

Regione MOLISE
Città di CAMPOBASSO
COMUNE di GUGLIONESI



PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO
DI UN IMPIANTO EOLICO DI POTENZA 31.5 MW NEL COMUNE
DI GUGLIONESI E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE
(art. 23, d.lgs. 3 aprile 2006, n. 152)

Formato:

A4

Sezione:

**SEZIONE H - ELABORATI PROGETTUALI SISTEMA
ELETTRICO**

Scala:

-

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI

Revisione:

00

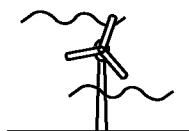
Codice elaborato:

LWG02_H02

Il proponente:

LE.RO.DA. WIND S.r.l.

Piazza Alberico Gentili, 6 – 90143 PALERMO (PA)
07121980820
le.ro.da.windsrl@legalmail.it



LE.RO.DA. WIND

LE. RO. DA. WIND SRL
Piazza Alberico Gentili, 6 - 90143 Palermo
PA - 438351
07121980820

Il progettista:

dott. ing. ALESSIO ZAMBRANO

Via Bellini, 77 – 84081 BARONISSI (SA)
alessio.zambrano@ordingsa.it

dott. ing. ANTONIO BOTTONE



 LE.RO.DA. WIND	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	LWG02_H02
		REVISIONE	00
		PAGINA	1 di 20

INDICE

PREMESSA	4
1 STAZIONE UTENTE	5
1.1 Area comune per condivisione connessione a 150 kV	5
1.2 Stallo in alta tensione a 150 kV	5
1.3 Tensioni di esercizio e distanze minime	6
1.4 Carpenterie metalliche	6
1.5 Telecontrollo e telecomunicazioni	6
1.6 Opere civili	7
2 CABINA DI RACCOLTA E MISURA	8
3 AEROGENERATORE	9
3.1 Generatore	9
3.2 Convertitore di frequenza AC/AC	9
3.3 Trasformatore bassa tensione/media tensione	10
3.4 Cavo in media tensione	10
3.5 Apparato di interruzione e protezione	11
3.6 Servizi ausiliari	11
4 LINEE IN MEDIA TENSIONE DI INTERCONNESSIONE CON STAZIONE UTENTE	13
4.1 Tipologia cavi	14
4.2 Tipologia posa	15
5 DIMENSIONAMENTO CAVI	18

 LE.RO.DA. WIND	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	LWG02_H02
		REVISIONE	00
		PAGINA	2 di 20

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 – Vista laterale stallo in alta tensione a 150 kV.</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2 – Schema di collegamento degli aerogeneratori.</i>	<i>13</i>
<i>Figura 3 – Raffigurazione tipo di cavo.</i>	<i>14</i>
<i>Figura 4 – Modalità di Posa (CEI 11-17).</i>	<i>15</i>
<i>Figura 5 – Sezione cavidotto doppia terna su asfalto.</i>	<i>16</i>
<i>Figura 6 – Sezione cavidotto doppia terna su terreno.</i>	<i>16</i>
<i>Figura 7 – Sezione cavidotto singola terna su misto stabilizzato.....</i>	<i>17</i>

 LE.RO.DA. WIND	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	LWG02_H02
		REVISIONE	00
		PAGINA	3 di 20

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1 – Verifica distanze minime ($V_n = 30$ kV, $V_{1,2/50 \mu s} = 170$ kV).....</i>	<i>6</i>
<i>Tabella 2 – Caratteristiche elettriche generatore.</i>	<i>9</i>
<i>Tabella 3 – Caratteristiche elettriche convertitore AC/AC.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabella 4 – Caratteristiche elettriche trasformatore bassa tensione/media tensione.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabella 5 – Caratteristiche elettriche cavo in media tensione interno.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabella 6 – Caratteristiche elettriche Interruttore MT.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabella 7 – Contributi principali all'autoconsumo.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabella 8 – Risultati dimensionamento calcole elettrico.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabella 9 - Caratteristiche meccaniche del cavo in funzione della sezione scelta (cavo ARE4H5E-18/30 kV). 20</i>	
<i>Tabella 10 – Riepilogo cadute di tensione per tratta.....</i>	<i>20</i>

	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	LWG02_H02
		REVISIONE	00
		PAGINA	4 di 20

PREMESSA

Il presente elaborato è riferito al progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, ed opere di connessione annesse, nel Comune di Guglionesi in località Colle Suzzi.

Il progetto si riferisce ad un impianto eolico di potenza totale di 31.5 MW, e si costituisce di:

- n. 7 aerogeneratori di potenza nominale 4.5 MW, di diametro di rotore 163 m e di altezza al mozzo 113 m, assimilabili al tipo Vestas V163;
- n. 1 cabina di raccolta a misura in media tensione a 30 kV;
- linee elettriche in media tensione a 30 kV in cavo interrato necessarie per l'interconnessione degli aerogeneratori alla cabina di raccolta e misura;
- una stazione elettrica di trasformazione 150/30 kV utente;
- linee elettriche in media tensione a 30 kV in cavo interrato necessarie per l'interconnessione della cabina di raccolta e misura e la stazione elettrica di utente;
- una sezione di impianto elettrico comune con altri impianti produttori, necessaria per la condivisione dello stallo in alta tensione a 150 kV, assegnato dal gestore della rete di trasmissione nazionale (RTN) all'interno della futura stazione elettrica della RTN denominata "MONTECILFONE 380/150/36 kV";
- tutte le apparecchiature elettromeccaniche in alta tensione di competenza utente da installare all'interno della futura stazione elettrica della RTN "MONTECILFONE 380/150/36 kV", in corrispondenza dello stallo assegnato;
- una linea elettrica in alta tensione a 150 kV in cavo interrato per l'interconnessione della sezione di impianto comune e la futura stazione elettrica della RTN "MONTECILFONE 380/150/36 kV".

Titolare dell'iniziativa proposta è la società LE.RO.DA WIND S.r.l., avente sede legale in Piazza Alberico Gentili 6, 90143 Palermo, P.IVA 07121980820.

	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	LWG02_H02
		REVISIONE	00
		PAGINA	5 di 20

1 STAZIONE UTENTE

La stazione elettrica di trasforma di utenza sar  costituita da uno stallo di trasformazione in alta tensione a 150 kV ed una sezione a 30 kV.

1.1 Area comune per condivisione connessione a 150 kV

L'area comune prevista per la condivisione della connessione in alta tensione a 150 kV   costituita dalle seguenti sezioni:

- stallo in alta tensione per arrivo linea in alta tensione in cavo a 150 kV, completo di tutte le apparecchiature elettromeccaniche in alta tensione necessarie;
- sistema di sbarre in alta tensione a 150 kV;
- edifici per l'area comune;
- sistemi di alimentazione, comando e controllo necessari per l'esercizio dell'area comune.

1.2 Stallo in alta tensione a 150 kV

Il sistema sar  costituito da uno stallo trasformatore, composto dai seguenti apparati:

- un trasformatore 150/30 kV, avente potenza nominale pari a 44 MVA variatore sotto carico (12) e predisposizione per la messa a terra del centro stella (11);
- tre scaricatori di sovratensione (8);
- un interruttore automatico, isolato in SF6 con comando unipolare (4);
- te trasformatori di corrente (protezione e misure) (5);
- te trasformatori di tensione induttivi (misure) (7);
- tre trasformatori di tensione capacitivi/induttivi (protezione/misura) (3);
- un sezionatore di isolamento sbarre (tripolare) (2);
- tre isolatori rompitratta in alta tensione (6);
- un portale per il collegamento aereo alla sezione di impianto d'area comune.

	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	LWG02_H02
		REVISIONE	00
		PAGINA	6 di 20

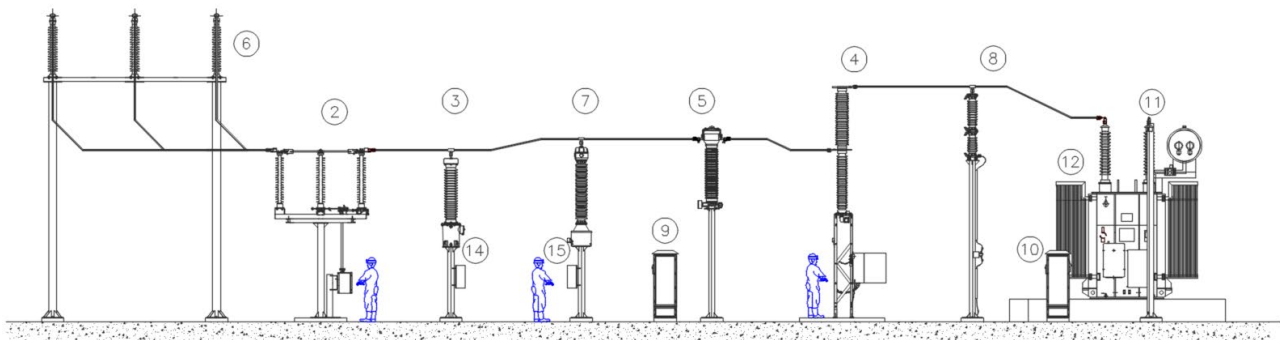


Figura 1 – Vista laterale stallo in alta tensione a 150 kV.

1.3 Tensioni di esercizio e distanze minime

Tabella 1 – Verifica distanze minime ($V_n = 30 \text{ kV}$, $V_{1,2/50 \mu\text{s}} = 170 \text{ kV}$).

	CEI 99-2	Fissata
Distanza minima fase-terra in aria [m]	0.32	0.5
Distanza minima fase-fase in aria [m]	0.32	0.5
Altitudine minima fase-suolo [m]	3.2	3.6

Per il sistema a 30 kV all'interno della sottostazione si utilizzeranno cavi isolati e segregati in apposite canalizzazioni prefabbricate, collaudate e certificate dal Costruttore secondo procedure a norma di legge per il livello di isolamento indicato.

1.4 Carpenterie metalliche

Tutti gli apparati dell'impianto elettrico esterno saranno installati su idonei supporti metallici, aventi altezza minima pari a 2,25 m (CEI 99-2), al fine di evitare il posizionamento di barriere di protezione da elementi in tensione. La base della struttura dei supporti sarà realizzata in acciaio ed in grado di sopportare gli sforzi nelle condizioni peggiori. Le fondazioni necessarie per l'ancoraggio delle strutture saranno dimensionate per assicurare la stabilità ed evitare ribaltamenti.

1.5 Telecontrollo e telecomunicazioni

La SE e l'area comune saranno dotate di sistema SCADA per la supervisione ed il controllo, locale e remoto, di tutte le apparecchiature di stazione e, eventualmente, anche degli aerogeneratori. Inoltre, è prevista l'installazione di una UPDM, per la disconnessione remota dell'impianto dalla RTN.

	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	LWG02_H02
		REVISIONE	00
		PAGINA	7 di 20

1.6 Opere civili

I lavori riguarderanno l'intera area della sottostazione con l'eliminazione del mantello vegetale, scavo, riempimento e compattamento fino ad arrivare alla quota di appianamento prevista.

Saranno realizzate le fondazioni necessarie per le apparecchiature esterne a 150 kV ed i locali di stazione. Per l'installazione del trasformatore di potenza sarà realizzato un idoneo basamento, formato da una fondazione di appoggio avente anche la funzione anche di vasca per la raccolta dell'olio in caso di fuoriuscite. Saranno costruite le canalizzazioni elettriche necessarie alla posa dei cavi di potenza e di controllo dei diversi elementi dell'impianto.

	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	LWG02_H02
		REVISIONE	00
		PAGINA	8 di 20

2 CABINA DI RACCOLTA E MISURA

Il sistema sarà costituito da tutte le apparecchiature necessarie per l'interconnessione e il controllo degli aerogeneratori, in particolare da:

- unità arrivo linea o partenza con sezionatore di messa a terra;
- unità interruttore con sezionatore di isolamento, TA e uscita cavi, per reattore shunt del cavo di collegamento con la stazione elettrica;
- unità interruttore con sezionatore di isolamento, per DG+DDI con SPG+SPI;
- unità interruttore con sezionatore di isolamento per reattore shunt per rispetto del vincolo sulla potenza reattiva scambiata con la stazione elettrica;
- unità risalita sbarre destra o sinistra con TA e TV, per misuratore energia scambiata;
- unità protezione trasformatore con IMS combinato con fusibili, per l'alimentazione a bassa tensione dei servizi ausiliari;
- unità misure, con TV fase-terra per la misura sulla barra a media tensione della tensione omopolare;
- tre unità interruttore con sezionatore di isolamento per la protezione di linea di ogni zona;
- unità interruttore con sezionatore di isolamento quale unità di riserva.

All'interno del prefabbricato saranno installati inoltre gli apparati di misura, comando, controllo e protezione necessari per la corretta funzionalità dell'impianto.

	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	LWG02_H02
		REVISIONE	00
		PAGINA	9 di 20

3 AEROGENERATORE

Per il presente progetto si prevede l'utilizzo di aerogeneratori assimilabili al tipo Vestas, modello V163, ciascuno avente potenza nominale pari a 4,5 MW.

3.1 Generatore

L'aerogeneratore monta un generatore a induzione asincrono trifase con rotore a gabbia.

Il corpo del generatore permette la circolazione dell'aria di raffreddamento all'interno dello statore e del rotore.

Lo scambio termico aria-acqua avviene in uno scambiatore di calore esterno.

Nelle seguenti tabelle si riportano le principali caratteristiche elettriche del generatore adoperato:

Tabella 2 – Caratteristiche elettriche generatore.

Potenza nominale [kW]	4500
Frequenza [Hz]	0-100
Tensione alla velocità nominale [kV]	3×800
Numero di poli [n.]	6
Range di velocità [rpm]	1450-1550
Limite di velocità [rpm]	2400

3.2 Convertitore di frequenza AC/AC

Il convertitore adotta un sistema di conversione full-scale, che controlla sia il generatore che la qualità dell'energia immessa in rete.

Il convertitore è composto da 3 unità di conversione lato macchina e 3 unità di conversione lato rete, funzionanti in parallelo con un controllore comune.

Il convertitore controlla la conversione dell'alimentazione AC, a frequenza variabile del generatore, in frequenza fissa (50 Hz) con potenza attiva e reattiva desiderata, con valori adatti alla rete elettrica di consegna.

Il convertitore si trova nella navicella e ha una tensione nominale lato rete di 720 V.

La tensione nominale lato generatore è fino a 800 V e dipende dalla velocità del generatore.

Di seguito alcune grandezze elettriche caratteristiche del convertitore:

	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	LWG02_H02
		REVISIONE	00
		PAGINA	10 di 20

Tabella 3 – Caratteristiche elettriche convertitore AC/AC.

Potenza apparente [kVa]	5300
Tensione nominale di rete [V]	3×720
Tensione nominale del generatore [V]	3×800

3.3 Trasformatore bassa tensione/media tensione

Il trasformatore MT/BT è inserito in un locale separato chiuso, sul retro della navicella.

Il trasformatore è a secco trifase, a due avvolgimenti ed autoestinguente.

Gli avvolgimenti sono collegati a triangolo sul lato ad alta tensione e a stella sul lato bassa tensione.

Il trasformatore è progettato secondo gli standard IEC, ma anche conforme al regolamento europeo sulla progettazione ecocompatibile n. 548/2014 e n. 2019/1783 stabilito dalla Commissione europea.

Si riportano di seguito alcune informazioni chiave:

Tabella 4 – Caratteristiche elettriche trasformatore bassa tensione/media tensione.

Potenza apparente [kVA]	5300
Potenza reattiva a vuoto [kVAr]	≈20
Potenza reattiva sotto carico [kVAr]	≈550
Tensione nominale lato BT [kV]	0.72
Tensione nominale lato MT [kV]	30
Frequenza [Hz]	50
Gruppo	Dyn5

3.4 Cavo in media tensione

Il cavo in media tensione dal trasformatore arriva direttamente all'interruttore in media tensione allocato internamente alla base della torre. In particolare, possono essere utilizzati due tipologia di cavi:

- cavo tripolare in media tensione, isolato in gomma, senza alogeni, con un cavo di terra multipolare;
- cavo quadrupolare in media tensione, isolato in gomma, senza alogeni.

Si riportano di seguito alcuni dati aggiuntivi:

	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	LWG02_H02
		REVISIONE	00
		PAGINA	11 di 20

Tabella 5 – Caratteristiche elettriche cavo in media tensione interno.

Materiale Isolante	EPR o HEPR
Terminazioni	Connettore T, Tipo C, lato trasformatore Connettore T, Tipo C, lato interruttore
Massima tensione	42 kV per una tensione nominale di 30 kV
Sezione cavo	3×70+70 mm ² (PE singolo) 3×70+70 /3 mm ²

3.5 Apparato di interruzione e protezione

L'interruttore isolato in SF6 è installato alla base della torre, internamente come parte integrante della turbina. I suoi controlli sono integrati con il sistema di sicurezza dell'aerogeneratore, che monitora le condizioni dell'interruttore e i dispositivi di sicurezza in MT. Per garantire che l'interruttore sia sempre pronto, esso è ridondato di "trip coil", sia per la fase di protezione che per eventuali condizioni di sotto-tensione.

L'interruttore è configurabile in funzione del numero di cavi che si prevede entrino nella turbina. Si riportano di seguito alcuni dati aggiuntivi:

Tabella 6 – Caratteristiche elettriche Interruttore MT

Tensione nominale [kV]	30
Tensione di isolamento verso terra (AC) [kV]	70
Tensione di isolamento da scarica atmosferica (LI) [kV]	170
Frequenza [Hz]	50
Corrente nominale di cortocircuito [kA]	25
Corrente di picco di cortocircuito [kA]	62.5
Massima durata di cortocircuito [s]	1

3.6 Servizi ausiliari

Il sistema dei servizi ausiliari è alimentato da un diverso trasformatore (720/400 V) posizionato nella navicella. Il primario (720 V) di questo trasformatore è alimentato direttamente dal quadro del convertitore AC/AC. Tutti i carichi nella turbina (motori, pompe, ventilatori e scambiatori) sono alimentati da questo sistema.

L'alimentazione 400 V è trasferita dalla navicella al quadro di controllo della Torre, posizionato all'entrata della turbina, e distribuita fra diversi 400 e 230 V carichi, come l'ascensore, luci di sistema, carichi "general purpose", riscaldamento interno della cabina e ventilazione.

È previsto, inoltre, un trasformatore di controllo 400/230 V che alimenta l'UPS vicino al quadro.

 LE.RO.DA. WIND	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	LWG02_H02
		REVISIONE	00
		PAGINA	12 di 20

I consumi sono definiti come la potenza che è usata dalla turbina quando questa non sta fornendo energia alla rete. È definito nel sistema di controllo come "Production Generator Zero". I seguenti componenti hanno la più grande influenza in termini di consumi di un aerogeneratore. I valori indicati rappresentano il massimo raggiungibile ma il consumo medio può essere inferiori in funzione delle condizioni di lavoro attuali, clima, ecc.

Tabella 7 – Contributi principali all'autoconsumo

Motore idraulico [kW]	2×22
Motore per l'imbardata [kW]	max 23
Ventilatori per raffreddamento [kW]	15
Pompe idrauliche [kW]	10.8
Pompa olio per lubrificazione cuscinetti [kW]	7.5
Controllore [kW]	3

	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	LWG02_H02
		REVISIONE	00
		PAGINA	13 di 20

4 LINEE IN MEDIA TENSIONE DI INTERCONNESSIONE CON STAZIONE UTENTE

In Figura 2 è raffigurato uno schema semplificato delle connessioni ipotizzate:

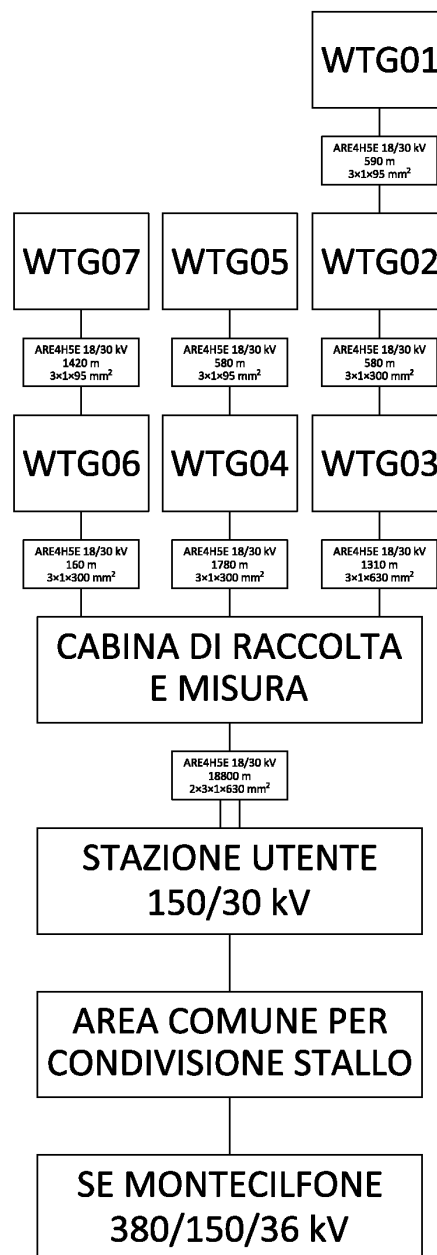


Figura 2 – Schema di collegamento degli aerogeneratori.

 LE.RO.DA. WIND	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	LWG02_H02
		REVISIONE	00
		PAGINA	14 di 20

4.1 Tipologia cavi

Per il collegamento elettrico in media tensione, si prevede l'utilizzo di cavi unipolari di tipo ARE4H5E-18/30 kV, aventi le seguenti caratteristiche:

- anima realizzata con conduttore a corda rotonda compatta di alluminio;
- semiconduttore interno a mescola estrusa;
- isolante in mescola di polietilene reticolato per temperature a 85°C XLPE;
- semiconduttore esterno a mescola estrusa;
- rivestimento protettivo realizzato con nastro semiconduttore igroespandente;
- schermo a nastro in alluminio avvolto a cilindro longitudinale ($R_{\max} = 3 \Omega/\text{km}$);
- guaina in polietilene, colore rosso.

Il cavo rispetta le prescrizioni delle norme HD 620 per quanto riguarda l'isolante; per tutte le altre caratteristiche rispetta la IEC 60502-2.

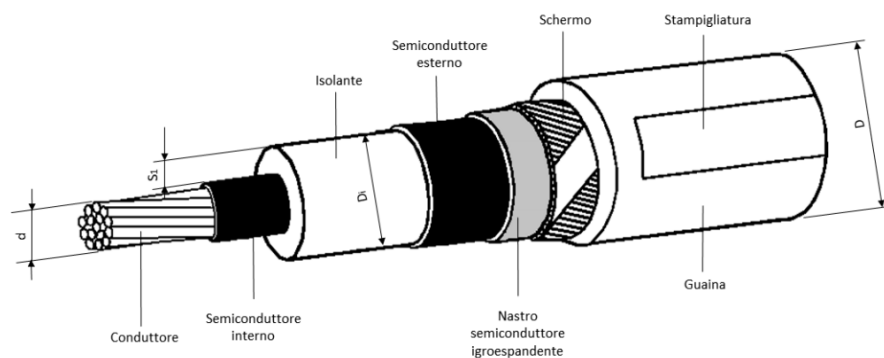


Figura 3 – Raffigurazione tipo di cavo.

	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	LWG02_H02
		REVISIONE	00
		PAGINA	15 di 20

4.2 Tipologia posa

Il cavidotto MT che interessa il collegamento tra l'impianto eolico, la cabina di raccolta e la sottostazione elettrica seguirà le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17. Sarà costituito da cavi unipolari direttamente interrati (modalità di posa tipo M), ad eccezione degli attraversamenti di opere stradali e/o fluviali richieste dagli enti concessionari, per i quali sarà utilizzata una tipologia di posa che prevede i cavi unipolari in tubo interrato (modalità di posa N). La posa verrà eseguita ad una profondità tra 1,2-1,5 m.

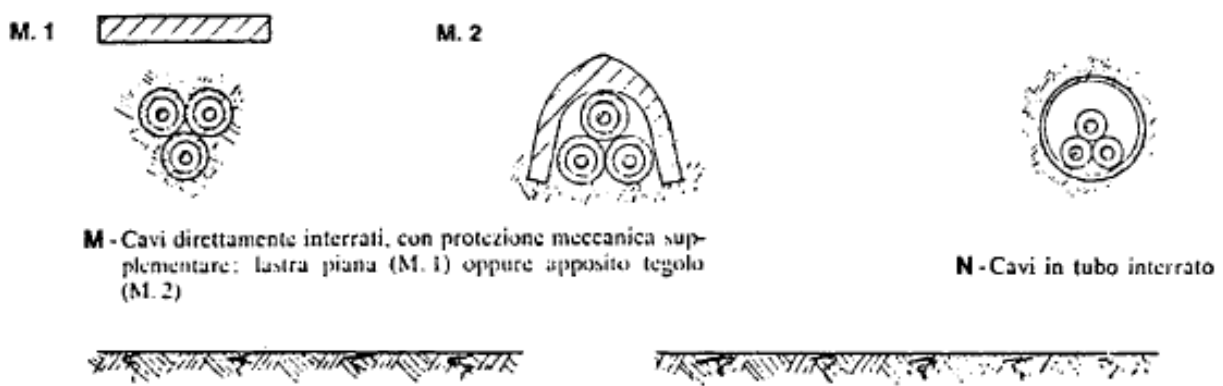


Figura 4 – Modalità di Posa (CEI 11-17).

Il tracciato del cavidotto, che segue la viabilità prima definita, è realizzato nel seguente modo:

- scavo a sezione ristretta obbligata (trincea) con dimensioni variabili;
- letto di sabbia di circa 10 cm, per la posa delle linee MT avvolte ad elica;
- rinfiacco e copertura dei cavi MT con sabbia per almeno 10 cm;
- corda nuda in rame (o in alluminio) per la protezione di terra (avente, come previsto da norma CEI EN 61936-1, una sezione maggiore o uguale di 16 mm² per il rame e 35 mm² nel caso di alluminio), e tubazioni PVC per il contenimento dei cavi di segnale e della fibra ottica, posati direttamente sulla sabbia, all'interno dello scavo;
- riempimento per almeno 20 cm con sabbia;
- inserimento per tutta la lunghezza dello scavo, e in corrispondenza dei cavi, delle tegole protettive in plastica rossa per la protezione e individuazione del cavo stesso;
- nastro in PVC di segnalazione;
- rinterro con materiale proveniente dallo scavo o con materiale inerte.

	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	LWG02_H02
		REVISIONE	00
		PAGINA	16 di 20

Si riportano di seguito alcune sezioni generiche del cavidotto:

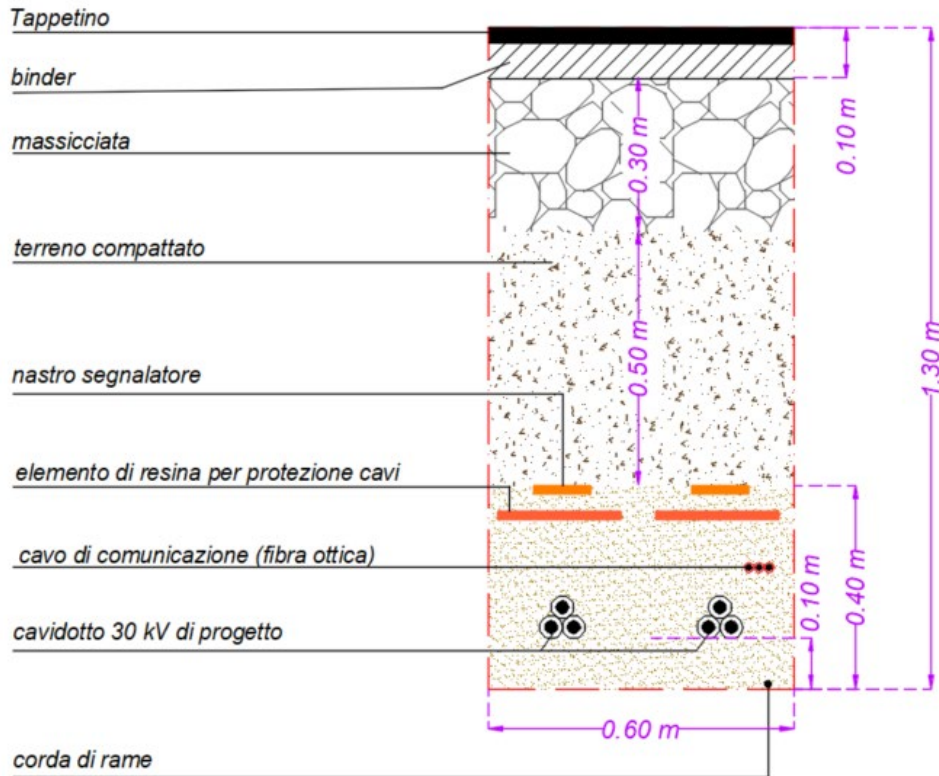


Figura 5 – Sezione cavidotto doppia terna su asfalto.

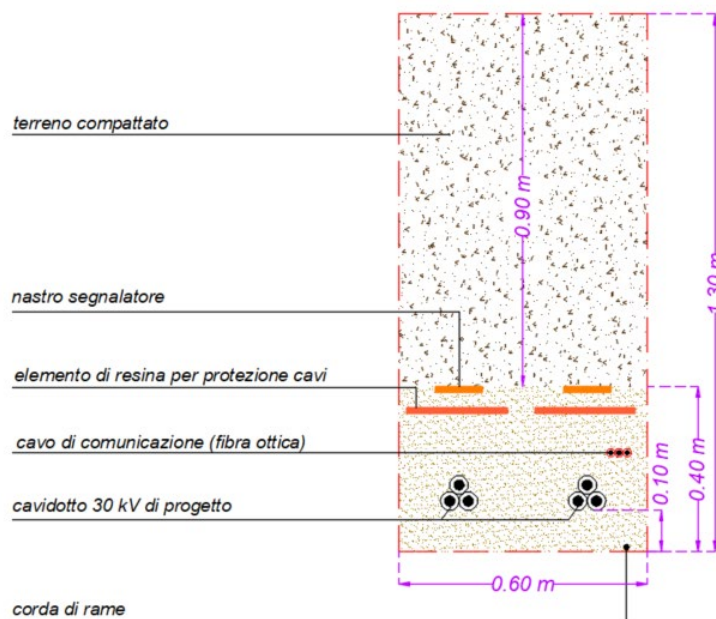


Figura 6 – Sezione cavidotto doppia terna su terreno.

	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	LWG02_H02
		REVISIONE	00
		PAGINA	17 di 20

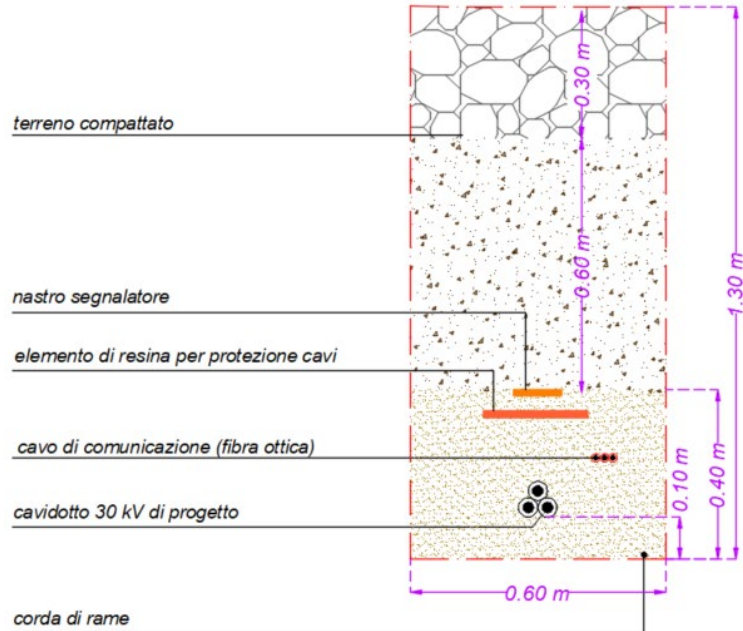


Figura 7 – Sezione cavidotto singola terna su misto stabilizzato.

 LE.RO.DA. WIND	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	LWG02_H02
		REVISIONE	00
		PAGINA	18 di 20

5 DIMENSIONAMENTO CAVI

Per il dimensionamento dei cavi è stato adoperato il criterio termico (come indicato dalla CEI UNEL 35027), utilizzando il criterio elettrico come ulteriore verifica delle sezioni scelte. Per il criterio termico è necessario individuare innanzitutto la corrente d'impiego I_b per la singola tratta, in modo da garantire che la portata del cavo I_0 (opportunamente corretta) sia sempre maggiore della corrente d'impiego prevista.

$$I_z = K_{TT}K_dK_pK_rI_0 > I_b$$

dove:

- K_{TT} è il coefficiente di correzione per posa interrata e temperature ambientali diverse dai 20 °C;
- K_d è il coefficiente di correzione per cavi tripolari (nel nostro caso assumeremo 1 perché adoperiamo cavi unipolari);
- K_p è il coefficiente di correzione per valori di profondità di posa diversa da 0.8 m (cavi direttamente interrati);
- K_r è il coefficiente di correzione per valori di resistività termica diversi da 1.5 K m/W (cavi direttamente interrati)

Per il criterio elettrico è necessario verificare che la massima caduta di tensione sul cavidotto, nelle condizioni di funzionamento ordinario e particolari previsti (ad esempio avviamento motori), sia entro valori accettabili in relazione al servizio. Indicazioni circa i valori ammissibili per la caduta di tensione possono essere ricavati dalle norme relative agli apparecchi utilizzatori connessi e dalle norme relative agli impianti, ove applicabili. Nel caso specifico si assume:

$$\Delta V = K_L(RI \cos(\varphi) + XI \sin(\varphi)) \leq 4\%$$

dove:

- K_L , coefficiente di linea: 2 per linea monofase e $\sqrt{3}$ per linea trifase;
- R , resistenza del cavo;
- X , reattanza del cavo;
- I , corrente di impiego (I_b);
- $\cos(\varphi)$, fattore di potenza.

	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI				CODICE	LWG02_H02
					REVISIONE	00
					PAGINA	19 di 20

Si riportano i dati di progetto per il dimensionamento delle tratte:

Circuito	1			2		3		4
Tratta	WTG01- WTG02	WTG02- WTG03	WTG03 -C	WTG05- WTG04	WTG04 -C	WTG07- WTG06	WTG06 -C	C-SSU
Potenza apparente [kVA]	4500	9000	13500	4500	9000	4500	9000	31500
Potenza attiva [kW]	4275	8550	12825	4275	8550	4275	8550	29925
Lunghezza linea [km]	0.590	0.580	1.31	0.58	1.78	1.42	0.16	18.80
ΔV [%]	4.00							
$\cos(\varphi)$	0.95							
Tipo di linea	trifase							
Tipologia cavo	ARE4H5E 18/30							
Sezione cavo [mm²]	95	300	630	95	300	95	300	630
Cavi in parallelo	1	1	1	1	1	1	1	2
Tipo di posa	interrato	interrato	interrato	interrato	interrato	interrato	interrato	interrato
Disposizione	trifoglio	trifoglio	trifoglio	trifoglio	trifoglio	trifoglio	trifoglio	trifoglio
Temperatura di posa [°C]	25	25	25	25	25	25	25	25
Profondità di posa [m]	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Numero di terne nello scavo	2	2	2	2	2	2	2	2

Di seguito si riportano i risultati del calcolo elettrico; il dimensionamento è riferito alla posa M, in quanto prevalente rispetto la posa N, mentre i fattori di correzione sono stati desunti a partire dalle tabelle CEI-UNEL 35027:

- $K_{TT}=0.96$;
- $K_p=0.98$;
- $K_d=0.86$;
- $K_r=0.85$.

Tabella 8 – Risultati dimensionamento calcole elettrico.

Circuito	1			2		3		4
Tratta	WTG01- WTG02	WTG02- WTG03	WTG03 -C	WTG05- WTG04	WTG04 -C	WTG07- WTG06	WTG06 -C	C-SSU
Sezione cavo [mm²]	95	300	630	95	300	95	300	630
ΔV [%]	0.13	0.10	0.21	0.13	0.31	0.32	0.03	3.49
Potenza dissipata impianto [%]	2.95							

 LE.RO.DA. WIND	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI	CODICE	LWG02_H02
		REVISIONE	00
		PAGINA	20 di 20

Tabella 9 - Caratteristiche meccaniche del cavo in funzione della sezione scelta (cavo ARE4H5E-18/30 kV).

Sezione [mm ²]	Diametro conduttore d [mm]	Diametro sull'isolante D _i [mm]	Diametro nominale D [mm]	Massa indicativa del cavo [kg/km]	Raggio di curvatura [mm]
95	11.4	26.5	35	950	470
300	20.8	34.7	44	1740	590
630	30.5	45.6	56	3130	760

Tabella 10 – Riepilogo cadute di tensione per tratta.

WTG01-WTG02-WTG03-C-SSU	3.94
WTG05-WTG04-C-SSU	3.93
WTG07-WTG06-C-SSU	3.85