



COMUNE DI CERIGNOLA

PROVINCIA DI FOGGIA



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO

RICHIESTA DI AUTORIZZAZIONE UNICA

D.Lgs. 387/2003

PROCEDIMENTO UNICO AMBIENTALE (PUA)

**Valutazione di
Impatto Ambientale (V.I.A.)**

D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii. (art. 27)
"Norme in materia ambientale"

PROGETTO

ALPHA 2

DITTA

ATS Engineering s.r.l.

A05

Pagg. 54

Titolo dell'allegato:

RELAZIONE TECNICA IMPIANTI

1	EMISSIONE	13/01/2021
		DATA

CARATTERISTICHE GENERALI D'IMPIANTO

GENERATORE - Altezza mozzo: fino a 140 m
Diametro rotore: fino a 180 m
Potenza unitaria: fino a 6 MW

IMPIANTO - Numero generatori: 11
Potenza complessiva: fino a 66 MW

Il proponente:

ATS Engineering s.r.l.
P.zza Giovanni Paolo II, 8
71017 Torremaggiore (FG)
0882/393197
atseng@pec.it

Il progettista:

ATS Engineering srl
P.zza Giovanni Paolo II, 8
71017 Torremaggiore (FG)
0882/393197
atseng@pec.it

Il tecnico:

Ing. Eugenio Di Gianvito
atsing@atsing.eu

Sommario

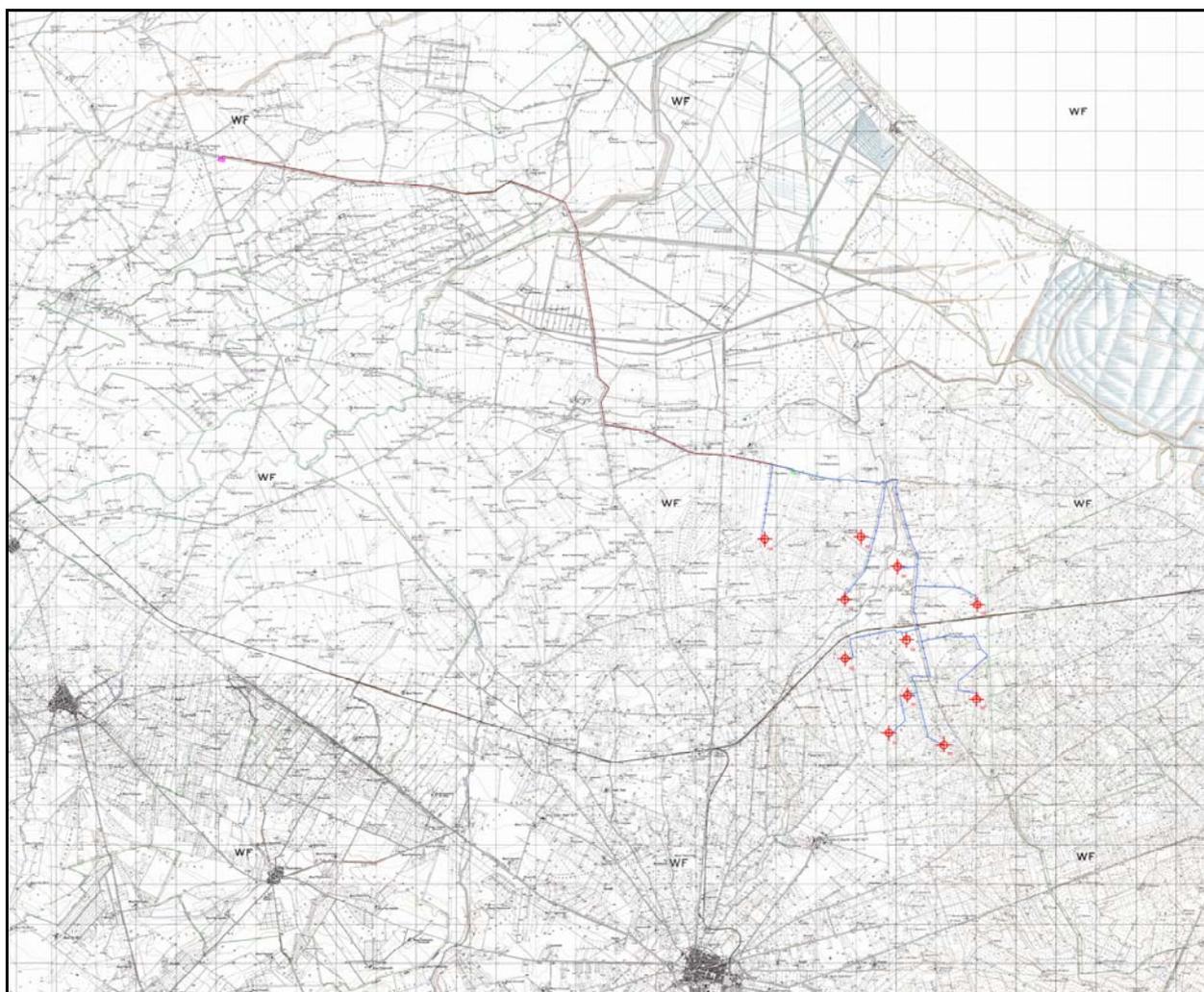
Premessa	2
Introduzione	3
1. Aerogeneratori	8
2.1. Tipologia dei cavi MT	15
2.2. Posa in opera del cavo MT	16
3. Cavidotto AT	18
3.1. Tipologia del cavo AT.....	21
3.2. Posa in opera del cavo AT.....	23
4. Stazione di Utenza	27
5. Opere civili.....	34
6. Impatti	41
6.1. Acustico.....	41
6.2. Elettromagnetico	43
6.2.1. Mt	43
6.2.2. AT.....	53

Relazione tecnica impianti

Premessa

La *Relazione Tecnica Impianti* è allegata al progetto del parco eolico *ALPHA 2*, ubicato nel territorio comunale di *Cerignola in provincia di Foggia*, progettista *ATS Engineering s.r.l.* con sede in Torremaggiore alla P.zza Giovanni Paolo II, n. 8.

Il parco eolico è costituito da n. 11 aerogeneratori con potenza nominale attiva fino a 6 MW e sviluppa una potenza complessiva fino a 66 MW.



LEGENDA



Aerogeneratori



Sottostazione di utenza



Limiti comunali



Cavidotto AT



Cavidotto MT



Sottostazione Terna



Piazzole di montaggio

Corografia di inquadramento su IGM

Introduzione

La scelta dell'area da destinare alla ubicazione dell'impianto è giustificata dalla coesistenza di:

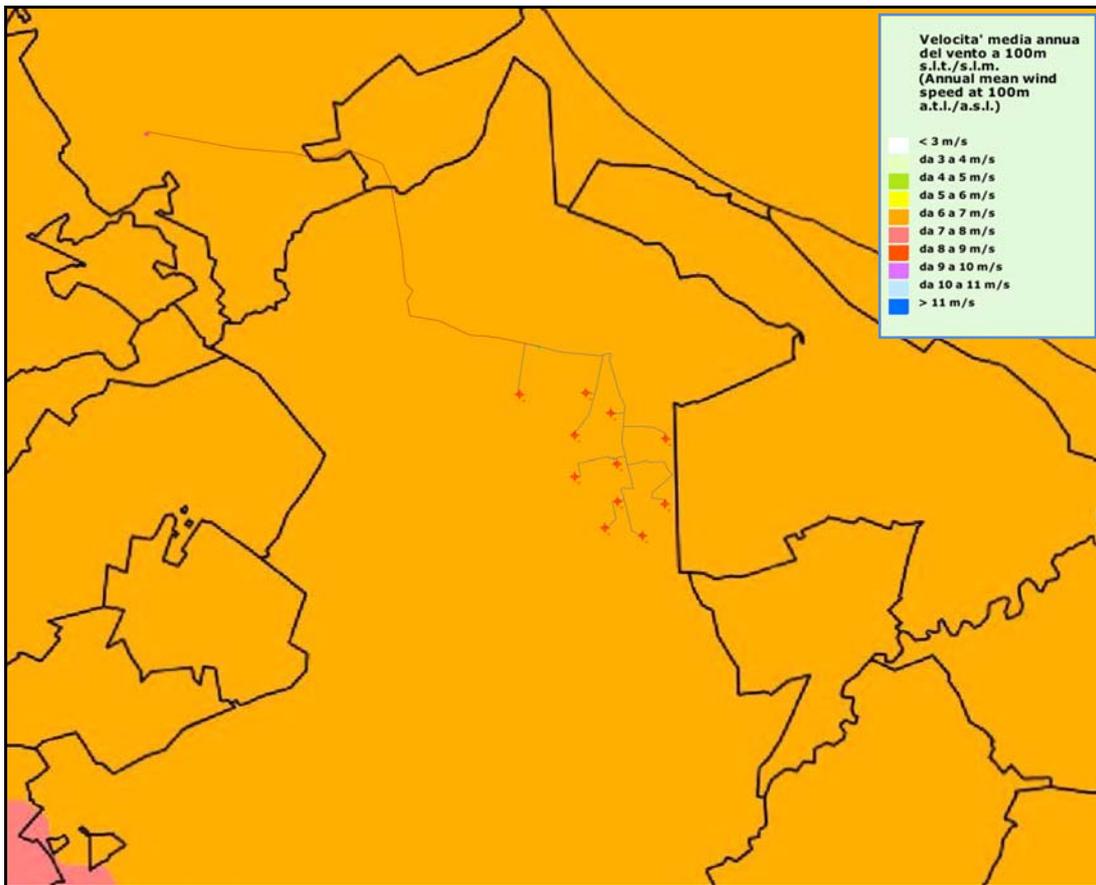
1. compresenza di altri impianti eolici;
2. assenza di aree non eleggibili in base ai piani territoriali vigenti e quindi nel rispetto della destinazione d'uso del suolo e sua vocazione alla trasformazione.

Il sito, in particolare, è stato individuato per le caratteristiche di fattibilità registrate dopo un'attenta analisi basata su parametri come:

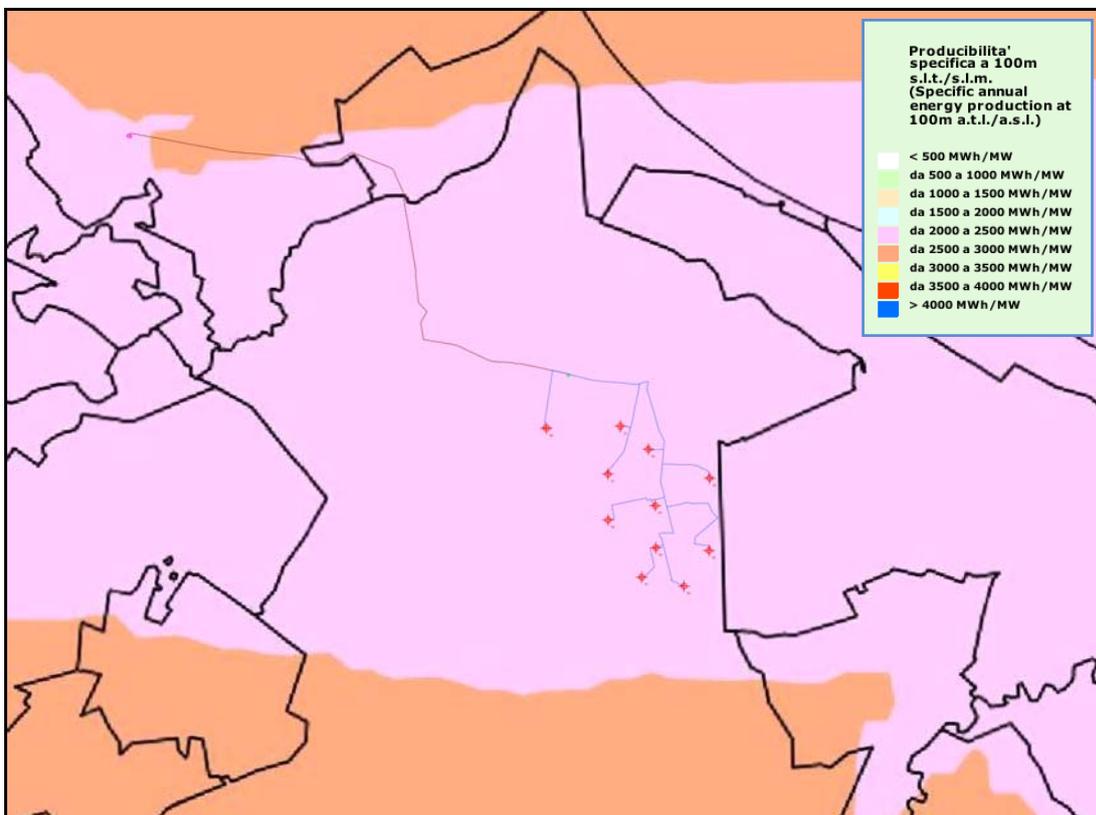
- rilevazioni anemometriche;
- orografia dei luoghi;
- contesto sociale;
- accessibilità;
- vicinanza alla Rete di Trasmissione e distribuzione cui saranno collegati gli aerogeneratori eolici.

Nelle mappe desunte dall'*Atlante eolico* del Cesi e dall'*Atlante Eolico Regionale* si evince nel dettaglio come alla quota di 100 m s.l.t., ad un'altezza prossima a quella delle turbine - altezza rotore pari a 140 m - la velocità media del vento è compresa tra i 6 e 7 m/s, mentre la producibilità varia nell'intervallo compreso tra *le 2000 e le 2500 Mwh*.

L'impianto eolico è costituito n. 11 aerogeneratori con una producibilità attesa di 18.711.360,00 di KWh all'anno circa. (vedi *Relazione di Producibilità*).



Impianto su Atlante eolico interattivo con velocità media annua del vento a 100 m s.l.m.



Impianto su Atlante eolico interattivo con produttività specifica a 100 m s.l.m.

Nello specifico, le aree interessate da un elettrodotto interrato sono individuate, dal *Testo Unico sugli espropri*, come *Aree Impegnate*, cioè le aree necessarie per la sicurezza dell'esercizio e manutenzione dell'elettrodotto; nel caso specifico esse hanno un'ampiezza di 2 m dall'asse linea per parte per il tratto in cavo interrato. Il vincolo preordinato all'esproprio sarà invece apposto sulle "aree potenzialmente impegnate", che equivalgono alle *zone di rispetto* di cui all'art. 52 quater, comma 6, del *Testo Unico sugli espropri n. 327 del 08/06/2001* e successive modificazioni, all'interno delle quali poter inserire eventuali modeste varianti al tracciato dell'elettrodotto senza che le stesse comportino la necessità di nuove autorizzazioni. L'ampiezza delle zone di rispetto (ovvero aree potenzialmente impegnate) sarà di circa 3 m dall'asse linea per parte per il tratto in cavo interrato (ma corrispondente a quella impegnata nei tratti su sede stradale), come meglio indicato nella planimetria catastale allegata. Pertanto, ai fini dell'apposizione del vincolo preordinato all'esproprio, le "aree potenzialmente impegnate" coincidono con le "zone di rispetto"; di conseguenza i terreni ricadenti all'interno di dette zone risulteranno soggetti al suddetto vincolo.

In fase di progetto esecutivo dell'opera si procederà alla delimitazione delle aree effettivamente impegnate dalla stessa con conseguente riduzione delle porzioni di territorio soggette a vincolo preordinato all'esproprio e servitù. L'elenco delle particelle catastali interessate dall'apposizione del vincolo preordinato all'esproprio, con l'indicazione dei nominativi dei proprietari come da risultanze catastali, è riportato nel documento allegato "Elenco ditte catastali". Le *fasce di rispetto* sono quelle definite dalla *Legge 22 febbraio 2001 n. 36*, all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003, emanata con *Decreto MATT del 29 Maggio 2008*. Le simulazioni di campo magnetico riportate nei paragrafi seguenti sono state elaborate tramite l'ausilio di software, le cui routine di calcolo fanno riferimento alla norma *CEI 211 - 4*; norma di riferimento anche per la metodologia di calcolo utilizzata nella *CEI 106 - 11*.

Il progetto, oltre all'ubicazione nell'area di n. 11 aerogeneratori - le cui coordinate sono riportate nella tabella - prevede anche la realizzazione di una linea interrata di collegamento alla sottostazione MT-AT da realizzare, oltre a tutti gli altri interventi connessi alla realizzazione ed all'esercizio dell'impianto eolico (adeguamenti della viabilità interna all'impianto eolico e realizzazione di nuova viabilità di cantiere e di esercizio/servizio, piazzole di montaggio e di esercizio, ecc.)

Numero WTG	Gauss-Boaga (Roma 40)	
	Est	Nord
6	2.596.597,08	4.579.511,87
23	2.599.002,03	4.579.569,33
27	2.598.598,45	4.578.012,90
30	2.599.914,60	4.578.828,23
50	2.601.906,85	4.577.878,83
54	2.600.138,20	4.576.973,42
56	2.598.603,91	4.576.504,11
60	2.600.157,14	4.575.592,74
61	2.599.697,66	4.574.623,17
63	2.601.070,19	4.574.332,11
65	2.601.885,13	4.575.499,54

Coordinate relative all'ubicazione georeferenziata delle singole turbine nel sistema di riferimento Gauss-Boaga (Roma 40)

Pertanto, sono parte integrante del progetto le opere connesse alla realizzazione dello stesso, ossia:

le fondazioni delle torri degli aerogeneratori, dimensionate e progettate tenendo conto le massime sollecitazioni che l'opera trasmette al terreno;

la stazione di utenza, di ricezione dai gruppi di aerogeneratori e trasformazione, costituita da elementi prefabbricati in C.A.V. (Calcestruzzo Armato Vibrato) le cui dimensioni saranno tali da consentire tutte le operazioni necessarie per la corretta gestione dell'impianto, compresa la manutenzione;

la viabilità interna, di collegamento di ciascuna delle postazioni con la viabilità principale, costituita da una serie di strade e di piazzole necessarie ad un agevole raggiungimento di tutti gli aerogeneratori.

La realizzazione delle strade:

- rispetterà l'andamento topografico del luogo;
- cercare di ridurre al minimo potenziali movimenti di terra, tramite l'uso di materiale calcareo da sottofondo e la rifinitura in superficie con una pavimentazione a *Macadam*.

i cavidotti AT e MT per la distribuzione dell'energia.

Si evince che lo scopo principale della relazione è quello di esporre le caratteristiche principali degli impianti presenti nel parco eolico. Le strutture e gli impianti principali sono i seguenti:

- **n. 11 aerogeneratori ognuno di potenza fino a 6 MW**, con trasformatori interni multiten-
sione in uscita a 20 kV/50 HZ;
- **n. 11 fondazioni aerogeneratori**, plinti circolari su pali di fondazione (vedi *Relazione pre-
liminare plinto di fondazione aerogeneratore*)
- **strade e piazzole;**
- **cavidotto interrato interno MT**, che collega gli aerogeneratori in gruppi e i gruppi alla
cabina di smistamento sita all'interno della stazione di utenza;
- **cavidotto interrato AT a 150 KV**, per connessione della sottostazione MT alla sottosta-
zione AT di Terna Distribuzione;
- **n. 1 stazione di utenza MT;**
- **rete telematica di monitoraggio** interna per il controllo dell'impianto mediante trasmis-
sione dati via modem.

1. Aerogeneratori

Il layout finale delle torri è frutto di uno studio approfondito che ha tenuto conto sia di tutti i fattori ambientali e dell'orografia dei luoghi, sia della direzione e velocità dei venti, della vegetazione o degli ostacoli presenti, tutto ciò in relazione al tipo di aerogeneratore prescelto (Vedi anche *Relazione Urbanistica e Relazione Paesaggistica*).

Il risultato di dette elaborazioni ha consentito di ottimizzare il più possibile il layout definitivo del parco eolico, minimizzando sia l'uso delle superfici direttamente interessate dalle torri eoliche, sia di quelle utili per il montaggio e la gestione delle stesse - superfici per le fondazioni, il piazzale, la cabina di trasformazione e il locale tecnico – e senza apportare significative trasformazioni all'uso attuale dei suoli interessati.

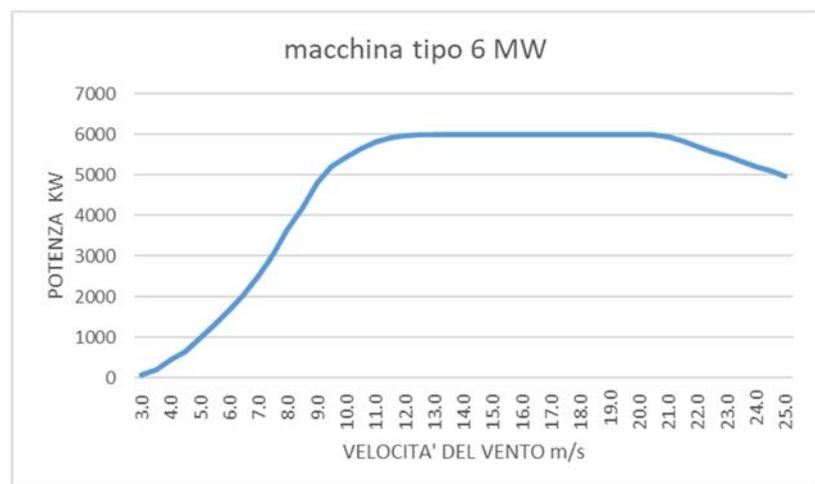
Le torri saranno ubicate ad una distanza di oltre 1000 metri, distanza superiore a 5 D, dove "D" è il diametro del rotore pari a 180 m. La scelta di torri poste a una distanza elevata è stata dettata principalmente a due diversi aspetti progettuali: uno legato all'effetto scia, tanto più lontane sono le turbine tanto minore sarà la perdita di efficienza del parco; l'altro relativo all'inserimento paesaggistico delle stesse per il quale tutti i piani consigliano di posizionare le torri a distanze elevate per diminuire l'effetto barriera. Ogni torre è dotata di apposita piazzola di circa 4000 m² e ad essa si potrà accedere realizzando apposite stradine larghe circa 4,5 m che le congiungeranno alle strade esistenti e assicureranno l'accesso ad ogni aerogeneratore per l'effettuazione dei controlli e manutenzioni periodiche.

CARATTERISTICHE:

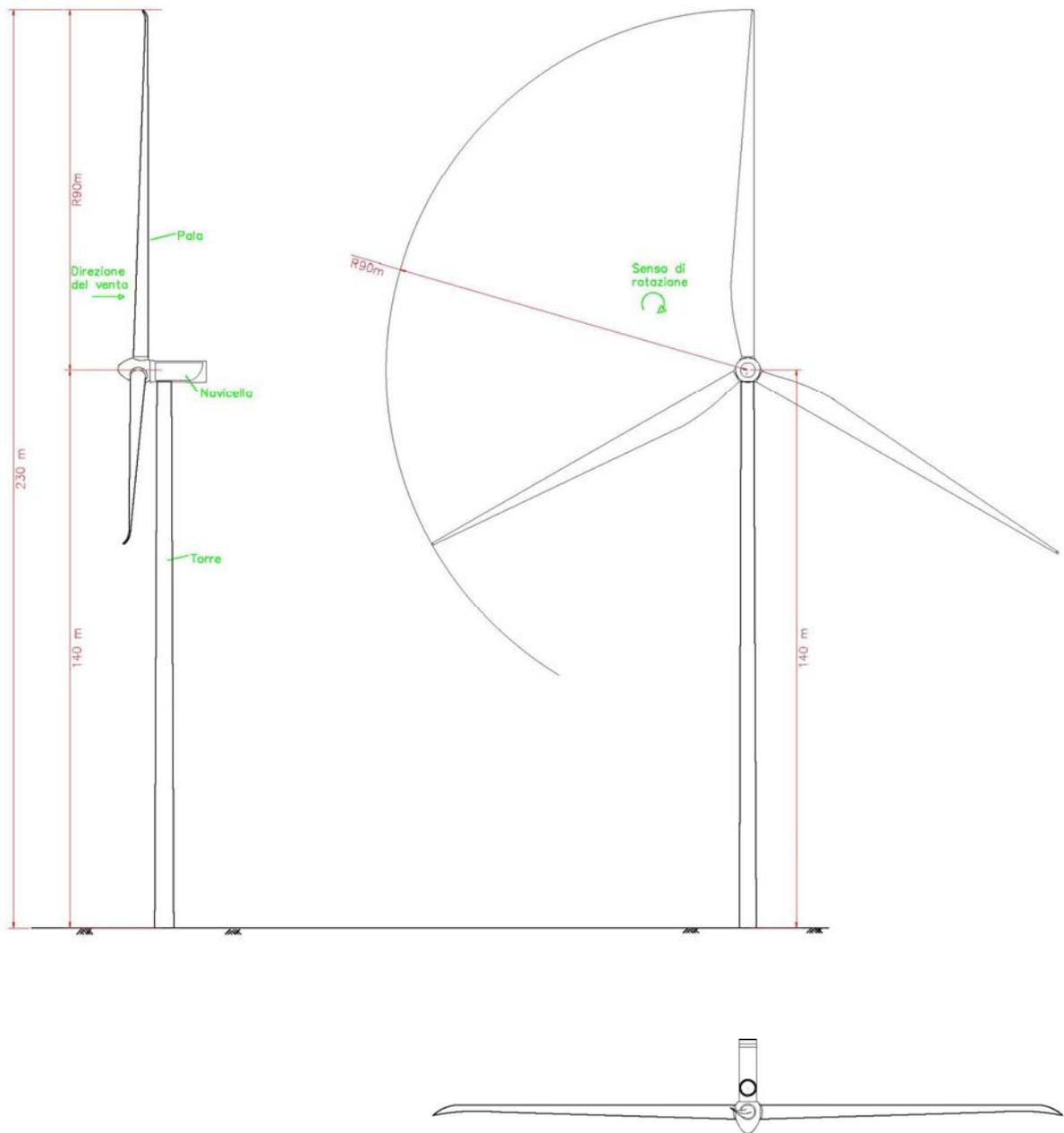
Altezza mozzo: fino a 140 m.

Diametro rotore: fino a 180 m.

Potenza massima unitaria: fino a 6 MW



Caratteristiche Aerogeneratore tipo



Aerogeneratore tipo: prospetto laterale, prospetto frontale e pianta

Il *generatore tipo* da utilizzare sarà a tre eliche, ad asse orizzontale e con generatore elettrico asincrono, del tipo trifase, con potenza nominale fino a 6.000 kW della tipologia fino a 180 m di diametro e fino a 140 m di altezza al mozzo.

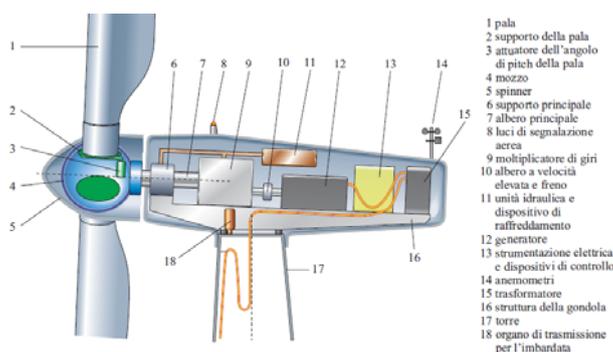
La definizione esatta del tipo di macchina sarà fatta in sede di definizione puntuale dell'impianto.

La scelta del tipo di generatore, comunque, non varia la tipologia del sistema costruttivo-tecnologico, costituito da:

opere di fondazione che nello specifico è di tipo indiretta, su pali e verrà dimensionata sulla base delle risultanze geotecniche del sito. In particolare, la fondazione sarà eseguita con un plinto a base circolare con diametro di circa 36 m, ancorato a un numero adeguato di pali, di tipo trivellato, infissi nel terreno ad una profondità variabile tra 25-40 m. Le caratteristiche strutturali saranno definite in fase esecutiva (Vedi *Relazione preliminare plinto di fondazione per aerogeneratore tipo*);

torre, composta da un cilindro in acciaio di altezza fino a 140 m. Il cilindro tubolare sarà formato da più conci, montati in sito, fino a raggiungere l'altezza voluta. All'interno del tubolare saranno inserite la scala di accesso alla navicella e il cavedio in cui correranno i cavi elettrici necessari al *vettoriamento* dell'energia. Alla base della torre, dove una porta consentirà l'accesso all'interno, nello spazio utile, sarà ubicato il quadro di controllo che, oltre a consentire il controllo da terra di tutte le apparecchiature della navicella, conterrà l'interfaccia necessaria per il controllo remoto dell'intero processo tecnologico. La base della torre è dipinta di verde più scuro, fino ad un'altezza di 5-8 m. Più in alto le variazioni di colore si verificano dopo 2-3 m. L'altezza delle bande di colore è adatto a ogni tipo di torre al fine di garantire un quadro armonico;

navicella, costituita da un involucro in vetroresina, conterrà tutte le apparecchiature necessarie al funzionamento elettrico e meccanico dell'aerogeneratore. In particolare, includerà la turbina che, azionata dalle eliche, con un sistema di ingranaggi e riduttori oleodinamici trasmetterà il moto al generatore elettrico. Oltre ai dispositivi per la produzione energetica, nella navicella saranno ubicati anche i motori che consentono il controllo della posizione della navicella e delle eliche. La prima può ruotare a 360° sul piano di appoggio navicella-torre, le eliche, invece, possono ruotare di 360° sul loro asse longitudinale.



Esempio degli elementi di una navicella

L'energia prodotta sarà portata ad un trasformatore elettrico, posizionato sempre nella navicella, porterà il valore della tensione da 400 V (tensione di uscita dal generatore) a 36 kV (tensione di uscita dal trasformatore). Il tipo di trasformatore è un trifase chiuso ermeticamente con raffreddamento ad olio di silicone: uno speciale olio sintetico con un punto di infiammabilità di oltre 300 °C e permette il raffreddamento del trasformatore.

I cavi in uscita dal trasformatore, passando all'interno del cavedio ricavato nella torre, arriveranno al quadro MT di smistamento posto alla base della torre e indi proseguiranno verso la SSE elettrica 36 kV/150 kV;

eliche: le eliche o pale realizzate in *fibra di vetro*, impregnate con resine epossidiche, rinforzate con fibra di carbonio, assicurano leggerezza e non creano fenomeni indotti di riflessione dei segnali ad alta frequenza che percorrono l'etere. Nel caso specifico la macchina adotta un sistema a tre eliche calettate attorno ad un mozzo, a sua volta fissato all'albero della turbina. Il diametro del sistema mozzo-eliche è fino a 180 m, in funzione della scelta finale del tipo di macchina. Ciascuna pala/elica, in grado di ruotare intorno al proprio asse longitudinale, ad una velocità di rotazione variabile, assume sempre il profilo migliore ai fini dell'impianto del vento. Al *rotore* dell'aerogeneratore tipo, formato da tre pale e avente un diametro fino a 180 m corrisponde un'area spazzata di 25.434 m². Per il controllo dell'erogazione ci sono tre modalità per la verifica della resa energetica:

- 1) a stallo passivo: il rotore gira ad una velocità costante e le pale non sono regolabili;
- 2) a stallo attivo: il rotore opera ad una velocità costante e le pale sono regolabili;
- 3) a controllo di passo: il rotore gira sia a velocità costante che variabile.

Per ridurre la spinta verso l'alto il bordo di entrata della pala è girato verso il vento. Quando il vento supera i 25 m/s, l'aerogeneratore viene posto fuori servizio perché una velocità di vento superiore potrebbe sottoporre i componenti a una eccessiva sollecitazione.

2. Cavidotti MT

L'energia elettrica prodotta da ciascuna torre verrà convogliata al punto di consegna, attraverso le linee MT realizzate con cavi interrati. Questa energia, prodotta in loco, verrà poi conferita tutta alla RTN che la utilizzerà smistandola sul territorio nazionale.

Pertanto, si rende necessaria la realizzazione di un cavidotto interrato a 36 kV di tipo entra-esce per collegare gli 11 aerogeneratori tra di loro e questi alla RTN mediante collegamento in antenna definiti da TERNA S.p.A. e collegati secondo le normative tecniche vigenti.

In particolare, il progetto riguarda gli impianti necessari per permettere il collegamento degli aerogeneratori, a valle della sezione di trasformazione BT/MT (interna agli aerogeneratori), fino alla sottostazione di trasformazione MT/AT.

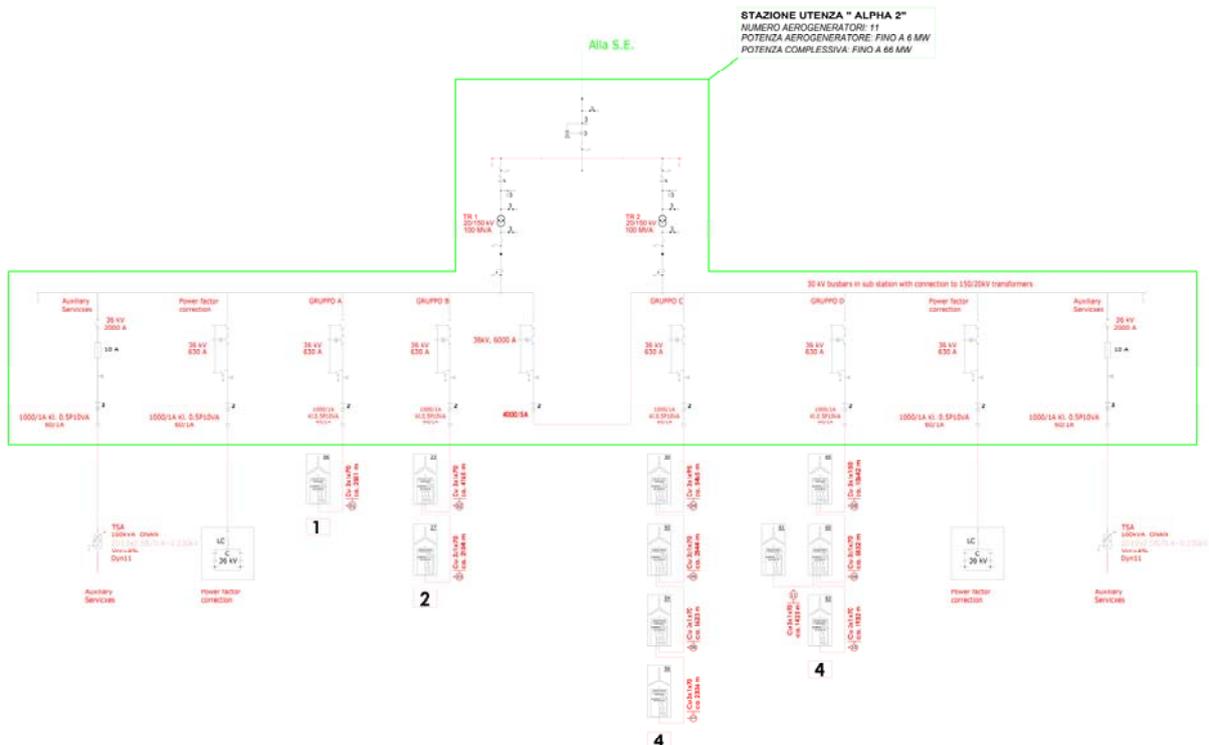
Vista la conformazione del territorio gli 11 aerogeneratori sono suddivisi in quattro gruppi (A, B, C, D), collegati direttamente alla stazione MT. I quattro gruppi sono così suddivisi:

Gruppo A: T06;

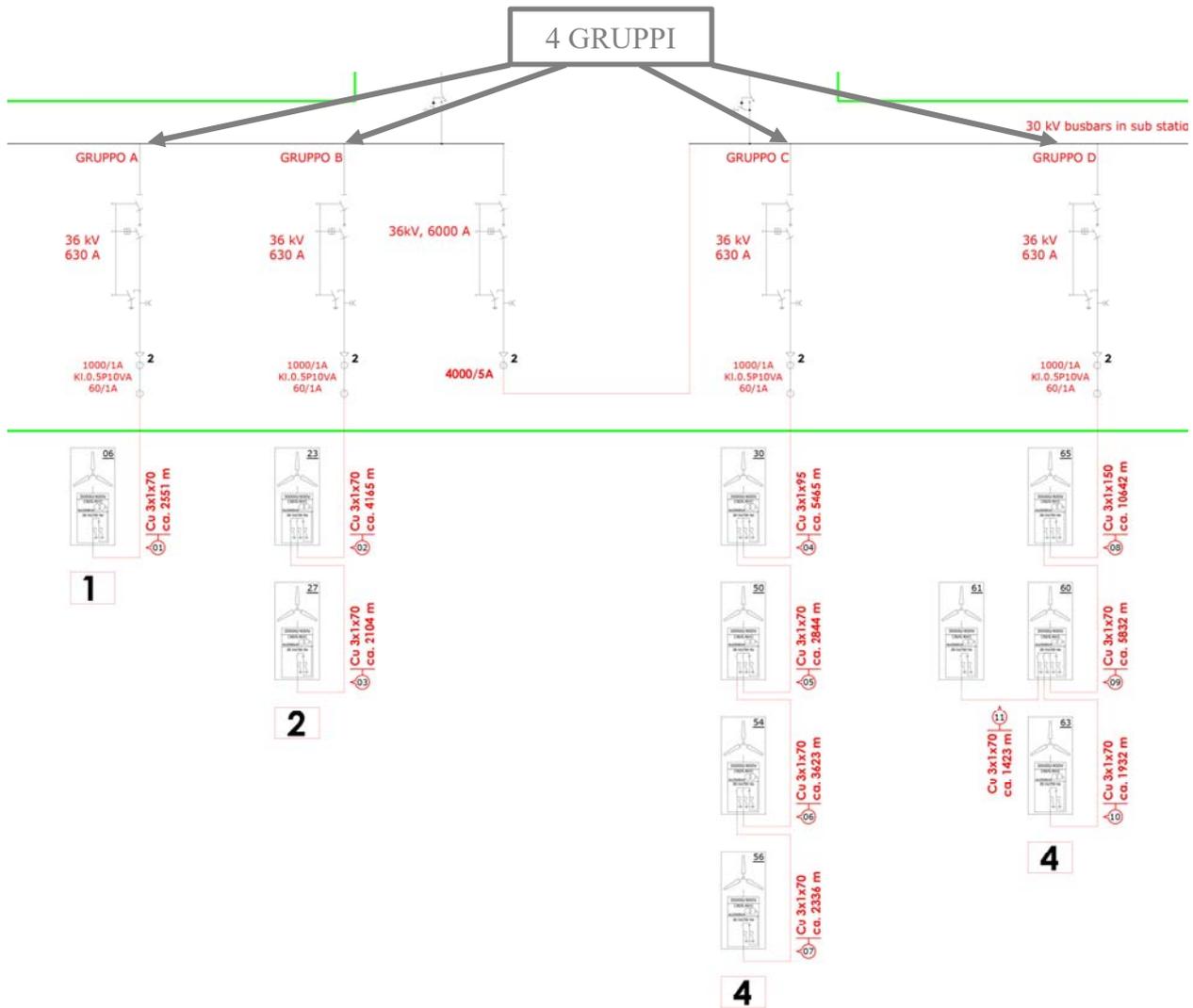
Gruppo B: T23, T27;

Gruppo C: T30, T50, T54, T56;

Gruppo D: T60, T61, T63, T65;



Schema elettrico unifilare (da tav.- Schema elettrico unifilare)



Dettaglio gruppi, schema elettrico unifilare

Gli aerogeneratori di ciascun gruppo sono tra loro collegati mediante linea trifase interrata (cavo tripolare MT 26/45 kV), in configurazione entra-esce.

Dall'ultimo aerogeneratore di ciascun gruppo (cluster), la stessa linea interrata prosegue fino alla *cabina di smistamento MT*.

Il dimensionamento delle linee in cavo si è basato sul criterio della portata in regime permanente con condizioni di carico 100%, secondo quanto prescritto dalle Norme CEI 20-21, e in maniera tale da garantire una caduta di tensione accettabile su ciascuna linea, cosicché la perdita risulti contenuta entro i limiti determinati dalle regolazioni di tensione consentite dai trasformatori; inoltre dovranno sopportare la massima corrente termica in condizioni di corto circuito.

TRATTO	LUNGHEZZA m	SEZIONE CAVO mm ²	TIPO CAVO
01	2551	25,02	(3X1X70)
02	4165	81,69	(3X1X70)
03	2104	20,63	(3X1X70)
04	5465	214,38	(3X1X95)
05	2844	83,67	(3X1X70)
06	3623	71,06	(3X1X70)
07	2336	22,91	(3X1X70)
08	10642	417,47	(3X1X150)
09	5832	171,59	(3X1X70)
10	1932	18,95	(3X1X70)
11	1423	13,96	(3X1X70)

Tabella che riporta la lunghezza dei tratti dei cavi, il diametro effettivo dei cavi e la scelta del cavo relativa alla grandezza del diametro stesso.

U max: 36 kV

Caratteristiche tecniche/Technical characteristics			Caratteristiche elettriche/Electrical characteristics		
Formazione	Ø nominale cavo	Peso indicativo cavo	Corrente Nominale		
Size	Nominal cable Ø	Approx. cable weight	Current rating		
n° x mm ²	mm	kg/km	in aria In air	in tubo In duct	interrato* buried*
1 x 70	31,7	908,0	239	189	232
1 x 95	33,4	1034,0	288	222	278
1 x 120	35,0	1160,0	332	259	320
1 x 150	36,4	1284,0	379	290	354
1 x 185	38,3	1449,0	433	322	405
1 x 240	40,6	1677,0	513	386	468
1 x 300	43,1	1931,0	590	440	526
1 x 400	46,3	2283,0	685	510	605
1 x 500	50,0	2723,0	803	587	684
1 x 630	53,5	3254,0	933	680	794
1 x 800	58,9	3990,0	1075	772	899

Caratteristiche elettriche/Electrical characteristics

Formazione	Resistenza elettrica in CC a 20°C	Resistenza elettrica CA a 90°C	Induttanza	Reattanza a 50Hz	Capacità a 50Hz	Corrente di carica a 50Hz	Perdite nel dielettrico a 50Hz	Corrente di corto circuito del conduttore per 1 sec.	Corrente di corto circuito dello schermo metallico per 1 sec.
Size	Max. DC electrical resistance at 20°C	Max. AC electrical resistance at 90°C	Inductance	Reactance at 50Hz	Capacitance at 50 Hz	Charging Current at 50 Hz	Dielectric Losses at 50 Hz	Conductor Short Circuit Current for 1 sec.	Metallic Screen Short Circuit Current for 1 sec.
n° x mm ²	Ω/Km	Ω/Km	mH/Km	Ω/Km	μ/Km	Amp/Km	W/Km/phase	kA	kA
1 x 70	0,443	0,5682	0,4288	0,1347	0,1595	0,9019	64,94	6,6	2,2
1 x 95	0,32	0,4106	0,4108	0,1291	0,1742	0,9851	70,93	9	2,3
1 x 120	0,253	0,3248	0,3968	0,1247	0,1878	1,0621	76,47	11,3	2,4
1 x 150	0,206	0,2646	0,3837	0,1205	0,2013	1,1385	81,97	14,2	2,5
1 x 185	0,164	0,211	0,3711	0,1166	0,2177	1,2309	88,62	17,5	2,7
1 x 240	0,125	0,1612	0,3556	0,1117	0,2396	1,355	97,56	22,7	2,8
1 x 300	0,1	0,1295	0,3456	0,1086	0,2615	1,4786	106,46	28,3	3,1
1 x 400	0,0778	0,1015	0,3282	0,1031	0,2898	1,639	118,01	37,8	3,3
1 x 500	0,0605	0,0799	0,3170	0,0996	0,3228	1,8255	131,43	47,2	3,7
1 x 630	0,0469	0,0632	0,3071	0,0965	0,3538	2,0007	144,05	59,5	3,9
1 x 800	0,0367	0,0512	0,2953	0,0928	0,4006	2,2655	163,11	75,6	4,7

Caratteristiche tecniche e caratteristiche elettriche dei cavi MT – Fonte brochure ComCavi Multimedia, Renewable Supplies – Solution for your needs - p. 41.

2.1. Tipologia dei cavi MT

I cavi che si pensa di adottare sono del tipo *ARE4H5EX 12/20 kV – 18/30 kV*.

RIFERIMENTO NORMATIVO/STANDARD REFERENCE

Costruzione e requisiti/ <i>Construction and specifications</i>	IEC 60228 IEC 60502-2
Propagazione fiamma/ <i>Flame propagation</i>	IEC 60332-1
Misura delle scariche parziali/ <i>Measurement of partial discharges</i>	IEC 60885-3
Direttiva RoHS/ <i>RoHS Directive</i>	2011/65/CE



Cavi Media Tensione per impianti eolici – Fonte brochure *ComCavi Multimedia, Renewable Supplies – Solution for your needs* - p. 4

Caratteristiche Funzionali

- *Tensione nominale U_0/U : 12/20 kV (24) -18/30 kV (36);*
- *Temperatura massima di esercizio: 90 °C;*
- *Temperatura massima di corto circuito: 250 °C;*
- *Raggio minimo di curvatura consigliato: 20 volte il diametro del cavo;*
- *Temperatura minima di posa: - 25 °C.*

I cavi utilizzati saranno del tipo con conduttori in corda rigida compatta di alluminio, con isolamento in polietilene reticolato (XPLE) provvisti di due strati semiconduttivi interni ed esterni all'isolante primario. Lo schermo metallico sarà costituito da un nastro di alluminio laminato e la guaina esterna è costituita da polietilene a media densità (MDPE) di colore rosso.

	CONDUTTORE Materiale: Alluminio, corda rigida compatta, classe 2
	SCHERMO DEL CONDUTTORE Mescola Semiconduttiva Estrusa Termoindurente
	ISOLAMENTO Materiale: XLPE
	STRATO SEMICONDUITIVO Mescola Semiconduttiva Estrusa Termoindurente (saldato)
	NASTRO WATER BLOCKING Nastro semiconduttivo per bloccare l'umidità
	SCHERMO Tipo: Nastro di alluminio laminato
	GUAINA ESTERNA Materiale: MDPE (ST7) Colore: Rosso

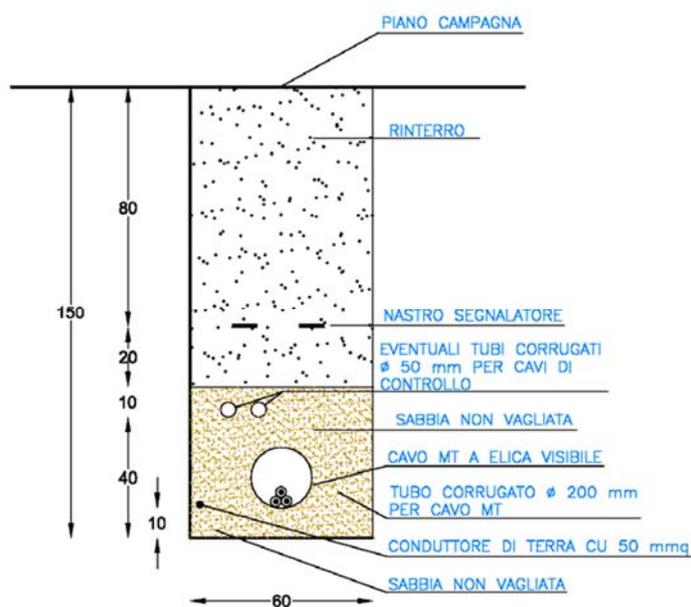
Costruzione del cavo – Fonte brochure *ComCavi Multimedia, Renewable Supplies – Solution for your needs* - p. 43

2.2.Posa in opera del cavo MT

La modalità di posa in opera del cavo può essere in aria libera o interrata, in tubo o canale. I suddetti cavi saranno interrati ad una profondità di circa 1,5 -2 metri, e la posa sarà effettuata realizzando una trincea a sezione costante di circa 60 centimetri di larghezza (minima), ponendo sul fondo dello scavo, opportunamente livellato un letto sabbia fine di 10 cm o di terreno escavato se dalle buone caratteristiche geomeccaniche. Sul fondo dello scavo sarà posato il conduttore di protezione costituito da una corda di rame stagnata avente una sezione di 50 mm² o in alluminio di sezione equivalente, tale conduttore sarà interamente ricoperto dalla terra compattata. Al di sopra di tale strato si poseranno quindi le terne di conduttori a media tensione. I cavi saranno poi ricoperti da uno strato di circa 10 cm di terra vagliata e compattata. Al di sopra di tale strato saranno posate per tutta la lunghezza dello scavo, ed in corrispondenza dei cavi,

delle beole aventi la funzione di protezione da eventuali colpi di piccone o altro attrezzo da scavo, in caso di dissotterramenti futuri, nonché quella di indicare la posizione dei cavi stessi. Dopo la posa delle beole, si procederà al reiterno dello scavo con la terra proveniente allo scavo stesso debitamente compat-tata, fino ad una quota inferiore di 15 centimetri al piano campagna. A tale quota si poserà quindi, una rete di plastica rossa o altro mezzo indicativo simile (nastri plastificati rossi, etc.) atto a segnalare la presenza dei cavi sottostanti.

In caso di percorso totalmente su terreno vegetale, lo scavo sarà completato con altro terreno vegetale, proveniente dallo scavo stesso, fino alla quota del piano campagna. In caso di attraversamenti stradali o di percorsi lungo una strada, la trincea di posa verrà realizzata secondo le indicazioni dei diversi Enti Gestori (Amm.ne Comunale e/o Provinciale). Tutto il percorso dei cavi sarà opportunamente segnalato con l'infissione periodica - ogni 50 m - di cartelli metallici indicanti l'esistenza dei cavi a MT sottostanti. 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). Ogni 500 m, o a una distanza diversa, dipendente dalle lunghezze commerciali dei cavi, si predisporranno delle camere cavi, costituite da *pozzetti di ispezione* 80 cm x 80 cm, adatte ad eseguire le giunzioni necessarie fra le diverse tratte di cavi.



Sezione tipo di un cavo MT di settore

Lo schermo dei cavi a MT in alluminio laminato non può essere usato come conduttore di terra per altre parti dell'impianto. Ai sensi della CEI 11-27 gli schermi dei cavi MT saranno sempre aterrati alle estremità e possibilmente nella mezzera del tratto più lungo collegandoli alla corda di terra presente nello

scavo.

Inoltre, la sottostazione sarà dotata di interruttori MT separati per i vari gruppi di generazione, sezionatori di terra, lampade di presenza rete ad accoppiamento capacitivo, trasformatori di misura. Gli interruttori MT forniranno la protezione dai corto circuiti, dai sovraccarichi, dai guasti a terra. Sarà presente anche un trasformatore MT/BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari di sottostazione.

Infine, per quanto riguarda la protezione di interfaccia, avente lo scopo di separare i gruppi di generazione a MT della rete di trasmissione AT in caso di malfunzionamento della rete stessa, sarà garantita dalla presenza di rilevatori di minima e massima tensione, minima e massima frequenza, minima tensione omeopolare.

3. Cavidotto AT

Oggetto del presente capitolo è il collegamento AT dalla Stazione d'Utenza (SSE) alla Stazione di Rete della RTN. La stazione di trasformazione MT/AT verrà realizzata a circa 17 km dalla Stazione Terna S.p.A. Il tracciato del cavidotto interno si estende nella sua lunghezza totale per 26.939,32 m, mentre il cavidotto esterno per circa 19.661,40 m. La restante parte di cavidotto interessa le strade locali esistenti. L'elettrodotta sarà costituita da una terna composta di tre cavi unipolari realizzati con conduttore in rame, isolante in XLPE, schermatura in alluminio e guaina esterna in polietilene ed è stato progettato in modo tale da recare minor sacrificio possibile alle proprietà interessate, avendo cura di vagliare le situazioni esistenti sui fondi da asservire rispetto anche alle condizioni dei terreni limitrofi. Ciascun conduttore di energia avrà una sezione indicativa di circa 300 mm².

La Normativa che regola la progettazione dell'elettrodotta è il *D.M. 21.03.1988*, regolamento di attuazione della *Legge n. 339 del 28.06.1986*, per quanto applicabile, ed alle *Norme CEI 11-17* e ss.mm.ii.

Il collegamento dovrà essere in grado di trasportare la potenza massima dell'impianto.

Se si considera il funzionamento a $\cos\varphi$ pari a 0,95, poiché l'impianto è costituito da **11** aerogeneratori di potenza pari a **6** MW, si ha:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V \cos\varphi} = \mathbf{1250 \text{ A}}$$

Dalle tabelle dei cavi, per un cavo di sezione pari a **300** mm² e per le condizioni standard da catalogo (resistività termica del terreno: 1 Km/W; profondità di posa: 1,2 m; temperatura del cavo: 90°C; frequenza

elettrica: 50 Hz), considerando la posa a trifoglio, otteniamo un valore di corrente massima I_0 pari **1250** A. Valori indicativi della resistività termica di alcuni materiali e coefficiente di correzione della portata K_4 per resistività termica del terreno diversa da 1 Km/W. Dove:

I_0 = portata per posa interrata ad una temperatura di 20°C per cavi isolati multipolari o uni polari ad una profondità di posa di 1,2 m e resistività termica del terreno di 1 Km/W.

La resistività del terreno non è sempre di facile valutazione, per il calcolo abbiamo assunto un valore pari a circa 1,2 Km/W.

K_1 = fattore di correzione per temperature diverse da 20 °C;

K_2 = fattore di correzione per gruppi di più circuiti affiancati sullo stesso piano;

K_3 = fattore di correzione per profondità di posa diverse da 1 m;

K_4 = fattore di correzione per terreni con resistività termica diversa da 1 Km/W.

$I_z = I_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$ = portata massima corretta.

Table 8

Rating factor for laying depth	
Laying depth, m	Rating factor
0.50	1.10
0.70	1.05
0.90	1.01
1.00	1.00
1.20	0.98
1.50	0.95

Table 9

Rating factor for ground temperature								
Conductor temperature, °C	Ground temperature, °C							
	10	15	20	25	30	35	40	45
90	1.07	1.04	1	0.96	0.93	0.89	0.84	0.80
65	1.11	1.05	1	0.94	0.88	0.82	0.74	0.66

Table 10

Rating factor for ground thermal resistivity							
Thermal resistivity, Km/W	0.7	1.0	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0
Rating factor	1.14	1.00	0.93	0.84	0.74	0.67	0.61

Tabella coefficienti correttivi

Tanto più elevata è la resistività termica del terreno tanto maggiore diventa la difficoltà del cavo a smaltire il calore attraverso gli strati del terreno.

La resistività termica varia a seconda del tipo di terreno e del suo grado di umidità, correggendo i valori della portata con le condizioni di posa considerate, si ottiene:

- $K1 = 1$;

- $K2 = 1$;

- $K3 = (1/0,98) \times 0,95 = 0,97$;

- $K4 = 0,93$;

- $I_z = I_0 \times K1 \times K2 \times K3 \times K4 = 1127.625 \text{ A}$ (portata massima corretta).

Da cui si evince che la sezione selezionata è adeguata al trasporto della potenza richiesta. Nel seguito sono riassunte le caratteristiche elettriche principali del collegamento:

- Frequenza nominale: **50 Hz**
- Tensione nominale: **150 KV**
- Potenza nominale dell'impianto eolico da collegare: **144 MW**
- Intensità di corrente nominale I_n (per fase): **1250 A**
- Intensità di corrente massima I_z nelle condizioni di posa (per fase): **1127.625 A**

In base ai calcoli precedentemente effettuati, ciascun cavo d'energia a 150 kV sarà costituito da un conduttore in rame compatto di sezione indicativa pari a circa **300 mm²**.

3.1. Tipologia del cavo AT



Cavo AT

I giunti unipolari saranno posizionati lungo il percorso del cavo, a circa 500 m l'uno dall'altro, ed ubicati all'interno di opportune buche giunti che avranno una configurazione come descritto in allegato. Il posizionamento dei giunti sarà determinato in sede di progetto esecutivo in funzione delle interferenze sotto il piano di campagna e della possibilità di trasporto.

Cross-section of conductor	Diameter of conductor	Insulation thickness	Diameter over insulation	Cross-section of screen	Outer diameter of cable	Cable weight (Al-conductor)	Cable weight (Cu-conductor)	Capacitance	Charging current per phase at 50 Hz	Inductance		Surge impedance
										●●●	●●●●	
mm ²	mm	mm	mm	mm ²	mm	kg/m	kg/m	μF/km	A/km	mH/km	mH/km	Ω
Table 31												
Single-core cables, nominal voltage 150 kV ($U_m = 170$ kV)												
240	18	21.0	61.7	95	74.0	5.2	6.7	0.12	3.3	0.47	0.65	45.3
300	20.5	20.0	62	95	74.0	5.3	7.2	0.13	3.6	0.45	0.62	41.3
400	23.1	19.0	62.8	95	75.0	5.6	8.1	0.15	4.1	0.42	0.60	36.5
500	26.4	18.0	64.4	95	76.0	5.9	9.0	0.17	4.6	0.40	0.58	32.4
630	30.2	17.0	66.0	95	78.0	6.3	10.2	0.19	5.2	0.38	0.55	28.7
800	33.7	17.0	69.9	95	83.0	7.1	12.1	0.21	5.7	0.37	0.54	26.4
1000	37.9	17.0	74.1	95	87.0	8.0	14.2	0.23	6.2	0.35	0.52	24.1
1200	44	17.0	82.0	95	94.0	9.0	16.5	0.26	7.1	0.34	0.50	21.9
1400	49	17.0	87.0	95	101.0	10.3	19.0	0.28	7.6	0.33	0.48	20.3
1600	52	17.0	90.0	95	105.0	11.1	21.0	0.29	8.0	0.33	0.48	19.5
2000	56	17.0	94.0	95	109.0	12.5	24.9	0.31	8.4	0.32	0.47	18.3
2500	66	17.0	104.0	95	120.0	14.8	30.3	0.35	9.5	0.31	0.41	16.1
3000	72	17.0	110.0	95	126.0	16.7	35.3	0.38	10.2	0.31	0.39	14.9

Caratteristiche elettriche dei cavi

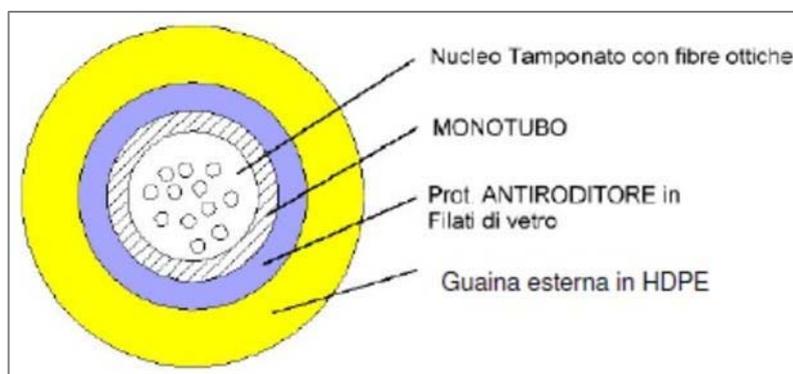
Dimensions/Cross Section		
Conductor, AL/Cu, round, stranded, diameter	mm	72
XLPE insulation	mm	17
Screen, copper wire, cross section	mm ²	95
Outer diameter	mm	126
Cable weight (Cu)	kg/m	35
Permissible pulling force (Cu)	kN	140
Bending radius during laying at terminations	m	3,0
Electrical Data		
Al conductor DC resistance at 20°C	Ω/km	0,0060

Al conductor AC resistance at 90°C	Ω/km	0,0119
Field strength at U _o at conductor screen	kV/mm	8,2
Capacitance per core	nF/km	0,38
Inductance	mH/km	0,31
Current Ratings/Power Ratings (continuous load)		
Cu conductor cables	A/MVA	1950/590

Caratteristiche tecniche del cavo AT adottato

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.

Il sistema di telecomunicazioni sarà realizzato per la trasmissione dati dalla Stazione Elettrica di TERNA alla Stazione di Utenza. Sarà costituito da un cavo con 12 o 24 fibre ottiche. Nella figura seguente è riportato lo schema del cavo f.o. che potrà essere utilizzato per il sistema di telecomunicazioni.



Sezioni dei cavi a fibre ottiche

3.2.Posa in opera del cavo AT

La modalità di posa in opera del cavo terrà conto degli attraversamenti di eventuali opere interferenti, eseguiti in accordo a quanto previsto dalla *Norma CEI 11-17*.

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1.6 m, con disposizione delle fasi a trifoglio. 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 opportuna di sabbia vagliata. Saranno protetti e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, ed ove necessario anche da lastre 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.

Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici. I cavi aventi la stessa tensione possono essere posati alla stessa profondità, ad una distanza di circa 3 volte il loro diametro nel caso di posa diretta.

Incroci tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione. Negli incroci il cavo elettrico, di regola, deve essere situato inferiormente al cavo di telecomunicazione. La distanza fra i due cavi non deve essere inferiore 0,30 m ed inoltre il cavo posto superiormente deve essere protetto, per una lunghezza non inferiore ad 1 m, mediante un dispositivo di protezione identico a quello previsto per i parallelismi. Tali dispositivi devono essere disposti simmetricamente rispetto all'altro cavo.

Ove, per giustificate esigenze tecniche, non possa essere rispettato il distanziamento minimo di cui sopra, anche sul cavo sottostante deve essere applicata una protezione analoga a quella prescritta per il cavo situato superiormente. Non è necessario osservare le prescrizioni sopraindicate quando almeno uno dei due cavi è posto dentro appositi manufatti che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza necessità di effettuare scavi.

Parallelismo tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione. Nei parallelismi con cavi di telecomunicazione i cavi elettrici devono di regola, essere posati alla maggiore distanza possibile fra loro e quando vengono posati lungo la stessa strada si devono posare possibilmente ai lati opposti di questa. Ove, per giustificate esigenze tecniche, non sia possibile attuare quanto sopra è ammesso posare i cavi in vicinanza purchè sia mantenuta tra i due cavi una distanza minima, in proiezione sul piano orizzontale, non inferiore a 0,30 m. Qualora detta distanza non possa essere rispettata è necessario applicare sui cavi uno dei seguenti dispositivi di protezione:

- Cassetta metallica zincata a caldo;
- Tubazione in acciaio zincato a caldo;
- Tubazione in PVC o fibrocemento, rivestite esternamente con uno spessore di calcestruzzo non inferiore a 10 cm.

I predetti dispositivi possono essere omessi sul cavo posato alla maggiore profondità quando la differenza

di quota tra i due cavi è uguale o superiore a 0,15 m. Le prescrizioni di cui sopra non si applicano quando almeno uno dei due cavi è posato, per tutta la parte interessata in appositi manufatti (tubazione, cunicoli, ecc.) che proteggono il cavo stesso rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la possibilità di effettuare scavi.

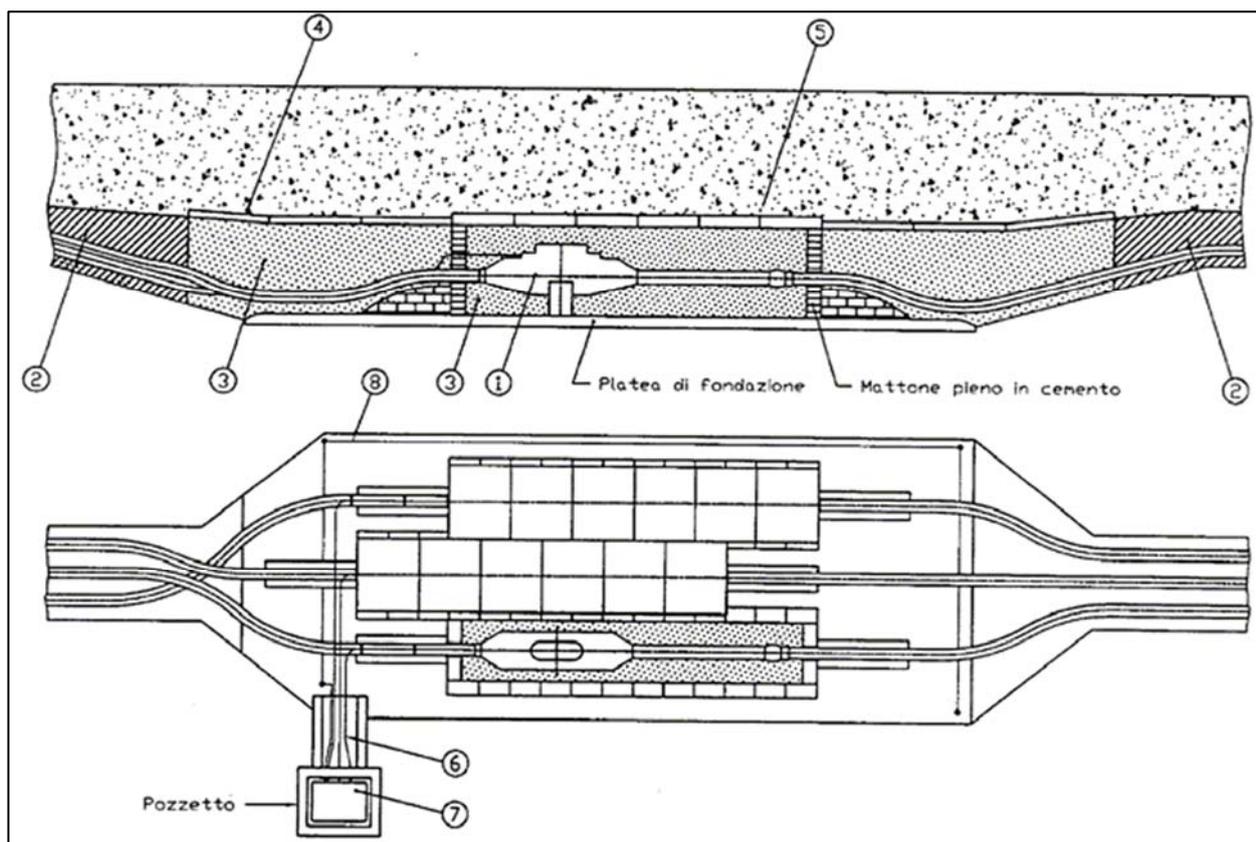
Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici e tubazioni oppure strutture metalliche interrato.

La distanza in proiezione orizzontale tra cavi elettrici e tubazioni metalliche interrato parallelamente ad esse non deve essere inferiore a 0,30 m. Si può tuttavia derogare dalla prescrizione suddetta previo accordo tra gli esercenti quando:

1. la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0,50 m;
2. tale differenza è compresa tra 0,30 m e 0,50 m, ma si interpongono fra le due strutture elementi separatori non metallici nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

Non devono mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubi convoglianti fluidi infiammabili; per le tubazioni per altro tipo di posa è invece consentito, previo accordo tra gli Enti interessati, purché il cavo elettrico e la tubazione non siano posti a diretto contatto fra loro. Le superfici esterne di cavi d'energia e tubazioni metalliche interrato non deve essere effettuato sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni stesse. Non si devono effettuare giunti sui cavi a distanza inferiore ad 1 m dal punto di incrocio. Nessuna prescrizione è data nel caso in cui la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi elettrici e di tubazioni metalliche o fra quelle di eventuali loro manufatti di protezione, è superiore a 0,50 m. Tale distanza può essere ridotta fino ad un minimo di 0,30 m, quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico, prolungato per almeno 0,30 m per parte rispetto all'ingombro in pianta dell'altra struttura oppure quando fra le strutture che si incrociano si venga interposto un elemento separatore non metallico (ad esempio lastre di calcestruzzo o di materiale isolante rigido); questo elemento deve poter coprire, oltre alla superficie di sovrapposizione in pianta delle strutture che si incrociano, quella di una striscia di circa 0,30 m di larghezza ad essa periferica. Le distanze suddette possono ulteriormente essere ridotte, previo accordo fra gli Enti proprietari o Concessionari, se entrambe le strutture sono contenute in un manufatto di protezione non metallico. Prescrizioni analoghe devono essere osservate nel caso in cui non risulti possibile tenere l'incrocio a distanza uguale o superiore a 1 m dal giunto di un cavo oppure nei tratti che precedono o seguono immediatamente incroci eseguiti sotto angoli inferiori a 60° e per i quali non risulti possibile osservare prescrizioni sul distanziamento.

La realizzazione dell'opera avverrà per *fasi sequenziali di lavoro* che permettano di contenere le operazioni in un tratto limitato - circa 500 metri - della linea in progetto, avanzando progressivamente sul territorio.



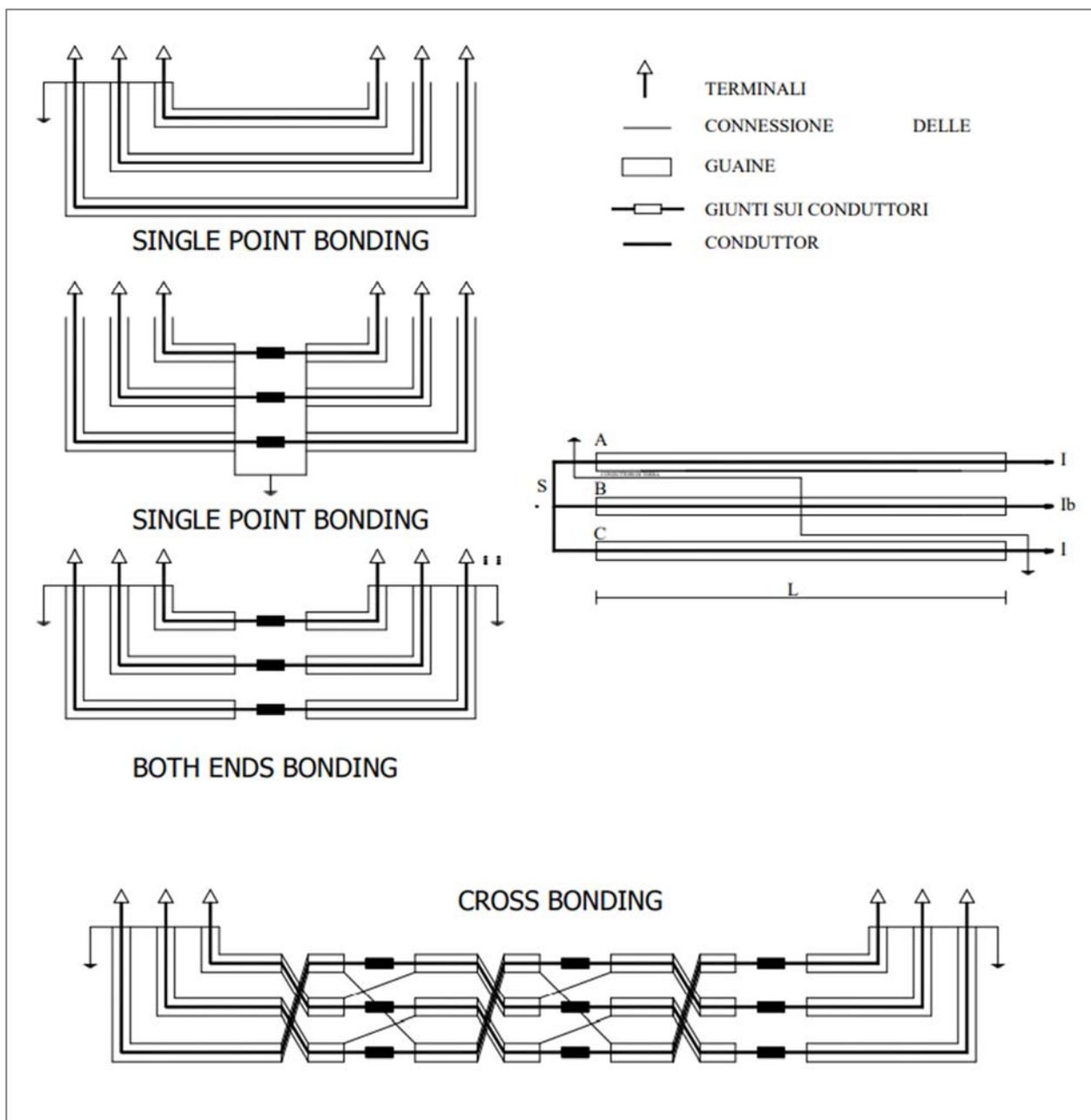
Buca giunti

Descrizione dei materiali

1. Giunti unipolari sezionati GMS 1170/1245
2. Cemento Magro
3. Sabbia a bassa resistività
4. Lastra protezione cavi
5. Lastra protezione giunti
6. Cavo concentrico
7. Cassetta sezionamento guaine
8. Coll. di messa a terra guaine metalliche

Dimensioni standard della buca giunti sezionati

- Lunghezza 8 m
- Larghezza 2,5 m
- Profondità 2 m



Schema connessione delle guaine metalliche

In generale le operazioni si articoleranno secondo le fasi elencate nel modo seguente:

- realizzazione delle infrastrutture temporanee di cantiere;
- apertura della fascia di lavoro e scavo della trincea;
- posa dei cavi e realizzazione delle giunzioni;
- ricopertura della linea e ripristini.

In alcuni casi particolari e comunque dove si renderà necessario, in particolare per tratti interni ai centri abitati e in corrispondenza di attraversamenti, si potrà procedere anche con modalità diverse da quelle su esposte.

In particolare si evidenzia che in alcuni casi sarà necessario procedere con:

- posa del cavo in tubo interrato;
- staffaggio su ponti o strutture preesistenti;
- perforazione teleguidata;
- realizzazione manufatti per attraversamenti corsi d'acqua;

Al termine dei lavori civili ed elettromeccanici sarà effettuato il collaudo della linea.

L'elettrodotto in cavo non costituisce fonte di rumore.

4. Stazione di Utenza

L'allacciamento di un campo eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) è subordinato alla richiesta di connessione alla rete da presentare al Gestore o in alternativa all'ente distributore qualora la rete non faccia parte della rete di trasmissione nazionale.

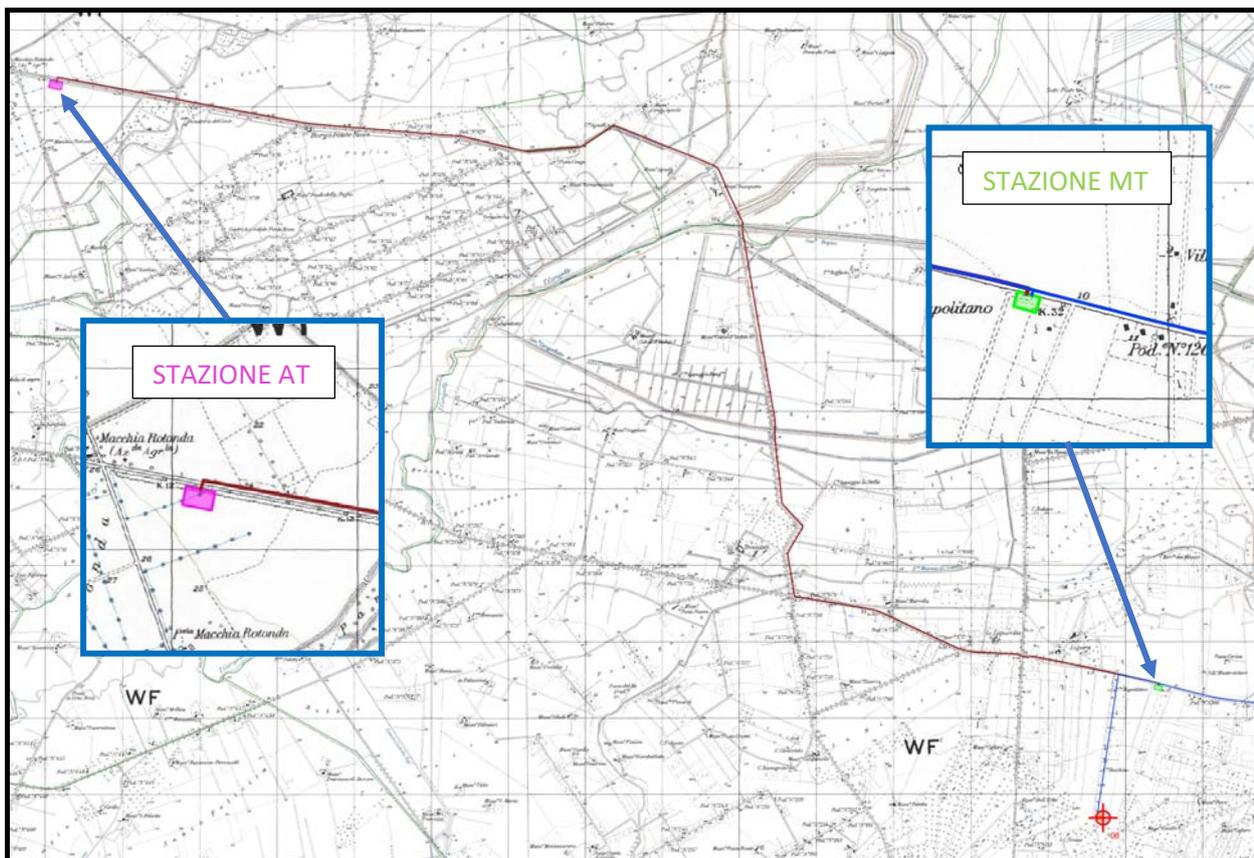
Sostanzialmente possono presentarsi due casi:

- la connessione alla RTN o alla rete di distribuzione avviene attraverso una stazione esistente;
- la connessione avviene attraverso la realizzazione di una *nuova stazione elettrica* (caso in esame).

Gli Enti suddetti definiscono i requisiti e le caratteristiche di riferimento delle nuove stazioni elettriche, poiché ovviamente esse devono essere compatibili con la rete esistente, oltre alle dimensioni delle stesse nel caso in cui debbano avere future espansioni.

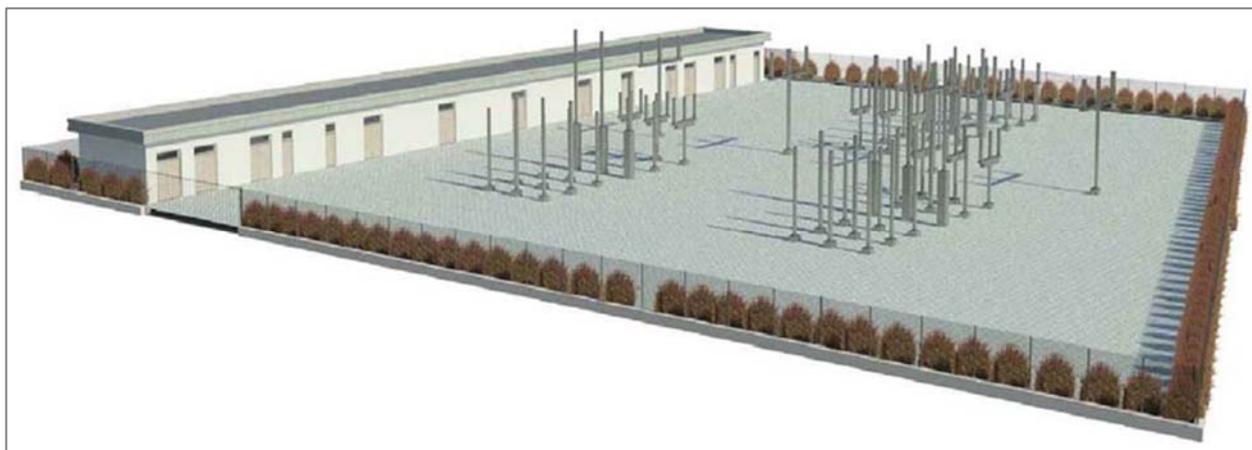
Per il parco eolico *ALPHA2* il Gestore prescrive che l'impianto debba essere collegato con la sezione a 150 kV della Stazione Elettrica di TERNA attraverso la realizzazione di una stazione elettrica di utenza che serve a concentrare l'energia prodotta dagli aerogeneratori per trasformarla in alta tensione a 150 kV e per il successivo smistamento alla Stazione di Rete.

Per il dimensionamento della stazione e la definizione delle modalità di connessione dell'impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) si è fatto riferimento al Codice di Rete di TERNA S.p.A. e, in particolare, alla *Guida agli schemi di connessione* (N° INSIX.1000 Rev.00 del 23.05.2000).



Inquadramento territoriale stazioni elettriche: Stazione Terna S.p.a. e Stazione di Utenza del parco eolico ALPHA 2.

La stazione di utenza, ubicata all'interno di un'area recintata di circa 80 m x 60 m, il trasformatore MT/AT e tutta la sezione impiantistica in AT a 150 kV, sono posizionati all'aperto, mentre le sezioni MT e BT all'interno di un manufatto in muratura ordinaria e/o strutture prefabbricate leggere, avente le seguenti dimensioni complessive di 29,40 m x 6,70 m con altezza interna di 3 m, suddiviso in vari locali funzionali: locale quadri MT; locale trasformatore MT/BT per servizi ausiliari di cabina; locale misure; locale sistema di telecontrollo.

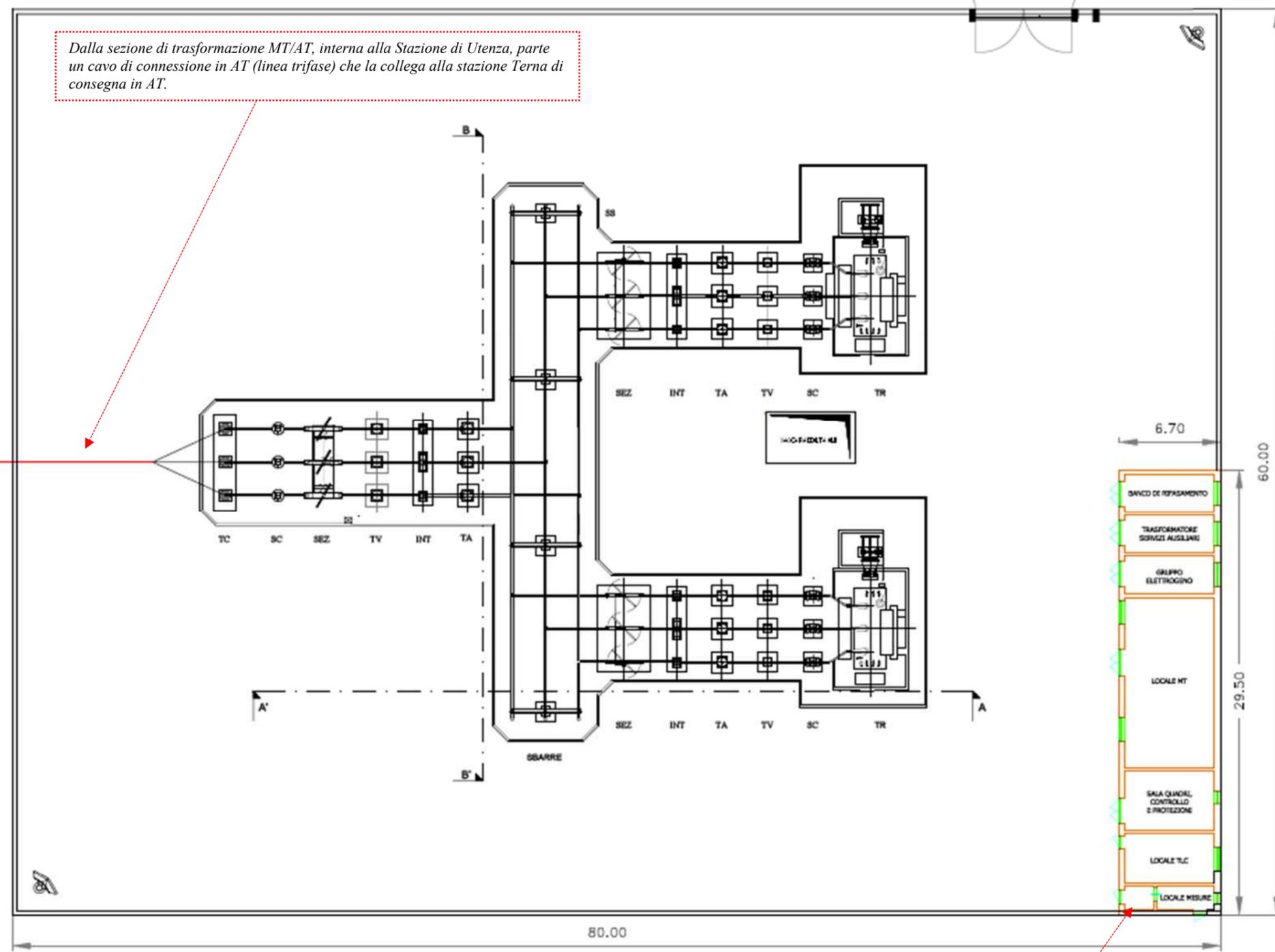
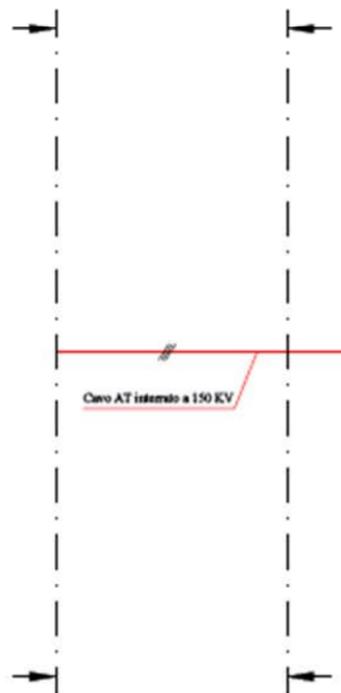


Esempio in 3D di una stazione elettrica di utenza

PLANIMETRIA GENERALE STAZIONE DI UTENZA



Dalla sezione di trasformazione MT/AT, interna alla Stazione di Utente, parte un cavo di connessione in AT (linea trifase) che la collega alla stazione Terna di consegna in AT.

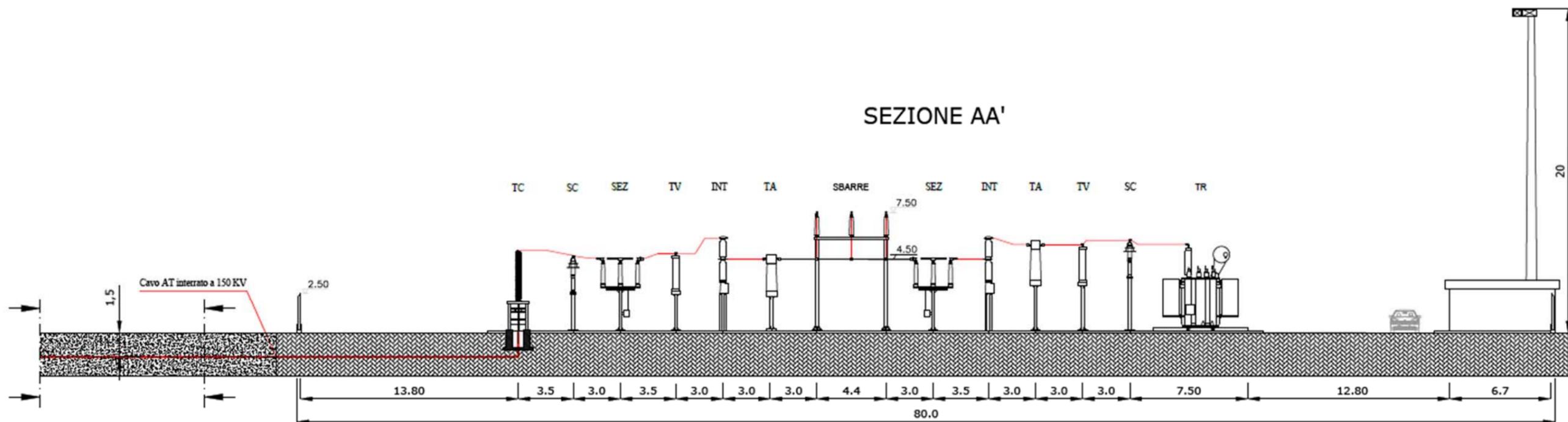


LEGENDA

TR	Trasformatore di potenza 150/30 kV
INT	Interruttore
SEZ	Sezionatore combinato linea terra
TA	Trasformatore di corrente
TV	Trasformatore di tensione
SC	Scaricatore di terra
TC	Terminale cavo AT
SS	Supporto sbarre con isolatori a colonna

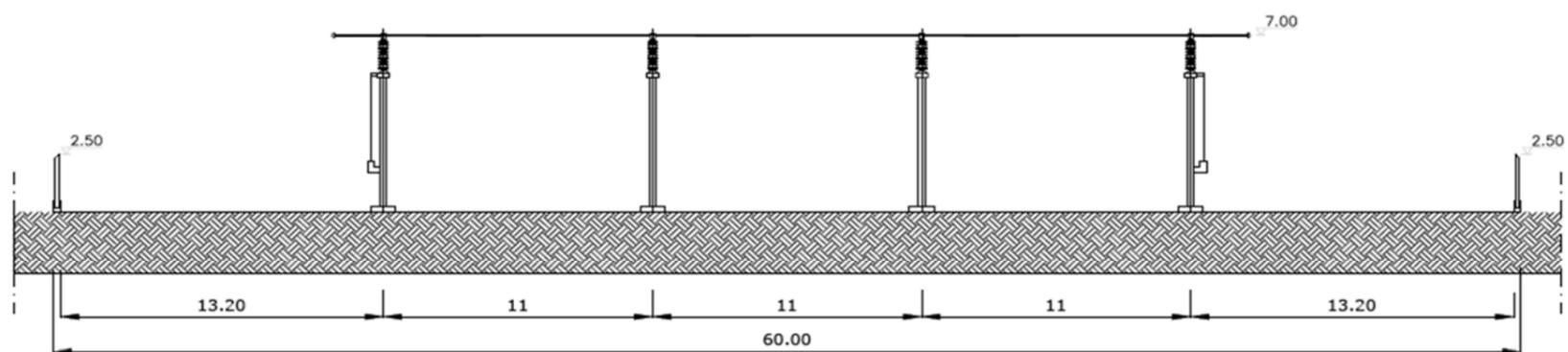
Il locale misure fiscali sarà posizionato nell'area utente, ma sarà predisposto un collegamento per la telemisurazione da parte di TERNA S.p.A.

SEZIONE AA'



Stazione di Utenza, Sezione A-A'

SEZIONE BB'



Stazione di Utenza, Sezione B-B'

La stazione di utenza presenterà, quindi, una sezione AT a 150 kV ed una sezione MT a 33/36 kV, con interposti 2 trasformatori di potenza. In tal modo in caso di guasto di uno stallo l'altro potrà trasformare l'intera potenza dell'impianto.

Lo stallo arrivo trasformatore è costituito da: un sistema di sbarre, un interruttore INT1, un trasformatore 150/30 kV, uno scaricatore SC1, un trasformatore di tensione ad avvolgimento secondario TV1, un trasformatore di corrente a quattro avvolgimenti secondari TA1, un interruttore INT2, un sezionatore combinato linea terra.

Lo stallo partenza cavo AT è, invece, da un sistema di sbarre, da un trasformatore di corrente a tre avvolgimenti secondari TA2, un interruttore INT2, un trasformatore di tensione a tre avvolgimenti secondari TV2, un sezionatore combinato linea terra SEZ1, uno scaricatore SC1.

Le principali distanze di progetto sono quelle di seguito riportate:

- A. distanza fra le fasi per le sbarre, le apparecchiature e i conduttori pari ad almeno 3m;
- B. larghezza degli stalli pari a 22 m;
- C. distanza minima dei conduttori da terra pari a 4,5 m;
- D. quota asse sbarre pari a 7,5 m.

I conduttori utilizzati per il collegamento delle apparecchiature elettromeccaniche (per le stazioni) saranno i seguenti:

- I. tubo in lega Al Ø 100/86 mm;
- II. corda in Al Ø 36 mm.

In considerazione delle caratteristiche dimensionali delle opere costituenti la stazione di utenza si ritiene che le fondazioni potranno essere, di norma, di tipo diretto poggianti sulla formazione *in posto*.

Tutte le basi di sostegno dei tralicci in calcestruzzo, per l'alloggiamento delle apparecchiature elettriche necessarie per la costruzione della sottostazione in esame, si realizzeranno con tirafondi in acciaio zincato. L'illuminazione della stazione sarà realizzata con pali tradizionali di tipo stradale, con proiettori orientabili.

Le aree in cui verranno posizionate le apparecchiature elettriche saranno riempite con materiale drenante (tipo ghiaia), al cui contorno saranno posizionati i cordoli di delimitazione in c.l.s. armato prefabbricato. Tutte le restanti superfici, carrabili e non, verranno asfaltate con un primo strato di binder ed un tappetino di usura e si troveranno a quota inferiore rispetto al piano di installazione delle apparecchiature elettriche.

Per la raccolta delle acque piovane si provvederà a realizzare il piazzale con pendenze tali da permettere il naturale scolo delle stesse verso l'apposito impianto di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche.

Condizioni ambientali di riferimento

- Valore minimo temperatura ambiente all'interno: -5°C
- Valore minimo temperatura ambiente all'esterno: -25°C
- Temperatura ambiente di riferimento per la portata delle condutture: 30°C
- Grado di inquinamento: III
- Irraggiamento: 1000 W/m²
- Altitudine e pressione dell'aria: poiché l'altitudine è inferiore ai 1000 m s.l.m. non si considerano variazioni della pressione dell'aria
- Umidità all'interno: 95%
- Umidità all'esterno: fino al 100% per periodi limitati.
- Classificazione sismica (NTC 14/01/2008): zona 2
- Accelerazione orizzontale massima: 0,15 - 0,25g.

Sistema di protezione, monitoraggio, comando e controllo

La stazione sarà controllata da un *sistema centralizzato di controllo* in sala quadri e un *sistema di telecontrollo* da una o più postazioni remote collegati con cavi tradizionali multifilari alle apparecchiature di alta tensione dello stallo e con cavi a fibre ottiche alla sala quadri centralizzata. Essi hanno la funzione di provvedere al comando, al rilevamento segnali e misure e alla protezione dello stallo, agli interblocchi tra le apparecchiature di stallo e tra queste e apparecchiature di altri stalli, all'elaborazione dei comandi in arrivo dalla sala quadri e a quella dei segnali e misure da inoltrare alla stessa, alle previste funzioni di automazione dello stallo, all'oscillografia di stallo e all'acquisizione dei dati da inoltrare al registratore cronologico di eventi.

Dalla *sala quadri centralizzata* è possibile il controllo della stazione qualora venga a mancare il sistema di teletrasmissione o quando questo è messo fuori servizio per manutenzione. In sala quadri la situazione dell'impianto (posizione degli organi di manovra), le misure e le segnalazioni sono rese disponibili su un display video dal quale è possibile effettuare le manovre di esercizio.

Per le esigenze del *Sistema di controllo di TERNA*, si installeranno le apparecchiature necessarie al prelievo ed alla trasmissione delle seguenti informazioni:

Telemisure

- misura della tensione sulle sbarre 150 kV;
- misura della potenza attiva, della potenza reattiva e della corrente sul montante di ingresso a 150 kV;
- misura della potenza attiva e della potenza reattiva sul montante a 150 kV dei 2 trasformatori 150/30 kV.

Telesegnali

- stato del sezionatore del montante con lo stato degli interruttori dei trasformatori AT;
- stato dell'interruttore AT sui tre trasformatori;

Le informazioni saranno trasmesse alla Sala Controllo Nazionale di Roma.

Servizi ausiliari in c.a. (corrente alternata) e c.c. (corrente continua)

Il sistema dei servizi ausiliari in c.a. è costituito da:

- quadro MT (costituito da due semiquadri);
- trasformatori MT/BT;
- quadro BT centralizzato di distribuzione (costituito da due semiquadri).

Le principali utenze in c.a. sono: pompe dei trasformatori, motori interruttori e sezionatori, raddrizzatori, illuminazione esterna ed interna, scaldiglie, ecc. il sistema dei servizi ausiliari in c.c. è, invece, costituito da:

- batteria;
- raddrizzatori;
- quadro di distribuzione centralizzato;
- quadri di distribuzione nei chioschi (comuni per c.a. e c.c.).

I servizi ausiliari (s.a.) in c.c. a 110 V sono alimentati da due raddrizzatori carica-batteria in tampone con una batteria prevista per un'autonomia di 4 ore. Ciascuno dei due raddrizzatori è in grado di alimentare i carichi di tutto l'impianto e contemporaneamente di fornire la corrente di carica della batteria; in caso di anomalia su un raddrizzatore i carichi vengono commutati automaticamente sull'altro.

I s.a., inoltre, della stazione elettrica di utenza, progettati e realizzati con riferimento agli attuali standard delle Cabine Primarie AT - ENEL, saranno alimentati da trasformatori MT/BT derivati dalla sezione MT locale ed integrati da un sistema di emergenza che assicuri l'alimentazione dei servizi essenziali in caso di mancata tensione alle sbarre dei quadri principali BT.

La rete di terra sarà dimensionata in accordo alla Norma CEI 11-1. In particolare si procederà:

- al dimensionamento termico del dispersore e dei conduttori di terra in accordo all'Allegato B;
- alla definizione delle caratteristiche geometriche del dispersore, in modo da garantire il rispetto delle tensioni di contatto e di passo, secondo la curva di sicurezza prescritta.

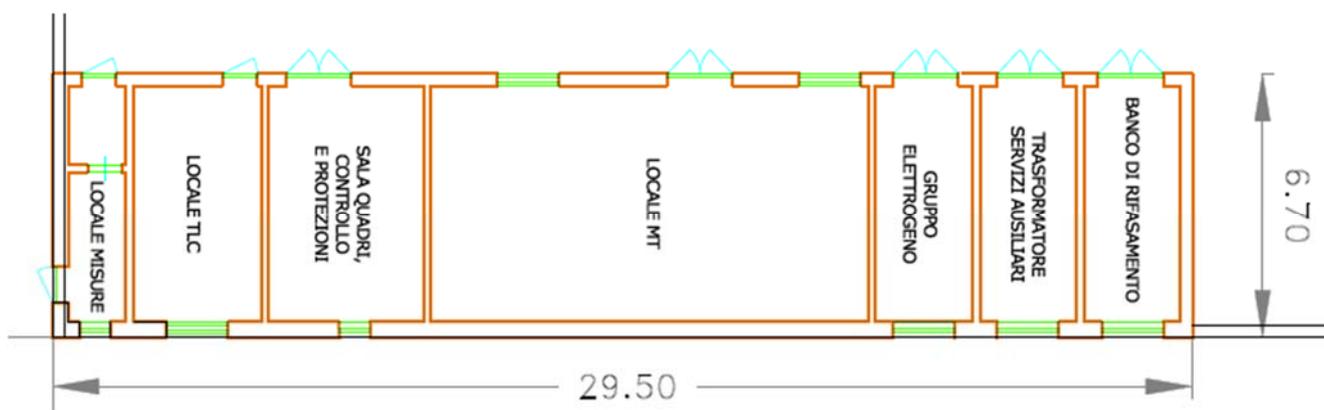
5. Opere civili

Fabbricati

I fabbricati sono costituiti, sostanzialmente, da un *edificio quadri comando e controllo* costituito da un manufatto in muratura ordinaria e/o strutture prefabbricate leggere, di dimensioni: 29,50 x 6,70 x 3 m, e composto dai seguenti locali:

banco di rifasamento;

- trasformatore servizi ausiliari;
- gruppo elettrogeno;
- locale MT;
- sala quadro, controllo e protezioni;
- locale TLC;
- locale misure fiscali.



Pianta edificio quadri di comando e di controllo

In esso saranno realizzati, in particolare, i seguenti impianti tecnologici:

- illuminazione e prese F.M.;
- riscaldamento, condizionamento e ventilazione;
- rilevazione incendi;
- controllo accessi e antintrusione;
- telefonico.

Fondazioni dei sostegni sbarre e cunicoli cavi

Le fondazioni dei sostegni sbarre, delle apparecchiature e degli ingressi di linea in stazione, sono realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera; per le sbarre e per le apparecchiature, con esclusione degli interruttori, potranno essere realizzate anche fondazioni di tipo prefabbricato, con caratteristiche uguali o superiori a quelle delle fondazioni gettate in opera.

Esse sono state calcolate in tempi recenti a seguito della redazione del progetto unificato ENEL per le stazioni, e tengono conto di pressioni massime sul terreno pari a 0,8 da N/cm².

In fase di progettazione esecutiva sarà verificata la adeguatezza delle fondazioni ai sensi della vigente normativa sismica.

Le coperture dei pozzetti e dei cunicoli, facenti parte delle suddette fondazioni, saranno in PRFV (materiale rinforzato con fibre a matrice polimerica) con resistenza di 2000 daN. I cunicoli per cavetteria saranno realizzati in calcestruzzo armato gettato in opera, oppure prefabbricati; le coperture in PRFV saranno carrabili con resistenza di 5000 daN.

Strade e piazzole

Le strade interne all'area della stazione saranno asfaltate e di larghezza non inferiore a 4 m; le piazzole per l'installazione delle apparecchiature saranno ricoperte con adeguato strato di ghiaione stabilizzato; tali finiture superficiali contribuiranno a ridurre i valori di tensione di contatto e di passo effettive, in caso di guasto a terra sul sistema AT.

Ingressi e recinzioni

Il collegamento dell'impianto alla viabilità ordinaria sarà garantito da una strada di accesso locale che avrà una larghezza opportuna e sarà realizzata con caratteristiche idonee per qualsiasi tipo di mezzo di trasporto su strada.

Per l'ingresso alla stazione, è previsto un cancello carrabile largo 7,00 m di tipo scorrevole ed un cancello pedonale, ambedue inseriti fra pilastri e pannellature in conglomerato cementizio armato e posizionati sul lato N-O della recinzione perimetrale. Quest'ultima sarà conforme alla *Norma CEI 11-1*.

Movimenti di terra

L'area sulla quale dovrà sorgere la nuova stazione è pianeggiante. I movimenti di terra sono pertanto di modestissima entità e legati sostanzialmente alla realizzazione delle fondazioni.

I lavori civili di preparazione, in funzione delle caratteristiche piano altimetriche e fisico/meccaniche del terreno, consisteranno in un eventuale sbancamento/riporto, al fine di ottenere un piano a circa 60÷80 cm rispetto alla quota del piazzale di stazione. Il criterio di gestione del materiale scavato prevede il suo deposito temporaneo presso l'area di cantiere e, successivamente, il suo utilizzo per il riempimento degli scavi e per il livellamento del terreno alla quota finale di progetto, previo accertamento, in fase esecutiva, dell'idoneità di detto materiale per il suo riutilizzo in sito. (Vedi *Piano preliminare utilizzo materiale di scavo*).

Poiché per l'esecuzione dei lavori non saranno utilizzate tecnologie di scavo con impiego di prodotti tali da contaminanti (dannosi per rocce e terre, aree a verde, boschive, agricole, residenziali, aste fluviali o canali dove siano assenti scarichi e tutte le eventuali altre aree in cui non sia accertata e/o non si sospetti potenziale contaminazione), il materiale scavato a questa scala del progetto sarà considerato idoneo al riutilizzo in sito; invece, nel caso in cui i campionamenti eseguiti forniscano esito negativo, il materiale scavato sarà destinato ad idonea discarica e il riempimento verrà effettuato con materiale inerte di idonee caratteristiche. In tutti i casi, l'eventuale terreno rimosso in eccesso, sarà conferito in discarica nel rispetto della normativa vigente.

Smaltimento acque meteoriche e fognarie

Per la raccolta delle acque meteoriche sarà realizzato un sistema di drenaggio superficiale che convoglierà la totalità delle acque raccolte dalle strade e dai piazzali in appositi collettori (tubi, vasche di prima pioggia, pozzi perdenti, ecc.). Lo smaltimento delle acque meteoriche è regolamentato dagli enti locali; pertanto, a seconda delle norme vigenti, si dovrà realizzare il sistema di smaltimento più idoneo, che potrà essere in semplice tubo, da collegare alla rete fognaria, mediante sifone o pozzetti ispezionabili, da un pozzo perdente, da un sistema di sub-irrigazione o altro.

Schede tecniche componistiche

GRANDEZZE NOMINALI		
Tipologia	Tipo 1	Tipo 2
Salinità di tenuta a 98 kV (Kg/m ⁵) valori minimi consigliati	da 14 a 56 (*)	
Poli (n°)	3	
Tensione massima (kV)	170	
Corrente nominale (A)	1250	2000
Frequenza nominale (Hz)	50	
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico verso massa (kV)	750	
Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale verso massa (kV)	325	
Corrente nominale di corto circuito (kA)	20	31.5
Potere di stabilimento nominale in corto circuito (kA)	50	80
Durata nominale di corto circuito (s)	1	
Sequenza nominale di operazioni	O-0,3"-CO-1'-CO	
Potere di interruzione nominale in discordanza di fase (kA)	5	8
Potere di interruzione nominale su linee a vuoto (A)	63	
Potere di interruzione nominale su cavi a vuoto (A)	160	
Potere di interruzione nominale su batteria di condensatori (A)	600	
Potere di interruzione nominale di correnti magnetizzanti (A)	15	
Durata massima di interruzione (ms)	60	
Durata massima di stabilimento/interruzione (ms)	80	
Durata massima di chiusura (ms)	150	
Massima non contemporaneità tra i poli in chiusura (ms)	5,0	
Massima non contemporaneità tra i poli in apertura (ms)	3,3	

(*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati.

Interruttore a tensione nominale 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Corrente nominale (A)	2000
Frequenza nominale (Hz)	50
Corrente nominale di breve durata:	
- valore efficace (kA)	20-31.5
- valore di cresta (kA)	50-80
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1
Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
- verso massa (kV)	650
- sul sezionamento (kV)	750
Tensione di prova a frequenza di esercizio:	
- verso massa (kV)	275
- sul sezionamento (kV)	315
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale longitudinale (N)	800
- orizzontale trasversale (N)	270
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15
Prescrizioni aggiuntive per il sezionatore di terra	
- Classe di appartenenza	A o B, secondo CEI EN 61129
- Tensioni e correnti induttive nominali elettromagnetiche ed elettrostatiche (kV,A)	Secondo classe A o B, Tab.1 CEI EN 61129

Sezionatori orizzontali a tensione nominale 150 kV con lame di messa a terra

GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Corrente nominale (A)	2000
Frequenza nominale (Hz)	50
Corrente nominale di breve durata:	
- valore efficace (kA)	20-31.5
- valore di cresta (kA)	50-80
Corrente nominale commutazione di sbarra (A)	1600
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1
Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
- verso massa (kV)	650
- sul sezionamento (kV)	750
Tensione di prova a frequenza di esercizio:	
- verso massa (kV)	275
- sul sezionamento (kV)	315
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale longitudinale (N)	1250
- orizzontale trasversale (N)	400
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15

Sezionatori verticali a tensione nominale 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Frequenza nominale (Hz)	50
Corrente nominale di breve durata:	
- valore efficace (kA)	20-31.5
- valore di cresta (kA)	50-80
Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)	1
Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
- verso massa (kV)	650
Tensione di prova a frequenza di esercizio:	
- verso massa (kV)	275
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale trasversale (N)	600
Tempo di apertura/chiusura (s)	≤15

Sezionatore di terra sbarre a tensione nominale di 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI		
Tensione massima	(kV)	170
Frequenza	(Hz)	50
Rapporto di trasformazione(**)	(A/A)	400/5 800/5 1600/5
Numero di nuclei(**)	(n°)	3
Corrente massima permanente	(p.u.)	1,2
Corrente termica di corto circuito	(kA)	31,5
Impedenza secondaria II e III nucleo a 75°C	(Ω)	≤0,4
Reattanza secondaria alla frequenza industriale	(Ω)	Trascurabile
Prestazioni(**) e classi di precisione:		
- I nucleo	(VA)	30/0,2 50/0,5
- II e III nucleo	(VA)	30/5P30
Fattore sicurezza nucleo misure		≤10
Tensione di tenuta a f.i. per 1 minuto	(kV)	325
Tensione di tenuta a impulso atmosferico	(kV)	750
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV	(kg/m ³)	da 14 a 56(*)
Sforzi meccanici nominali sui morsetti		
Secondo la Tab.8, Classe II della Norma CEI EN 60044-1.		

(*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati.

(**) I valori relativi ai rapporti di trasformazione, alle prestazioni ed al numero dei nuclei devono intendersi come raccomandati; altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.

Trasformatore di corrente a tensione nominale di 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione massima di riferimento per l'isolamento (kV)	170
Rapporto di trasformazione	$\frac{150.000/\sqrt{3}}{100/\sqrt{3}}$
Frequenza nominale (Hz)	50
Capacità nominale (pF)	4000
Prestazioni nominali (VA/classe)	40/0,2-75/0,5-100/3P(**)
Fattore di tensione nominale con tempo di funzionamento di 30 s	1,5
Tensione di tenuta a f.i. per 1 minuto (kV)	325
Tensione di tenuta a impulso atmosferico (kV)	750
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV (kg/m ³)	Da 14 a 56(*)
Scarti della capacità equivalente serie in AF dal valore nominale a frequenza di rete	-20% + 50%
Resistenza equivalente in AF (Ω)	≤ 40
Capacità e conduttanza parassite del terminale di bassa tensione a frequenza compresa tra 40 e 500 kHz, compresa l'unità elettromagnetica di misura: - C _{pa} (pF) - G _{pa} (μS)	≤(300+0,05 C _n) ≤50
Sforzi meccanici nominali sui morsetti: - orizzontale, applicato a 600 mm sopra la flangia B (N) - verticale, applicato sopra alla flangia B (N)	2000 5000

(*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati

(**) I valori relativi alle prestazioni e al numero dei nuclei devono essere intesi come raccomandati altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.

Trasformatore di tensione capacitivo a tensione nominale di 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione massima di riferimento per l'isolamento (kV)	170
Tensione nominale primaria (V)	150.000/√3
Tensione nominale secondaria (V)	100/√3
Frequenza nominale (Hz)	50
Prestazione nominale (VA)(**)	50
Classe di precisione	0,2-0,5-3P
Fattore di tensione nominale con tempo di funzionamento di 30 s	1,5
Tensione di tenuta a f.i. per 1 minuto (kV)	325
Tensione di tenuta a impulso atmosferico (kV)	750
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV (kg/m ³)	Da 14 a 56(*)
Sforzi meccanici nominali sui morsetti: - orizzontale (N) - verticale (N)	Tab. 9 Norma CEI EN 60044- 2

(*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati

(**) I valori relativi alle prestazioni e al numero dei nuclei devono essere intesi come raccomandati; altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.

Trasformatore di tensione induttivo a tensione nominale di 150 kV

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione di servizio continuo (kV)	110
Frequenza (Hz)	50
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV (kg/m ³)	Da 14 a 56(*)
Massima tensione temporanea per 1s (kV)	158
Tensione residua con impulsi atmosferici di corrente (alla corrente nominale 8/20 μs) (kV)	396
Tensione residua con impulsi di corrente a fronte ripido (10 kA - fronte 1 μs) (kV)	455
Tensione residua con impulsi di corrente di manovra (500 A, 30/60 μs) (kV)	318
Corrente nominale di scarica (kA)	10
Valore di cresta degli impulsi di forte corrente (kA)	100
Classe relativa alla prova di tenuta ad impulsi di lunga durata	2
Valore efficace della corrente elevata per la prova del dispositivo di sicurezza contro le esplosioni (kA)	31,5

(*)Valori superiori, per condizioni particolari, potranno essere adottati

Scaricatori per tensione nominale a 150 kV

6. Impatti

6.1. Acustico

L'inquinamento acustico potenziale degli aerogeneratori è legato a due tipi di rumore:

- *meccanico*, proveniente dal generatore
- *aerodinamico*, proveniente dall'interazione pale/vena fluida.

Per quanto riguarda il rumore, in termini di decibel, il ronzio degli aerogeneratori è ben al di sotto dei rumori che si percepiscono in un'area urbana. Già allontanandosi di 300 m da un aerogeneratore, infatti, si rilevano gli stessi decibel che si avvertono normalmente in ambienti poco urbanizzati. Attualmente, inoltre, nuove tecnologie hanno permesso di ridurre in maniera notevole l'impatto acustico, grazie ad una minore frequenza di rotazione, ad un design appropriato e all'utilizzo di materiali fonoassorbenti all'interno della navicella per l'isolamento della stessa.

Nel caso in cui il vento spiri a velocità sostenute, il rumore generato dagli aerogeneratori si confonde con quello che la vena fluida produce attraversando la vegetazione o impattando contro i manufatti.

L'impianto eolico in progetto è ubicato in una *zona agricola* tipizzata secondo il *D.M. 1444/68 in Tutto il territorio nazionale*. Per i Comuni in assenza di un *Piano di Zonizzazione Acustica* del proprio territorio, ai sensi dell'art. 8 comma 1 del D.P.C.M. 14.11.1997 - *Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore* -, i valori assoluti di immissione devono essere confrontati con i limiti di accettabilità della tabella di cui art. 6 del D.P.C.M. 01.03.1991 - *Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno* - di seguito riportati:

ZONIZZAZIONE	LIMITE DIURNO Leq (A)	LIMITE NOTTURNO LEQ (A)
Tutto il territorio nazionale	70	60
Zona A (D.M. n. 1444/68)	65	55
Zona B (D.M. n. 1444/68)	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70

Tabella 8: Art. 6 del D.P.C.M. 01.03.1991

Si riportano di seguito le fonti normative ed i principi regolatori che sono alla base della legislazione speciale in tema di inquinamento acustico.

- **Legge Quadro sull'inquinamento acustico** n. 447 del 26/10/1995, che prevede la predisposizione di documentazione previsionale dell'impatto acustico, redatta da un tecnico competente in acustica ambientale, relativamente alla realizzazione ed esercizio di impianti ed attività produttive (Art. 8 comma 4);
- D.Lgs n. 387 2003 relativo all'installazione di impianti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili.
- D. Lgs n. 152 2006 relativo alla Valutazione di Impatto Ambientale.
- **Legge Regionale del 14 giugno 2007, n. 17:** "*Disposizioni in campo ambientale, anche in relazione al decentramento delle funzioni amministrative in materia ambientale.*", in BURP del 18 giugno 2007, n. 87.
- Le misure di rumore ambientale, sono attualmente disciplinate dalla Legge Quadro sull'inquinamento acustico n. 447 del 26/10/95.
- La legge è stata integrata successivamente dai seguenti decreti attuativi:

- **DPCM 14/11/97:** Determinazione dei valori limiti delle sorgenti sonore (pubblicato su Gazzetta Ufficiale N.280 del 1/12/97)
- **DMA 16/03/98:** Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico (pubblicato su Gazzetta Ufficiale N.76 del 1/4/98)
- Si considerano qui di seguito le applicazioni relative al decreto sui livelli limite (D.P.C.M. 14/11/97) e tecniche di rilevamento (D.M.A. 16/3/98).

Tenuto conto delle normative in vigore adottate nel territorio nazionale e degli studi con simulazione degli effetti riportati su un'area prossima a quella di intervento da parte di "n" ricettori su "n" punti sensibili, ad una velocità del vento di 8 m/s, si è dedotto che in un'area di tipo misto il Leq nel periodo diurno è di 60 dB, mentre il Leq nel periodo notturno è di 50 dB. Per ogni punto sensibile il risultato è ben al di sotto dei 50 dB. Pertanto il valore del livello di pressione sonora stimato ed immesso nell'ambiente esterno dai futuri generatori sarebbe inferiore al valore limite fissato dalla normativa $Leq=60.0$ dB(A) per il periodo di riferimento diurno e $Leq=50.0$ dB(A) per il periodo di riferimento notturno. La rumorosità ambientale prevista, dunque, rientra nei limiti massimi consentiti dalla legislazione vigente.

Nella stazione d'utenza non sono installate apparecchiature/sorgenti di rumore permanente, fatta eccezione per il trasformatore, per il quale si può considerare un livello di pressione sonora L_p (A) a vuoto alla tensione nominale non superiore a 72 dB(A) a 0.3 m in funzionamento ONAN e 78 dB(A) a 2 m in funzionamento ONAF: esso, però, generalmente non viene percepito all'esterno del perimetro di recinzione. Solo gli interruttori durante le manovre (di brevissima durata e pochissimo frequenti) possono provocare un rumore trasmissibile all'esterno. In ogni caso il rumore sarà contenuto nei limiti previsti dal DPCM 01/03/1991 e dalla Legge Quadro sull'inquinamento acustico del 26/10/1995, n. 447.,

Va sottolineato che per quel che concerne l'impatto acustico, il dato relativo alla distanza turbina/casa la progettazione dell'impianto è stata effettuata in modo da risultare opportunamente distante dalle abitazioni (minimo 300 m).

6.2. Elettromagnetico

6.2.1. Mt

In questa sezione si valuta l'entità delle *emissioni elettromagnetiche*, o intensità dei campi elettromagnetici, associate ai cavidotti di collegamento MT tra gruppi di aerogeneratori del parco eolico in oggetto e la stazione di utenza MT/AT, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, e le *fasce di rispetto* dei cavidotti MT.

Innanzitutto la linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un *campo elettrico* e un *campo magnetico*. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza come mostrato dai grafici seguenti.

Tuttavia, nel caso di cavi interrati, la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche rende di fatto il campo elettrico nullo ovunque. Pertanto, il rispetto della normativa vigente in corrispondenza dei recettori sensibili è sempre garantito indipendentemente dalla distanza degli stessi dall'elettrodotto.

Per quanto riguarda invece il campo magnetico si rileva che la maggiore vicinanza dei conduttori delle tre fasi tra di loro rispetto alla soluzione aerea rende il campo trascurabile già a pochi metri dall'asse dell'elettrodotto. Di seguito sarà esposto l'andamento del campo magnetico massimo lungo il tracciato della linea interrata a 33/36 kV.

La linea di connessione genera, con andamento radiale rispetto ai cavi, dei campi elettromagnetici dovuti al passaggio della corrente e ad essa proporzionali.

Il campo elettrico è prodotto da un sistema polifase risulta associato alle cariche in gioco, e quindi alle tensioni, ed è quindi presente non appena la linea sia posta in tensione, indipendentemente dal fatto che essa trasporti o meno potenza.

Il campo magnetico è invece associato alla corrente (e quindi alla potenza) trasportata dalla linea: esso scompare quando la linea è solo "in tensione" ma non trasporta energia.

I campi elettromagnetici, in base alla loro frequenza, possono essere suddivisi in:

- *onde ionizzanti* (IR): onde ad alta frequenza così chiamate in quanto capaci di modificare la struttura molecolare rompendone i legami atomici (l'esempio più ricorrente è quello dei raggi X) e perciò cancerogene;

- *onde non ionizzanti* (NIR): su cui sono tuttora in corso numerosi studi tesi a verificare gli effetti sull'uomo. Questo tipo di onde comprende, tra le varie frequenze, le microonde, le radiofrequenze ed i campi a frequenza estremamente bassa (ELF - Extremely Low Frequency da 0 a 10 kHz). Fra questi campi a bassa frequenza (ELF) è compresa anche l'energia elettrica trasmessa a frequenza di 50 Hz.

Le grandezze che determinano l'intensità e la distribuzione del campo magnetico nello spazio circostante una linea interrata sono fondamentalmente:

- 1 intensità delle correnti di linea;
- 2 distanza dai conduttori;
- 3 isolanti, schermature e profondità di interramento del cavo;
- 4 disposizione e distanza tra conduttori.

Per mitigare il campo magnetico generato da una linea elettrica è necessario agire su una o più delle grandezze sopra elencate, dal momento che la schermatura mediante materiali ad alta permeabilità e/o conducibilità non è strada praticabile.

L'influenza dei vari fattori si evince immediatamente dalla *legge di Biot-Savart*: il campo magnetico è direttamente proporzionale all'intensità di corrente e inversamente proporzionale alla distanza dalla sorgente.

Legge di Biot-Savart:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi R}$$

Il quarto fattore, entra in gioco per il fatto che il sistema di trasmissione è trifase, cioè composto da una terna di correnti di uguale intensità ma sfasate nel tempo. Poiché il campo magnetico in ogni punto dello spazio circostante è dato dalla composizione vettoriale dei contributi delle singole correnti alternate, ne deriva un effetto di mutua compensazione di tali contributi tanto maggiore quanto più vicine tra loro sono le sorgenti, fino ad avere una compensazione totale se le tre correnti fossero concentriche.

Per le linee aeree, la distanza minima tra i conduttori è limitata alla necessaria distanza tra le fasi e dipende dalla tensione di esercizio, mentre per le linee in cavo tale distanza può essere dell'ordine di 20-30 cm con un abbattimento sostanziale del campo magnetico già a poca distanza.

Come avviene ormai sempre più di frequente, le linee di Media Tensione non vengono più costruite mediante linea aerea, ma interrate consentendo di ridurre drasticamente l'effetto dovuto ai campi elettromagnetici attenuati dal terreno che agisce da "schermatura naturale", abbassando l'intensità di tali emissioni a valori addirittura inferiori ai più comuni elettrodomestici di uso quotidiano. Il calcolo è stato effettuato in aderenza alla Norma CEI 211-4.

La *Legge 36/2001*, con finalità di riordino e di miglioramento della normativa fin da allora vigente in materia, ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinare e di aggiornare periodicamente i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, in relazione agli impianti suscettibili di provocare inquinamento elettromagnetico.

L'art. 3 della *Legge 36/2001* ha definito:

- il limite di esposizione il valore di campo elettromagnetico da osservare ai fini della tutela della salute da effetti acuti;
- il valore di attenzione, come quel valore del campo elettromagnetico da osservare quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- l'obiettivo di qualità come criterio localizzativo e standard urbanistico, oltre che come valore di campo elettromagnetico ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.

Tale legge quadro italiana (36/2001), come ricordato sempre dal citato Comitato, è stata emanata nonostante che le raccomandazioni del Consiglio della Comunità Europea del 12-7-99 sollecitassero gli Stati membri ad utilizzare le linee guida internazionali stabilite dall'ICNIRP; tutti i paesi dell'Unione Europea, hanno accettato il parere del Consiglio della CE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali.

In esecuzione della predetta Legge, è stato infatti emanato il D.P.C.M. 8.7.2003, che ha fissato:

- il limite di esposizione in 100 microtesla per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico;
- il valore di attenzione di 10 microtesla, a titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere;
- l'obiettivo di qualità, da osservare nella progettazione di nuovi elettrodotti, il valore di 3 microtesla.

È stato altresì esplicitamente chiarito che tali valori sono da intendersi come mediana di valori nell'arco delle 24 ore, in condizioni normali di esercizio. Non si deve dunque fare riferimento al valore massimo di corrente eventualmente sopportabile da parte della linea.

Si segnala come i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità stabiliti dal Legislatore italiano siano rispettivamente 10 e 33 volte più bassi di quelli internazionali. Al riguardo è opportuno anche ricordare che, in relazione ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata – nell'intero territorio nazionale – esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal D.P.C.M. 8.7.2003, al quale soltanto può farsi

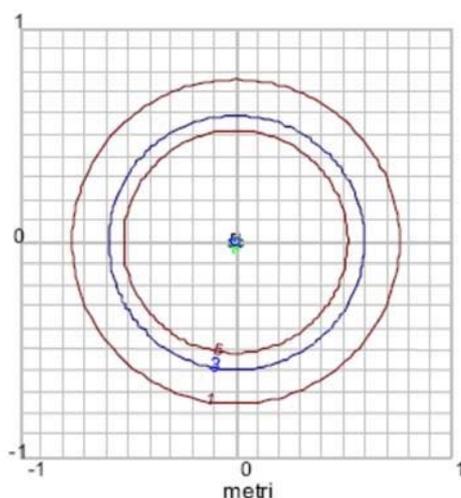
utile riferimento. Infatti il D.M. del MATTM del 29.05.2008, che definisce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto degli elettrodotti, riprende l'art. 6 di tale D.P.C.M.

Il tracciato MT è stato eseguito tenendo conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a $3 \mu\text{T}$. La disposizione delle fasi sarà quella indicata nelle sezioni cavidotti riportate nel documento. In particolare, ai fini del calcolo, la tipologia di cavidotti presenti nell'impianto eolico si può racchiudere nelle due seguenti tipologie:

1. *cavidotti nei quali sono posati solo cavi elicordati;*
2. *cavidotti nei quali sono posati cavi unipolari.*

Nel primo caso, cavidotti nei quali sono posati solo cavi elicordati, vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17.

Infatti, come illustrato nella norma CEI 106-11 la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$, anche nelle condizioni limite di conduttori di sezione maggiore e relativa "portata nominale", venga raggiunto già a brevissima distanza ($50\div 80 \text{ cm}$) dall'asse del cavo stesso.



Curve di equilivello per il campo magnetico di una linea MT interrata in cavo elicordato (dalla Norma CEI 106-11)

Si fa notare in proposito che anche il recente decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati,

pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata. Ne consegue che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi elicordati si può considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto sia pari a 2 m, a cavallo dell'asse del cavidotto, uguale alla fascia di asservimento della linea.

Primo caso: cavidotti nei quali sono posati solo cavi elicordati

Qui di seguito sarà effettuato il calcolo dell'emissione elettromagnetica di tutti i cavidotti provenienti dai gruppi (A, B, C e D). Tutti i cavidotti dei singoli gruppi utilizzano un sistema di cavi elicordati tale sistema come menzionato prima è vantaggioso dal punto di vista dell'impatto elettromagnetico.

Nella tabella seguente si possono individuare nello specifico lunghezza, sezione in mm² e tipo cavo per ciascun tratto di cavo.

TRATTO	LUNGHEZZA m	SEZIONE CAVO mm ²	TIPO CAVO
01	2551	25,02	(3X1X70)
02	4165	81,69	(3X1X70)
03	2104	20,63	(3X1X70)
04	5465	214,38	(3X1X95)
05	2844	83,67	(3X1X70)
06	3623	71,06	(3X1X70)
07	2336	22,91	(3X1X70)
08	10642	417,47	(3X1X150)
09	5832	171,59	(3X1X70)
10	1932	18,95	(3X1X70)
11	1423	13,96	(3X1X70)

Tabella che riporta la lunghezza dei tratti dei cavi, il diametro effettivo dei cavi e la scelta del cavo relativa alla grandezza del diametro stesso.

Sono riportati in seguito i diagrammi ottenuti dal software di calcolo *CalcoloElf_versione 1.0*, i diagrammi più significativi sono stati calcolati su due livelli a quota zero dal suolo, e a quota +1 metro dal suolo, in ottemperanza alle norme vigenti, per il calcolo degli effetti a lunga esposizione sui recettori sensibili. Sull'asse y dei diagrammi avremo il valore dell'intensità del campo magnetico espressi in microtesla (μT), sull'asse x avremo le distanze in metri (m).

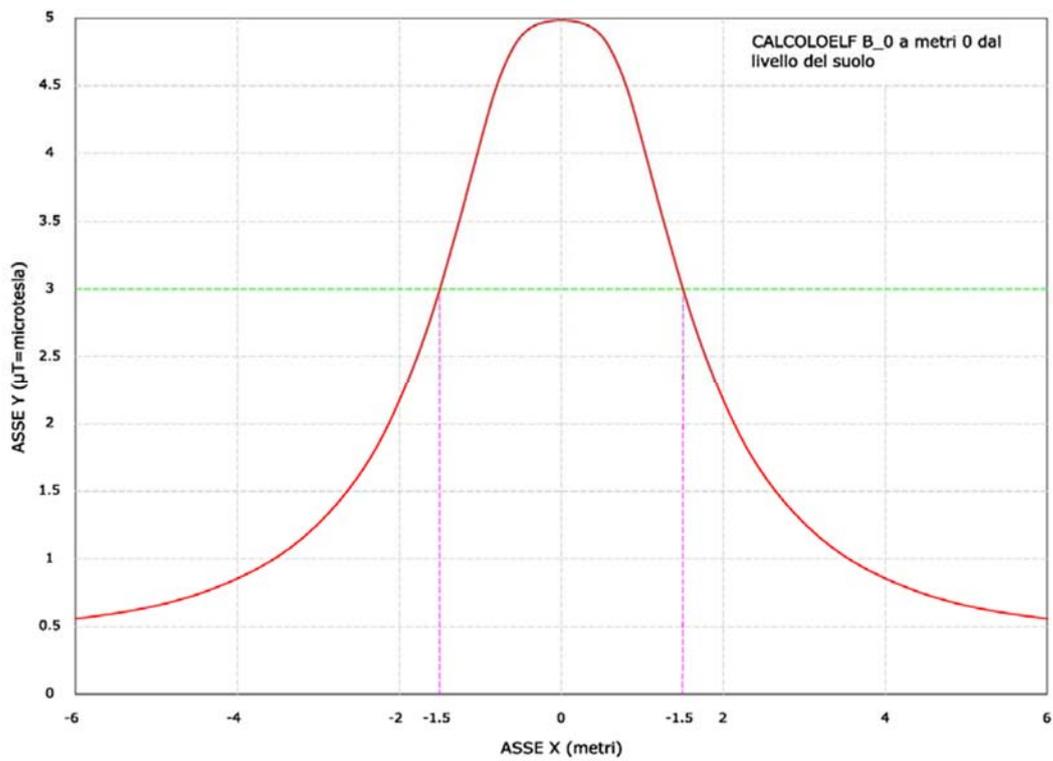


Diagramma campo magnetico delle linee MT interrate in cavo elicordato a quota 0 m dal suolo

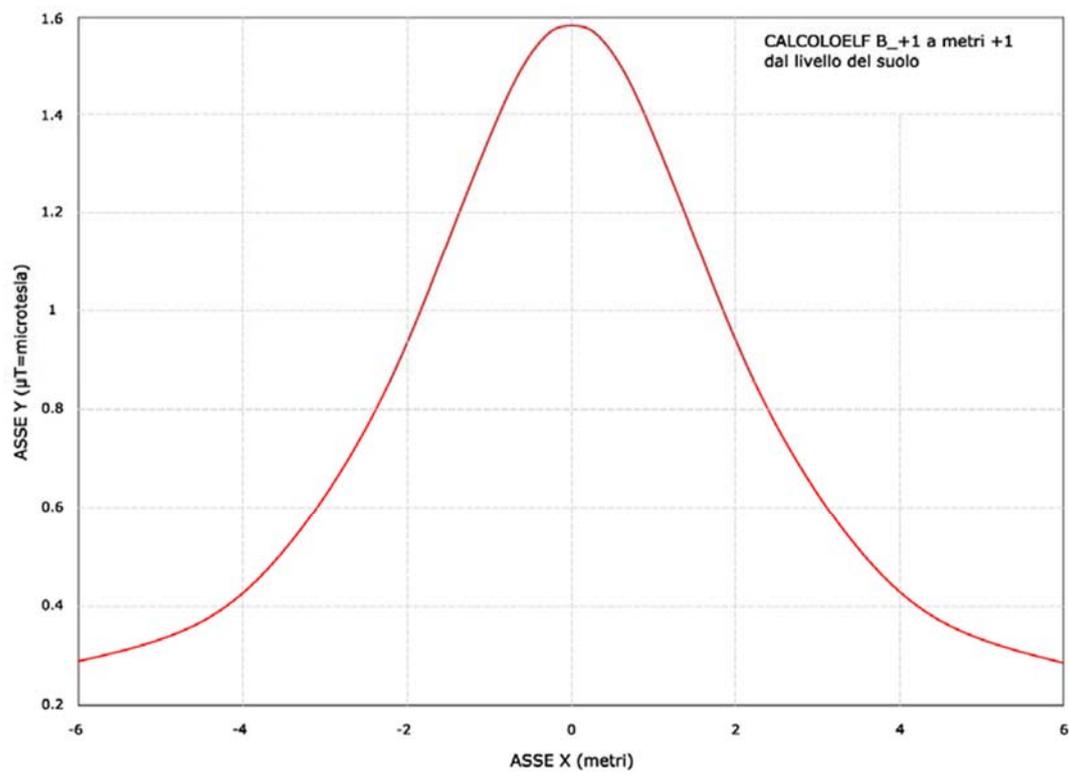
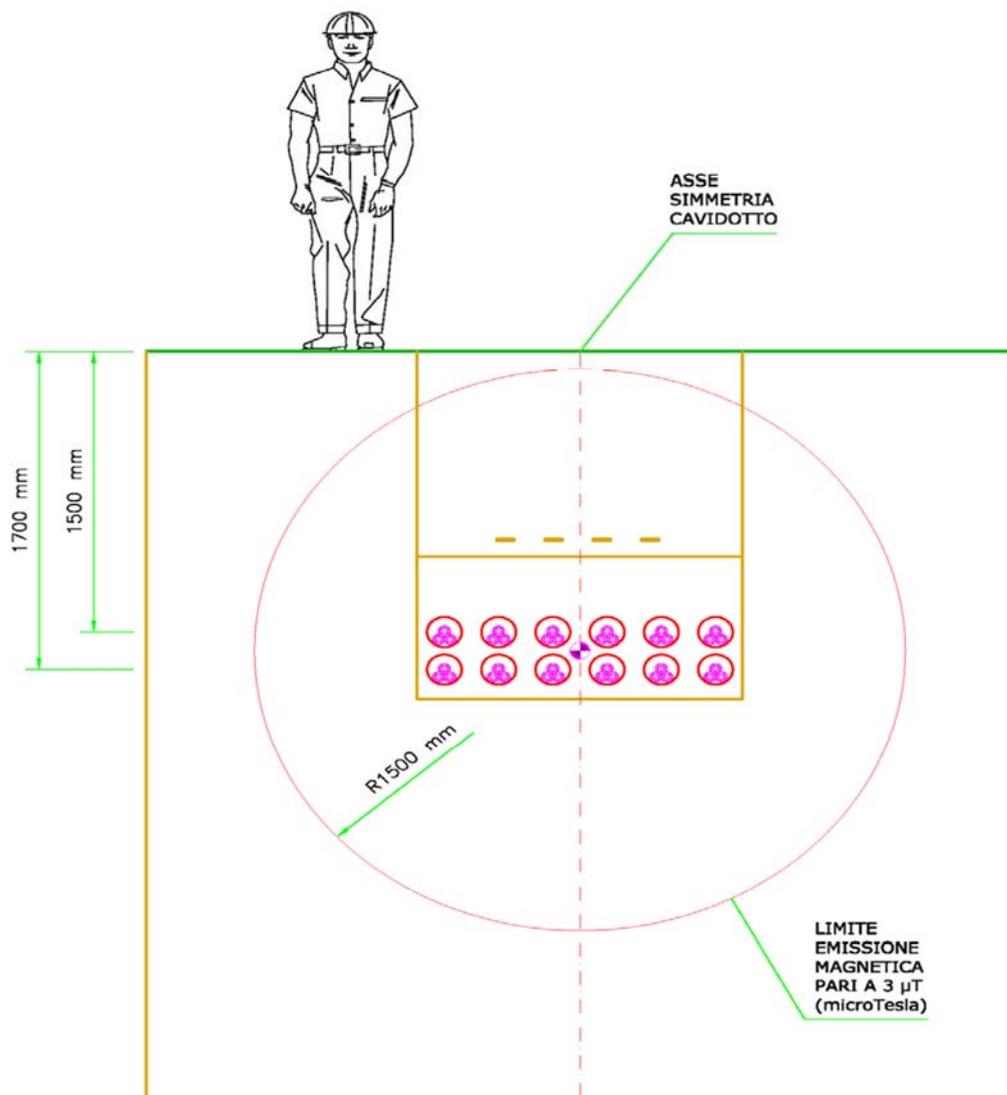


Diagramma campo magnetico delle linee MT interrate in cavo elicordato a quota +1 m dal suolo

Pertanto per quanto concerne il calcolo del campo magnetico delle linee MT interrato si individua come volume di rispetto relativo al cavidotto MT interrato il volume cilindrico in asse col cavidotto con raggio pari a 1,5 metri e come fascia di rispetto la sua proiezione al suolo. Si evince chiaramente dall'immagine che il volume di rispetto cilindrico *non oltrepassa la quota zero e quindi non esiste alcuna interazione con recettori sensibili pertanto c'è pieno rispetto dei limiti vigenti.*



Volume di rispetto campo magnetico delle linee MT interrato in cavo elicordato.

Secondo caso: cavidotti nei quali sono posati cavi unipolari

Nel secondo caso abbiamo considerato il caso peggiore: cavidotti *all'interno della stazione elettrica*.

La distanza fra le terne è di 20 cm e la profondità di posa è di 1,5 m, la distanza fra ciascun gruppo di terne è di 1,5 metri circa.

Secondo il DPCM 8 luglio 2003 in vigore dal 13/09/03 per quanto riguarda la Linea in cavo interrato con cavi unipolari posati in piano, la formula da applicare può essere la stessa utilizzata per le linee aeree in piano:

$$B = \frac{P \times I}{R^2} \times (0,2 \times \sqrt{3})$$

Dove P [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti (in caso di distanze differenti, P diventa la media delle distanze fra i conduttori esterni e quello centrale), I [A] è la corrente, simmetrica ed equilibrata, che attraversa i conduttori, R' [m] è la distanza dei conduttori alla quale calcolare l'induzione magnetica B.

In tale configurazione è stato effettuato il calcolo del campo di induzione magnetica secondo quanto previsto dalla Norma CEI 211-4 - *Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche* -.

Tale norma considera la linea infinitamente lunga e consente di calcolare i campi elettromagnetici secondo una sezione trasversale della linea stessa.

Il software di calcolo *CalcoloElf_versione 1.0* utilizzato elabora le componenti verticali e orizzontali del campo magnetico prodotto dai singoli conduttori, tenendo conto dei loro sfasamenti, combina le varie componenti e fornisce come output principale il valore efficace del campo magnetico risultante.

Sono riportati in seguito i diagrammi ottenuti dal software. I diagrammi più significativi sono stati calcolati su due livelli a quota zero dal suolo, e a quota +1 metro dal suolo, in ottemperanza alle norme vigenti, per il calcolo degli effetti a lunga esposizione sui recettori sensibili.

Sull'asse y dei diagrammi avremo il valore dell'intensità del campo magnetico espressi in microtesla (μT), sull'asse x avremo le distanze in metri (m).

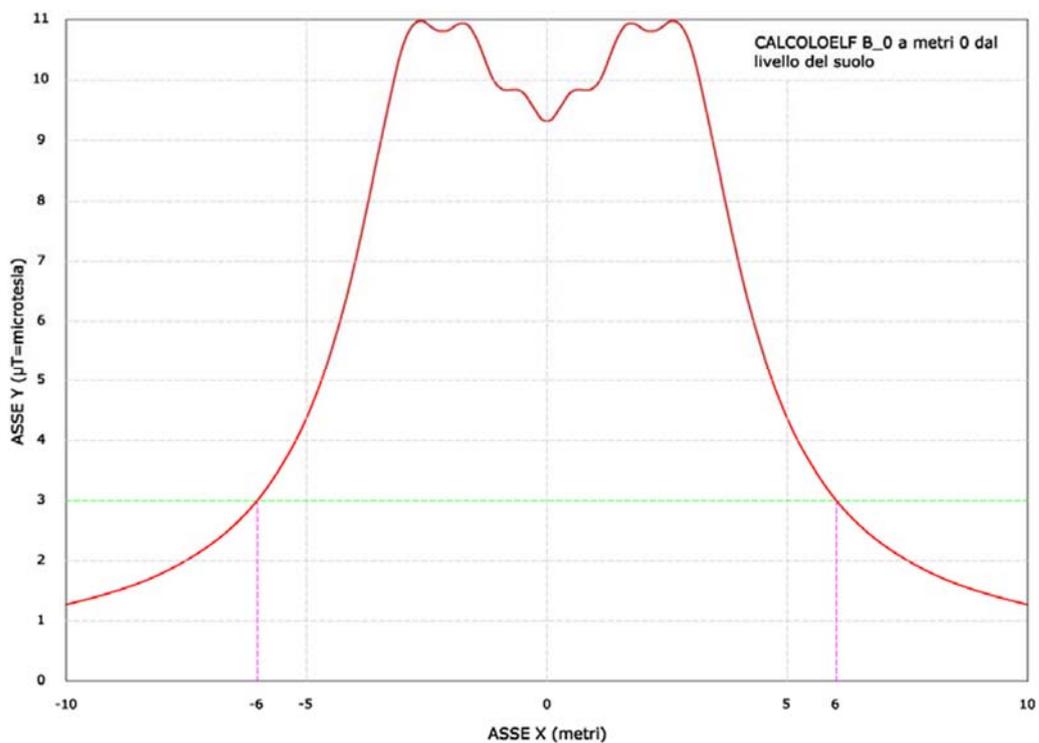


Diagramma campo magnetico delle linee MT interrate in cavo unipolare in prossimità della cabina a quota 0 m dal suolo.

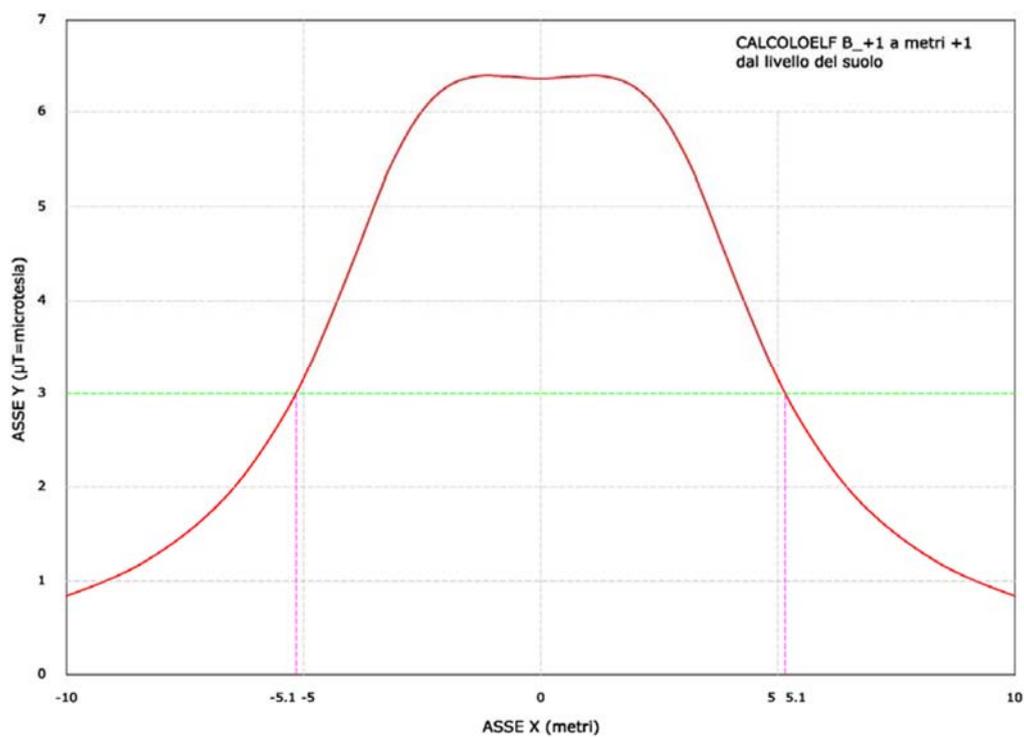


Diagramma campo magnetico delle linee MT interrate in cavo unipolare in prossimità della cabina a quota +1 m dal suolo.

Inoltre in base al recente decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, si può considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto in questo secondo caso è pari a circa 12 m (6+6 m rispetto asse di simmetria del cavidotto).

Il calcolo dei campi elettrici non è stato condotto in quanto tutti i cavi in media tensione impiegati sono dotati di armatura metallica connessa a terra, che scherma l'effetto del campo elettrico, di conseguenza il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

Si può concludere che *non sussistono pericoli per la salute umana*.

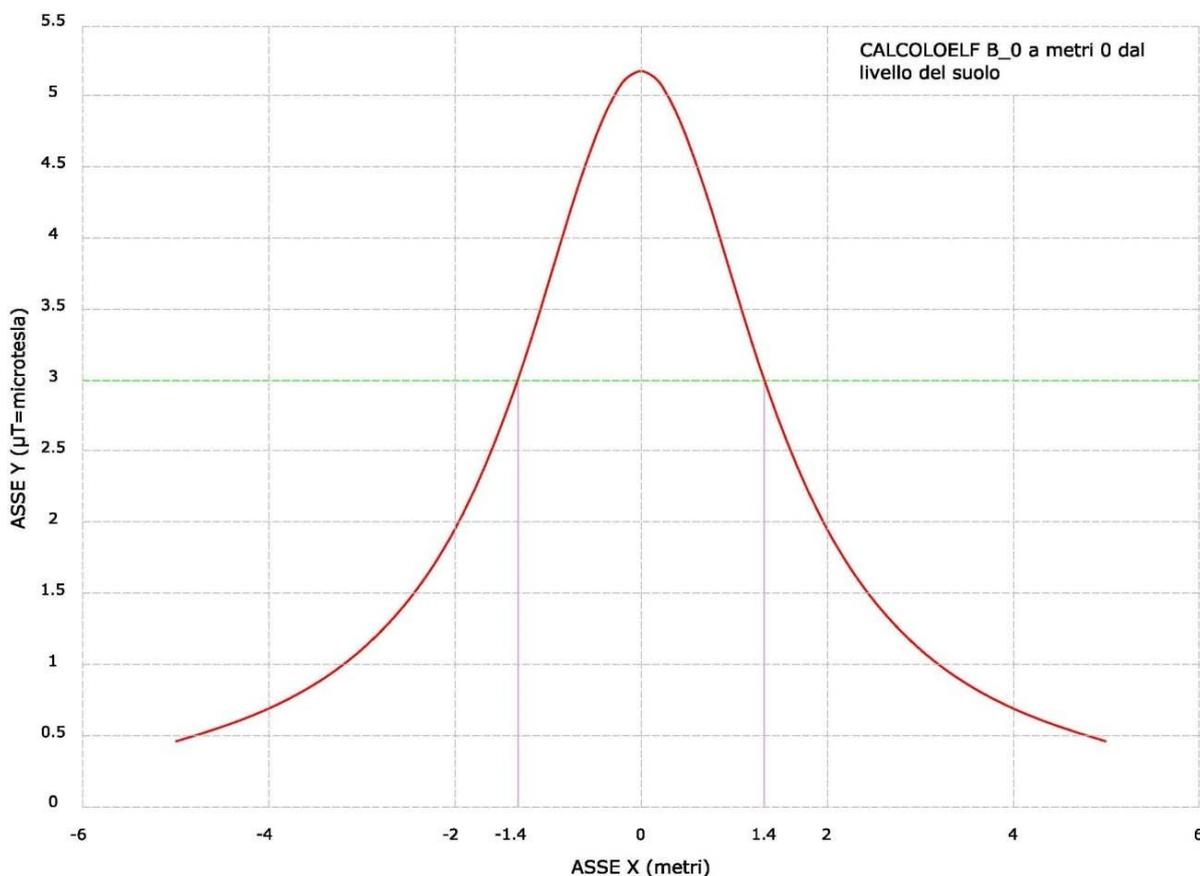
6.2.2. AT

Di seguito è esposto l'andamento del campo magnetico lungo il tracciato della linea interrata a 150 kV all'asse dell'elettrodotto.

Il calcolo è stato effettuato in aderenza alla Norma CEI 211-4, valori esposti si intendono calcolati al suolo.

Nel calcolo, essendo il valore dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità di 1,5 m, con un valore di corrente pari a 1250 A.

La norma di riferimento per la metodologia di calcolo utilizzata nella CEI 106-11.



Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo

Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a $3 \mu\text{T}$ in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata).

Si segnala, tuttavia, che i percorsi di tali cavidotti non interessano recettori sensibili come aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere.

In casi particolari, ove necessario, potrà essere utilizzata la tecnica di posa con schermatura realizzata inserendo i cavi, con disposizione a trifoglio ed inglobati in tubi in PE riempiti di bentonite, in apposite canalette in materiale ferromagnetico riempite con cemento a resistività termica stabilizzata. Il comportamento delle canalette ferromagnetiche è stato sperimentalmente provato ed applicato in altri impianti già realizzati con risultati attesi.

L'efficacia della canaletta consentirà un'attenuazione dell'induzione magnetica pari almeno ad un ordine di grandezza; ciò che garantirà il pieno rispetto del limite imposto.