x240	2150
Turbina T8- Turbina T7	3x300	1160
Turbina T1 - SU	3x(1x630)	10250
Turbina T3 - SU	3x(1x630)	9340
Turbina T4 - SU	3x(1x630)	10840
Turbina T7 - SU	3x(1x630)	14390

Tabella 8: Lunghezze e sezioni dei cavi MT da utilizzare nel circuito elettrico del parco

Di seguito una tabella riepilogativa delle lunghezze dei cavi in MT in funzione della tipologia del cavo scelto.

CAVO CORDATO AD ELICA VISIBILE - ARP1H5(AR)EX	
Sezione cavo [mmq]	Lunghezza cavo [m]
3x185	9940
3x240	2150
3x300	1160

CAVO UNIPOLARE - ARP1H5(AR)E	
Sezione cavo [mmq]	Lunghezza terna di cavi [m]
3x(1x630)	44820

Tabella 9: Lunghezze e sezioni dei cavi MT da utilizzare nel circuito elettrico del parco.

6.3 MODALITÀ DI POSA

Tutti i cavi saranno interrati alla profondità di circa 1,20 m dal piano di campagna, all'interno di uno strato di materiale sabbioso (su cui eventualmente potranno essere posati i tegoli o le lastre copricavo), con disposizione delle fasi a trifoglio. Nello stesso scavo della trincea, a distanza minima di 20 cm dai cavi di energia, si prevede la posa di un cavo a fibre ottiche per trasmissione dati. La terne saranno alloggiare nel terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento 'mortar'.

Tutto il percorso dei cavi sarà opportunamente segnalato con nastro monitor per segnalarne la presenza negli eventuali scavi e con l'infissione periodica (ogni 50 metri circa) di cartelli metallici, esternamente lungo il percorso del cavidotto, indicanti l'esistenza dei cavi in MT. Tali cartelli potranno essere eventualmente sostituiti da mattoni collocati a filo superiore dello scavo e riportanti le indicazioni relative ai cavi sottostanti (profondità di posa, tensione di esercizio).

La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto. La posa dei conduttori si articolerà essenzialmente nelle seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità come indicata nel documento di progetto allegato;
- posa dei conduttori, fibre ottiche e rete di terra. Ciascuno scavo dovrà contenere una corda di rame nuda collegata a ciascun anello di torre presente nella centrale eolica e cavi in fibra ottica, opportunamente posizionati e distanziati dai cavi di potenza. Particolare attenzione dovrà essere fatta per l'interramento della corda di rame che costituisce il dispersore di terra dell'impianto, infatti questa dovrà essere interrata in uno strato di terreno vegetale di spessore non inferiore a 20 cm nelle posizioni indicate dal documento di progetto;
- reinterro parziale con sabbia vagliata;
- reinterro con terreno di scavo;
- inserimento nastro per segnalazione tracciato.

Le larghezze minime delle sezioni di scavo riferite al seguente progetto avranno le dimensioni riportate nel seguito:

- 50 cm nel caso di posa di n.1 e n.2 terne;
- 70 cm nel caso di posa di n.3 terne.
- 90 cm nel caso di posa di n.4 terne;

Qualora si volessero disporre i cavi su più strati sarà necessario realizzare uno scavo di profondità minima pari a 1,50 m, riducendone la larghezza a parità di cavi disposti orizzontalmente. Le ulteriori prescrizioni per le opere di tipo civile sono riportate nel capitolato delle opere civili; comunque la posa dovrà essere eseguita a regola d'arte nel rispetto delle normative vigenti.

7 STAZIONE UTENTE DI TRASFORMAZIONE

Verrà realizzata una nuova stazione utente di trasformazione MT/AT 30/36 kV, dalle dimensioni di circa 30x30 mq, su un terreno adiacente alla nuova Stazione di trasformazione della RTN, alla quale saranno collegati i cavi in MT provenienti dal parco eolico e che sarà connessa a 36 kV alla nuova SE RTN. La connessione tra i quadri elettrici in MT a 30 kV con i morsetti del trasformatore di potenza, ubicato all'interno dell'area della SU, avverrà mediante n.4 cavi interrati aventi una sezione di 630 mmq, del tipo ARP1H5(AR)E mentre, il collegamento tra il trasformatore MT/AT e la stazione della RTN sarà realizzato tramite cavidotto interrato in AT a 36 kV, mediante n.2 cavi aventi una sezione nominale di 500 mmq, descritti nel paragrafo successivo.

8 CAVIDOTTO INTERRATO IN AT

La connessione con la SE di Terna avverrà mediante cavidotto interrato alla tensione nominale di 36 kV.

8.1 CARATTERISTICHE TECNICHE

Il cavo che si prevede di utilizzare per la connessione della stazione utente di trasformazione allo stallo nella SE è del tipo ARE4H5EE (o similari) unipolare, conforme alle specifiche IEC e CENELEC, i cui due cavi aventi ciascuno una sezione di 500 mmq, verranno posati in orizzontale nello scavo, direttamente senza protezione meccanica aggiuntiva ed opportunamente distanziati tra di loro. Ciascun cavo d'energia sarà formato da:

- un conduttore in alluminio compatto di sezione indicativa calcolata pari a 500 mmq, classe 2 acc. secondo IEC 60228;
- schermo semiconduttivo estruso sul conduttore;
- isolamento in polietilene reticolato (XLPE);
- schermo semiconduttivo sull'isolamento;
- nastri in materiale igroespandente;
- schermo metallico in alluminio;
- foglio metallico in alluminio o rame;
- doppia guaina in polietilene con grafitatura esterna (PE).

Dal punto di vista costruttivo tale conduttore in alluminio è generalmente tamponato per evitare la accidentale propagazione longitudinale dell'acqua. Sopra il conduttore viene applicato prima uno strato semiconduttivo estruso, poi l'isolamento XLPE e successivamente un nuovo semiconduttivo estruso; su quest'ultimo viene avvolto un nastro semiconduttivo igroespandente, anche in questo caso per evitare la propagazione longitudinale dell'acqua. Gli schermi metallici intorno ai conduttori di fase dei cavi con

isolamento estruso hanno la funzione principale di fornire una via di circolazione a bassa impedenza alle correnti di guasto in caso di cedimento di isolamento. Pertanto essi saranno dimensionati in modo da sostenere le massime correnti di corto circuito che si possono presentare. Sopra lo schermo di alluminio viene applicata la guaina aderente di polietilene nera e grafitata avente funzione di protezione anticorrosiva ed infine la protezione esterna meccanica. Tali dati potranno subire adattamenti comunque non essenziali dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori e/o appaltatori.

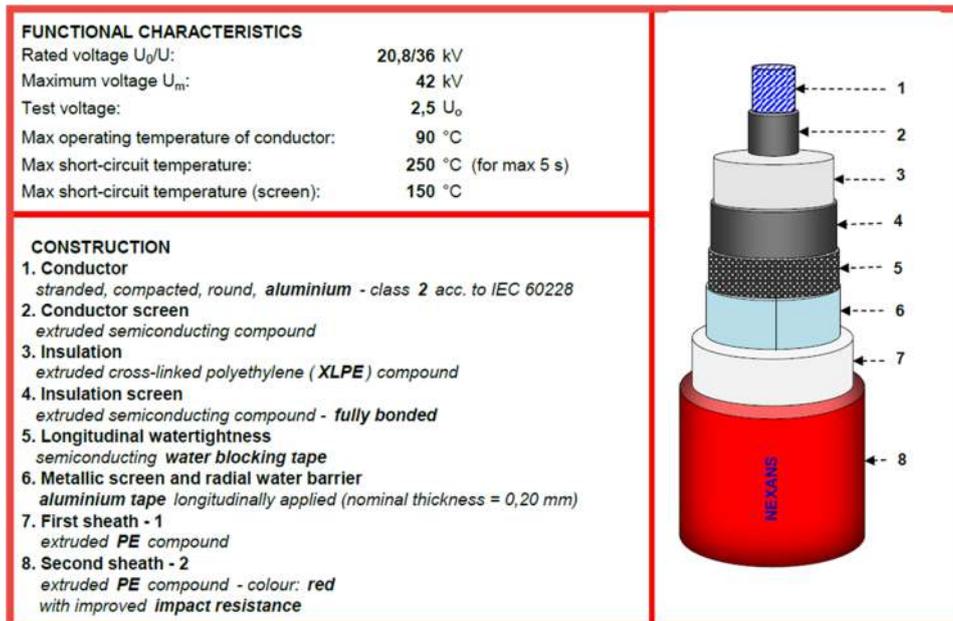


Figura 7: Caratteristiche tecniche del cavo in AT a 36 kV

8.2 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

Per il dimensionamento del cavo elettrico, è stata considerata la seguente formula che indica la corrente che percorre il cavo:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi}$$

dove:

- P, è la potenza nominale dell'impianto eolico, pari a 41.4 MW;
- V, è il valore della tensione del circuito, pari a 36 kV;
- $\cos\phi$, assunto pari a 0,9.

sostituendo nella formula i parametri relativi al sistema elettrico, si ottiene un valore di corrente d'impiego pari a circa 737.7 A

Assumendo inoltre che:

- i cavi interrati ad una profondità minima di 1,6 m dalla superficie del terreno;
- un valore di resistenza termica del terreno pari ad 1 km/W;
- la temperatura di 25 °C;
- posa delle terne a trifoglio, protetti o meno con tubo e distanziati di 25 cm;

si possono scegliere n.2 terne di cavi unipolari, aventi ciascuna una sezione minima di 500 mmq, come riportato in dettaglio nella seguente tabella riepilogativa, considerando una lunghezza di collegamento di circa 300 m:

DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DEL CAVO A 36 Kv	
Collegamento	Tra la SU e la SE Terna
Lunghezza cavo (m)	300
Intensità di corrente (A)	737.7
Conduttori per fase	2
Corrente per fase	368.9
Temp. Terreno (°C)	25
Coefficiente di correz.	0.96
Resistività termica 1,0 [Km/W]	1
Cavi unipolari-posa trifoglio	3
Profondità di posa (m)	1.6
Coefficiente di correz.	0.98
N. cavi per scavo	2
Coeffic. per n° di strati	0.86
Coefficiente totale	0.81
Sezione (mm ²)	500
Portata ammissibile (A)	441
$\Delta V\%$ sul tratto	0.1
ΔP sul tratto (kW)	19.3

Tabella 10: Risultati del dimensionamento dei cavi in AT a 36 kV

Si riportano di seguito le specifiche elettriche e tecniche del cavo scelto in AT:

ARE4HSEE 20,8/36kV 1x... SK2															
Type n° x mm ²	Conductor diameter nominal mm	Insulation thickness min. mm	Insulation diameter nominal mm	Sheaths thickness nominal mm	Cable diameter approx mm	Cable weight indicative kg/km	Electrical resistance of conductor		X at 50 Hz Ω/km	C μF/km	Current capacity		Short circuit current		
							at 20 °C d.c. max Ω/km	at 90 °C a.c. Ω/km			In ground at 20 °C A	In free air at 30 °C A	conductor Tmax 250°C kA x 1,0 s	screen Tmax 150°C kA x 0,5 s	
1x95	11,5	8,1	29,5	2,0+2,0	42,5	1.400	0,320	0,411	0,138	0,168	223	290	9,0	2,1	
1x120	13,1	7,9	30,7	2,0+2,0	43,8	1.520	0,253	0,325	0,132	0,185	253	334	11,3	2,2	
1x150	14,3	7,6	31,3	2,0+2,0	44,4	1.600	0,206	0,265	0,127	0,201	282	377	14,2	2,2	
1x185	16,0	7,4	32,6	2,0+2,0	45,8	1.740	0,1640	0,211	0,122	0,221	320	432	17,5	2,3	
1x240	18,5	7,1	34,5	2,0+2,0	47,8	1.960	0,1250	0,161	0,116	0,252	370	510	22,7	2,3	
1x300	20,7	6,8	36,1	2,0+2,0	49,5	2.160	0,1000	0,129	0,111	0,283	417	584	28,3	2,4	
1x400	23,5	6,9	39,1	2,0+2,0	52,6	2.510	0,0778	0,101	0,107	0,308	478	681	37,8	2,6	
1x500	26,5	7,0	42,6	2,0+2,0	56,3	2.960	0,0605	0,079	0,104	0,337	545	792	47,2	2,9	
1x630	30,0	7,1	46,3	2,0+2,0	60,2	3.510	0,0469	0,063	0,100	0,367	620	920	59,5	3,0	
1x800	34,2	7,2	50,7	2,0+2,0	64,8	4.220	0,0367	0,050	0,096	0,402	700	1061	75,6	3,3	

Tabella 11: Specifiche tecniche del cavo in AT a 36 kV

8.3 MODALITÀ DI POSA

Il cavo sarà interrato ed installato normalmente in una trincea della profondità minima di 1,6 m, con disposizione delle fasi in orizzontale sullo stesso piano e distanziate tra di loro di due diametri di lunghezza. Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,3 m dai cavi di energia, sarà posato un cavo con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati. Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento 'mortar'. I cavi saranno protetti e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, ed ove necessario anche da una lastra di protezione in cemento armato dello spessore di 6 cm. La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto. Altre soluzioni particolari, quali l'alloggiamento dei cavi in cunicoli prefabbricati o gettati in opera od in tubazioni di PVC della serie pesante o di ferro, potranno essere adottate per attraversamenti specifici.

Qualora ci siano degli attraversamenti delle opere interferenti, saranno eseguiti in accordo a quanto previsto dalla Norma CEI 11-17. Tra le possibili modalità di collegamento degli schermi metallici essi verranno messi francamente a terra.

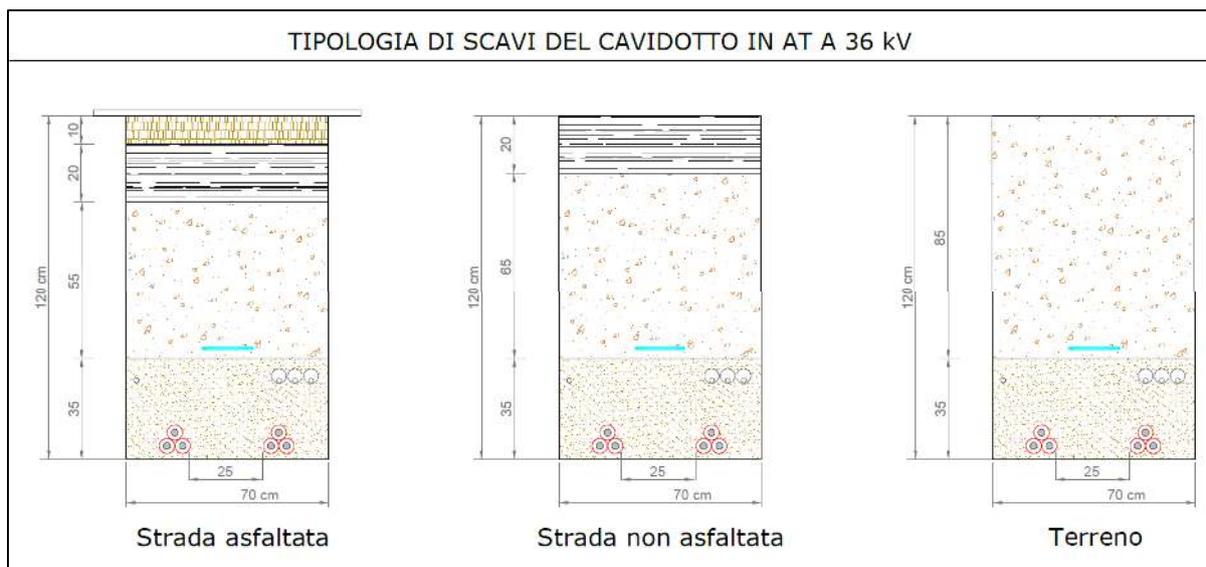


Figura 8: Sezioni tipiche di scavo e di posa per il cavo in AT a 36 kV

Nel caso in cui il cavidotto venga posato in vicinanza di altri cavi, tubazioni metalliche serbatoi e cisterne di carburante, deve rispondere a prescrizioni particolari ed essere installato rispettando distanze minime contenute nella Norma CEI 11-17. Di seguito sono riassunte le principali distanze minime tra cavi di energia con altri cavi o tubazioni, negli incroci e nei parallelismi:

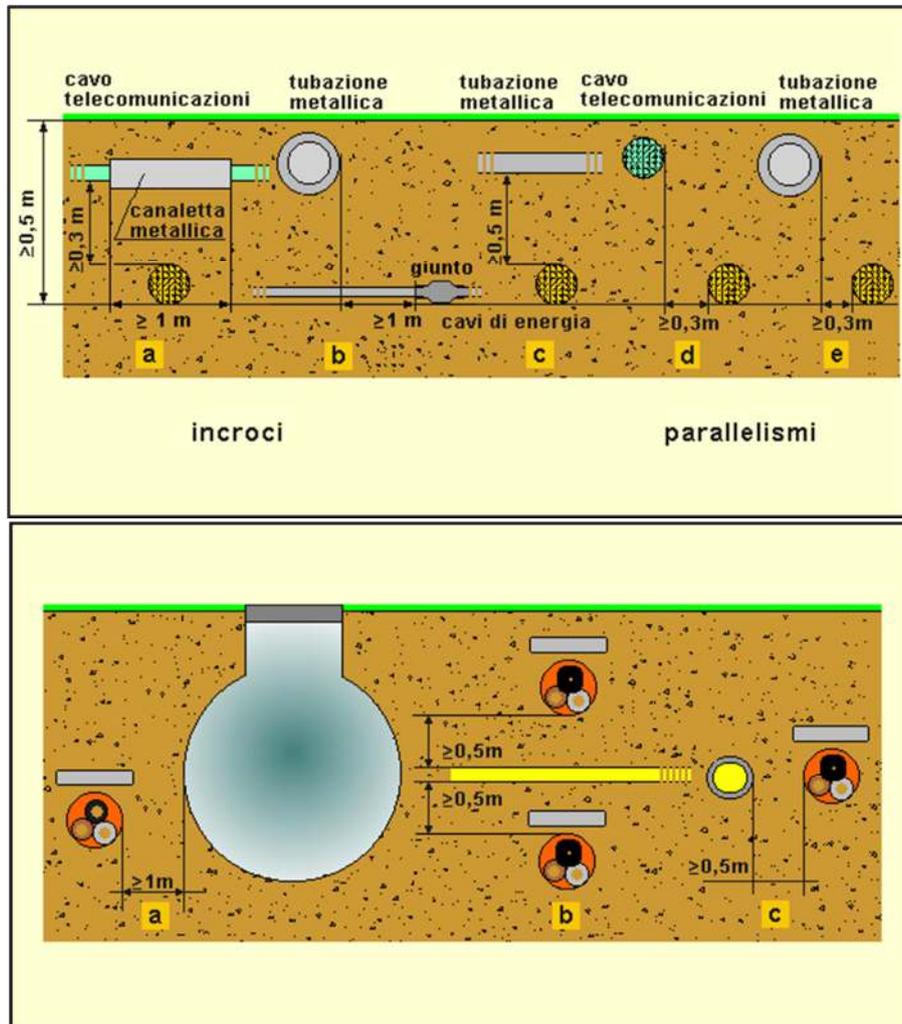


Figura 9: Distanze minime con altri cavi, tubazioni metalliche serbatoi e cisterne di carburante

Le distanze di sicurezza con i cavi di energia che sono posati in tubo o condotto in presenza di tubazioni per il trasferimento di fluidi infiammabili sono fissate dal DM 24/11/1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8" e dovranno di volta in volta essere concordate con gli enti distributori del gas.