

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



Progetto Definitivo

Parco Eolico Abruzzo

Titolo elaborato:

Relazione tecnica descrittiva delle opere elettriche

EP	TL	GD	EMISSIONE	07/12/23	0	0
REDATTO	CONTR.	APPROV.	DESCRIZIONE REVISIONE DOCUMENTO	DATA	REV	

PROPONENTE



SVILUPPO PRIME SRL

Via A. De Gasperi n. 8
74023 Grottaglie (TA)

CONSULENZA



GECODOR SRL

Via A. De Gasperi n. 8
74023 Grottaglie (TA)

PROGETTISTA

Ing. Gaetano D'Oronzio

Codice
ABOE057

Formato A4

Scala

Foglio 1 di 40

Sommarario

1. PREMESSA	4
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO	6
4. AEROGENERATORE DI PROGETTO	10
4.1 Descrizione generale dell'aerogeneratore.....	10
4.2 Quadri elettrici in Media Tensione a 33 kV degli aerogeneratori.....	13
5. SISTEMA DI DISTRIBUZIONE A 33 KV	16
5.1. Suddivisione degli aerogeneratori in circuiti.....	16
5.2. Linee a 33 kV	22
5.3. Posa e dati tecnici del cavo di collegamento utilizzato, fibra ottica e sistema di terra	23
5.4. Coesistenza tra i cavi elettrici di energia interrati e collegamenti interrati di altra natura.....	27
5.4.1. Coesistenza tra cavi di energia interrati e cavi di telecomunicazioni.....	28
5.4.2. Coesistenza tra cavi di energia interrati e tubazioni metalliche	28
5.4.3. Incroci di cavi.....	29
5.5. Dimensionamento delle linee elettriche a 33 kV	29
6. SOTTOSTAZIONE ELETTRICA UTENTE	30
6.1 Descrizione Stazione Elettrica Utente	32
6.2 Sistemi di misura	33
6.3 Sistema di automazione	33
6.4 Sistema di protezione	34
6.5 Servizi ausiliari.....	34
6.6 Rete di terra	34
6.7 Edificio di comando e controllo	35
6.8 Opere civili	36
7. ANALISI DEL RISCHIO ELETTROCUZIONE	37

8. COLLEGAMENTO ELETTRICO A 36 KV	38
9. STAZIONE ELETTRICA DELLA RTN TERNA 380/150/36 KV DI FRESAGRAN DINARIA	40

1. PREMESSA

La **Sviluppo Prime s.r.l.** è una società costituita per realizzare un impianto eolico in Abruzzo, denominato “**Parco Eolico Abruzzo**”, nel territorio dei Comuni di Cupello, Fresagrandinaria, Palmoli, Tuffillo e Furci (Provincia di Chieti), di potenza totale pari a 66 MW e con punto di connessione in corrispondenza della Stazione Elettrica (SE) RTN Terna 380/150/36 kV di futura realizzazione nel Comune di Fresagrandinaria.

A tale scopo, la GE.CO.D'OR s.r.l., società italiana impegnata nello sviluppo di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili con particolare focus nel settore dell'eolico e proprietaria della suddetta Sviluppo Prime s.r.l., si è occupata della progettazione definitiva per la richiesta di Autorizzazione Unica (AU) alla costruzione e l'esercizio del suddetto impianto eolico e della relativa Valutazione d'Impatto Ambientale (VIA).



Figura 1.1: Localizzazione Parco Eolico Abruzzo

Nella presente trattazione sono descritte le opere elettriche inerenti al parco eolico in questione.

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

- ✓ 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 33 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 nominale totale pari a 66 MW ed è costituito da 11 aerogeneratori, di potenza nominale pari a 6 MW, altezza torre di 135 m e rotore di 170 m, collegati tra loro mediante cavi interrati in Media Tensione a 33 kV che convogliano l'elettricità presso una Stazione Elettrica Utente (SEU) di trasformazione 36/33 kV al fine di collegarsi alla Stazione Elettrica della RTN (Rete di Trasmissione Nazionale) Terna attraverso tre terne di cavi a 36 kV.

L'impianto interessa prevalentemente i Comuni di Cupello (CH), ove ricadono 3 aerogeneratori, Fresagrandinaria (CH), ove ricadono 2 aerogeneratori, la SEU e SE RTN Terna 380/150/36 kV, Palmoli (CH), dove ricadono 2 aerogeneratori, Tuffillo (CH), dove ricadono 2 aerogeneratori, e Furci (CH), dove ricadono 2 aerogeneratori.

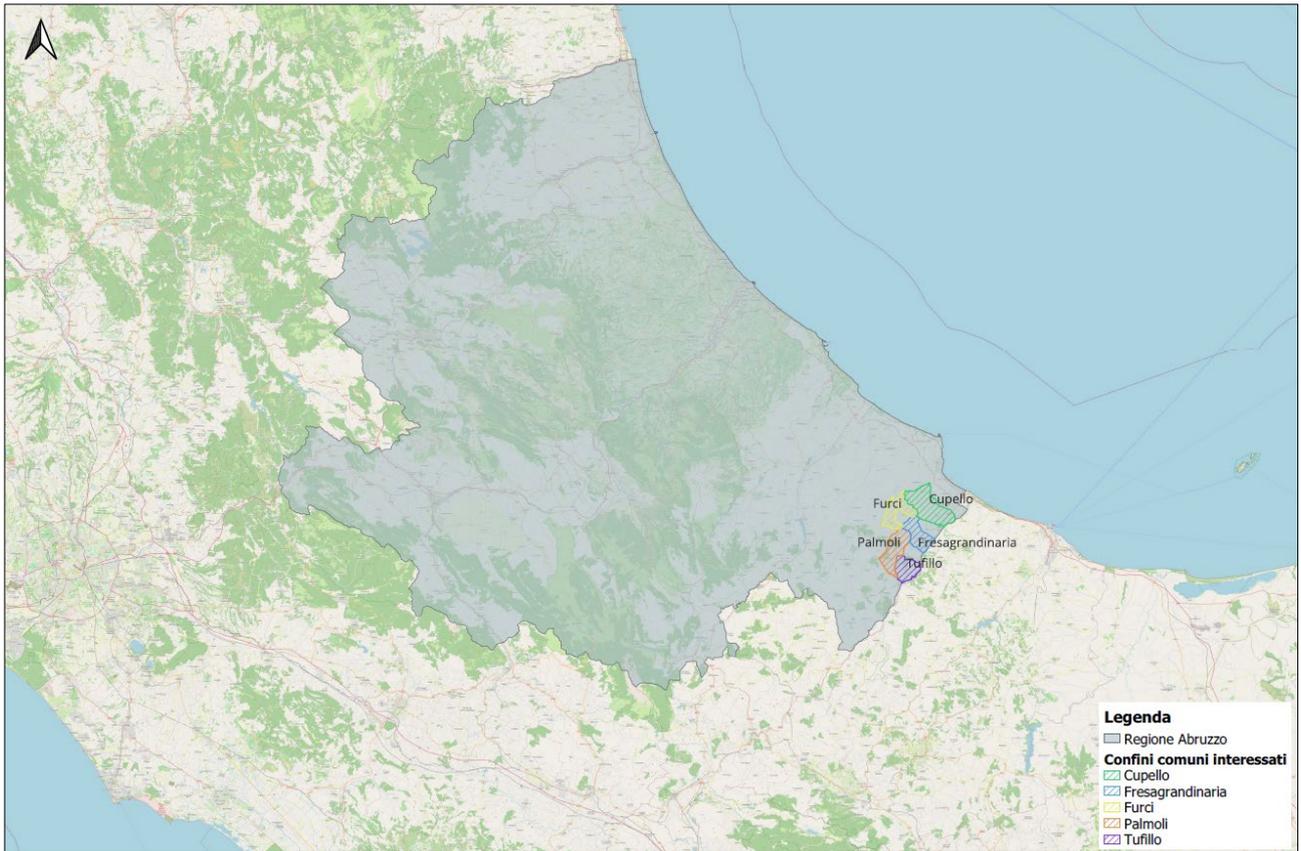


Figura 3.1: Inquadramento territoriale - Limiti amministrativi comuni interessati

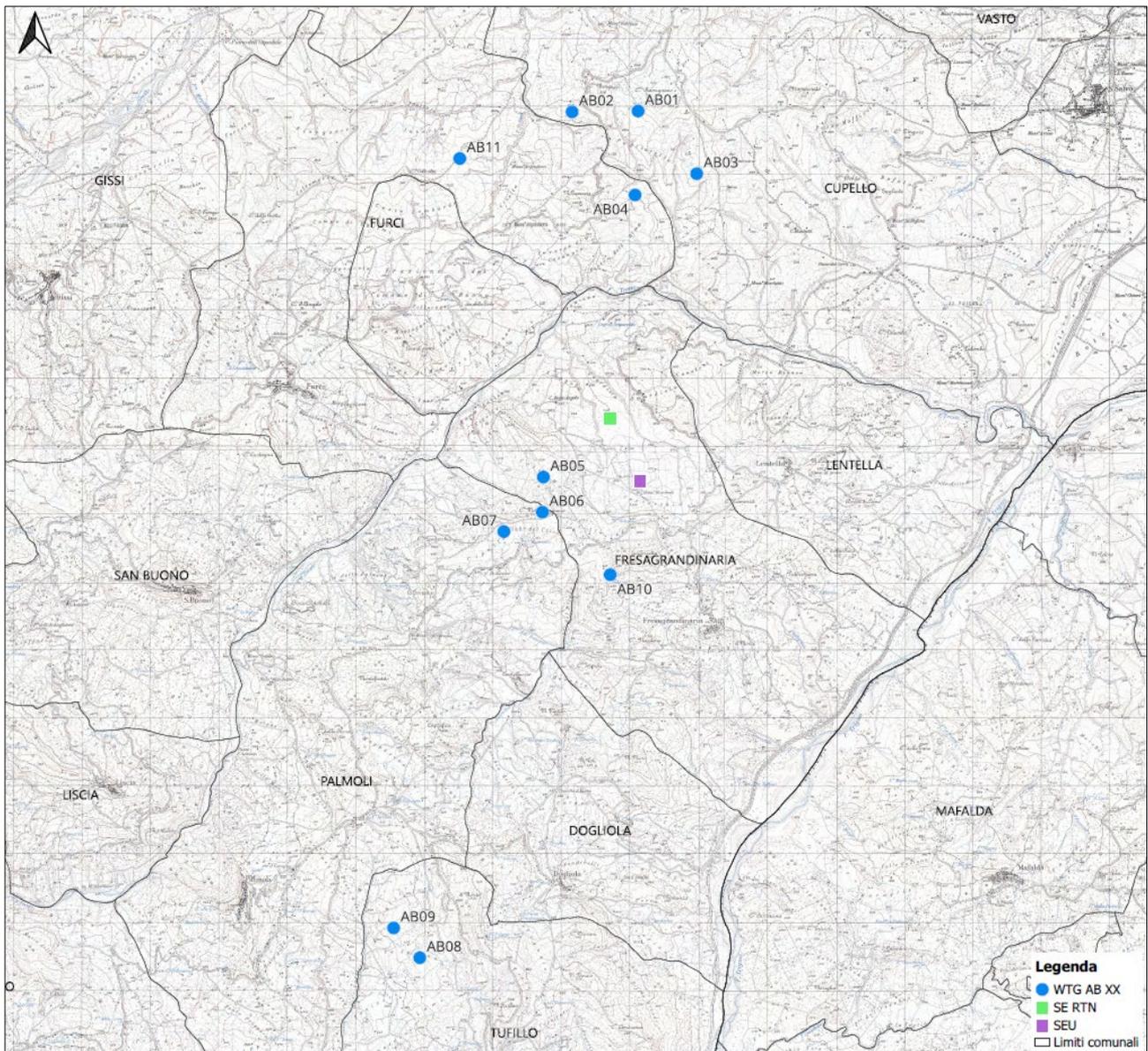


Figura 3.2: Layout d'impianto su IGM con i limiti amministrativi dei comuni interessati

Il parco eolico può essere inteso come suddiviso in tre parti (**Figura 3.3**): quella ricadente a Sud-Ovest del centro abitato di Cupello (Zona 1), costituita da 5 WTG, quella ricadente a Nord-Ovest del centro abitato di Fresagrandinaria (Zona 2), costituita da 4 WTG, la SEU 36/33 kV e la SE RTN 380/150/36 kV, e quella ricadente a Nord-Ovest del centro abitato di Tuffillo, costituita da 2 WTG (Zona 3).

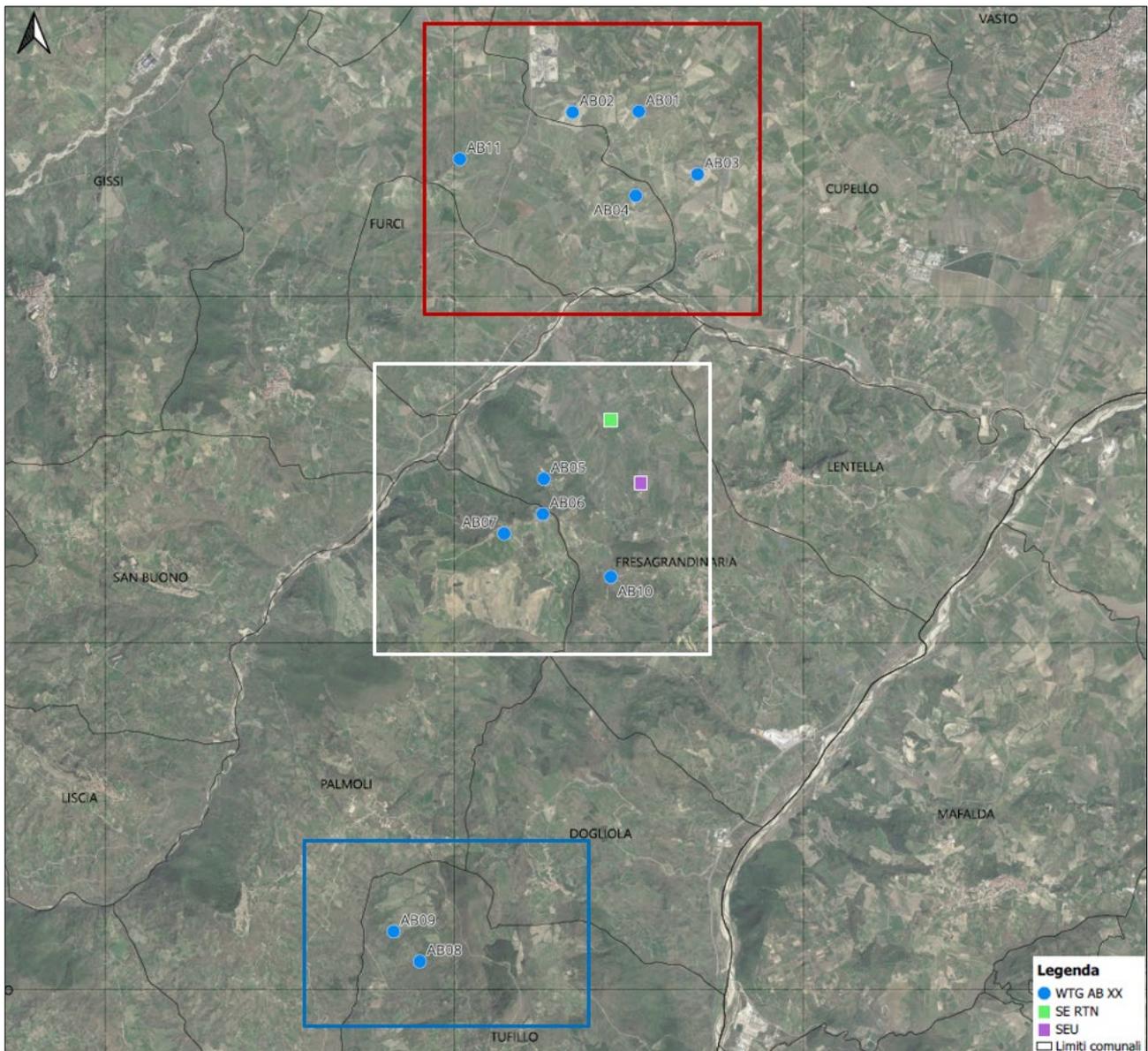


Figura 3.3: Layout d’impianto su ortofoto suddiviso in zone: Zona 1 (rettangolo rosso), Zona 2 (rettangolo bianco) e Zona 3 (rettangolo blu)

Le turbine eoliche sono collegate mediante un sistema di linee elettriche interrate di Media Tensione a 33 kV allocate prevalentemente in corrispondenza del sistema di viabilità interna, necessario alla costruzione e alla gestione futura dell’impianto e realizzato prevalentemente adeguando il sistema viario esistente e realizzando nuovi tratti di raccordo per consentire il transito dei mezzi eccezionali.

Le linee elettriche in Media Tensione collegano gruppi di aerogeneratori alla SEU 36/33 kV, posizionata in posizione baricentrica rispetto agli aerogeneratori di progetto e collegata alla SE RTN Terna 380/150/36 kV mediante cavi a 36 kV.

4. AEROGENERATORE DI PROGETTO

4.1 Descrizione generale dell'aerogeneratore

Il progetto prevede l'installazione dell'aerogeneratore di modello Siemens Gamesa SG170, di potenza nominale pari a 6,0 MW, altezza torre all'hub pari a 135 m e diametro del rotore pari a 170 m.

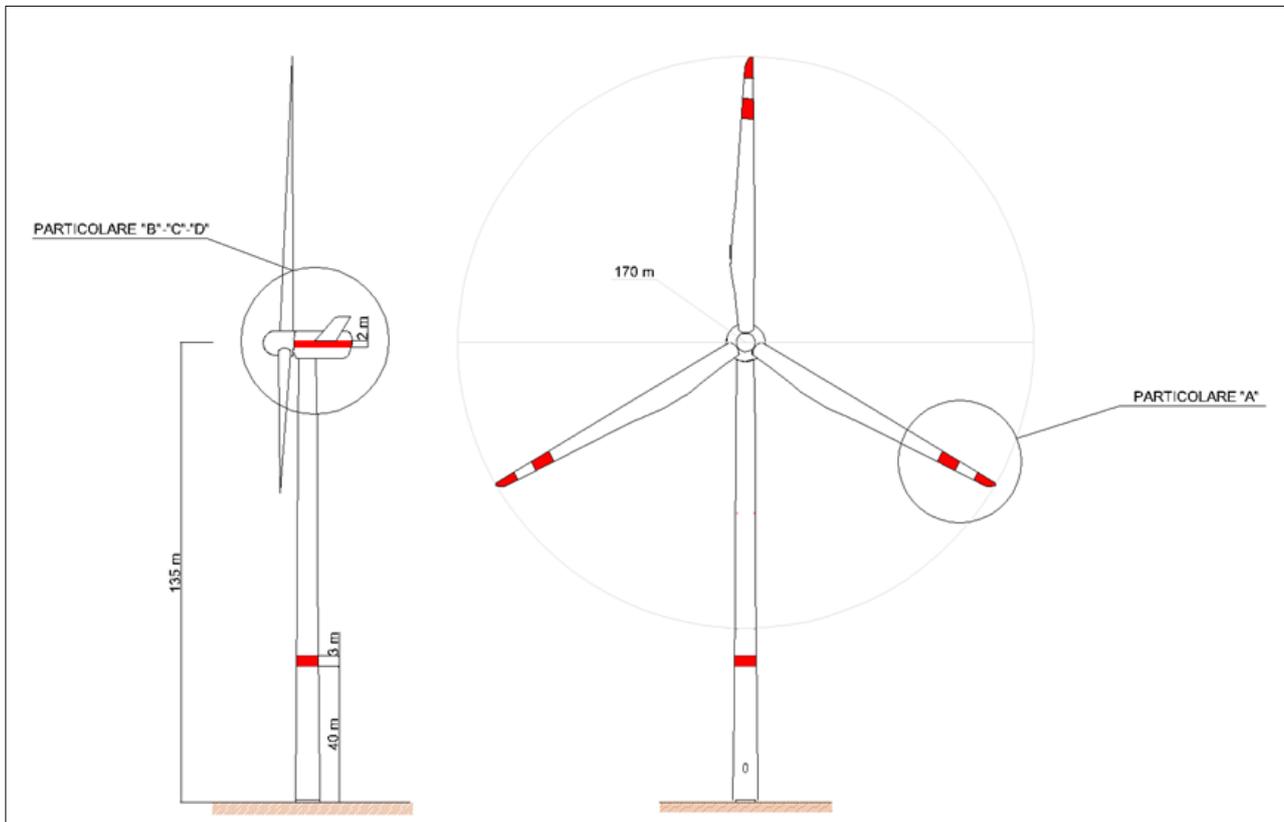


Figura 4.1.1: Profilo aerogeneratore SG170 – 6,0 MW – HH = 135 m – D = 170 m

Rotor		Grid Terminals (LV)	
Type.....	3-bladed, horizontal axis	Baseline nominal power...	6.0MW/6.2 MW
Position.....	Upwind	Voltage.....	690 V
Diameter.....	170 m	Frequency.....	50 Hz or 60 Hz
Swept area.....	22,698 m ²	Yaw System	
Power regulation.....	Pitch & torque regulation with variable speed	Type.....	Active
Rotor tilt.....	6 degrees	Yaw bearing.....	Externally geared
Blade		Yaw drive.....	Electric gear motors
Type.....	Self-supporting	Yaw brake.....	Active friction brake
Single piece blade length	83,3 m	Controller	
Segmented blade length:		Type.....	Siemens Integrated Control System (SICS)
Inboard module.....	68,33 m	SCADA system.....	Consolidated SCADA (CSSS)
Outboard module.....	15,04 m	Tower	
Max chord.....	4.5 m	Type.....	Tubular steel / Hybrid
Aerodynamic profile.....	Siemens Gamesa proprietary airfoils	Hub height.....	100m to 165 m and site- specific
Material.....	G (Glassfiber) – CRP (Carbon Reinforced Plastic)	Corrosion protection.....	
Surface gloss.....	Semi-gloss, < 30 / ISO2813	Surface gloss.....	Painted
Surface color.....	White, RAL 9018	Color.....	Semi-gloss, <30 / ISO-2813 Light grey, RAL 7035 or White, RAL 9018
Aerodynamic Brake		Operational Data	
Type.....	Full span pitching	Cut-in wind speed.....	3 m/s
Activation.....	Active, hydraulic	Rated wind speed.....	11.0 m/s (steady wind without turbulence, as defined by IEC61400-1)
Load-Supporting Parts		Cut-out wind speed.....	25 m/s
Hub.....	Nodular cast iron	Restart wind speed.....	22 m/s
Main shaft.....	Nodular cast iron	Weight	
Nacelle bed frame.....	Nodular cast iron	Modular approach.....	Different modules depending on restriction
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		

Figura 4.1.2: Specifiche tecniche aerogeneratore di progetto

Ognuno degli aerogeneratori include un sistema che esegue il controllo della potenza ruotando le pale intorno al proprio asse principale e il controllo dell'orientamento della navicella (controllo dell'imbardata), che permette l'allineamento della macchina rispetto alla direzione del vento.

Il rotore, posto sopravvento al sostegno, è realizzato in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro ed è caratterizzato da un funzionamento a passo variabile.

Le caratteristiche dell'aerogeneratore sopra descritto 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.

Inoltre, ognuna delle turbine è dotata di un completo sistema antifulmine, in grado di proteggere da danni diretti ed indiretti sia la struttura (interna ed esterna) che le persone, grazie ad un sistema di conduttori integrati nelle pale del rotore, disposti ogni 5 metri per tutta la lunghezza della pala.

In questa maniera la corrente del fulmine è scaricata a terra attraverso un sistema di conduttori a bassa impedenza.

I dispositivi antifulmine previsti sono conformi agli standard della più elevata classe di protezione (Classe I), secondo lo Standard Internazionale IEC 61024-1.

Ogni aerogeneratore è dotato altresì di un sistema antincendio grazie al quale rilevatori di Ossido di Carbonio e fumo, nel caso di incendio dei componenti meccanici, attivano un sistema di spegnimento ad acqua atomizzata ad alta pressione e, nel caso di incendi dei componenti elettrici (cabine elettriche e trasformatore), attivano un sistema di spegnimento a gas inerte (azoto).

Inoltre, le navicelle sono rivestite con materiali autoestinguenti.

Le moderne turbine eoliche sono dotate di un sistema di controllo del passo di rotazione delle pale intorno al loro asse principale.

A velocità del vento dell'ordine di $3 \div 5$ m/s la turbina si attiva, a $10 \div 14$ m/s raggiunge la sua potenza nominale, a velocità del vento superiori il sistema di controllo assicura la limitazione della potenza della macchina e previene sovraccarichi al generatore ed agli altri componenti elettromeccanici.

A velocità del vento ancora maggiori e dell'ordine di $22 \div 25$ m/s il sistema di controllo arresta il rotore disponendolo secondo la direzione del vento, al fine di evitare danni strutturali e meccanici.

In definitiva, tale sistema di controllo assicura il funzionamento del rotore con massimo rendimento, con velocità del vento comprese tra quelle che attivano la macchina e quella nominale, arrivando a bloccare la stessa nel caso di velocità del vento estreme.

La vita utile di una turbina è di circa 30 anni, passati i quali avverrà il relativo smantellamento e l'eventuale sostituzione, ovvero si renderà necessario smaltire le varie componenti elettriche e riciclare le parti in metallo (rame e acciaio) e plastica rinforzata.

Tali operazioni avverranno in accordo con la direttiva europea Waste of Electrical and Electronic Equipment.

Gli aerogeneratori sono indipendenti da un punto di vista topografico, strutturale ed elettrico e sono dotati di generatori asincroni trifase.

Ognuno di essi è in grado di assolvere alle funzioni di controllo e protezione ed è caratterizzato, all'interno della torre, da:

- arrivo cavo Bassa Tensione (690 V) dal generatore al trasformatore;

- trasformatore da Bassa Tensione a Media Tensione (0,69/33 kV);
- sistema di rifasamento del trasformatore;
- cella in Media Tensione a 33 kV di arrivo linea e di protezione del trasformatore;
- quadro Bassa Tensione (690 V) di alimentazione dei servizi ausiliari;
- quadro di controllo locale.

4.2 Quadri elettrici in Media Tensione a 33 kV degli aerogeneratori

Ad ognuno degli aerogeneratori corrisponde un Quadro Elettrico a 33 kV, costituito da componenti in Media Tensione sulla piattaforma più bassa e Interruttori di protezione del trasformatore.

A seconda del modo in cui ciascuna turbina è collegata all'impianto, così come indicato nello schema unifilare (elaborato di progetto "ABOE071 Schema elettrico unifilare degli impianti di utente e di RTN (limitatamente allo stallo di competenza)"), si ha una particolare configurazione del Quadro a 33 kV.

In particolare, nelle figure seguenti sono riportate le 3 tipologie di collegamento dei Quadri elettrici degli aerogeneratori:

- Fine Linea

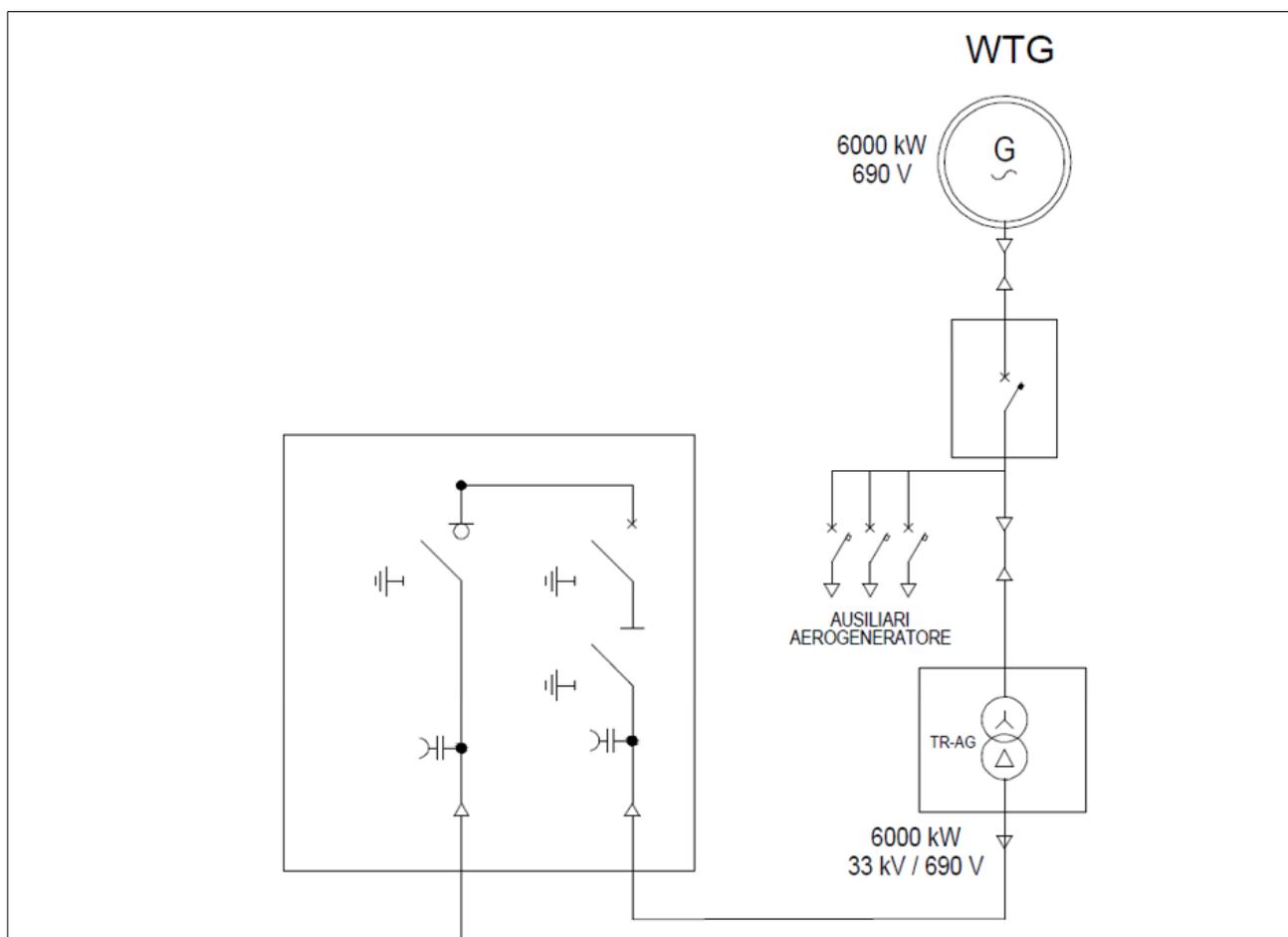


Figura 4.2.1: Configurazione in fine linea

- Entra – Esci

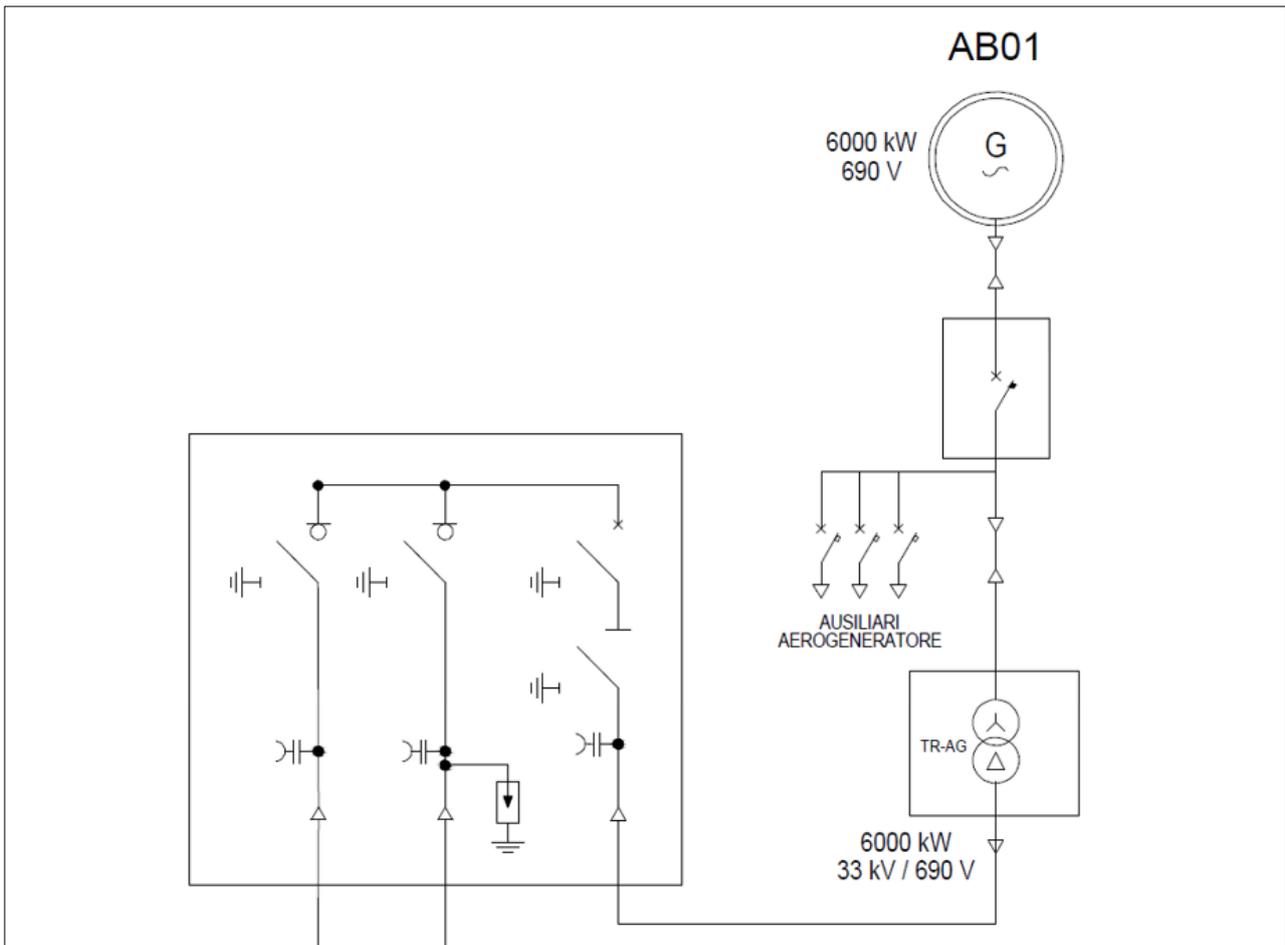


Figura 4.2.2: Configurazione in Entra-Esci

▪ Smistamento

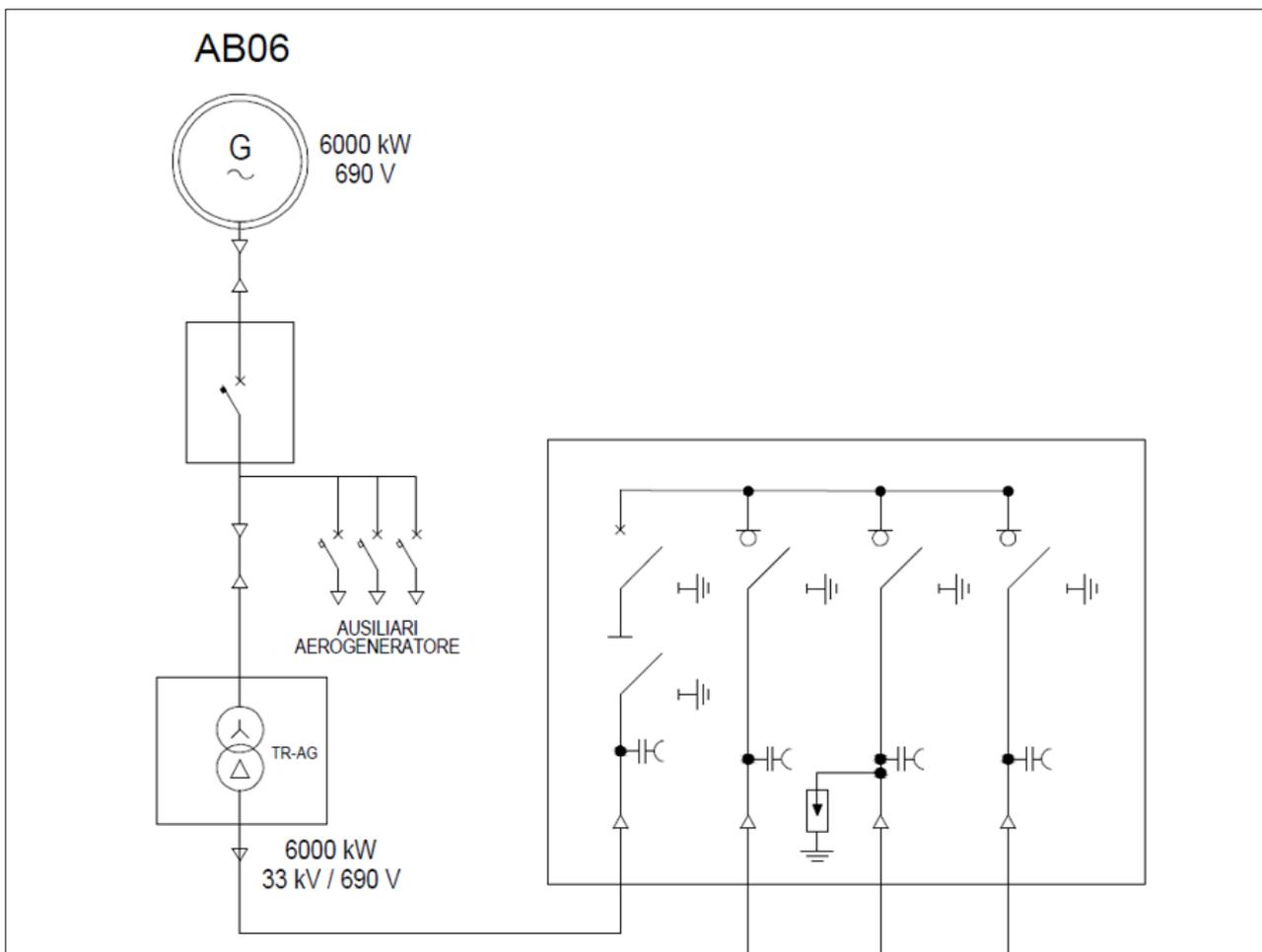


Figura 4.2.3: Configurazione in Smistamento

Come ampiamente trattato nel seguito, gli aerogeneratori sono suddivisi in 5 sottocampi o circuiti, ognuno collegato alla Stazione Elettrica Utente 36/33 kV e costituito da 2 o 3 macchine, collegate tra loro secondo lo schema riportato in tabella.

Circuito	Aerogeneratore	Configurazione Quadro Elettrico aerogeneratore
CIRCUITO A	AB03	Fine Linea
	AB01	Entra – Esci
CIRCUITO B	AB02	Fine Linea
	AB04	Entra – Esci
CIRCUITO C	AB08	Fine Linea
	AB09	Entra – Esci
CIRCUITO D	AB07	Fine Linea
	AB05	Fine Linea
	AB06	Smistamento
CIRCUITO E	AB11	Fine Linea
	AB10	Entra – Esci

Tabella 4.2.1: Suddivisione in circuiti degli aerogeneratori e tipologia di Quadro Elettrico

5. SISTEMA DI DISTRIBUZIONE A 33 KV

5.1. Suddivisione degli aerogeneratori in circuiti

Il Parco Eolico Abruzzo è caratterizzato da una potenza complessiva di 66,0 MW, ottenuta da 11 aerogeneratori di potenza pari a 6,0 MW ciascuno.

Gli aerogeneratori sono collegati elettricamente tra loro mediante terne di cavi a 33 kV in modo da formare 5 sottocampi (Circuiti A, B, C, D ed E) di 2 e 3 WTG, a ciascuno dei quali è associato ad un colore diverso per chiarezza di rappresentazione.

Sottocampo o Circuito	Aerogeneratori	Potenza totale [MW]
CIRCUITO A	AB03 – AB01	12,0
CIRCUITO B	AB02 – AB04	12,0
CIRCUITO C	AB08 – AB09	12,0
CIRCUITO D	AB07 – AB05 – AB06	18,0
CIRCUITO E	AB11 – AB10	12,0

Tabella 5.1.1: Suddivisione degli aerogeneratori in circuiti elettrici e potenza associata

Lo schema a blocchi di riferimento, nel quale sono indicate le sezioni e le lunghezze dei cavi di ogni linea elettrica e nel quale gli aerogeneratori sono collegati tra loro secondo lo schema in fine linea, in entra – esci e in smistamento, è riportato nella **Figura 5.1.1** (maggiori dettagli sono riportati nell’elaborato di progetto “ABOE064 Schema a blocchi dell’impianto”).

L’aerogeneratore capofila (fine linea) è collegato al resto del circuito, i restanti sono collegati tra loro in Entra – Esci o in smistamento (AB06) ed ognuno dei 5 circuiti è collegato alla SEU 36/33 kV.

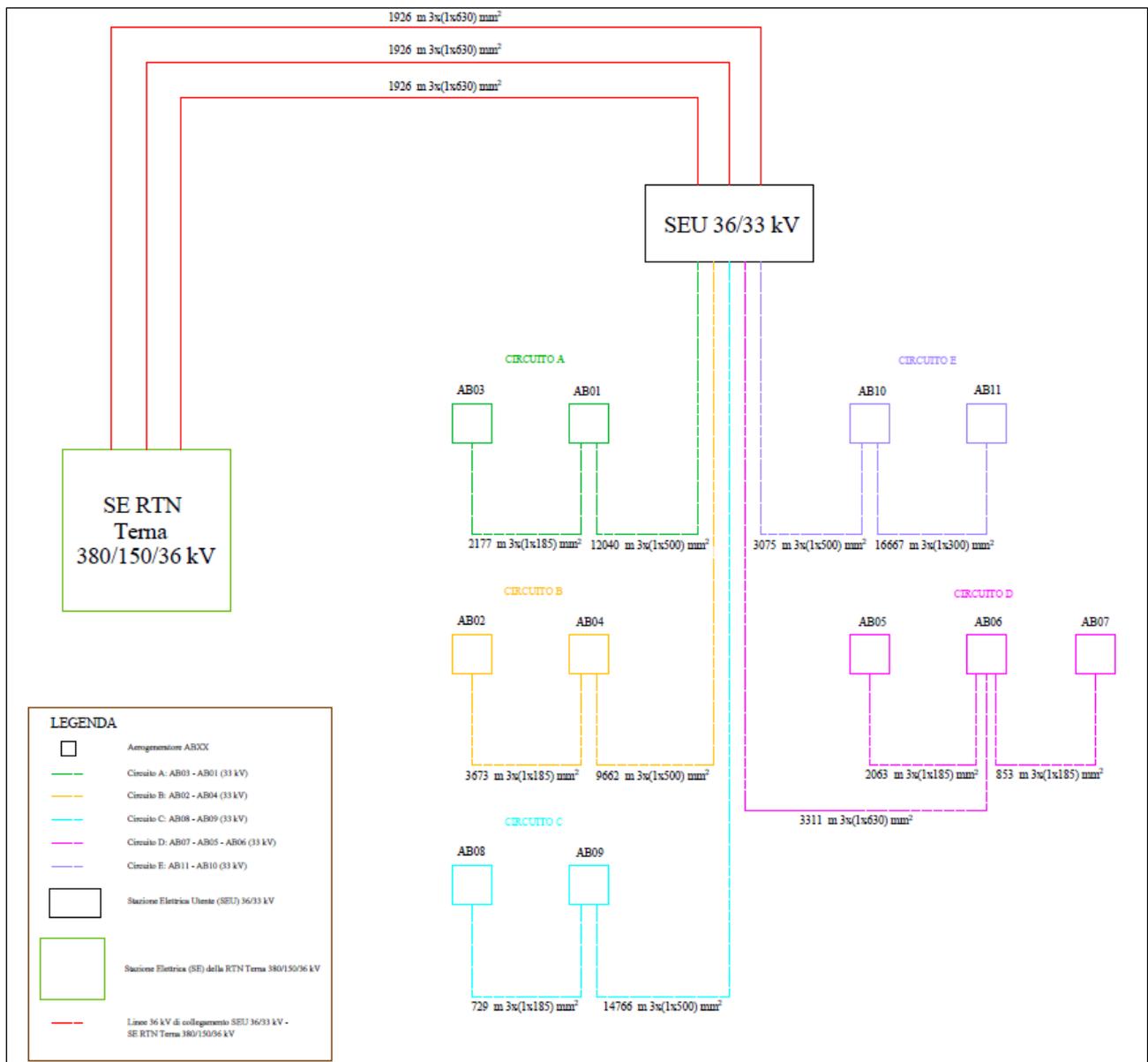


Figura 5.1.1: Schema a blocchi del Parco Eolico Abruzzo

Nelle figure seguenti sono riportate la planimetria di distribuzione delle linee a 33 kV per i 5 circuiti, delle 3 linee a 36 kV e i relativi dettagli (le distanze tra le terne di cavi a 33 kV di circuiti distinti in parallelo o tra terne di cavi dello stesso circuito e la distanza tra le 3 terne di cavi a 36 kV non sono in scala, essendo state maggiorate per chiarezza di rappresentazione, e sono indicate negli elaborati “ABOE063 Distribuzione MT – sezioni tipiche delle trincee di cavidotto” e “ABOE065 Sezione tipica della trincea di cavidotto a 36 kV”; il numero di terne di cavi dello stesso circuito o di diversi circuiti in parallelo in ogni sotto-tratta elettrica sono riportati, così come la lunghezza, la larghezza e la profondità della trincea, nella **Tabella 5.2.2**, del paragrafo successivo).

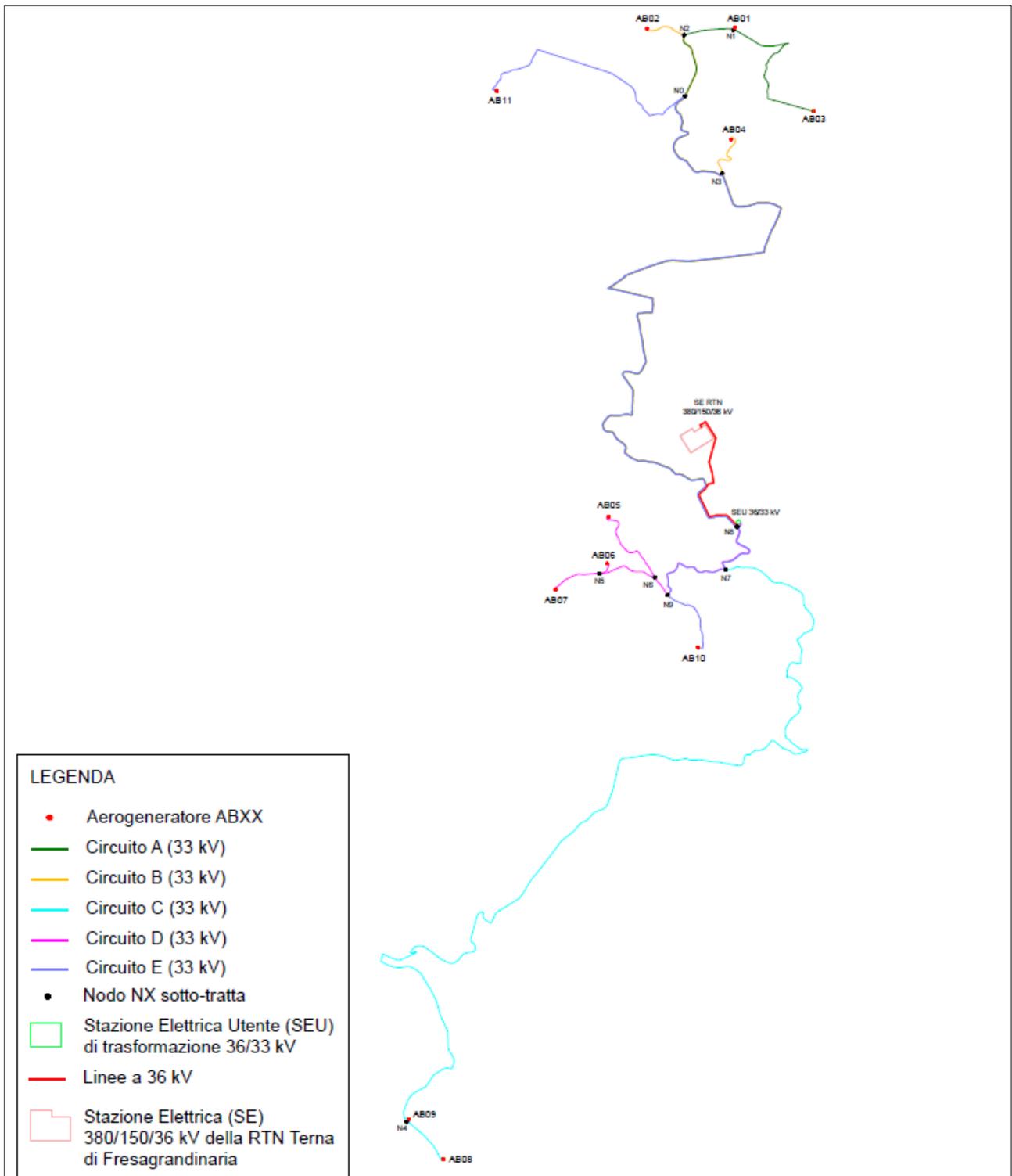


Figura 5.1.2: Planimetria generale di distribuzione linee a 33 kV e a 36 kV

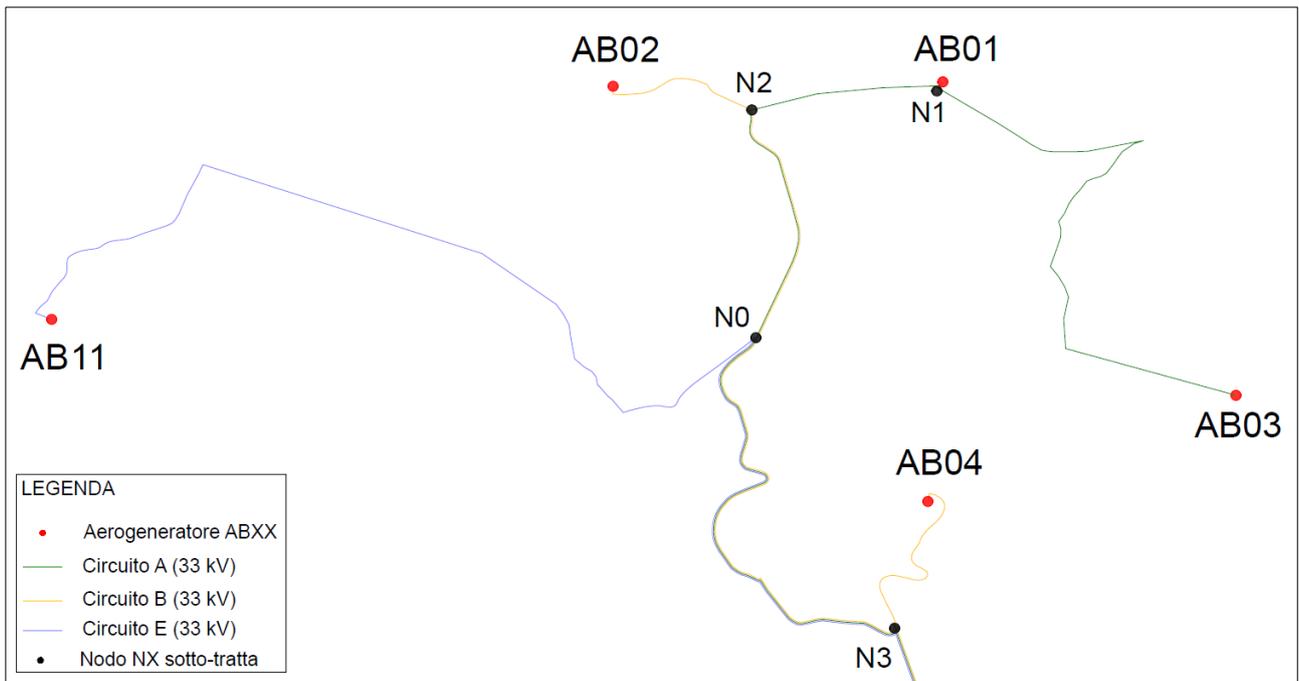


Figura 5.1.3: Dettaglio 1 di 4 della planimetria generale di distribuzione linee elettriche

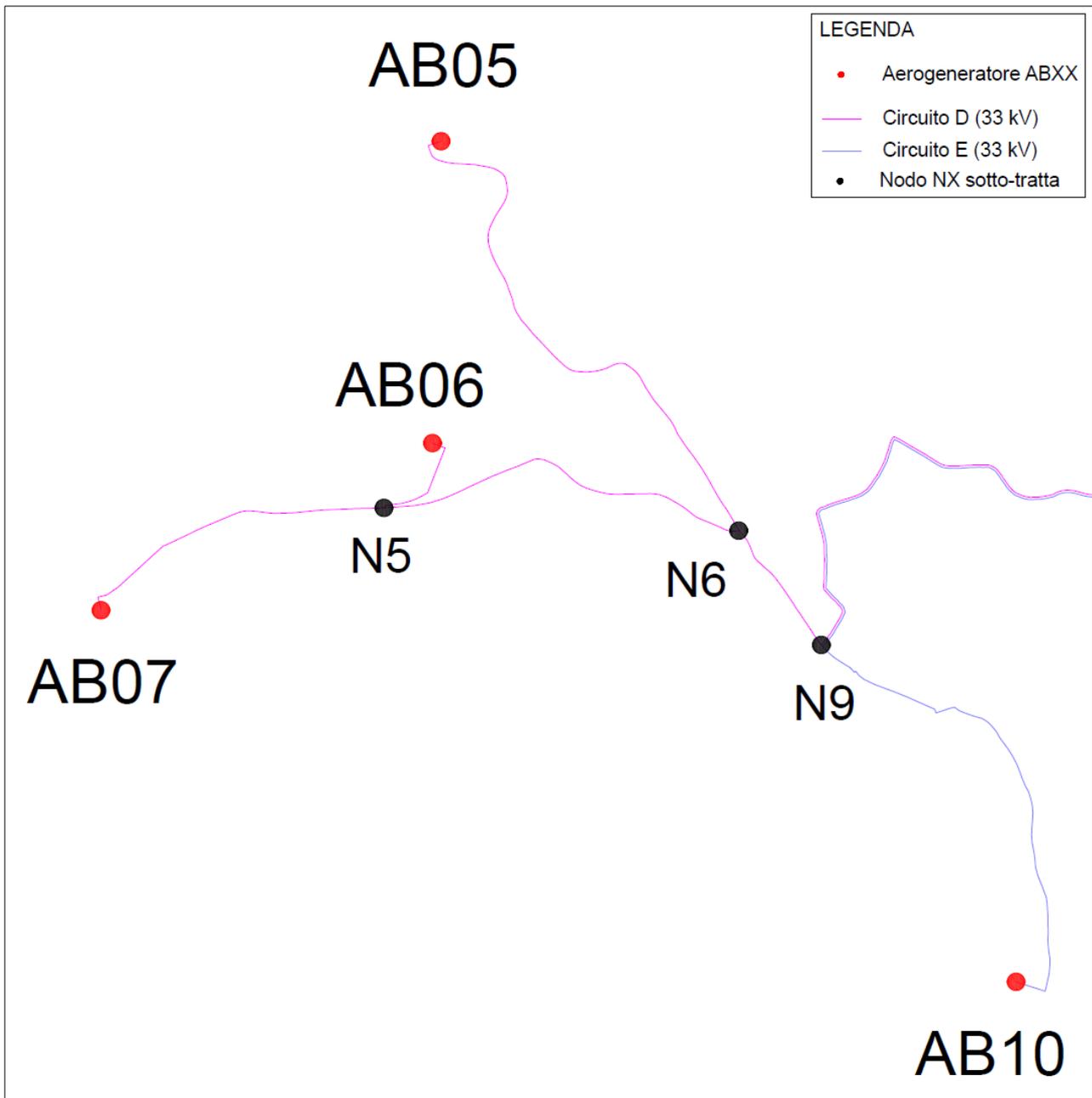


Figura 5.1.4: Dettaglio 2 di 4 della planimetria generale di distribuzione linee elettriche

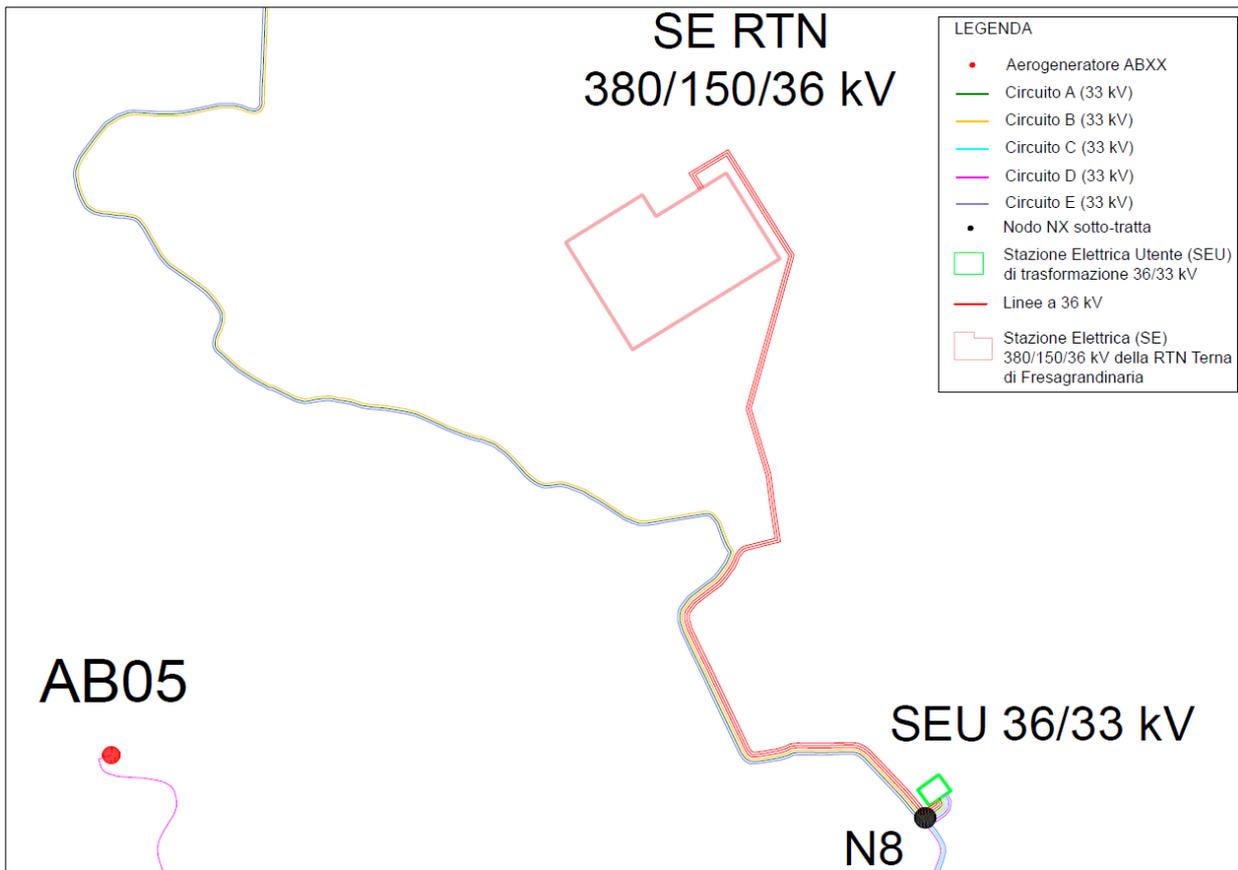


Figura 5.1.5: Dettaglio 3 di 4 della planimetria generale di distribuzione linee elettriche

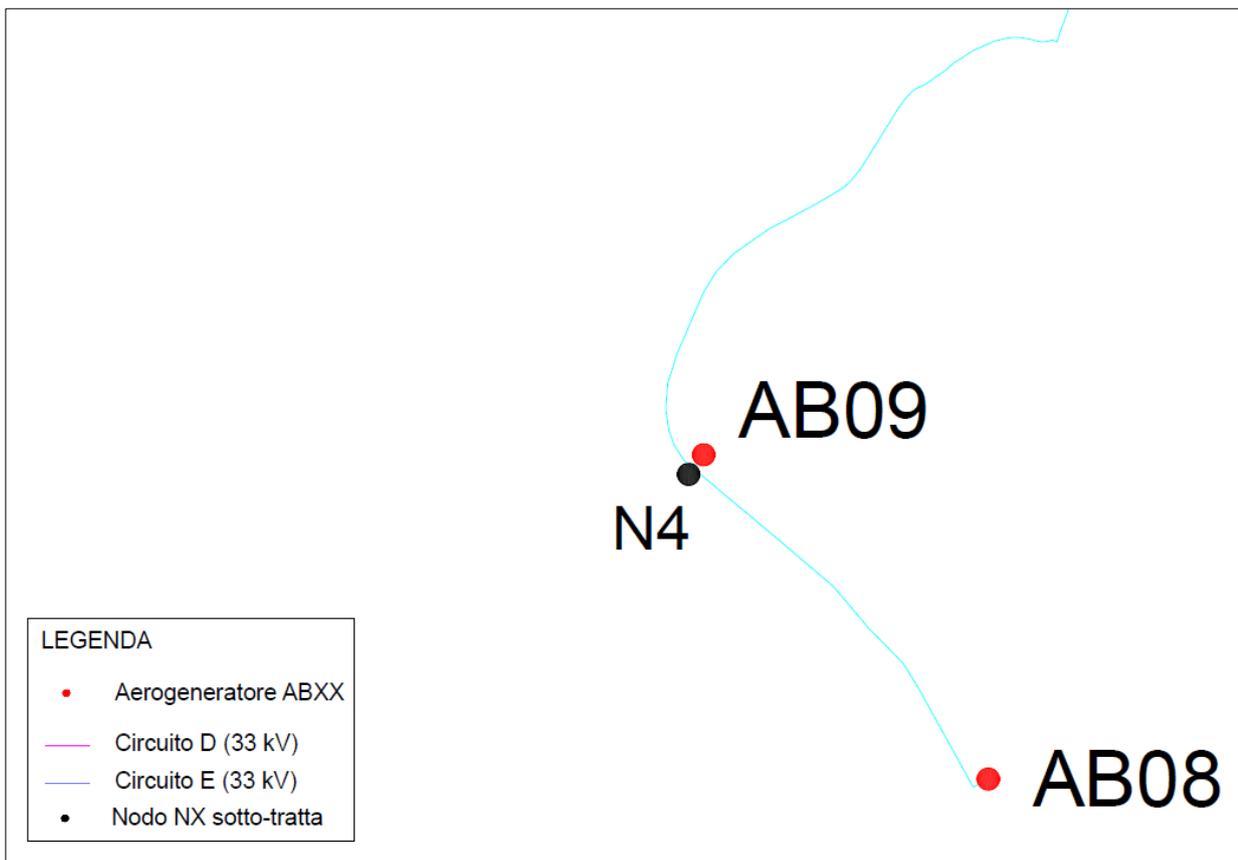


Figura 5.1.6: Dettaglio 4 di 4 della planimetria generale di distribuzione linee elettriche

Maggiori dettagli sono riportati negli elaborati di progetto “ABOE061 Linee elettriche di collegamento WTG e connessione alla RTN su ortofoto (generale)” e “ABOE062 Linee elettriche di collegamento WTG (per circuiti) e connessione alla RTN su ortofoto”.

5.2. Linee a 33 kV

Le lunghezze e sezioni dei cavi di ogni linea a 33 kV che costituisce una tratta del circuito sono indicate nella **Tabella 5.2.1**.

PARCO EOLICO ABRUZZO					
CIRCUITO A	Lunghezza tratta [m]	Sezione cavo [mm ²]	Tipologia cavo	Modello cavo	Costruttore
AB03 - AB01	2177	185	AL 3x(1x185)	ARP1H5(AR)E P-Laser AIR BAG™	Prysmian
AB01 - SEU 36/33 kV	12040	500	AL 3x(1x500)	ARP1H5(AR)E P-Laser AIR BAG™	Prysmian
CIRCUITO B	Lunghezza tratta [m]	Sezione cavo [mm ²]	Tipologia cavo	Modello cavo	Costruttore
AB02 - AB04	3673	185	AL 3x(1x185)	ARP1H5(AR)E P-Laser AIR BAG™	Prysmian
AB04 - SEU 36/33 kV	9662	500	AL 3x(1x500)	ARP1H5(AR)E P-Laser AIR BAG™	Prysmian
CIRCUITO C	Lunghezza tratta [m]	Sezione cavo [mm ²]	Tipologia cavo	Modello cavo	Costruttore
AB08 - AB09	729	185	AL 3x(1x185)	ARP1H5(AR)E P-Laser AIR BAG™	Prysmian
AB09 - SEU 36/33 kV	14766	500	AL 3x(1x500)	ARP1H5(AR)E P-Laser AIR BAG™	Prysmian
CIRCUITO D	Lunghezza tratta [m]	Sezione cavo [mm ²]	Tipologia cavo	Modello cavo	Costruttore
AB07 - AB06	853	185	AL 3x(1x185)	ARP1H5(AR)E P-Laser AIR BAG™	Prysmian
AB05 - AB06	2063	185	AL 3x(1x185)	ARP1H5(AR)E P-Laser AIR BAG™	Prysmian
AB06 - SEU 36/33 kV	3311	630	AL 3x(1x630)	ARP1H5(AR)E P-Laser AIR BAG™	Prysmian
CIRCUITO E	Lunghezza tratta [m]	Sezione cavo [mm ²]	Tipologia cavo	Modello cavo	Costruttore
AB11 - AB10	16667	300	AL 3x(1x300)	ARP1H5(AR)E P-Laser AIR BAG™	Prysmian
AB10 - SEU 36/33 kV	3075	500	AL 3x(1x500)	ARP1H5(AR)E P-Laser AIR BAG™	Prysmian

Tabella 5.2.1: Lunghezze, sezioni e modello del cavo (della terna) adoperato per realizzare il collegamento a 33 kV relativamente ai circuiti elettrici

Tenendo presente lo schema a blocchi riportato nella **Figura 5.1.1**, la **Figura 5.1.2** e i relativi dettagli, nella tabella seguente è riportata la suddivisione in sotto-tratte di cavidotto per i circuiti.

SOTTO TRATTA				CIRCUITO A		CIRCUITO B		CIRCUITO C		CIRCUITO D		CIRCUITO E		
DA	A	LUNGHEZZA [m]	LARGHEZZA TRINCEA [m]	PROFONDITA' TRINCEA [m]	N. TERNE	FORMAZIONE CAVO	N. TERNE	FORMAZIONE CAVO						
AB03	N1	2132	0,47	1,1	1	3x(1x185)								
AB01	N1	45	0,79	1,1	2	3x(1x185) + 3x(1x500)								
	N1	617	0,47	1,1	1	3x(1x500)								
AB02	N2	327	0,47	1,1			1	3x(1x185)						
	N2	818	0,79	1,1	1	3x(1x500)	1	3x(1x185)						
AB11	N0	3282	0,47	1,1									1	3x(1x300)
	N0	1613	1,11	1,1	1	3x(1x500)	1	3x(1x185)					1	3x(1x300)
AB04	N3	715	0,79	1,1			2	3x(1x185) + 3x(1x500)						
	N3	8822	1,11	1,1	1	3x(1x500)	1	3x(1x500)					1	3x(1x300)
AB08	N4	684	0,47	1,1					1	3x(1x185)				
AB09	N4	45	0,79	1,1					2	3x(1x185) + 3x(1x500)				
	N4	13731	0,47	1,1					1	3x(1x500)				
AB07	N5	629	0,47	1,1							1	3x(1x185)		
AB05	N6	1122	0,47	1,1							1	3x(1x185)		
AB06	N5	224	1,11	1,1							3	2x3x(1x185) + 3x(1x630)		
	N5	717	0,79	1,1							2	3x(1x185) + 3x(1x630)		
	N6	266	0,47	1,1							1	3x(1x630)		
AB10	N9	971	0,79	1,1									2	3x(1x300) + 3x(1x500)
	N9	1114	1,11	1,1							1	3x(1x630)	2	3x(1x300) + 3x(1x500)
	N7	867	1,43	1,1					1	3x(1x500)	1	3x(1x630)	2	3x(1x300) + 3x(1x500)
	N8	123	1,73	1,1	1	3x(1x500)	1	3x(1x500)	1	3x(1x500)	1	3x(1x630)	1	3x(1x500)

Tabella 5.2.2: Suddivisione in sotto-tratte delle linee elettriche a 33 kV associate ai circuiti, lunghezza, larghezza e profondità della trincea in cui sono allocate le terne di cavi

5.3. Posa e dati tecnici del cavo di collegamento utilizzato, fibra ottica e sistema di terra

Il cavo previsto per il collegamento di tutte le tratte in Media Tensione è il tipo ARP1H5(AR)E P-Laser AIR BAGTM (o similari), a norma IEC 60502-2 e HD 620, del primario costruttore Prysmian.

L'anima del cavo è costituita da un conduttore a corda rotonda compatta di alluminio, il semiconduttivo interno è costituito da materiale elastomerico estruso, l'isolante è in mescola in elastomero termoplastico (qualità HPTE), il semiconduttivo esterno è costituito da materiale in mescola estrusa.

La schermatura è realizzata mediante nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale, la protezione meccanica è in materiale polimerico (Air Bag) e la guaina è in polietilene di colore rosso e qualità DMP 2.

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

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

Una lastra protettiva, installata nella parte soprastante, assicura la protezione meccanica del cavo, mentre un nastro monitore ne segnala la presenza.

Inoltre, nel caso di eventuali interferenze e particolari attraversamenti, in accordo con la Norma CEI 11 - 17, tale modalità di posa potrà essere 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 aria ambiente di 30 °C;
- temperatura del terreno di 20°C;
- resistività termica del terreno pari a 1,5 K m/W;
- tensione nominale pari a 33 kV;
- frequenza pari a 50 Hz;
- profondità di posa di 1,00 m dal piano del suolo.

Nel seguito è rappresentato il dettaglio dei tipologici di posa, come anche riportato nell'elaborato di progetto "ABOE063 Distribuzione MT - sezioni tipiche delle trincee di cavidotto", nel quale le misure sono espresse in mm.

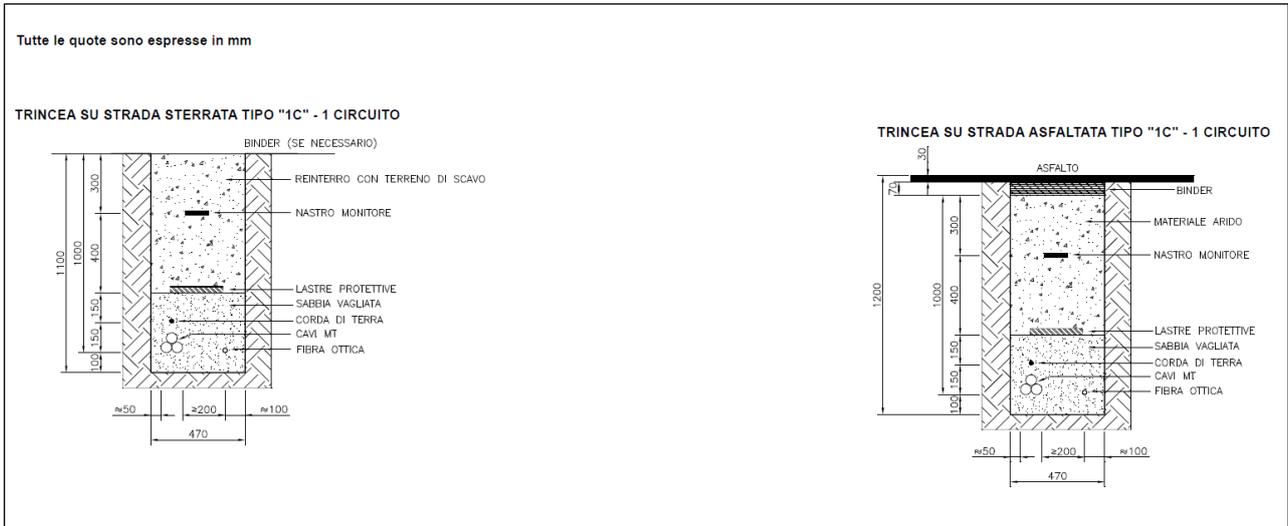


Figura 5.3.1: Sezioni tipiche delle trincee per una terna di cavi su strada sterrata e asfaltata

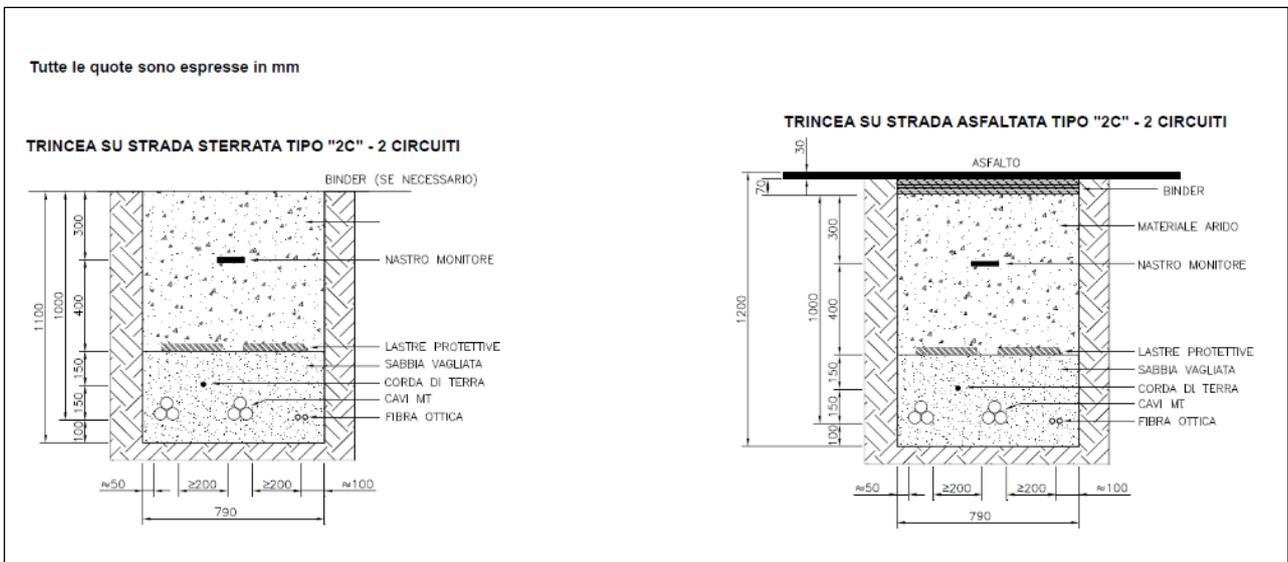


Figura 5.3.2: Sezioni tipiche delle trincee per due terne di cavi in parallelo su strada sterrata e asfaltata

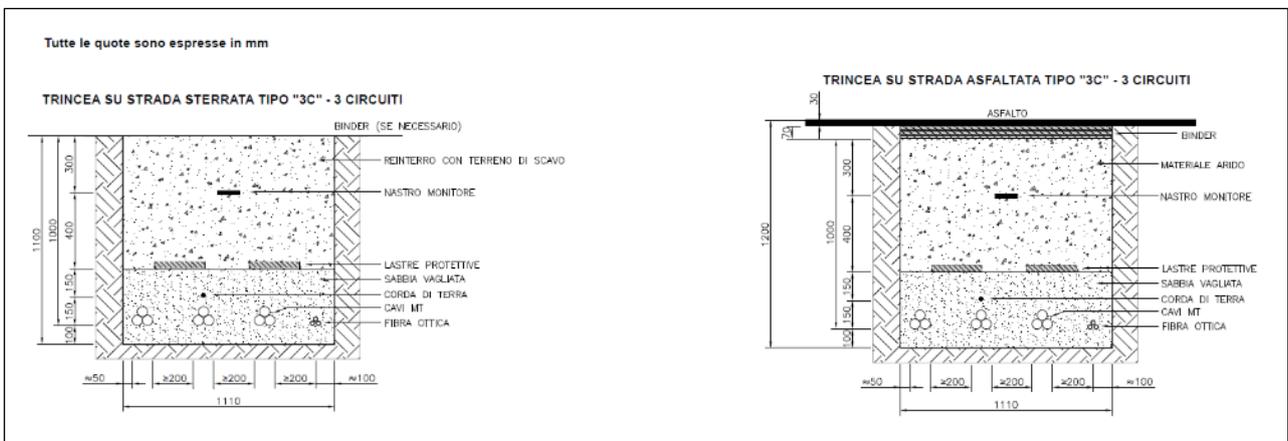


Figura 5.3.3: Sezioni tipiche delle trincee per tre terne di cavi in parallelo su strada sterrata e asfaltata

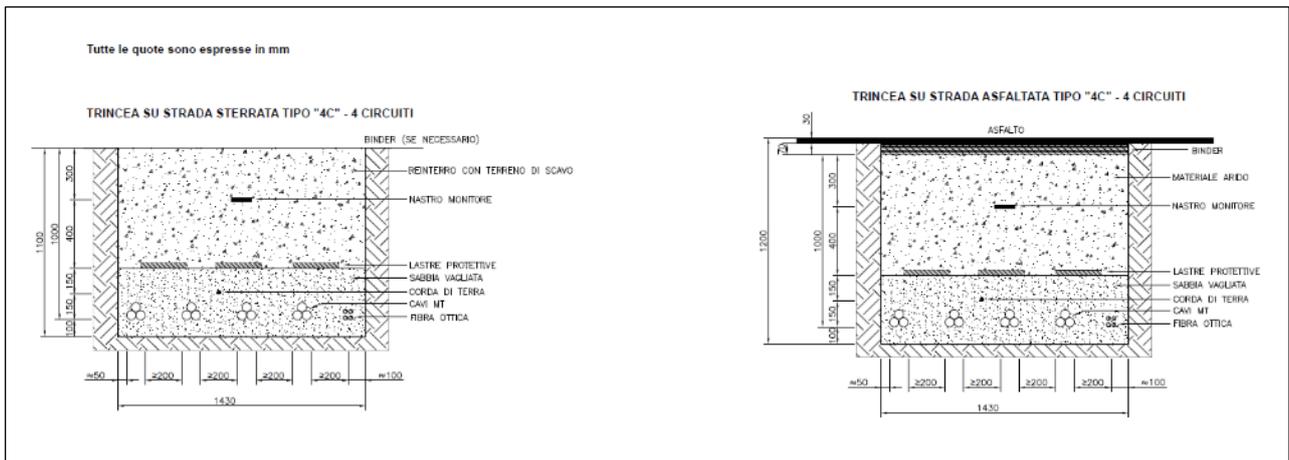


Figura 5.3.4: Sezioni tipiche delle trincee per quattro terne di cavi in parallelo su strada sterrata e asfaltata

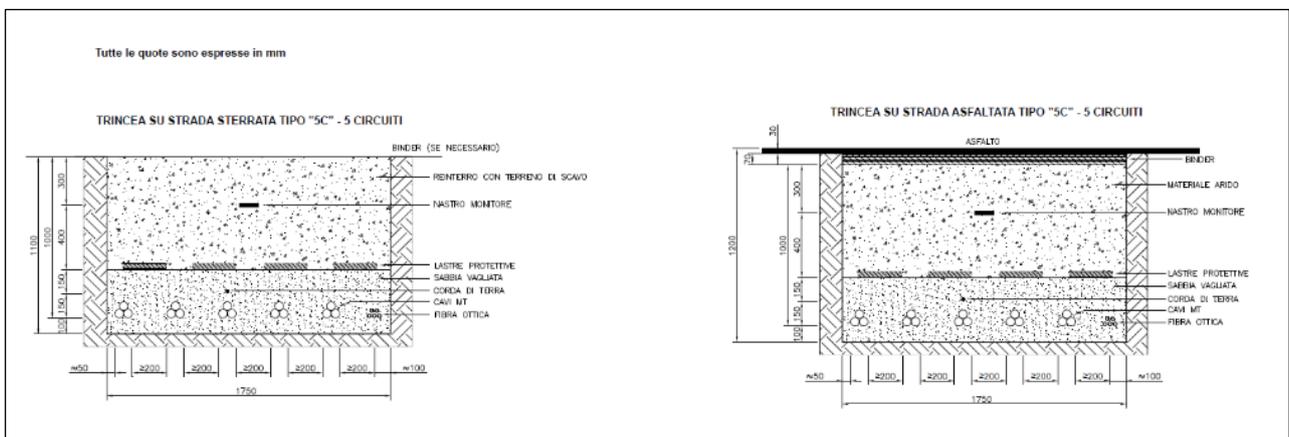


Figura 5.3.5: Sezioni tipiche delle trincee per cinque terne di cavi in parallelo su strada sterrata e asfaltata

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.

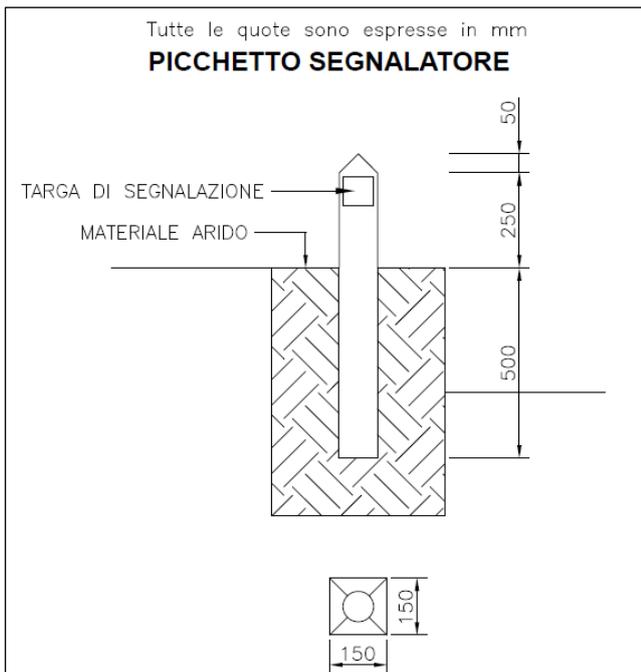


Figura 5.3.6: Sezione tipica del picchetto segnalatore

Come si evince dalle figure precedenti, oltre alle terne di cavi presenti in trincea, è previsto un collegamento in **fibra ottica**, da adoperare per controllare e monitorare gli aerogeneratori.

Al fine di realizzare il sistema di telecontrollo dell'intero impianto si adopera un cavo ottico dielettrico a 24 fibre ottiche per posa in tubazione, corredato degli accessori necessari per la relativa giunzione e attestazione, essendo lo stesso adatto alla condizione di posa interrata e tale da assicurare un'attenuazione accettabile di segnale.

Il cavo in fibra è posato sul tracciato del cavo mediante l'utilizzo di tritubo in PEHD e le modalità di collegamento seguono lo schema di collegamento elettrico degli aerogeneratori.

Il Parco Eolico è dotato di un **sistema di terra**.

In particolare, è previsto un sistema di terra relativo a ciascun aerogeneratore costituito da anelli dispersori concentrici, collegati tra loro radialmente e collegati all'armatura del plinto di fondazione in vari punti, come rappresentato nella figura seguente.

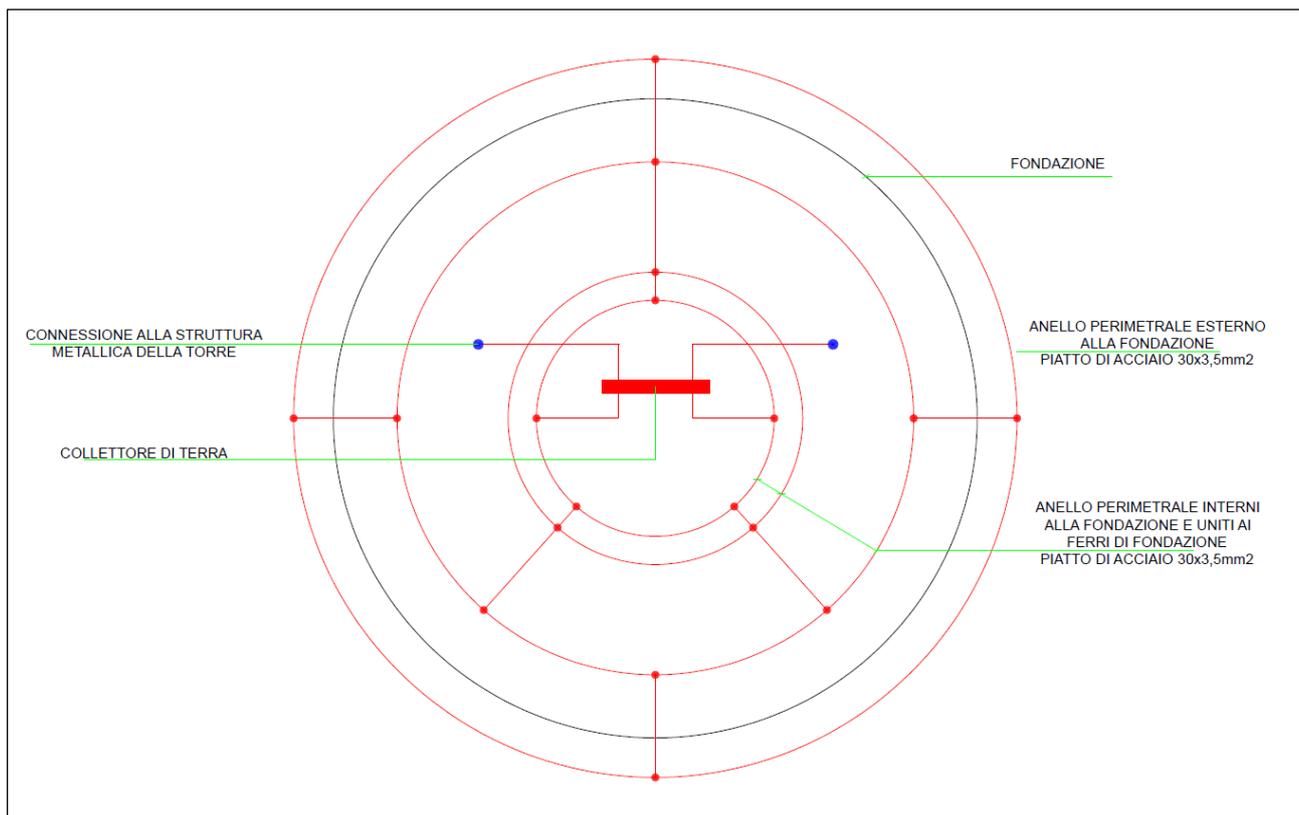


Figura 5.3.7: Sistema di terra relativo a ciascun aerogeneratore

In aggiunta al sistema di cui sopra, si prevede di adoperare un conduttore di terra di collegamento tra le reti di terra dei singoli aerogeneratori consistente in una corda di rame nudo di sezione non inferiore a 95 mm², interrata all'interno della trincea in cui sono posati i cavi a 33 kV e i cavi in fibra ottica e ad una profondità di 0,850 m e 0,950 m dal piano del suolo rispettivamente nel caso di strada sterrata o asfaltata (elaborato di progetto "ABOE063 Distribuzione MT - sezioni tipiche delle trincee di cavidotto").

Al fine di evitare, in presenza di eventuali guasti, il trasferimento di potenziale agli elementi sensibili circostanti, come tubazioni metalliche, sottoservizi, in corrispondenza di attraversamenti lungo il tracciato del cavidotto, si prevede di adoperare un cavo Giallo-Verde avente diametro superiore a 95 mm² del tipo FG16(O)R.

Il cavo di cui sopra è opportunamente giuntato al conduttore di rame nudo, è inserito da 5 m prima e fino a 5 m dopo il punto di interferenza e assicura una resistenza analoga a quella della corda di rame nudo di 95 mm².

In definitiva, si realizza una maglia di terra complessiva in grado di ottenere una resistenza di terra con un più che sufficiente margine di sicurezza in accordo con la Normativa vigente.

Per quanto riguarda l'esecuzione dei cavidotti, sono previste 3 fasi:

- Fase 1 di apertura delle piste quando necessario;
- Fase 2 in cui avviene la posa dei cavi;
- Fase 3 in cui si realizza la finitura stradale.

In particolare, durante la Fase 1 si realizza l'apertura delle piste e stesura della fondazione stradale per uno spessore di 30 cm.

Durante la Fase 2 si realizza lo scavo a 1,10 m di profondità dalla quota di progetto stradale finale, si colloca una corda di rame e la si riempie con terreno vagliato proveniente dagli scavi.

Successivamente sono inserite le terne di cavi previste dallo schema di progetto, i cavi in fibra ottica con reinterro di materiale granulare classifica A1 secondo la UNI CNR 10001 e s.m.i. e materiale proveniente dagli scavi compattato, al di sopra del quale è installata una o più lastre protettive.

Il passo successivo consiste nell'inserimento del nastro segnalatore dei cavi sottostanti, nel reinterro, solitamente per 30 cm, di materiale proveniente dagli scavi del pacchetto stradale prima steso.

Infine, nella Fase 3, avviene la stesura dello strato di finitura stradale per 3 cm fino al piano stradale di progetto.

Solitamente per lo strato inserito nella Fase 2 si adopera materiale proveniente da cava e/o si riutilizza materiale precedentemente estratto.

5.4. Coesistenza tra i cavi elettrici di energia interrati e collegamenti interrati di altra natura

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 in accordo con la Norma CEI 11-17.

5.4.1. Coesistenza tra cavi di energia interrati e cavi di telecomunicazioni

Nel caso di tratti in cui si verifica il parallelismo dei cavi di energia interrati con i cavi di telecomunicazioni è buona norma disporre i due cavi sui lati opposti della strada e, ove tale situazione non può essere verificata, è auspicabile mantenere i 2 cavi ad una distanza in proiezione orizzontale di almeno 0,30 m.

Nei casi in cui anche tale ultima distanza non possa essere rispettata è necessario adoperare alcuni dispositivi di protezione dei cavi quali tubazioni in acciaio zincato a caldo o in materiale plastico conforme alle norme CEI in vigore e cassette metalliche con zincatura a caldo.

Qualora i cavi in parallelo avessero una differenza di quota almeno pari a 0,15 m i dispositivi di protezione di cui sopra potrebbero essere omessi per il cavo interrato ad una maggiore profondità.

Lungo i tratti in cui almeno uno dei 2 cavi è contenuto in un manufatto (cunicolo o tubazione), che ne assicura una maggiore protezione e la possibilità di manutenzione, è possibile non adoperare i dispositivi di protezione di cui sopra, così come nel caso in cui ambo i cavi siano disposti all'interno dello stesso manufatto, nel quale, tuttavia, è necessario evitare contatti meccanici diretti e disporre i cavi stessi in distinte tubazioni.

5.4.2. Coesistenza tra cavi di energia interrati e tubazioni metalliche

Nel caso di tratti in cui si verifica il parallelismo dei cavi di energia interrati con tubazioni metalliche interrate, quali per esempio oleodotti e acquedotti, necessarie al trasporto di fluidi, è necessario disporre i due cavi ad una distanza in proiezione orizzontale di almeno 0,30 m.

Tale distanza può non essere rispettata nel caso in cui la differenza di quota tra le superfici esterne cavo energia-tubazione metallica sia superiore a 0,50 m o nel caso in cui sia compresa tra 0,30 e 0,50 m, si frappongano tra le 2 strutture elementi non metallici e la tubazione non sia interna ad un dispositivo di protezione non metallico.

Inoltre, le superfici esterne dei cavi di energia interrati devono essere distanti almeno 1 m dalle superfici esterne di serbatoi contenenti gas o liquidi infiammabili, mentre i cavi di energia e le tubazioni metalliche non devono essere contenute negli stessi dispositivi di protezione.

Si rende necessario realizzare giunzioni sui cavi di energia ad una distanza di almeno 1 m da ogni eventuale punto di incrocio, tranne nei casi in cui la distanza tra le superfici esterne del cavo di energia e della tubazione metallica o dispositivo di protezione sia superiore a 0,50 m.

Nel caso di coesistenza tra cavi di energia, interrati secondo la modalità di posa a M (protezione meccanica) o L (senza protezione meccanica), e gasdotti, è possibile adottare le distanze di rispetto di cui

sopra purché siano rispettate al contempo le disposizioni presenti nelle “Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8”.

5.4.3. Incroci di cavi

Nel caso di incroci tra cavi di energia è necessario rispettare una interdistanza di almeno 0,30 m e proteggere il cavo disposto a profondità superiore per una lunghezza di almeno 1 m adoperando i dispositivi di protezione di cui al paragrafo 5.4.1, da disporre in maniera simmetrica rispetto alla disposizione del cavo a profondità inferiore.

Lungo i tratti in cui almeno uno dei 2 cavi è contenuto in un manufatto (cunicolo o tubazione), che ne assicura una maggiore protezione e la possibilità di manutenzione, è possibile non adoperare i dispositivi di protezione di cui sopra, così come nel caso in cui i 2 cavi sono contenuti in 2 dispositivi di protezione di caratteristiche analoghe.

5.5. Dimensionamento delle linee elettriche a 33 kV

La sezione dei cavi elettrici 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 impiego, ovvero l'intensità di corrente massima all'interno della linea di cavo.
- I'_z rappresenta la portata effettiva del cavo e dipende dalla portata nominale del cavo stesso e dalle relative condizioni di posa.
- ΔV rappresenta la massima caduta di tensione su ogni sottocampo ed è valutata a partire dalla cabina d'impianto fino all'aerogeneratore più lontano.
- ΔP rappresenta la perdita di potenza per ognuno dei sottocampi.

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

La **Tabella 5.5.1** riporta i risultati ottenuti sul dimensionamento a 33 kV.

LINEA	DA	A	L [m]	SEZIONE [mm ²]	I _b [A]	I'z [A]	ΔV _r ,%	ΔP _r ,%TOT
CIRCUITO A	AB 03	AB 01	2.177	185	116,6	299,3	0,33	
	AB 01	SEU 36/33 KV	12.040	500	233,3	388,6	1,82	
							SOMMA	SOMMA
							2,15	1,62
CIRCUITO B	AB 02	AB 04	3.674	185	116,6	263,3	0,56	
	AB 04	SEU 36/33 KV	9.662	500	233,3	388,6	1,46	
							SOMMA	SOMMA
							2,02	1,44
CIRCUITO C	AB 08	AB 09	729	185	116,6	299,3	0,11	
	AB 09	SEU 36/33 KV	14.766	500	233,3	388,6	2,24	
							SOMMA	SOMMA
							2,35	1,84
CIRCUITO D	AB 07	AB 06	853	185	116,6	263,3	0,13	
	AB 05	AB 06	2.063	185	116,6	263,3	0,31	
	AB 06	SEU 36/33 KV	3.311	630	349,9	443,0	0,67	
							SOMMA	SOMMA
							1,11	0,64
CIRCUITO E	AB 11	AB 10	16.667	300	116,6	323,9	1,74	
	AB 10	SEU 36/33 KV	3.075	500	233,3	388,7	0,46	
							SOMMA	SOMMA
							2,20	1,14

Tabella 5.5.1: Calcolo del dimensionamento delle linee elettriche a 33 kV

Per dettagli relativi al dimensionamento elettrico delle linee a 33 kV si rimanda all'elaborato di progetto "ABOE058 Calcolo preliminare degli impianti elettrici".

6. SOTTOSTAZIONE ELETTRICA UTENTE

Il progetto prevede che l'impianto eolico, di potenza totale pari a 66,0 MW e costituito da 11 aerogeneratori di potenza nominale pari a 6,0 MW, collegati tra loro mediante un cavidotto interrato alla tensione nominale di 33 kV, convogli l'elettricità presso una Stazione Elettrica Utente di trasformazione 36/33 kV da ubicarsi nel Comune di Fresagrandinaria (CH).

All'interno della SEU 36/33 kV è raccolta l'energia prodotta a 33 kV (Media Tensione) ed è trasformata a 36 kV.

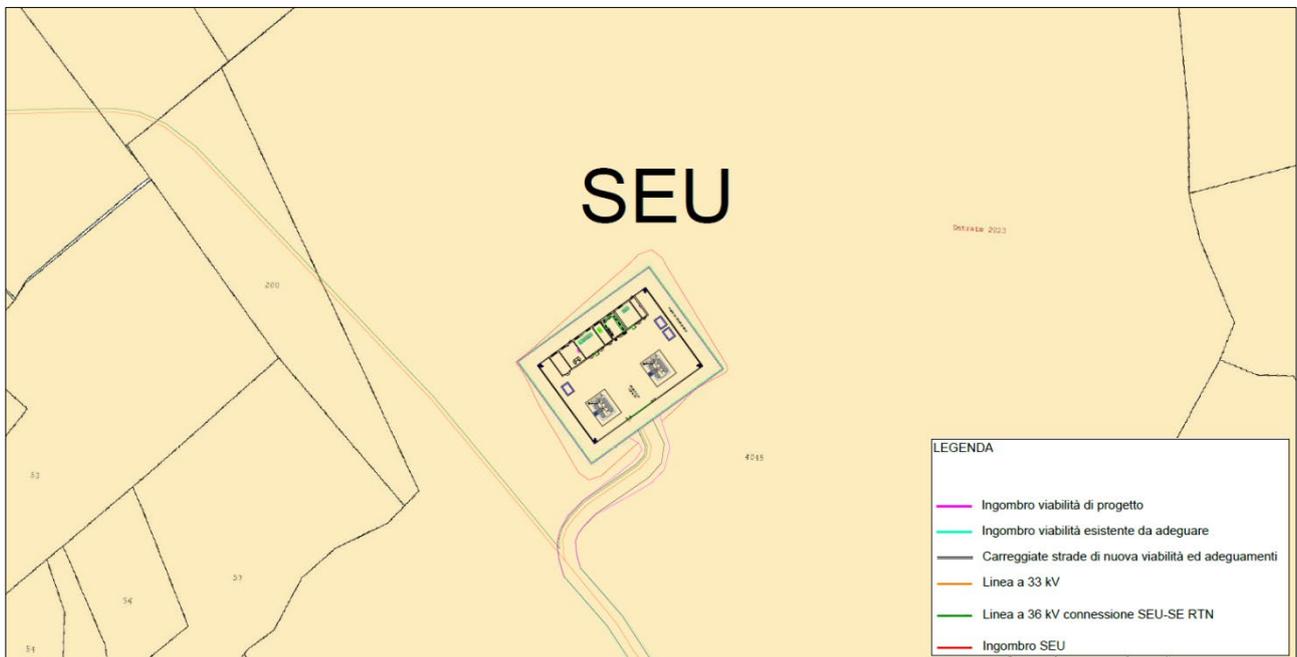


Figura 6.1: Localizzazione della SEU 36/33 kV nel Comune di Fresagrandinaria su carta catastale (elaborato di progetto “ABOE067 Sottostazione Elettrica Utente su catastale”)

L'intera area è delimitata da una recinzione perimetrale realizzata con moduli in calcestruzzo prefabbricati di altezza pari a 2,5 m (la figura seguente, nella quale le quote sono espresse in cm, è riportata la sezione della recinzione).

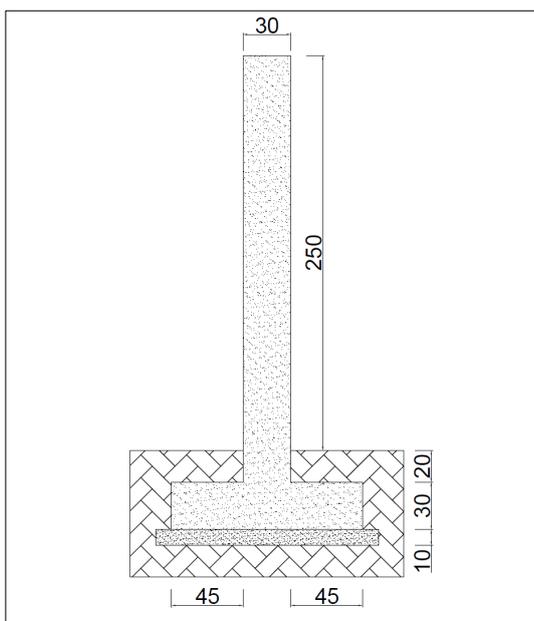


Figura 6.2: Sezione recinzione della SEU 36/33 kV

Di seguito è riportata la planimetria della SEU 36/33 kV (per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato di progetto "ABOE069 Sottostazione Elettrica Utente – planimetria e sezione elettromeccanica").

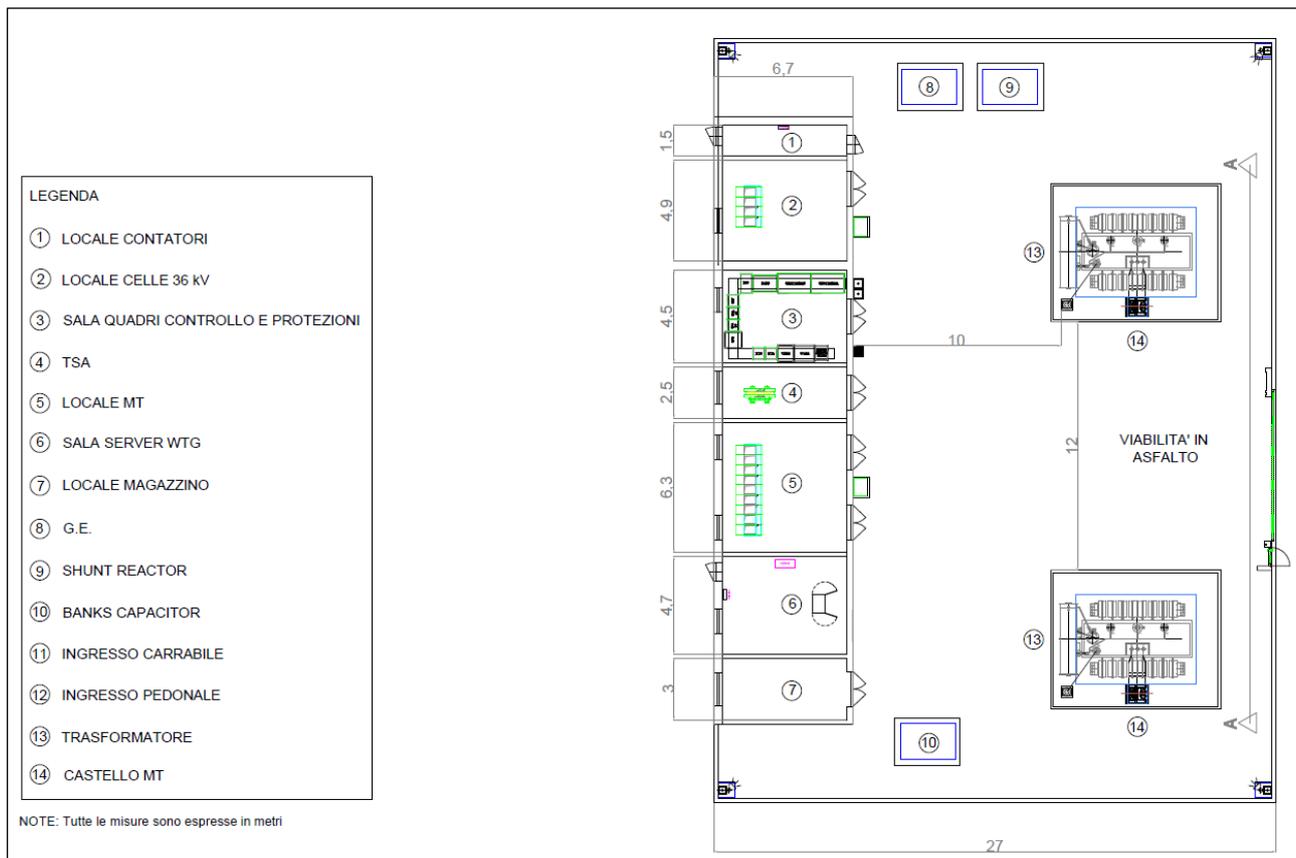


Figura 6.3: Planimetria elettromeccanica della SEU 36/33 kV

6.1 Descrizione Stazione Elettrica Utente

Il progetto prevede che all'interno della Stazione Elettrica Utente siano installati 2 trasformatori 36/33 kV, ciascuno di potenza 40 MVA, tensione nominale primaria di 36 kV e tensione nominale secondaria di 33 kV.

Le principali caratteristiche dei trasformatori sono di seguito sintetizzate:

- tipo di raffreddamento: ONAN/ONAF;
- potenza di targa: 40 MVA;
- Gruppo: Y/ynO;
- Vcc %: 12,6 %;
- regolazione della tensione ± 10 gradini di 1,5 % della tensione nominale;
- frequenza: 50 Hz.

Le sezioni a 33 kV e BT sono costituite dalle seguenti apparecchiature:

- sistema di alimentazione di emergenza e ausiliari;

- trasformatori servizi ausiliari 33/0,4 kV 200 kVA (MT/BT);
- quadri elettrici in Media Tensione a 33 kV;
- sistema di protezione AT, MT, BT;
- sistema di monitoraggio e controllo;
- quadri misuratori fiscali.

In particolare, i quadri MT a 33 kV comprendono:

- scomparti di sezionamento linee di campo;
- scomparti trasformatore ausiliario;
- scomparti di misura;
- scomparto Shunt Reactor;
- scomparto Bank Capacitor.

La sezione AT 36 kV comprende:

- quadri elettrici alla tensione di 36 kV;
- sistema di protezione;
- sistema di monitoraggio e controllo;
- quadri misuratori fiscali;
- shunt reactor per compensazione reattiva delle linee a 36 kV.

Le caratteristiche tecniche delle apparecchiature elencate sono riportate in dettaglio nell'elaborato di progetto "ABOE071 Schema elettrico unifilare degli impianti di utente e di RTN (limitatamente allo stallo di competenza)".

6.2 Sistemi di misura

Il progetto prevede l'installazione di un sistema di misura UTF, collegato con i dispositivi di lettura all'interno del locale misure, al fine di contabilizzare l'energia prodotta dal parco eolico.

Tale sistema è corredato da un gruppo per la misura dei consumi dei sistemi ausiliari.

In accordo con le procedure di Terna e con quanto stabilito nel Regolamento di Esercizio, è altresì predisposto un sistema di trasmissione remoto delle misure verso Terna.

6.3 Sistema di automazione

Le apparecchiature di sezionamento, manovra e di misura sono monitorate e controllate da remoto da un sistema SCADA.

6.4 Sistema di protezione

Al fine di assicurare la sicurezza del parco eolico, degli operatori e della SEU 36/33 kV sono previsti tutti i sistemi di protezione.

6.5 Servizi ausiliari

L'alimentazione dei servizi ausiliari avviene mediante il trasformatore 33/0,4 kV, in derivazione dai quadri generali a 33 kV.

Inoltre, un generatore ausiliario assicura la massima continuità di servizio e il riarmo delle apparecchiature.

I trasformatori e il generatore ausiliario alimentano il Quadro dei Servizi Ausiliari, a cui sono collegate le utenze in corrente alternata in Bassa Tensione quali:

- ausiliari sezione a 33 kV;
- ausiliari sezione a 36 kV;
- illuminazione aree esterne;
- circuiti prese e circuiti illuminazione edificio della Stazione Elettrica Utente;
- motori e pompe;
- raddrizzatore BT;
- sistema di monitoraggio;
- altre utenze minori.

Inoltre, dal Quadro dei Servizi Ausiliari verrà derivata l'alimentazione dei circuiti di protezione e comando.

6.6 Rete di terra

Il sistema di terra previsto presso la SEU 36/33 kV è dimensionato tenendo in conto le norme CEI EN 50522 (CEI 99-3) e CEI EN 61936-1 (CEI 99-2), le prescrizioni Terna, il tempo di eliminazione del guasto di 0,5 s e la corrente di guasto che sarà comunicata da Terna.

L'impianto di terra è costituito da una maglia di terra in corda di rame nudo di sezione minima pari a 120 mm², interrato a 60 cm dal piano del suolo e avente lato interno massimo da valutare in sede di progettazione esecutiva.

Presso il trasformatore AT/MT (36/33 kV) l'impianto di terra è costituito da ulteriori dispersori verticali. Inoltre, il sistema di terra è collegato all'impianto di terra presso l'edificio della stazione, in considerazione delle specifiche indicazioni del gestore.

La rete di terra è collegata alle apparecchiature di Alta Tensione (36 kV) tramite cavo di rame nudo da 125 mm².

Il collegamento tra i conduttori in rame è realizzato tramite morsetti in rame a compressione, le connessioni tra i conduttori e i sostegni metallici delle apparecchiature sono realizzate tramite capicorda e bulloni di fissaggio.

In definitiva si realizza un sistema di terra completo in grado di assicurare un sufficiente livello di sicurezza per quanto riguarda la capacità di dispersione.

Come anticipato, in sede di progettazione sarà eventualmente possibile individuare aree in cui inserire sistemi di dispersione ausiliaria, al fine di garantire il rispetto delle tensioni limite sulla base delle norme citate, installare conduttori di terra suppletivi per il collegamento delle apparecchiature e infittire la maglia di terra in corrispondenza delle apparecchiature di Alta Tensione.

6.7 Edificio di comando e controllo

Il progetto prevede la realizzazione di un edificio di dimensioni in pianta di circa 29,4 m x 6,7 m in grado di contenere i seguenti locali:

- locale contatori;
- locale celle 36 kV;
- sala quadri controllo e protezioni;
- edificio per Trasformatore Servizi Ausiliari (TSA);
- locale quadri Media Tensione;
- sala server WTG;
- locale Magazzino.

L'edificio di comando e controllo è completo di illuminazioni e prese e potrà subire modifiche migliorative nel suo assetto in fase di progettazione esecutiva.

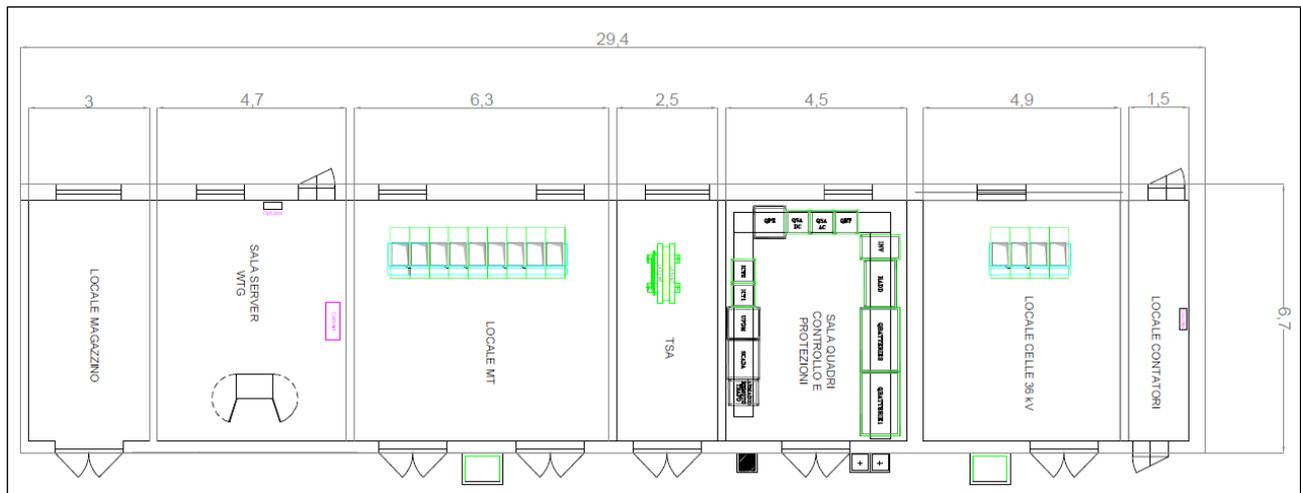


Figura 6.7.1: Edificio di comando e controllo (le quote sono espresse in metri)

Maggiori dettagli sono riportati negli elaborati di progetto “ABOE070 Sottostazione elettrica utente - piante, prospetti e sezioni” e “ABOE069 Sottostazione Elettrica Utente - planimetria e sezione elettromeccanica”.

6.8 Opere civili

Le principali opere civili previste riguardano:

- scotico superficiale;
- scavo di sbancamento e successivo consolidamento per garantire la necessaria qualità del sottofondo;
- eventuali opere strutturali necessarie alla preparazione dell’area (palificate e/o gabbionate);
- realizzazione della rete di terra;
- realizzazione della rete idraulica di smaltimento acque bianche;
- realizzazione fondazioni in c.a. per apparecchiature a 36 kV;
- sistemazione delle aree sottostanti le apparecchiature 36 kV con area inghiaziata;
- realizzazione di sottofondo stradale per lo spessore complessivo di 0,50 cm;
- realizzazione dell’impianto di illuminazione esterna, con l’installazione di corpi illuminanti LED su pali tronco conici a stelo dritto lungo il perimetro;
- realizzazione muro perimetrale, del tipo chiuso con pannelli prefabbricati in calcestruzzo e paletti in calcestruzzo, infissi su fondazione in c.a., per una altezza complessiva fuori terra pari a 2,5 m;
- realizzazione di un ingresso carrabile (larghezza 7 m) e di uno pedonale, lungo il muro perimetrale;
- realizzazione accesso da pubblica viabilità sino al cancello di ingresso presso la SEU 36/33 kV.

7. ANALISI DEL RISCHIO ELETTROCUZIONE

L'elettrocuzione si verifica con il passaggio di corrente nel corpo umano dovuto al contatto diretto tra corpo – elemento in tensione.

L'entità del danno provocato dall'elettrocuzione dipende dalla durata del fenomeno, dall'intensità della corrente che attraversa l'organismo, dalle condizioni dell'organismo coinvolto e dagli organi interessati dal passaggio di corrente.

In questa trattazione si valuta il rischio di elettrocuzione nelle seguenti situazioni:

- contatti elettrici diretti;
- contatti elettrici indiretti;
- fulminazione diretta.

Per quanto riguarda i **contatti elettrici diretti**, la norma CEI 11-1 classifica le parti di impianto quali aerogeneratori e stazione di trasformazione come aree elettriche chiuse e gli elettrodotti interrati come esterni ad aree elettriche chiuse.

Pertanto, nel caso di aerogeneratori e stazione di trasformazione, le misure di protezione riguardano involucri, barriere, ostacoli e distanziamento, sulla base delle misure di cui al punto 7.1.3.2 della norma stessa.

Nel caso degli elettrodotti interrati, in base al punto 7.1.3.1 della norma citata, si adottano misure di protezione contro i contatti elettrici diretti quali distanziamento e involucri (nello specifico si adoperano cavi con guaina e schermo di isolamento e si farà ricorso alla metodologia di posa tipo M indicata dalla norma CEI 11-17).

Inoltre, si adoperano ulteriori accorgimenti relativamente ad eventuali contatti diretti:

- utilizzo di componenti dotati di marchio CE (Direttiva CEE 73/23);
- utilizzo di componenti aventi un idoneo grado di protezione alla penetrazione di solidi e liquidi;
- collegamenti effettuati utilizzando cavo rivestito con guaina esterna protettiva, idoneo per la tensione nominale utilizzata e alloggiato in condotto portacavi idoneo allo scopo.

La Norma CEI 64-8 Parte 4 "Prescrizioni per la sicurezza" e la Norma CEI 11-1 parte 7 "Misure di Sicurezza vengono comunque rispettate.

Per quanto riguarda i **contatti elettrici indiretti**, presso ogni aerogeneratore è realizzato un impianto di terra, costituito da anelli concentrici in alluminio interrati e connessi con le fondazioni dell'aerogeneratore.

Essi sono collegati alle sbarre di terra, presso le quali vengono connesse tutte le parti metalliche presenti all'interno dell'aerogeneratore.

Gli accorgimenti relativi ad eventuali contatti indiretti, in presenza dell'elettrodotto interrato, riguarda la posa, sul fondo dello scavo, di una treccia di rame della sezione di 90 mm², tale da connettere tra loro tutte le maglie di terra intorno agli aerogeneratori, formando un unico impianto di terra.

Gli schermi dei cavi in corrispondenza dei giunti sono collegati a tale treccia.

Per quanto riguarda la sottostazione, la protezione da contatti indiretti è assicurata dall'impianto di terra, connesso a tutte le parti metalliche non in tensione e al centro stella del trasformatore.

In particolare, si prendono i seguenti accorgimenti:

- collegamento al conduttore di protezione PE di tutte le masse, ivi compresi i centri stella dei trasformatori MT/BT installati presso gli aerogeneratori, ad eccezione degli involucri metallici delle apparecchiature di Classe II;
- i dispositivi di protezione intervengono in caso di primo guasto verso terra con un ritardo massimo di 0,4 secondi, oppure entro 55 secondi con la tensione sulle masse in quel periodo non superiore a 50 V. In ogni caso verranno rispettate le prescrizioni riportate nella Norma CEI 64-8 Parte 4 "Prescrizioni per la sicurezza" e della Norma CEI 11-1 parte 7 "Misure di Sicurezza.

Per quanto riguarda la protezione contro le **fulminazioni dirette**, gli aerogeneratori sono dotati di un sistema di protezione, costituito da un anello di alluminio disposto sulle pale, una rete di terra intorno alla relativa fondazione e una linea di drenaggio.

8. COLLEGAMENTO ELETTRICO A 36 KV

Il cavo impiegato per il collegamento tra la SEU 36/33 kV e la SE della RTN Terna 380/150/36 kV è il modello RG7H1R EPRO-*SETTE*TM unipolare 26/45 kV (o similari), a norma IEC 60840, del primario costruttore Prysmian.

L'anima del cavo è costituita da un conduttore a corda rotonda compatta di rame rosso, il semiconduttivo interno è costituito da materiale elastomerico estruso, l'isolante in mescola di gomma ad alto modulo G7, il semiconduttivo esterno da materiale elastomerico estruso pelabile a freddo.

La schermatura è realizzata mediante filo di rame rosso e la guaina è in PVC di colore rosso.

In particolare, il collegamento tra la SEU 36/33 kV e la SE della RTN Terna 380/150/36 kV è realizzato mediante 3 terne di cavi unipolari di sezione 630 mm² del modello sopra descritto, alla tensione nominale di 36 kV, installati in una trincea, di larghezza 1,676 m e lunghezza di 1926 m, diversa da quella prevista per i cavi a 33 kV, secondo una posa direttamente interrata, a trifoglio.

I cavi sono collocati ad una profondità di posa di 1,60 m dal piano del suolo su un sottofondo di sabbia di spessore di 0,1 m e la distanza di separazione delle terne adiacenti in parallelo sul piano orizzontale è pari a 0,30 m.

TRATTA					Linea 1 - 36 kV	Linea 2 - 36 kV	Linea 3 - 36 kV			
DA	A	LUNGHEZZA [m]	LARGHEZZA TRINCEA[m]	PROFONDITA' TRINCEA [m]	N. TERNE	FORMAZIONE CAVO	N. TERNE	FORMAZIONE CAVO	N. TERNE	FORMAZIONE CAVO
SEU 36/33 kV	SE RTN TERNA 380/150/36 kV	1926	1,676	1,7	1	3x(1x630)	1	3x(1x630)	1	3x(1x630)

Tabella 8.1: Terne di cavi alla tensione nominale di 36 kV

Una lastra protettiva, installata nella parte soprastante, assicura la protezione meccanica del cavo, mentre un nastro monitor ne segnala la presenza.

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.

Nel seguito è rappresentato il dettaglio dei tipologici di posa, come anche riportato nel documento di progetto “ABOE065 Sezioni tipica della trincea di cavidotto a 36 kV”, nel quale le misure sono espresse in mm.

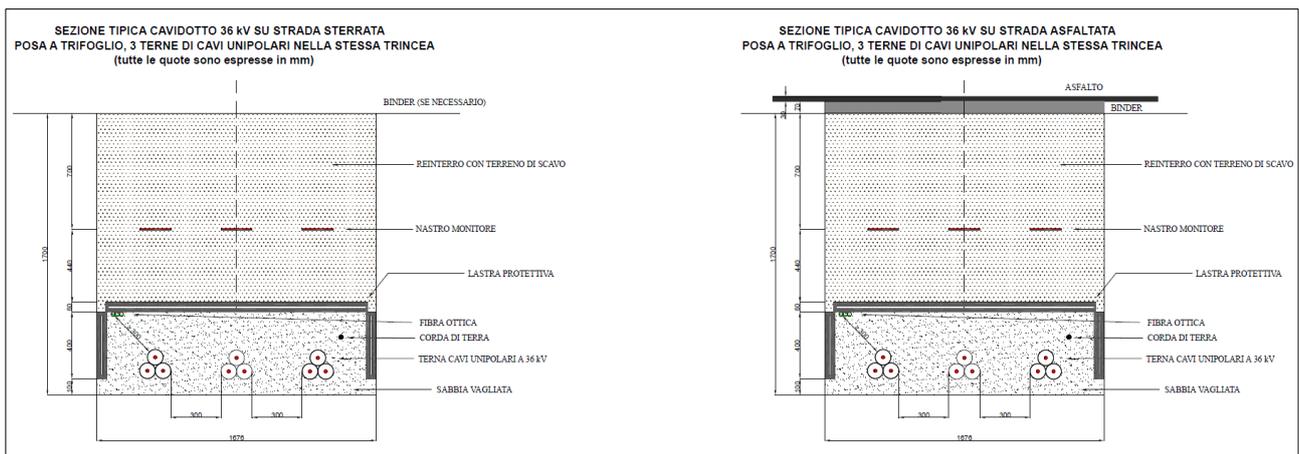


Figura 8.1: Sezioni tipiche della trincea di cavidotto a 36 kV

La sezione dei cavi presi in considerazione è stata individuata in modo che la corrente di impiego I_b (392.0 A) risulti inferiore alla portata effettiva I'_z (578,2 A) del cavo stesso e assicurando una caduta di tensione e una perdita di potenza percentuali relative rispettivamente di circa 0,30 e 0,089 (i valori di portata, caduta di tensione e perdita di potenza percentuale relativa sono riferiti alla singola terna di cavi a 36 kV, assumendo un fattore di potenza pari a 0,90 e considerando una portata nominale dei cavi di sezione 630 mm² pari a 836 A (specifica del costruttore Prysmian per posa interrata a trifoglio e $\rho = 1 \text{ } ^\circ\text{C m/W}$).

La scelta dei particolari cavi a 36 kV e delle relative condizioni di posa potranno comunque subire modifiche, non sostanziali, in fase di progettazione esecutiva, a seconda delle condizioni operative riscontrate.

9. STAZIONE ELETTRICA DELLA RTN TERNA 380/150/36 KV DI FRESAGRANDINARIA

La Stazione Elettrica della RTN Terna è localizzata nel Comune di Fresagrandinaria ed è costituita da una sezione a 36 kV, che comprende un edificio quadri alla tensione nominale di 36 kV, una sezione a 150 kV, costituita da 2 stalli parallelo e da stalli per iniziative FER e per futuri sviluppi, e da una sezione a 380 kV, costituita da 2 stalli parallelo, 3 stalli di trasformatori 380/36 kV da 250 MVA, 2 stalli di autotrasformatori 380/150 kV da 400 MVA, 2 stalli necessari alla realizzazione dell'entra – esci dalla linea della RTN 380 kV “Larino – Gissi” e da stalli previsti per futuri sviluppi di rete.

Le apparecchiature che costituiscono lo SE di cui sopra rispondono alle specifiche Terna.