



Engineering & Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.24.IT.W.15438.00.121.00

PAGE

1 di/of 24

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

IMPIANTO EOLICO MONTEMILONE

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DI CALCOLO ELETTRICO



File: GRE.EEC.R.24.IT.W.15438.00.121.00 - Relazione di calcolo elettrico.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	01/12/21	First issue	3E INGEGNERIA G.Saraceno	studio TECHNE D.Puccini	studio TECHNE M.Nardi

GRE VALIDATION

A.Provasi	M.Porcellini	E.Pansini
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT	GRE CODE																			
	GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT			SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION								
Wind Farm Montemilone	GRE	EEC	R	2	4	I	T	W	1	5	4	3	8	0	0	1	2	1	0	0

CLASSIFICATION	UTILIZATION SCOPE
	Iter autorizzativo

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.

INDICE

1	PREMESSA	3
2	ACRONIMI	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
5	DESCRIZIONE DI PROGETTO	7
5.1	Generalità	7
5.2	Cabina di consegna	10
5.3	Descrizione del tracciato	11
5.4	Descrizione dell'opera	11
5.5	Comuni e Province interessate	11
5.6	Attraversamenti	12
5.7	Caratteristiche dei cavi MT	12
5.8	Fibre ottiche	16
	Caratteristiche tecniche	16
6	PROGETTAZIONE DELLA CANALIZZAZIONE	17
7	GIUNZIONI, TERMINAZIONI ED ATTESTAZIONI	18
7.1	Giunzione cavi MT	18
7.2	Terminazione ed attestazione cavi MT	18
7.3	Giunti di isolamento cavi MT	18
7.4	Terminazione ed attestazione cavi in fibra ottica	18
8	MODALITÀ DI POSA.....	19
8.1	Generalità	19
8.2	Modalità di posa dei cavi MT	19
	Posa dei cavi direttamente interrati.....	19
8.3	Modalità di posa dei conduttori di terra	21
8.4	Modalità di posa della fibra ottica	21
8.5	Coesistenza tra cavi elettrici ed altre condutture interrate	22
8.5.1	Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici	22
8.5.2	Incroci tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione	22
8.5.3	Parallelismo tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione	22
8.5.4	Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrate	23

1 PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di definire le caratteristiche dei cavidotti di collegamento, in Media Tensione, dagli aerogeneratori del parco eolico, sito nel comune di Montemilone (PZ), alla cabina di consegna collocata all'interno della stazione d'utenza, ricadente nel comune di Montemilone. La nuova stazione d'utenza per il collegamento dell'impianto alla RTN, sarà ubicata in posizione adiacente alla nuova stazione di rete (380/150 kV) da raccordare in entra-esce sulla linea RTN esistente a 150 kV "Genzano - Melfi". Entrambe le stazioni ricadono nel comune di Montemilone (PZ).

Il parco eolico si sviluppa in un'area ubicata a circa 2 km a sud-ovest del paese di Montemilone, tra la SS655 e la SP155. L'impianto è costituito da 11 aerogeneratori di potenza pari a 6 MW per una potenza massima complessiva di 66 MW.

Ogni aerogeneratore è collegato pertanto con un cavo in Media Tensione (33kV) all'aerogeneratore successivo e così via fino a raggiungere la stazione d'utenza (cabina di consegna). La stazione d'utenza (33/150 kV), tramite un trasformatore MT/AT, convoglia successivamente l'energia prodotta alla nuova stazione di rete (380/150 kV) sopra detta.

Nel seguito vengono fornite le prescrizioni tecniche per la realizzazione delle linee elettriche sopra elencate.

TABELLA RIASSUNTIVA

Società promotrice	Enel Green Power
Comune	Montemilone
Aerogeneratori	11
Presenza BESS	No
Soluzione di connessione alla rete di trasmissione nazionale	Nuova stazione di rete di Montemilone
S.T.M.G trasmessa da Terna: riferimenti	GRE.EEC.R.74.IT.W.15438.00.123

2 ACRONIMI

BT	Bassa Tensione
MT	Media Tensione
AT	Alta Tensione
V	Tensione
I	Corrente
P	Potenza Attiva
Q	Potenza Reattiva
S	Potenza Apparente

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- [1] Norma CEI 99-2 "Impianti elettrici con tensione superiore ad 1kV in corrente alternata"
- [2] Norma CEI 99-3 "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore ad 1kV in corrente alternata"
- [3] Norma CEI 11-17 "Norme per gli impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica, linee in cavo"
- [4] Norma CEI 20-21 "Calcolo delle portate dei cavi elettrici"
- [5] Norma CEI 20-27 "Sistema di designazione dei cavi di energia e per segnalamento"
- [6] Norma CEI 20-29 "Conduttori per cavi isolati"
- [7] Norma CEI 7-1 "Corde di rame"
- [8] Norma CEI 20-13 "Cavi isolanti con gomma EPR con grado di isolamento superiore a 3 (per sistemi elettrici con tensione nominale da 1 a 33 kV)"
- [9] Norma CEI 20-14 "Cavi isolanti con polivinilcloruro di qualità R2 con grado di isolamento superiore a 3 (per sistemi elettrici con tensione nominale da 1 a 33 kV)"
- [10] Norma CEI 20-11 "Caratteristiche tecniche e requisiti di prova delle mescole per isolanti e guaine per energia"
- [11] Norma CEI 20-22 "Prova dei cavi non propaganti l'incendio"
- [12] Norma CEI 20-36 "Prove di resistenza al fuoco dei cavi elettrici"
- [13] Norma CEI 20-37 "Prove sui gas emessi durante la combustione di cavi elettrici"

4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] Enel Green Power S.p.A.: Doc.n° GRE.EEC.D.24.IT.W.15438.00.114 - Schema elettrico unifilare
- [2] Enel Green Power S.p.A.: Doc.n° GRE.EEC.D.24.IT.W.15438.00.113 - Planimetria interferenze cavidotto esterno
- [3] Enel Green Power S.p.A.: Doc.n° GRE.EEC.D.24.IT.W.15438.00.128 - Schema rete di terra
- [4] Enel Green Power S.p.A.: Doc.n° GRE.EEC.D.24.IT.W.15438.00.134 - Schema rete di comunicazione Fibra Ottica
- [5] Enel Green Power S.p.A.: Doc.n° GRE.EEC.D.24.IT.W.15438.00.126 - Sezioni tipiche cavidotti
- [6] Enel Green Power S.p.A.: Doc.n° GRE.EEC.D.24.IT.W.15438.00.119 - Pianta prospetti,sezioni edifici e apparecchiature di sottostazione

5 DESCRIZIONE DI PROGETTO

5.1 Generalità

L'inquadramento territoriale dell'impianto di Montemilone è riportato nelle seguenti figure.



Figura 5.1: inquadramento nazionale dell'impianto eolico di Montemilone (PZ)



Figura 5.2: inquadramento regionale dell'impianto eolico di Montemilone (PZ)

Il layout d'impianto e il tracciato dei cavidotti è riportato nelle seguente figura.

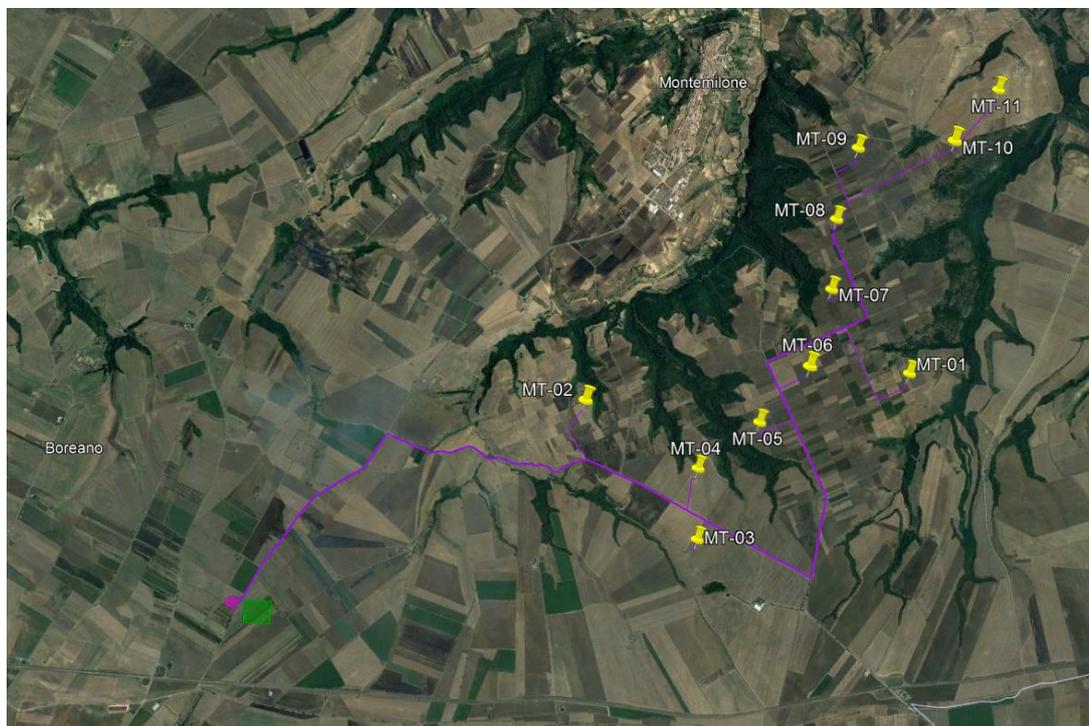


Figura 5.3: tracciato cavidotti

L'impianto eolico di Montemilone è costituito da 11 (undici) aerogeneratori, ciascuno dei quali comprende un generatore asincrono trifase ($V=690V$, $P_{max}=6000kW$) collegato al rispettivo trasformatore MT/BT di macchina ($33/0.69kV$, $A=6300 kVA$). Gli undici gruppi di generazione sono stati suddivisi in quattro sottocampi aventi tre dei quali una potenza di 18 MW ed uno una potenza di 12 MW. Le motivazioni che portano alla necessità di suddividere l'impianto in sottocampi sono le seguenti:

- la sezione e quindi la dimensione dei cavi di interconnessione fra i vari generatori risulta ridotta facilitandone la posa;
- in caso di disservizio di un sottocampo, l'impianto può continuare la produzione nella parte restante dei sottocampi, con una perdita di produttività relativamente contenuta.

Gli aerogeneratori sono tra loro connessi attraverso una linea in media tensione a 33 kV, realizzata in cavo con collegamento di tipo "entra-esce". L'energia prodotta dai quattro sottocampi sopra detti viene convogliata direttamente alla cabina di consegna collocata all'interno della stazione d'utenza, ubicata nel comune di Montemilone. La stazione d'utenza ($33/150 kV$) di Montemilone (PZ), tramite un trasformatore MT/AT, la convoglia successivamente alla nuova stazione di rete ($380/150 kV$) di Montemilone adiacente alla stazione d'utenza. Tale nuova stazione RTN sarà collegata in entra-esce sulle linea RTN esistente a 380 kV "Genzano-Melfi".

Ogni aerogeneratore è dotato di tutte le apparecchiature e circuiti di potenza nonché di comando, protezione, misura e supervisione relativi alle macchine fino al quadro MT compreso.

L'impianto elettrico in oggetto comprende sistemi di categoria 0, I, II e III ed è esercito alla frequenza di 50 Hz. Si distinguono le seguenti parti:

- il sistema AT a 150 kV c.a., esercito con neutro a terra;
- il sistema MT a 33 kV c.a., esercito con neutro isolato;
- il sistema BT a 690 V c.a., esercito con neutro a terra (montante aerogeneratore);
- il sistema BT a 400 V c.a., esercito con neutro a terra (servizi ausiliari BT);
- Il sistema a 110 V c.c., per l'alimentazione dei servizi ausiliari della cabina di macchina e di centrale

L'intero impianto è pertanto composto dalle seguenti strutture:

n°1 stazione d'utenza

n°11 aerogeneratori

Nella seguente Figura 5.4 è riportato lo schema unifilare semplificato dell'impianto.

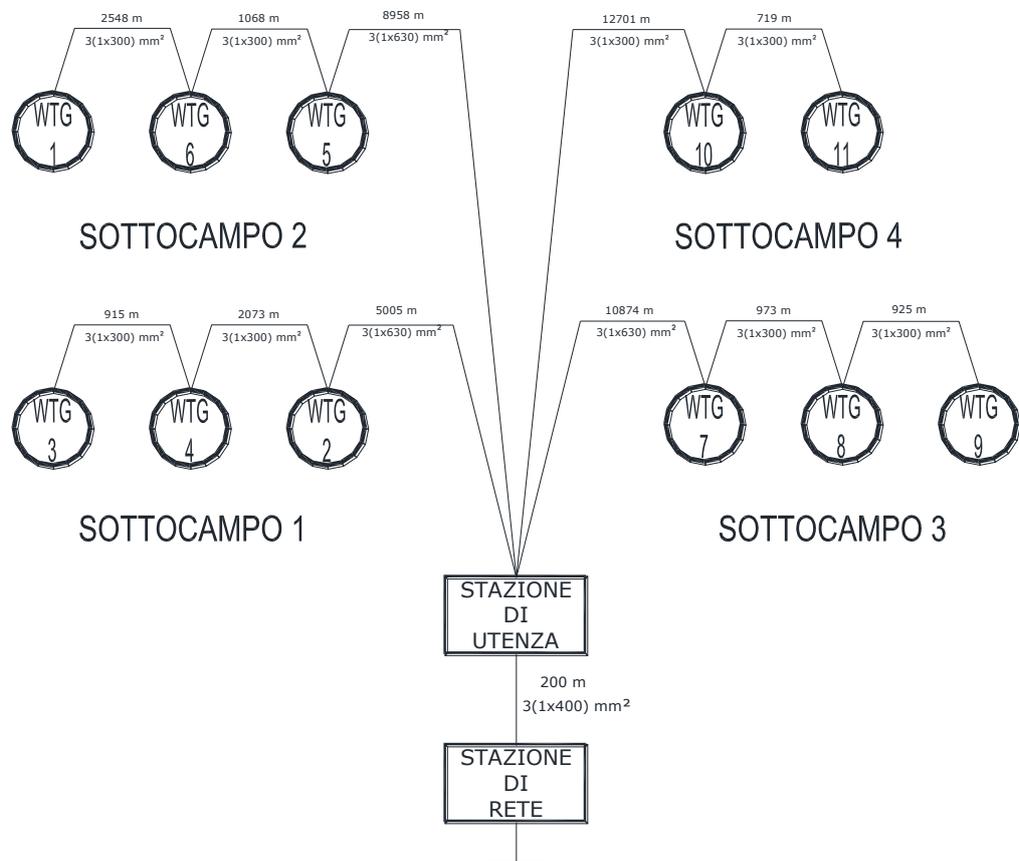


Figura 5.4: schema unifilare semplificato dell'impianto eolico di Montemilone (PZ)

5.2 Cabina di consegna

La cabina di consegna è collocata all'interno della stazione d'utenza e comprende le seguenti apparecchiature:

- quadro MT a 33 kV per l'interfacciamento dell'impianto con la rete e con le funzioni di sezionamento, comando e protezione;
- trasformatore TR-SC MT/BT (33/0.4 kV) da 160 kVA di alimentazione dei servizi ausiliari cabina d'impianto;
- quadro BT di alimentazione dei servizi ausiliari di cabina;
- unità di alimentazione protetta costituita da raddrizzatore, batteria protezione, comando e supervisione della centrale;
- (110Vcc) ed inverter per le alimentazioni delle apparecchiature di unità di acquisizione dei parametri di supervisione proveniente dalle macchine, elaborazione, archiviazione e trasmissione al posto di teleconduzione remoto dell'impianto.

5.3 Descrizione del tracciato

Il tracciato dell'elettrodotto in oggetto, riportato nella tavola allegata "Tracciato Cavidotti su CTR", è stato studiato secondo quanto previsto dall'art. 121 del T.U. 11/12/1933 n°1775, comparando le esigenze della pubblica utilità dell'opera con gli interessi sia pubblici che privati coinvolti.

Tale tracciato avrà una lunghezza complessiva di circa 18 km, ricadente nel Comune di Montemilone (PZ).

Nella definizione dell'opera sono stati adottati i seguenti criteri progettuali:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato sia per occupare la minor porzione possibile di territorio, sia per non superare certi limiti di convenienza tecnico economica;
- evitare di interessare nuclei e centri abitati, tenendo conto di eventuali trasformazioni ed espansioni urbane future;
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse e isolate, rispettando le distanze minime prescritte dalla normativa vigente;
- minimizzare l'interferenza con le zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- transitare su aree di minore pregio interessando prevalentemente aree agricole e sfruttando la viabilità di progetto dell'impianto eolico.

5.4 Descrizione dell'opera

Il collegamento in cavo in esame segue per quanto possibile l'andamento di strade asfaltate e sterrate presenti nel sito. Le strade asfaltate interessate sono quasi esclusivamente Strade Provinciali o Comunali: in particolare la SP n° 86 della Lupara e SP n° 21 delle Murge. I cavidotti si estendono per una lunghezza complessiva di circa 19 km e sono suddivisi in 6 diverse tipologie di posa, di cui 4 per strade sterrate e 2 per strade asfaltate. Le 3 tipologie di posa utilizzate per le strade sterrate sono le seguenti: circa 3,9 km sono costituiti da cavidotti con sezione di tipo "1C", circa 4,8 Km sono costituiti da cavidotti con sezione di tipo "2C", circa 860 m sono costituiti da cavidotti con sezione di tipo "3C" e circa 30 m sono costituiti da cavidotti con sezione di tipo "4C". Le 2 tipologie di posa utilizzate per le strade asfaltate sono le seguenti: circa 3,8 km sono costituiti da cavidotti con sezione di tipo "3C" e circa 6,1 km da cavidotti con sezione di tipo "4C". Tutte le sezioni utilizzate sono mostrate nella tavola "GRE.EEC.D.24.IT.W.15438.00.126 - Sezioni tipiche cavidotti".

Inoltre ogni 2,5 km dovranno essere posizionati pozzetti per verifica scariche parziali on&off line e per ricerca guasti.

5.5 Comuni e Province interessate

PROVINCE: Potenza

COMUNI: Montemilone

5.6 Attraversamenti

L'elenco delle opere attraversate è riportato nell'elaborato allegato "GRE.EEC.D.24.IT.W.15438.00.113 - PLANIMETRIA INTERFERENZE CAVIDOTTO MT ESTERNO", dove gli attraversamenti sono individuati con un numero d'ordine riportato nell'allegato stesso.

5.7 Caratteristiche dei cavi MT

I cavi per le linee MT avranno le seguenti caratteristiche di massima:

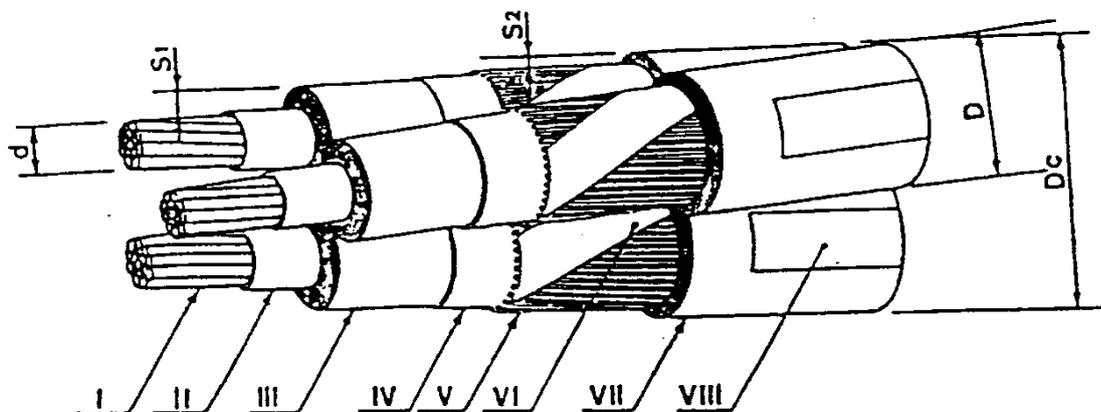
- Designazione: ARE4H5E
- Conduttori a corda rotonda compatta di alluminio.
- Grado di isolamento : 18/30 kV
- Sezione nominale $\geq 70 \text{ mm}^2$
- Tensione nominale: 30 kV
- Corrente massima di esercizio: 1337 A (*) calcolata con $\cos\phi=0,95$
- Potenza Nominale: 66 MW (*)
- Frequenza Nominale: 50 Hz

(*) riferita alla producibilità massima totale dell'impianto

Inoltre le condizioni di installazione sono le seguenti:

- Temperatura di funzionamento: 90°C
- Temperatura del terreno: 30°C
- Resistenza termica del terreno: 2K m / W
- Profondità di installazione: 1
- Separazione tra circuiti: 200mm.
- Fattore di potenza: 0,90
- Frequenza: 50Hz.
- Tensione nominale: 33kV

Nella figure seguenti sono riportate delle composizioni tipiche dei cavi.



- | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| I - Conduttore | IV - Strato semiconduttore | VII - Guaina di PVC |
| II - Strato semiconduttore | V - Schermo | VIII - Stampigliature |
| III - Isolante | VI - Nastro equalizzatore (eventuale) | |

Figura 5.5: composizione tipica cavo unipolare avvolto ad elica

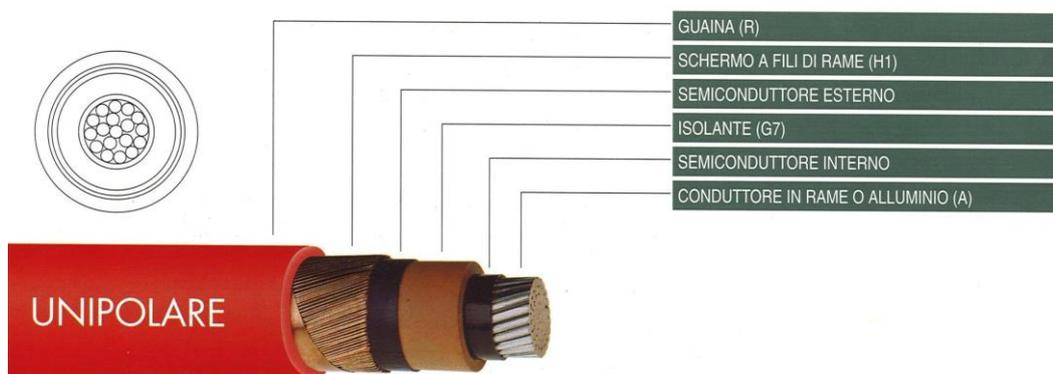


Figura 5.6: composizione tipica cavo unipolare

Le portate dei cavi riportate nel datasheet e sono ricalcolate (IEC 60502-2) in funzione delle condizioni di posa reali appena indicate. Alla portata nominale, sono applicati i fattori di correzione:

$$I_z = I_o \times K = I_o \times K1 \times K2 \times K3 \times K4$$

I fattori di correzione sono standardizzati dalla norma IEC 60502-2:

k1 - Fattore di correzione della corrente nominale per temperatura del terreno diverse da 20°C;

k2 - Fattore di correzione per differenti valori di profondità di posa diversi da 0,8 m;

k3 Fattore di correzione per differenti valori di resistività termica del terreno;

k4 - Fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano (distanza 200mm).

Inoltre in particolare per definire le sezioni sono state verificate le seguenti condizioni:

- 1) La corrente che passa nei cavi deve essere inferiore o al limite uguale alla portata effettiva stimata della conduttura sulla base delle condizioni di posa;
- 2) La tensione calcolata ai morsetti di ogni WTG sia all'interno del suo campo di funzionamento normale.

Tali verifiche devono essere effettuate almeno in due condizioni critiche (in entrambe la tensione sul quadro MT in stazione può essere considerata pari al valore nominale, dato che il trasformatore principale è equipaggiato con variatore di rapporto sotto carico con range di variazione della tensione tale da compensare le variazioni della tensione sul lato AT):

- A) L'impianto genera la massima potenza attiva consentita, potenza reattiva erogata in rete (sovraeccitazione) pari al massimo valore come indicato in allegato A17 al codice di rete Terna, tensione sul nodo di alta tensione al minimo valore (0.9 pu)
- B) L'impianto genera la minima potenza attiva (da stabilire sulla base del tipo di turbina impiegata), potenza reattiva assorbita dalla rete (sottoeccitazione) pari al massimo valore (assoluto) come indicato in allegato A17 al codice di rete Terna, tensione sul nodo di alta tensione al massimo valore (1.1 pu)

Le condizioni 1) e 2) sopra sono sempre rispettate.

La distribuzione dei cavi nei sottocampi è la seguente.

Sottocampo n. 1

Da	a	D [m]	S [mm ²]	vie parall.	$\Delta V\%$ $\cos\phi=0,9$	Iz [A]
WTG4	WTG3	915	1 x 300	1	0.07	255
WTG3	WTG2	2073	1 x 300	1	0.34	255
WTG2	CABINA	5005	1 x 630	1	0.96	381

Sottocampo n. 2

Da	a	D [m]	S [mm ²]	vie parall.	$\Delta V\%$ $\cos\phi=0,9$	Iz [A]
WTG1	WTG6	2548	1 x 300	1	0.21	268
WTG6	WTG5	1068	1 x 300	1	0.17	268
WTG5	CABINA	8958	1 x 630	1	1.71	381

Sottocampo n. 3

Da	a	D [m]	S [mm ²]	vie parall.	$\Delta V\%$ $\text{COS}\phi=0,9$	Iz [A]
WTG9	WTG8	925	1 x 300	1	0.08	296
WTG8	WTG7	973	1 x 300	1	0.16	296
WTG7	CABINA	10874	1 x 630	1	2.07	381

Sottocampo n. 4

Da	a	D [m]	S [mm ²]	vie parall.	$\Delta V\%$ $\text{COS}\phi=0,9$	Iz [A]
WTG11	WTG10	719	1 x 300	1	0.06	296
WTG10	CABINA	12701	1 x 300	1	2.08	255

Con Iz portata dei cavi nelle condizioni effettive di posa.

Il dimensionamento sopra elencato potrà subire modeste variazioni in sede di progettazione esecutiva.

I valori della $\Delta V\%$ relativi ad ogni sottocampo sono riportati nella Tabella I seguente:

Sottocampo	$\Delta V_{max}\%$
Sottocampo 1	1,44
Sottocampo 2	2,09
Sottocampo 3	2,31
Sottocampo 4	2,14

Tabella I

5.8 Fibre ottiche

Di seguito si riportano le caratteristiche tecniche del cavo a fibre ottiche di tipo multimodale adatto alla posa aerea ed interrata

Caratteristiche tecniche

	TIPO DI FIBRA OTTICA	
	Multimodale	Monomodale
Numero delle fibre	12	12/24
Tipo di fibra	62.5/12	9/125/25
	5	0
Diametro cavo	11,7 mm	9 mm
Peso del cavo	130 kg/km circa	75 kg/km circa
Massima trazione a lungo termine	3000 N	3000 N
Massima trazione a breve termine	4000 N	4000 N
Minimo raggio di curvatura in installazione	20 cm	20 cm
Minimo raggio di curvatura in servizio	10 cm	15 cm

6 PROGETTAZIONE DELLA CANALIZZAZIONE

Per Canalizzazione si intende l'insieme del canale, delle protezioni e degli accessori indispensabili per la realizzazione di una linea in cavo sotterraneo (trincea, riempimenti, protezioni segnaletica). La norma che regola questa materia è la norma CEI 11-17, riempimenti esclusi.

In particolare la norma stabilisce che l'integrità dei cavi deve essere garantita da una robusta protezione meccanica supplementare, in grado di assorbire, senza danni per il cavo stesso, le sollecitazioni meccaniche, statiche e dinamiche, derivanti dal traffico veicolare (resistenza a schiacciamento) e degli abituali attrezzi manuali di scavo (resistenza a urto).

La protezione meccanica supplementare non è necessaria se i cavi MT sono posati ad una profondità superiore a 1,7 m.

Per quanto attiene le profondità minime di posa nel caso di attraversamento della sede stradale vale il Nuovo Codice della Strada che fissa un metro, dall'estradosso della protezione, per le strade di uso pubblico, mentre valgono le profondità minime stabilite dalla norma CEI 11-17 per tutti gli altri suoli e le strade ad uso privato.

In posizione sovrastante la protezione deve essere posato il nastro monitor, che avvisi della presenza del cavo.

La presenza dei cavi nel sottosuolo di strade asfaltate è opportuno che venga segnalata in superficie mediante l'apposizione, indicativamente a distanza di 50 m l'uno dall'altro e comunque in ogni deviazione di tracciato, di segnalatori di posizione cavi e giunti.

Nei casi di posa in terreni agricoli la presenza del cavo deve essere segnalata tramite paletti portanti cartelli indicatori "presenza cavo".

7 GIUNZIONI, TERMINAZIONI ED ATTESTAZIONI

7.1 Giunzione cavi MT

I giunti devono essere monoblocco retraibili a freddo per $U_m=36$ kV sempre in accordo a IEC 60502-4.

7.2 Terminazione ed attestazione cavi MT

I terminali devono essere sconnettibili di tipo C per $U_m=36$ kV in accordo a IEC 60502-4.

7.3 Giunti di isolamento cavi MT

Sui cavi M.T. in uscita dalla cabina d'impianto dovranno essere realizzati i giunti di isolamento tra gli schermi dei due diversi impianti di terra (dispersore di terra della stazione elettrica e dispersore di terra dell'impianto eolico).

I giunti di isolamento dovranno garantire la tenuta alla tensione che si può stabilire tra i due schermi dei cavi MT e dovranno essere realizzati in modo tale da ottenere una ottimale distribuzione del campo elettrico (campo tipo radiale) evitando pericolose concentrazioni di campo elettrico per spigolosità.

Sui giunti realizzati dovranno essere incluse targhe identificative di esecuzione giunti su cui devono essere riportati (mediante incisione) il nominativo dell'esecutore e la data di esecuzione dei giunti stessi.

7.4 Terminazione ed attestazione cavi in fibra ottica

I cavi in fibra ottica dovranno essere terminati su appositi "cassetti ottici".

L'attestazione avverrà secondo il seguente schema di massima:

- posa del cavo, da terra al relativo cassetto ottico, previa eliminazione della parte eccedente, con fissaggio del cavo o a parete o ad elementi verticali con apposite fascette, ogni 0.50 m circa;
- sbucciatura progressiva del cavo, da eseguire "a regola d'arte";
- fornitura ed applicazione, su ciascuna fibra ottica, di connettore;
- esecuzione della "lappatura" finale del terminale;
- fissaggio di ciascuna fibra ottica.

8 MODALITÀ DI POSA

8.1 Generalità

Le linee elettriche ed in fibra ottica saranno posate in cavidotti direttamente interrati o, all'occorrenza, posate all'interno di tubi. Il tracciato dei cavidotti è riportato nel documento allegato.

I cavidotti in funzione della quantità e tipologia dei cavi, assumeranno la configurazione riportata nelle sezioni tipiche riportate nello stesso documento.

8.2 Modalità di posa dei cavi MT

Posa dei cavi direttamente interrati

I cavi elettrici, rispetto ai piani finiti di strade o piazzali o alla quota del piano di campagna, saranno posati negli scavi alla profondità di circa 1,1m. I cavi saranno posati direttamente all'interno di uno strato di materiale sabbioso (pezzatura massima: 5 mm) di circa 30 cm, su cui saranno posati i tegoli o le lastre copricavo. Un nastro segnalatore sarà immerso nel rimanente volume dello scavo riempito con materiale arido.

La posa dei conduttori si articolerà quindi essenzialmente nelle seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità come indicato nel documento;
- posa dei conduttori e fibre ottiche. Particolare attenzione dovrà essere fatta per l'interramento della corda di rame che costituisce il dispersore di terra dell'impianto; infatti questa dovrà essere interrata in uno strato di terreno vegetale di spessore non inferiore a 20 cm nelle posizioni indicate dal documento;
- reinterro parziale con sabbia vagliata;
- posa dei tegoli protettivi;
- reinterro con terreno di scavo;
- inserimento nastro per segnalazione tracciato.

Nella posa degli stessi cavi dovranno essere rispettati alcuni criteri particolari per l'esecuzione delle opere secondo la regola dell'arte come di seguito indicati:

- **Tracciato delle linee:** Il tracciato delle linee di media tensione dovrà seguire più fedelmente possibile la linea guida indicata nella planimetria generale d'impianto. In particolare il tracciato dovrà essere il più breve possibile e parallelo al fronte dei fabbricati dove presenti.
- **Posa diretta in tubazioni:** I cavi saranno posizionati all'interno di tubi protettivi flessibili (tubi corrugati). Questa modalità di posa si applica solo in caso di attraversamenti o TOC..

La posa del cavo deve essere preceduta dall'ispezione visiva delle tubazioni e dall'eventuale pulizia interna.

L'imbocco delle tubazioni deve essere munito di idoneo dispositivo atto ad evitare lesioni del cavo.

Nelle tratte di canalizzazioni comprensive di curve in tubo posato in sabbia, la tesatura del cavo deve essere realizzata con modalità di tiro che non produca lesioni al condotto di posa.

Per limitare gli sforzi di trazione si può attuare la lubrificazione della guaina esterna del cavo con materiale non reagente con la stessa.

La bobina sarà collocata in prossimità dell'ingresso della tubazione, con asse di rotazione perpendicolare all'asse longitudinale della tubazione stessa ed in modo che lo svolgimento del cavo avvenga dalla parte inferiore della bobina.

Il tiro dovrà essere effettuato mediante un argano dotato di frizione regolabile disposto il più vicino possibile al luogo di arrivo della tratta da posare. È necessario evitare che il cavo, nel passaggio fra bobina e tubo, venga assoggettato a piegature o a sforzi di torsione.

L'applicazione del tiro deve avvenire in maniera graduale e per quanto possibile continuo, evitando le interruzioni.

Gli sforzi di tiro non devono determinare scorrimenti tra conduttori e gli isolanti del cavo, a tal fine dovranno essere utilizzate metodologie atte a scaricare i momenti torcenti che si sviluppano durante il tiro.

Lo svolgimento del cavo deve avvenire mediante rotazione meccanica o manuale della stessa. È vietata la rotazione della bobina tramite il tiro del cavo stesso al fine di evitare anomali sollecitazioni del cavo.

Appositi rulli di scorrimento dovranno essere utilizzati al fine di evitare che durante l'introduzione il cavo strisci contro spigoli metallici (es. telai dei chiusini) o di cemento (es. imboccatura di polifore, pozzetti, canalette ecc.).

Al fine di limitare il più possibile il numero di giunzioni lungo il percorso saranno stese tratte di cavo di lunghezza massima possibile soddisfacendo comunque le prescrizioni di tiro massimo.

La presenza del cavo interrato dovrà essere segnalato con adeguati cippi se il tracciato è su strada oppure con cartelli su paletti se il tracciato attraversa terreni.

- *Posa diretta in trincea:* La posa del cavo può essere effettuato secondo i due metodi seguenti:

- **a bobina fissa:**

da adottare quando il percorso in trincea a cielo aperto è intercalato con percorsi in tubazioni e quando il percorso è prevalentemente rettilineo o con ampi raggi di curvatura.

La bobina deve essere posta sull'apposito alzabobine, con l'asse di rotazione perpendicolare all'asse mediano della trincea e in modo che si svolga dal basso.

Sul fondo della trincea devono essere collocati, ad intervalli variabili in dipendenza del diametro e della rigidità del cavo, i rulli di scorrimento. Tale distanza non deve comunque superare i 3 metri.

- **a bobina mobile:**

da adottare quando il percorso si svolge tutto in trincea a cielo aperto. Il cavo deve essere steso percorrendo con il carro portabobine il bordo della trincea e quindi calato manualmente nello scavo.

L'asse del cavo posato nella trincea deve scostarsi dall'asse della stessa di qualche centimetro a destra e a sinistra seguendo una linea sinuosa, al fine di evitare dannose sollecitazioni dovute all'assestamento del terreno.

- *Temperatura di posa:* Per tutto il tempo di installazione dei cavi, la temperatura degli stessi non deve essere inferiore a 0°C
- *Sforzi di tiro per la posa:* Durante le operazioni di posa, gli sforzi di tiro devono essere applicati ai conduttori, e non devono superare i 60 N/mm² di sezione totale.
- *Raggi di curvatura:* Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni di installazione non dovrà essere inferiore a 830 mm
- *Messa a terra degli schermi metallici:* Lo schermo metallico dei singoli spezzoni di cavo dovrà essere messo a terra da entrambe le estremità della linea. È vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti dell'impianto.

8.3 Modalità di posa dei conduttori di terra

Il conduttore di terra deve essere interrato ad una profondità di circa 1,1m dal piano di campagna. Il conduttore in corda di rame nuda dovrà essere posizionato al di sopra dei cavi MT come indicato nel doc. GRE.EEC.D.24.IT.W.15438.00.126.

8.4 Modalità di posa della fibra ottica

I cavi in fibra ottica saranno allettati direttamente nello strato di sabbia.

Nella posa degli stessi cavi dovranno essere rispettati alcuni criteri particolari per l'esecuzione delle opere secondo la regola dell'arte come di seguito indicati:

- *Tracciato delle linee:* Il tracciato delle linee in cavo in fibra ottica dovrà seguire più fedelmente possibile la linea guida indicata nella planimetria generale d'impianto.
- *Posa:* I cavi saranno posizionati direttamente nel terreno.
- *Sforzi di tiro per la posa:* Durante le operazioni di posa, lo sforzo di tiro che può essere applicato a lungo termine sarà al massimo di 3000 N.
- *Raggi di curvatura:* Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni di installazione non dovrà essere inferiore a 20 cm

Durante le operazioni di posa è indispensabile che il cavo non subisca deformazioni temporanee. Il rispetto dei limiti di piegatura e tiro è garanzia di inalterabilità delle caratteristiche meccaniche della fibra durante le operazioni di posa. Se inavvertitamente

il cavo subisce deformazioni o schiacciamenti visibili, la posa deve essere interrotta e dovrà essere effettuata una misurazione con OTDR per verificare eventuali rotture o attenuazioni eccessive provocate dallo stress meccanico.

Nel caso che il cavo subisca degli sforzi di taglio pronunciati, con conseguente rottura della guaina esterna, deve essere segnalato il punto danneggiato e si potrà procedere alla posa del cavo dopo aver preventivamente isolato la parte di guaina lacerata con nastro gommato vulcanizzante tipo 3M.

8.5 Coesistenza tra cavi elettrici ed altre condutture interrate

8.5.1 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.

8.5.2 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.

8.5.3 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.

8.5.4 Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrate

La distanza in proiezione orizzontale tra cavi elettrici e tubazioni metalliche interrate 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, purchè il cavo elettrico e la tubazione non siano posti a diretto contatto fra loro.

Le superfici esterne di cavi d'energia e tubazioni metalliche interrate 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.