

**REGIONE PUGLIA**  
**COMUNE DI MANFREDONIA (FG)**  
**PROVINCIA DI FOGGIA**



**PROGETTO DEFINITIVO dell'impianto eolico denominato "Foggia"**  
**della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di**  
**Manfredonia (FG).**

Codice Impianto 29MIWU1

<b>Cod. Id. Elaborato:</b>	21_17_EO_GAM_AU_RE_40_00
<b>Elaborato: RE_40</b>	<b>Titolo:</b>  <b>29MIWU1_CalcoliPreImpianti</b> Calcoli preliminari degli impianti
<b>Scala: /</b>	
<b>Data: Novembre 2022</b>	

**ORDINE DEGLI INGEGNERI**  
 della Provincia di **TABANTO**  
**Dott. Ing.**  
**FILOTICO Leonardo**  
**N. 1812**

**Committente:**  
**ENERGIA LEVANTE S.r.l.**  
 Via Luca Guarico n. 9/11 - Regus Eur - 4° piano - 00143 Roma  
 P.IVA 10240591007 - REA RM1219825 - energialevantesrl@legalmail.it

**PROJETTO engineering s.r.l.**  
 società d'ingegneria

**direttore tecnico**  
**Ph.D. Ing. LEONARDO FILOTICO**

Sede Legale: Via dei Mille, 5 74024 Manduria  
 Sede Operativa: Z.I. Lotto 31 74020 San Marzano di S.G. (TA)  
 tel. 099 9574694 Fax 099 2222834 cell. 349.1735914  
 studio@projetto.eu  
 web site: [www.projetto.eu](http://www.projetto.eu)

P.IVA: 02658050733

SOCIETÀ DEL GRUPPO



N. REVISIONE	Data revisione	Elaborato	Controllato	Approvato	NOTE
00	Novembre 2022	Massimiliano Pacifico	Ing. Pietro Rodia	Ing. Leonardo Filotico	

È vietata la copia anche parziale del presente elaborato

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>NORME E STANDARD.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>4</b>
3.1	RETE DI COLLEGAMENTO.....	5
3.2	CARATTERISTICHE DEI CAVI UTILIZZATI.....	6
<b>4</b>	<b>VERIFICA DEI CONDUTTORI ELETTRICI.....</b>	<b>9</b>
4.1	MODALITA' E CRITERI DI CALCOLO .....	9
4.2	VERIFICA DELLA MASSIMA CORRENTE DI CORTOCIRCUITO.....	10
4.3	VERIFICA DELLA RIDUZIONE DI TENSIONE.....	11
<b>5</b>	<b>MODALITA' DI POSA.....</b>	<b>14</b>
5.1	TEMPERATURA DI POSA.....	14
5.2	RAGGI DI CURVATURA DEI CAVI.....	14
5.3	SOLLECITAZIONE A TRAZIONE .....	14
5.4	RIVESTIMENTO METALLICO DEI CAVI.....	15
5.5	LAVORI SU LINEE IN CAVO .....	15
<b>6</b>	<b>PROVE DI COLLAUDO .....</b>	<b>16</b>

Progetto dell'impianto eolico denominato "Foggia" della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (FG).

---

## 1 PREMESSA

La presente relazione ha come oggetto la descrizione delle metodologie adottate per il dimensionamento delle linee elettriche di connessione dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica da realizzarsi nelle aree di pertinenza del Comune di Manfredonia (FG).

Le opere in progetto prevedono la realizzazione di una rete MT interrata con tensione nominale di 30 kV per il collegamento degli aerogeneratori. La soluzione di connessione prevede la realizzazione di una stazione di utenza AT/MT con inserimento in antenna a 36 kV sul futuro ampliamento 380/36 kV della stazione elettrica RTN di Manfredonia (FG).

2



## 2 NORME E STANDARD

Di seguito l'elenco delle principali norme tecniche di riferimento.

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 99-2 (CEI EN 61936-1): Impianti con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 11-17 IIIa Ed. 2006: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI-UNEL 35027 IIa Ed. 2009: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV.
- Guida CEI 99-4: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale.
- CEI 17-1 VIa Ed. 2005: Apparecchiatura ad alta tensione. Parte 100: Interruttori a corrente alternata ad alta tensione.
- 17-9/1 Interruttori di manovra e interruttori di manovra-sezionatori per tensioni nominali superiori a 1kV e inferiori a 52 kV.
- IEC 60502-2 IIa Ed. 2005-03: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV up to 30 kV – Part 2.

Progetto dell'impianto eolico denominato "Foggia" della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (FG).

### 3 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto eolico con denominazione "Foggia", ricade nel Comune di Manfredonia (FG) ed è costituito da n.12 aerogeneratori, ciascuno dei quali comprende un generatore asincrono trifase ( $V = 30.000 \text{ V}$ ,  $P = 6.600 \text{ kW}$ ). Queste macchine sono collegate al rispettivo trasformatore MT/BT di macchina (30/0,69 kV).

Le turbine eoliche sono raggruppate in quattro gruppi formati da n.3 aerogeneratori ciascuno, ogni gruppo è interconnesso tramite una linea di media tensione (MT) a 30 kV alla stazione di utenza (AT/MT) di proprietà di Energia Levante s.r.l.. La stazione di utenza sarà connessa alla sezione a 36 kV del futuro ampliamento 380/36 kV della SE RTN di Manfredonia (FG), previa realizzazione di un edificio di sezionamento e misura ubicato nei pressi dello stesso ampliamento 380/36 kV. Ogni aerogeneratore è dotato di tutte le apparecchiature e circuiti di potenza nonché di comando, protezione, misura e supervisione.

L'impianto sarà quindi suddiviso in più cluster che convergeranno in un punto comune che ospiterà la trasformazione dell'energia in alta tensione per l'erogazione in rete.

L'impianto è pertanto composto dalle seguenti strutture:

- n.12 aerogeneratori con annesse all'interno tutte le apparecchiature di macchina;
- cavidotti di media tensione a 30 kV che realizzano la rete elettrica interna al parco eolico;
- n.1 stazione elettrica AT/MT (36/30 kV) con un trasformatore della potenza di 90 MVA e rapporto di trasformazione 36/30 kV, un edificio di stazione ospitante i quadri elettrici di arrivo dal parco eolico e partenza verso il trasformatore di potenza, nonché i quadri elettrici di alta tensione (AT) a 36 kV per l'attestazione dei cavi di connessione all'edificio di sezionamento e misura. Inoltre nell'edificio della stazione utente saranno ubicati i locali delle apparecchiature di controllo, misura, alimentazione dei servizi ausiliari, locali ufficio e magazzino.
- n. 1 cabina secondaria di sezionamento e misura, comprendente il locale quadri elettrici a 36 kV (AT), locale misura e locale servizi ausiliari.
- cavidotti a 36 kV per la connessione della stazione utente alla cabina secondaria e di quest'ultima all'edificio produttori a 36 kV dell'ampliamento 380/36 kV della RTN.

Si riportano di seguito i dati relativi ai vari componenti dell'impianto.

#### RETE MT - AT

- Sistema trifase
- Frequenza: 50 Hz
- Tensione nominale lato MT: 30 kV
- Tensione nominale lato AT: 36 kV
- Corrente massima di corto circuito trifase (lato AT-RTN): 31,5 kA

Progetto dell'impianto eolico denominato "Foggia" della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (FG).

- Corrente massima di corto circuito monofase (lato AT-RTN): 40 kA

#### GENERATORI ASINCRONI

- Tensione nominale 0.69 kV
- Potenza nominale 6600 kW

#### TRASFORMATORI MT/BT

- Potenza nominale 6600 kVA
- Rapporto trasformazione 30/0.69 kV
- Collegamento Dyn 11

#### TRASFORMATORE MT/AT

- Potenza nominale 90 MVA
- Rapporto nominale 36/30 kV
- Tensione di c.to c.to 13 %
- Tipologia di fluido isolante: olio minerale
- Raffreddamento: ONAN-ONAF

#### TRASFORMATORE SA

- Potenza nominale 100 kVA
- Rapporto nominale  $30 \pm 2 \times 2.5\%$  / 0.4 kV
- Tensione di c.to c.to 4 %
- Collegamento Dyn11
- Tipologia: avvolgimenti inglobati in resina
- Raffreddamento: AN

La potenza in immissione prevista è data dal contributo della potenza prodotta da tutti gli aerogeneratori del parco eolico, raggiungendo il valore di 79,2 MW (ac).

### 3.1 RETE DI COLLEGAMENTO

La rete elettrica MT del parco eolico in progetto permetterà di trasferire l'energia prodotta verso la cabina primaria 36/30 kV. L'elettrodotto interrato sarà costituito da cavi unipolari HEPRZ1 con conduttori in alluminio posati a trifoglio, con guaina isolante in XLPE e con tensione di esercizio pari a 30 kV.

Detto cavo sarà interrato ad una profondità minima di 1 m dal p.c., in corrispondenza di attraversamenti sarà protetto meccanicamente con tubazione il cui diametro nominale interno non deve essere inferiore a 1,4 volte il diametro del cavo stesso ovvero il diametro circoscritto del fascio di cavi (come prescrive la norma CEI 11-17). L'installazione sarà equipaggiata con una protezione meccanica (lastra o tegolo), un nastro

Progetto dell'impianto eolico denominato "Foggia" della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (FG).

segnalatore e cartelli segnalatori per cavi interrati. I cavi saranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata con larghezza variabile a seconda del numero di terne di cavi previsti in ciascun tratto. Le linee elettriche saranno ricoperte con il medesimo tipo di sabbia o cemento, la restante parte della trincea sarà riempita con materiale di risulta e/o di riporto di idonee caratteristiche. Nel caso di strade asfaltate sarà realizzato il pacchetto stradale mediante posa di conglomerato bituminoso per strato di binder e tappetino di usura di spessore rispettivamente pari a 10 cm e 4 cm.

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche geometriche dei collegamenti dei cavi MT (SE\_U=stazione elettrica utente):

Tabella 1 | Rete di collegamento MT

GRUPPO EOLICO	LINEA MT		FORMAZIONE	TIPO	LUNGHEZZA (m)
1	WTG10	WTG12	3x1x150	AI	1535
	WTG12	WTG05	3x1x400	AI	2939
	WTG05	SE_U	3x1x800	AI	1408
2	WTG11	WTG03	3x1x150	AI	1236
	WTG03	WTG07	3x1x400	AI	2813
	WTG07	SE_U	3x1x800	AI	7291
3	WTG06	WTG01	3x1x150	AI	3368
	WTG01	WTG02	3x1x400	AI	2951
	WTG02	SE_U	3x1x800	AI	3081
4	WTG08	WTG04	3x1x150	AI	2164
	WTG04	WTG09	3x1x400	AI	2606
	WTG09	SE_U	3x1x800	AI	891

### 3.2 CARATTERISTICHE DEI CAVI UTILIZZATI

I collegamenti di media tensione saranno realizzati mediante cavi ad isolamento solido non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi in caso di incendio (CEI 20-22/2, 20-37, 20-38, 20-35, 20-38/1, 20-22/3, 20-27/1). In modo particolare sarà studiata la migliore condizione di posa dei cavi di media tensione, al fine di equilibrare la distribuzione delle correnti nelle singole fasi. Nella posa saranno rispettate le prescrizioni del costruttore, con il fine di mantenere i coefficienti di correzione delle portate di corrente prossimi all'unità.

Il tratto di elettrodotto interrato interno all'impianto sarà costituito da terne composte da 3 cavi unipolari realizzati con conduttore in alluminio, isolante in XLPE, schermatura in rame e guaina esterna in polietilene.

Progetto dell'impianto eolico denominato "Foggia" della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (FG).

Ciascuna terna avrà le seguenti caratteristiche elettriche:

Tabella 2 | Caratteristiche tecniche cavo HEPRZ1

CARATTERISTICHE CAVO HEPRZ1	
Tensione di esercizio U <sub>o</sub> /U - U <sub>m</sub> (kV)	18/30 - 36
Frequenza nominale (Hz)	50
Temperatura massima di servizio (°C)	105
Temperatura minima di servizio (°C)	-15
Temperatura del terreno (°C)	25
Temperatura massima di cortocircuito (°C)	250
Raggio minimo di curvatura	15 D (D=Diametro esterno)

La tensione di designazione U degli accessori deve essere almeno uguale alla tensione nominale del sistema al quale sono destinati, ovvero 30 kV. I componenti e i manufatti adottati per la protezione meccanica supplementare devono essere progettati per sopportare, in relazione alla profondità di posa, le prevedibili sollecitazioni determinate dai carichi statici, dal traffico veicolare o da attrezzi manuali di scavo, secondo quanto previsto nella norma CEI 11-17: 2006-07.

I percorsi interrati dei cavi devono essere segnalati, in modo tale da rendere evidente la loro presenza in caso di ulteriori scavi, mediante l'utilizzo di nastri monitori posati nel terreno a non meno di 0.2 m al di sopra dei cavi, secondo quanto prescritto dalla norma CEI 11-17: 2006-07. I nastri monitori dovranno riportare la dicitura "Attenzione Cavi Energia in Media Tensione".

I cavi di energia di alta tensione da utilizzare per la connessione della cabina primaria di utenza alla cabina secondaria, e di quest'ultima all'ampliamento 380/36 kV della RTN, avranno un livello di tensione di 26/45 kV con tensione di funzionamento della rete AT di 36 kV. L'elettrodotto interrato sarà costituito da terne composte da 3 cavi unipolari realizzati con conduttore in alluminio, isolante in XLPE, schermatura in rame e guaina esterna in polietilene. Ciascuna terna avrà le seguenti caratteristiche elettriche:

Tabella 3 | Caratteristiche tecniche cavo RHZ1

CARATTERISTICHE CAVO RHZ1	
Tensione di esercizio U <sub>o</sub> /U - U <sub>m</sub> (kV)	26/45 - 52
Frequenza nominale (Hz)	50
Temperatura massima di servizio (°C)	90
Temperatura del terreno (°C)	25
Temperatura massima di cortocircuito (°C)	250

Progetto dell'impianto eolico denominato "Foggia" della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (FG).

---

Le terminazioni e le giunzioni per i cavi di energia devono risultare idonee a sopportare le sollecitazioni elettriche, termiche e meccaniche previste durante l'esercizio dei cavi in condizioni ordinarie ed anomale (sovracorrenti e sovratensioni).



SR EN ISO 9001:2015  
Certificate No. Q204



SR EN ISO 14001:2015  
Certificate No. E145



SR EN ISO 45001:2018  
Certificate No. OH597

## 4 VERIFICA DEI CONDUTTORI ELETTRICI

### 4.1 MODALITA' E CRITERI DI CALCOLO

Nel seguito si illustrano i valori ottenuti dal calcolo di verifica delle linee di media tensione in riferimento alla sezione dei cavi della rete dell'impianto eolico, in accordo alla normativa vigente.

La corrente massima (portata) ammissibile, per periodi prolungati, di qualsiasi conduttore è calcolata in modo tale che la massima temperatura di funzionamento non superi il valore appropriato, per ciascun tipo di isolante. Le portate dei cavi in regime permanente relative alle condutture da installare sono verificate secondo le schede tecniche dei cavi utilizzati, applicando ai valori individuati dei coefficienti di riduzione che dipendono dalle specifiche condizioni di posa e dalla temperatura ambiente. Nei casi di cavi con diverse modalità di posa, è effettuata la verifica per la condizione di posa più gravosa.

La portata di un cavo  $I_z$  è influenzata dai seguenti fattori:

- temperatura dell'ambiente circostante;
- presenza o meno di conduttori attivi adiacenti;
- reale tipo di installazione.

Normalmente, le portate dei cavi sono riferite alla sotto indicata condizione di installazione di riferimento:

- temperatura ambiente di riferimento per i cavi interrati 25°C;
- assenza di conduttori attivi adiacenti a quello in esame;
- Resistività termica del terreno 1,5 °K·m/W;
- Profondità di posa 1 m;
- Cavi unipolari disposti a trifoglio;
- distanza di separazione tra le terne: 200 mm.

Le sezioni dei cavi per i collegamenti saranno tali da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti ad effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati e in condizioni ordinarie di esercizio.

La verifica per sovraccarico sarà eseguita verificando che la corrente nominale della linea è compresa tra il valore della corrente di impiego del circuito calcolata come massimo carico alimentabile dal cavo sotto esame e la portata in regime permanente del conduttore, ovvero:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

per soddisfare tale condizione è necessario dimensionare i cavi in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente  $I_b$  viene scelta la corrente nominale della protezione a monte e con questa si procede alla scelta della sezione dei cavi. La scelta viene fatta in base ai valori di corrente

Progetto dell'impianto eolico denominato "Foggia" della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (FG).

ammissibile  $I_z$  in funzione del tipo di isolamento del cavo che si vuole utilizzare, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi.

In base alla tipologia di posa delle linee elettriche la portata in corrente dei cavi è data dall'applicazione dei coefficienti di riduzione in funzione del numero di terne (0,88 per 2 terne di cavi ; 0,75 per 4 terne di cavi ):

$$I'z = k \cdot I_z$$

## 4.2 VERIFICA DELLA MASSIMA CORRENTE DI CORTOCIRCUITO

Dalla sezione dei conduttori del cavo deriva il calcolo dell'integrale di Joule, ossia la massima energia specifica ammessa dagli stessi, tramite la seguente formula:

$$I_{cc}^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2$$

da cui si ottiene:

$$I_{cc} = (K \cdot S) / \sqrt{t}$$

dove:

- $I_{cc}$  corrente di corto circuito (A);
- S sezione del conduttore ( $mm^2$ );
- t durata del corto circuito (tempo di intervento delle protezioni);
- K coefficiente che dipende dalle caratteristiche del materiale conduttore e dalla differenza di temperatura all'inizio e alla fine del corto circuito. Con temperatura del conduttore di 90°C e 250°C rispettivamente all'inizio e alla fine del cortocircuito, inoltre per i conduttori di alluminio risulta  $K=92$ .

La suddetta formula consente di verificare che la sezione scelta è in grado di sopportare la massima corrente di guasto prevista per la rete elettrica, in funzione del tempo di intervento delle protezioni, rispettando i limiti ammissibili di temperatura.

La durata del corto circuito è in funzione del tempo di intervento delle protezioni e può essere stabilito in 500 ms. Per la sezione dei cavi elettrici utilizzati, la corrente di corto circuito massima ammissibile è la seguente:

Tabella 4 | Corrente di cortocircuito dei conduttori elettrici

SEZIONE [ $mm^2$ ]	COEFFICIENTE ALLUMINIO	TEMPO MASSIMO DI INTERVENTO DELLE PROTEZIONI [s]	$I_{cc}$ [kA]
150	92	0,5	19,52
400	92	0,5	52,04
800	92	0,5	104,09

### 4.3 VERIFICA DELLA RIDUZIONE DI TENSIONE

Le sezioni dei cavi sono verificate anche dal punto di vista della caduta di tensione alla corrente di normale utilizzo.

Il dimensionamento delle condutture elettriche deve essere tale da mantenere, in condizioni normali di esercizio, la caduta di tensione entro i limiti ammessi e definiti.

La caduta di tensione sulla linea è calcolata con la seguente formula:

$$\Delta V = K \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

nella quale:

- L = lunghezza della linea espressa in km
- I = corrente di impiego espressa in A
- R = resistenza (a 90°) della linea in  $\Omega/\text{km}$
- X = reattanza della linea in  $\Omega/\text{km}$
- $\cos \varphi$  = fattore di potenza (nei calcoli è stato considerato  $\cos \varphi = 0,82$  per linee a 30kV e 0,94 per linee a 36 kV)
- K = 1,732 per linee trifase.

In percentuale si ha:

$$\Delta V\% = (\Delta V/V_n) \times 100$$

dove:

V = caduta di tensione;

V<sub>n</sub> = tensione nominale della linea.

Relativamente alla caduta di tensione è buona prassi limitarne il valore totale a valori prossimi al 3% nella quasi totalità dei circuiti.

Una eccessiva caduta di tensione determina elevate perdite di energia attraverso i cavi pregiudicando l'efficienza dell'impianto eolico.

Se un cavo di determinata sezione, calcolata secondo i criteri di dimensionamento espressi, soddisfa le verifiche, si ritiene idoneo all'impiego nelle condizioni di posa specificate e per l'alimentazione dell'utenza in esame.

Si indica di seguito il dimensionamento minimo dei tratti tipici presenti nell'impianto, per il calcolo si sono assunte come riferimento le condizioni più gravose, ovvero i massimi valori di lunghezza e carico a cui possono essere sottoposti i tratti di collegamento presenti nell'impianto in oggetto. Inoltre sono stati applicati i coefficienti di riduzione della portata di corrente dei cavi in funzione del numero di terne. Tutti i percorsi di

Progetto dell'impianto eolico denominato "Foggia" della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (FG).

---

collegamento presentano almeno un tratto con presenza di più terne, pertanto sono stati utilizzati i coefficienti di riduzione della corrente per 2 e 4 terne.

L'impianto eolico sarà connesso alla sezione a 36 kV dell'ampliamento 380/36 kV della RTN mediante la realizzazione di un elettrodotto interrato e una cabina secondaria di sezionamento e misura, pertanto si riporta di seguito anche il dimensionamento del cavo a 36 kV.



Tabella 5 | Dimensionamento linee elettriche a 30 kV

N. gruppo	Linea da - a	Tensione (kV)	Potenza (kW)	Potenza totale (kW)	Lunghezza (m)	Formazione (mm <sup>2</sup> )	N. terne della WTG	N. terne presenti nel circuito	Tipo	R (Ω/km)	X (Ω/km)	Ib (A)	Iz (A)	Coeff. di riduzione	I'z (A)	Corrente percentuale di I'z (%)	ΔV (V)	ΔV totale (V)	ΔV (%)	Perdita di potenza parziale (kW)	Perdita di potenza totale (kW)
1	WTG10 WTG12	30	6600	6600	1535	3x1x150	1	2	AI	0,277	0,118	155	255	0,88	224,4	69,0	121,36	121,36	0,40	26,70	26,70
	WTG12 WTG05	30	6600	13200	2939	3x1x400	1	2	AI	0,105	0,102	310	450	0,88	396	78,2	227,85	349,21	1,16	100,25	126,95
	WTG05 SE_U	30	6600	19800	1408	3x1x800	1	4	AI	0,047	0,095	465	660	0,75	495	93,9	105,30	454,50	1,52	69,50	196,45
2	WTG11 WTG03	30	6600	6600	1236	3x1x150	1	2	AI	0,277	0,118	155	255	0,88	224,4	69,0	97,72	97,72	0,33	21,50	21,50
	WTG03 WTG07	30	6600	13200	2813	3x1x400	1	2	AI	0,105	0,102	310	450	0,88	396	78,2	218,08	315,80	1,05	95,96	117,45
	WTG07 SE_U	30	6600	19800	7291	3x1x800	1	4	AI	0,047	0,095	465	660	0,75	495	93,9	545,26	861,06	2,87	359,87	477,32
3	WTG06 WTG01	30	6600	6600	3368	3x1x150	1	2	AI	0,277	0,118	155	255	0,88	224,4	69,0	266,27	266,27	0,89	58,58	58,58
	WTG01 WTG02	30	6600	13200	2951	3x1x400	1	2	AI	0,105	0,102	310	450	0,88	396	78,2	228,78	495,06	1,65	100,66	159,24
	WTG02 SE_U	30	6600	19800	3081	3x1x800	1	4	AI	0,047	0,095	465	660	0,75	495	93,9	230,41	725,47	2,42	152,07	311,32
4	WTG08 WTG04	30	6600	6600	2164	3x1x150	1	2	AI	0,277	0,118	155	255	0,88	224,4	69,0	171,09	171,09	0,57	37,64	37,64
	WTG04 WTG09	30	6600	13200	2606	3x1x400	1	2	AI	0,105	0,102	310	450	0,88	396	78,2	202,03	373,12	1,24	88,89	126,53
	WTG09 SE_U	30	6600	19800	891	3x1x800	1	4	AI	0,047	0,095	465	660	0,75	495	93,9	66,63	439,75	1,47	43,98	170,51

Tabella 6 | Dimensionamento linee elettriche a 36 kV

Linea da - a	Tensione (kV)	Potenza (kW)	Lunghezza (m)	Formazione (mm <sup>2</sup> )	N. terne di connessione	N. terne presenti nel circuito	Tipo	R (Ω/km)	X (Ω/km)	Ib (A)	Iz (A)	Coeff. di riduzione	I'z (A)	Corrente percentuale di I'z (%)	ΔV (V)	ΔV totale (V)	ΔV (%)	Perdita di potenza parziale (kW)	Perdita di potenza totale (kW)
SE_U Cabina secondaria	36	79200	2894	3x1x800	3	4	AI	0,016	0,035	1351,28	1988	0,75	1491,1	90,6	182,75	182,75	0,51	402,05	402,05
Cabina secondaria Ampliamento RTN	36	79200	115	3x1x800	3	3	AI	0,016	0,035	1351,28	1988	0,75	1491,1	90,6	7,26	190,01	0,53	15,98	418,02

Come si evince dalle tabelle su riportate, il valore della C.d.T. relative alle linee MT è inferiore al 3% previsto, pertanto la sezione dei cavi selezionata è adeguata al trasporto della potenza richiesta.

## 5 MODALITA' DI POSA

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1 m, con disposizione delle fasi a trifoglio. Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,2 m dai cavi di energia, sarà posato un cavo con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati. Nei tratti in cui si attraversino terreni rocciosi o in altre circostanze eccezionali in cui non possono essere rispettate le profondità minime sopra indicate, devono essere predisposte adeguate protezioni meccaniche.

Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento.

I percorsi interrati dei cavi saranno segnalati in modo tale da rendere evidente la loro presenza in caso di ulteriori scavi. Rispondono a tale scopo:

- le protezioni meccaniche supplementari;
- i nastri monitori posati nel terreno a non meno di 0,2 m al di sopra dei cavi.

### 5.1 TEMPERATURA DI POSA

Durante le operazioni di posa dei cavi per installazione fissa, la loro temperatura per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venire piegati o raddrizzati non deve essere inferiore a 20°C.

### 5.2 RAGGI DI CURVATURA DEI CAVI

La curvatura de cavi deve essere tale da non provocare danno ai cavi stessi. Durante le operazioni di posa per installazione fissa, se non altrimenti specificato dalle norme particolari o dai costruttori, i raggi di curvatura, misurati sulla generatrici interna degli stessi, non devono essere inferiori a 15xD dove D è il diametro esterno del cavo unipolare.

### 5.3 SOLLECITAZIONE A TRAZIONE

Durante l'installazione i cavi saranno soggetti a sforzi permanenti di trazione.

Le prescrizioni contenute nella norma CEI 11-17 Ed. III art. 4.3.04 riportano le regole da rispettare durante l'attività di posa del cavo. Esse definiscono che gli sforzi di tiro necessari durante le operazioni di posa dei cavi non vanno applicati ai rivestimenti protettivi, bensì ai conduttori.

Progetto dell'impianto eolico denominato "Foggia" della potenza complessiva di 79,20 MW da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (FG).

Per un conduttore in alluminio della tipologia sopra indicata lo sforzo di trazione massimo consentito non deve essere superiore a  $50 \text{ N/mm}^2$ , da cui si ricavano i seguenti valori per ciascuna sezione di cavo impiegata:

$3 \times 1 \times 150 \text{ mm}^2 \longrightarrow 22500 \text{ N}$

$3 \times 1 \times 400 \text{ mm}^2 \longrightarrow 60000 \text{ N}$

$3 \times 1 \times 800 \text{ mm}^2 \longrightarrow 120000 \text{ N}$

15

Quando la posa del cavo viene eseguita mediante un argano idraulico occorrerà prevedere l'utilizzo di un dispositivo dinamometrico per l'impostazione ed il controllo del tiro, nonché un freno ad intervento automatico. Inoltre durante l'applicazione di tale sollecitazione di trazione, occorre prevedere l'utilizzo di sistemi che possano impedire rotazioni del cavo intorno al proprio asse. Pertanto, per realizzare la posa conformemente a tale prescrizione, occorrerà interporre tra la testa del conduttore del cavo e la fune di tiro, un dispositivo d'ancoraggio realizzato attraverso un giunto snodabile, indispensabile per evitare che sul cavo si trasmetta la sollecitazione di torsione che si sviluppa sulla fune traente.

## 5.4 RIVESTIMENTO METALLICO DEI CAVI

Tutti i rivestimenti metallici dei cavi saranno messi a terra almeno alle estremità di ogni collegamento, per collegamenti di grande lunghezza sarà inserita la messa a terra del rivestimento metallico in corrispondenza dei giunti a distanze non superiori ai 5 km.

In ogni caso occorre verificare che, in relazione alle caratteristiche delle guaine o dei rivestimenti metallici, i loro collegamenti a terra, incluse le connessioni, siano tali da escludere il proprio danneggiamento e quello delle guaine o rivestimenti metallici per effetto delle massime correnti che vi possono circolare. Tutte le parti metalliche destinate a sostenere o contenere cavi di energia ed i loro accessori verranno elettricamente collegate tra loro a terra secondo quanto previsto dalle Norme EN 61936-1 e EN 50522.

## 5.5 LAVORI SU LINEE IN CAVO

Quando si eseguono lavori lungo un cavo con rivestimento metallico, occorre premunirsi da eventuali trasferimenti di tensioni pericolose di terra o collegando il rivestimento metallico del cavo stesso a tutte le altre masse metalliche accessibili o prendendo precauzioni per isolare gli operatori dalle parti pericolose.

## 6 PROVE DI COLLAUDO

Tutte le linee elettriche devono essere sottoposti alle prove di collaudo successive alla posa ed in seguito a modifiche sull' impianto.

Prima della messa in servizio delle linee di energia la normativa raccomanda di eseguire il controllo allo scopo di assicurarsi che il montaggio degli accessori sia conforme e che i cavi non siano deteriorati durante le operazioni di posa.

Le apparecchiature di prova e diagnostica devono consentire di eseguire:

- la prova VLF per rilevare danni agli isolamenti nei cavi in materiale plastico nel più breve tempo possibile, senza compromettere la qualità del materiale isolante.
- la diagnosi del fattore di dissipazione con a frequenza di 0,1 Hz per ottenere una valutazione differenziata dello stato di invecchiamento dei cavi isolati XLPE. La misura del fattore di dissipazione distingue tra cavi nuovi, leggermente o fortemente danneggiati da infiltrazioni di acqua.

La prova di tensione applicata sarà eseguita con tensione continua, applicata per 15 min. tra ciascun conduttore e lo schermo. Il valore della tensione di prova dipende dal tipo di cavo impiegato, nel caso in esame sarà di 3 U<sub>0</sub>, dove U<sub>0</sub> è la tensione massima che con sicurezza l'isolamento del cavo può sopportare verso terra.