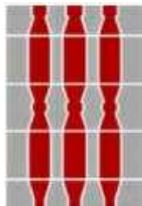


Regione Umbria



Provincia di Terni



Comune di Castel Giorgio



Comune di Orvieto



Committente:



RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.  
via Andrea Doria, 41/G - 00192 Roma  
P.IVA/C.F. 06400370968  
PEC: rwerenewablesitaliasrl@legalmail.it

Titolo del Progetto:

**PARCO EOLICO "PHOBOS"**  
- Comune di Castel Giorgio ed Orvieto (TR) -

Documento:

**PROGETTO DEFINITIVO OPERE ELETTRICHE UTENZA**

N° Documento:

PEOS\_OE\_01\_1

ID PROGETTO:

**PEOS**

DISCIPLINA:

**PD**

TIPOLOGIA:

**R**

FORMATO:

**A4**

Elaborato:

**Relazione tecnica opere elettriche utenza**

FOGLIO:

-

SCALA:

-

Nome file:

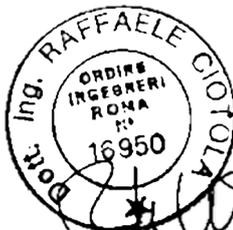
PEOS\_OE\_01\_1\_relazione\_elettriche\_utenza.pdf

Progettazione:



**NEW DEVELOPMENTS S.r.l.**  
piazza Europa, 14  
87100 Cosenza (CS)

Progettista:



dott. ing. Raffaele Ciotola

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	18/05/2021	PRIMA EMISSIONE	RC	RWE	RWE

## Sommario

1	OGGETTO .....	2
2	SCOPO .....	2
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	2
4	DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI.....	4
5	LINEE INTERRATE 30 kV.....	4
	5.1 Caratteristiche dei cavi .....	4
	5.2 Profondità di posa e disposizione dei cavi .....	5
	5.3 Rete di terra.....	6
	5.4 Cadute di tensione e perdite di potenza .....	6
6	STAZIONE DI TRASFORMAZIONE 30/132 kV (SET) .....	7
	6.1 Sistema a 132 kV.....	7
	6.2 Sezione 30 kV .....	14
	6.3 Misura energia.....	26
	6.4 Telecontrollo e telecomunicazioni.....	27
	6.5 Opere civili.....	27
	6.6 Edificio di Controllo SET.....	28
	6.7 Messa a terra .....	29
	6.8 Carichi elettrici .....	30
7	STALLO DI CONSEGNA TERNA (IR - IMPIANTO DI RETE) .....	32
8	CAVIDOTTO A 132 kV .....	32

## 1 OGGETTO

Oggetto del presente documento sono gli impianti elettrici costituiti da un parco eolico (PE) denominato "PHOBOS" (composto da n° 7 aerogeneratori eolici della potenza unitaria di 6,0 MW) per una potenza complessiva massima in immissione pari a 42 MW. Gli impianti saranno realizzati nei comuni di Castel Giorgio e Orvieto (TR).

## 2 SCOPO

Scopo del presente documento è la descrizione ed il calcolo degli impianti elettrici che convogliano l'energia prodotta dal PE nella rete di AT di proprietà della società TERNA – Rete Elettrica Nazionale SpA (TERNA).

La Soluzione Tecnica Minima Generale Cod. Prat. 202000238 di TERNA prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 132 kV con la sezione a 132 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/132 kV della RTN da inserire in entra – esce sull' elettrodotto RTN a 380 kV della RTN "Roma Nord - Pian della Speranza".

## 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- R.D. 11 Dicembre 1933 n° 1775 "Testo Unico delle disposizioni di Legge sulle Acque e sugli Impianti Elettrici",
- Legge 22/02/01 n° 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", (G.U. n° 55 del 7 marzo 2001);
- DPCM 08/07/03, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", (GU n° 200 del 29/08/03);
- DPCM 08/06/01 n°327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità".
- Legge 24/07/90 n° 241, "Norme sul procedimento amministrativo in materia di conferenza dei servizi".
- D.Lgs 22/01/04 n° 42 "Codice dei Beni Ambientali e del Paesaggio".
- DM 21/03/88 "Disciplina per la costruzione delle linee elettriche aeree esterne" e successive modifiche ed integrazioni.
- Circolare Ministero Ambiente e Tutela del Territorio DSA/2004/25291 del 14/11/04 in merito ai criteri per la determinazione della fascia di rispetto;
- DM 29/05/08 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".
- Legge 28/03/86 n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne",
- D.M.LL.PP 21/03/88 n° 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne",

- D.M.LL.PP 16/01/91 n° 1260 “Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e l’esercizio delle linee elettriche aeree esterne”,
- D.M.LL.PP. 05/08/98 “Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione ed esercizio delle linee elettriche esterne”,
- Artt. 95 e 97 del D.Lgs n° 259 del 01/08/03,
- Circola Ministeriale n. DCST/3/2/7900/42285/2940 del 18/02/82 “Protezione delle linee di telecomunicazione per perturbazioni esterne di natura elettrica – Aggiornamento delle Circolare del Mini. P.T. LCI/43505/3200 del 08/01/68,
- Circolare “Prescrizione per gli impianti di telecomunicazione allacciati alla rete pubblica, installati nelle cabine, stazioni e centrali elettriche AT”, trasmessa con nota Ministeriale n. LCI/U2/2/71571/SI del 13/03/73,
- D.lgs 16/03/99, n. 79 Attuazione della direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica,
- D.lgs 387/03 Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità,
- DM 5 luglio 2012 Decreto FER,
- DPR 151/11 Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell’articolo 49 comma 4-quater, decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito con modificazioni dalla L. 30/07/2010, n. 122,
- CEI 7-6 Norme per il controllo della zincatura a caldo per immersione su elementi di materiale ferroso destinati a linee e impianti elettrici,
- CEI 99-2 – Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a Parte 1: Prescrizioni comuni - I Ed. 2011
- CEI 99-3 - Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a. - I Ed. 2011
- CEI 11-4 Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne,
- CEI 99-27 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica: Linee in cavo,
- CEI 11-25 Calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti trifasi a corrente alternata,
- CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici
- CEI EN 50110-1-2 esercizio degli impianti elettrici,
- CEI 33-2 Condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi
- CEI 36-12 Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V
- CEI 57-2 Bobine di sbarramento per sistemi a corrente alternata
- CEI 57-3 Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate
- CEI 64-2 Impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua,
- CEI 11-32 Impianti di produzione di energia elettrica connessi a sistemi di III categoria,
- CEI 11-32 V1 Impianti di produzione eolica,
- CEI 103-6 fascicolo 4091 Edizione agosto 1997, Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell’induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto,
- CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", 2a Ed.;
- Codice di Rete TERNA.

## 4 DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Gli impianti elettrici sono costituiti da:

- *Parco Eolico*: costituito da n°7 aerogeneratori della potenza unitaria di 6,0 MW che convertono l'energia cinetica del vento in energia elettrica per mezzo di un generatore elettrico. Un trasformatore elevatore 0,690/30 kV porta la tensione al valore di trasmissione interno dell'impianto;
- *le linee interrate in MT a 30 kV*: convogliano la produzione elettrica degli aerogeneratori alla Stazione di Trasformazione 30/132 kV;
- *la stazione di trasformazione 30/132 kV (SET)*: trasforma l'energia al livello di tensione della rete AT. In questa stazione vengono posizionati gli apparati di protezione e misura dell'energia prodotta;
- *stallo TERNA a 132 kV (IR - impianto di rete per la connessione)*: è il nuovo stallo di consegna a 132 kV che verrà realizzato sulla sezione a 132 kV della futura Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) di proprietà di TERNA;
- *n° 1 collegamento in cavo a 132 kV*: breve tratto di cavo interrato a 132 kV necessario per il collegamento in antenna della SET al IR.

## 5 LINEE INTERRATE 30 kV

La rete di media tensione a 30 kV sarà composta da n° 3 circuiti con posa completamente interrata. Il tracciato planimetrico della rete è mostrato nelle tavole allegate.

Nelle tavole allegate vengono anche riportati lo schema unifilare dove con indicazione della lunghezza e della sezione corrispondente di ciascuna terna di cavo e viene descritta la modalità e le caratteristiche di posa interrata.

### 5.1 Caratteristiche dei cavi

La rete a 30 kV sarà realizzata per mezzo di cavi unipolari del tipo ARP1H5E (o equivalente) con conduttore in alluminio. Le caratteristiche elettriche di portata e resistenza dei cavi in alluminio sono riportate nella

seguinte tabella (portata valutata per posa interrata a 1,2 m di profondità, temperatura del terreno di 20° C e resistività termica del terreno di 1 K m /W):

Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Portata [A]	Resistenza [Ohm/km]
400	563	0,102
630	735	0,061

Caratteristiche elettriche cavo MT

## 5.2 Profondità di posa e disposizione dei cavi

I cavi verranno posati con una protezione meccanica (lastra o tegolo) ed un nastro segnalatore. Su terreni pubblici e su strade pubbliche la profondità di posa dovrà essere comunque non inferiore a 1,2 m previa autorizzazione della Provincia. I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata. Mantenendo valide le ipotesi di temperatura e resistività del terreno, i valori di portata indicati nel precedente paragrafo vanno moltiplicati per dei coefficienti di correzione che tengono conto della profondità di posa di progetto, del numero di cavi presenti in ciascuna trincea e della ciclicità di utilizzo dei cavi.

Dove necessario si dovrà provvedere alla posa indiretta dei cavi in tubi, condotti o cavedi. Per i condotti e i cunicoli, essendo manufatti edili resistenti non è richiesta una profondità minima di posa né una protezione meccanica supplementare. Lo stesso dicasi per i tubi 450 o 750, mentre i tubi 250 devono essere posati almeno a 0,6 m con una protezione meccanica.

In questi casi si applicheranno i seguenti coefficienti:

- lunghezza  $\leq$  15m: nessun coefficiente riduttivo,
- lunghezza  $\geq$  15 m: 0,8 m,
- Si installerà una terna per tubo che dovrà avere un diametro doppio di quello apparente della terna di cavi.

Nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di terra.

### 5.3 Rete di terra

La rete di terra sarà costituita dai seguenti elementi:

- anello posato attorno a ciascun aerogeneratore (raggio  $R=15$  m),
- la corda di collegamento tra ciascun anello e la stazione elettrica (posata nella stessa trincea dei cavi di potenza),
- maglia di terra della stazione di trasformazione,
- maglia di terra della stazione di connessione alla rete AT.

La rete sarà formata da un conduttore nudo in rame da  $50 \text{ mm}^2$  e si assumerà un valore di resistività  $p$  del terreno pari a  $150 \Omega\text{m}$ .

### 5.4 Cadute di tensione e perdite di potenza

Sulla base dei calcoli svolti e di seguito riportati, sono stati ottenuti i seguenti risultati:

- Cadute di tensione massima nel circuito 1: 4,45%
- Perdite totali rete MT: 1,7 % (769 kW)

#### CADUTE DI TENSIONE E PERDITE DI POTENZA

CIRCUITO 1								
TRATTO	P (kW)	Lungh. (m)	I (A)	COEF.	CABLE	Iz (A)	e total (%)	P.PERD (kW)
WTG7 - WTG4	6000	3500	122	0,70	400	394	4,32	16
WTG6 - WTG4	6000	4740	122	0,70	400	394	4,45	21
WTG5 - SET	18000	17300	365	0,70	630	515	3,96	421
								442

CIRCUITO 2								
TRATTO	P [kW]	Lungh. (m)	Ib [A]	COEF. RID.	CAVO (mm <sup>2</sup> )	Iz (A)	e total (%)	Perdite (kW)
WTG5 - WTG3	6000	1830	122	0,90	400	507	2,51	8
WTG3 - SET	12000	15200	243	0,70	630	515	2,32	164
								173

CIRCUITO 3								
TRATTO	P [kW]	Lungh. (m)	Ib [A]	COEF. RID.	CAVO (mm <sup>2</sup> )	Iz (A)	e total (%)	Perdite (kW)
WTG2 - WTG1	6000	2180	122	0,70	400	394	2,26	10
WTG1 - SET	12000	13350	243	0,70	630	515	2,04	144
								154

## 6 STAZIONE DI TRASFORMAZIONE 30/132 kV (SET)

La SET è necessaria ad elevare la tensione da 30 kV a 132 kV al fine di poter essere immessa nella rete di TERNA. La SET è costituita da una sezione a 132 kV e una sezione a 30 kV avente n°3 montanti di collegamento ai generatori.

### 6.1 Sistema a 132 kV

Il sistema AT a 132 kV è costituito dalle seguenti apparecchiature isolate in aria:

#### STALLO TRASFORMATORE

- N° 1 trasformatore 30/132 kV di potenza 40/50 MVA (ONAN/ONAF) con variatore di rapporto sotto carico, TRAF0;
- N° 3 scaricatori di sovratensione, SC;
- N° 3 trasformatori di tensione induttivi (fatturazione), TVI;
- N° 3 trasformatori di corrente (protezione e fatturazione), TA;
- N° 1 interruttore automatico, isolato in SF<sub>6</sub> con comando tripolare, INT;
- N° 3 trasformatori di tensione capacitivi (protezione), TVC;
- N° 1 sezionatore di isolamento rotativo (tripolare), SEZ.

## 6.1.1 Caratteristiche apparati

Come dati di progetto si adottano i seguenti valori:

- Tensione nominale: ..... 132 kV
- Tensione massima: ..... 145 kV
- Livello di isolamento:
- Tensione a frequenza industriale (1 minuto 50 Hz) (valore efficace) ..... 275 kV
- Tensione a impulso atmosferico (onda 1,2 / 50  $\mu$ s) (cresta) ..... 650 kV
- Corrente nominale montante di linea ..... 800 A
- Corrente nominale montante trasformatore: ..... 270 A
- Massima corrente di cortocircuito ..... 31,5 kA
- Tempo di estinzione dei guasti: ..... 0,5 s
- Altezza dell'installazione ..... <1000 m

La norma CEI 99-2 definisce le distanze minime che bisogna rispettare dai punti in tensione. Si adotteranno distanze sempre superiori a quelle specificate nella suddetta norma, in particolare:

- Distanza fase-terra: 3,3 m
- Distanza fase-fase: 2,2 m
- Distanza fase-suolo: 4,5 m

La corrente massima di esercizio in AT è di 193 A, corrispondente al regime di piena potenza del PE, inferiore alle correnti nominali degli apparati e dei conduttori utilizzati.

La corrente di cortocircuito che l'impianto (apparati e cavi) può sopportare per 0,5 s è di 31,5 kA. Tale valore di corrente è notevolmente superiore alla reale corrente di cortocircuito al punto di connessione del parco sulla linea a 132 kV.

## 6.1.2 Interruttori Automatici

GRANDEZZE NOMINALI		
Tipo	Y4/3-4	Y4/5-6
Tensione nominale (kV)	145	
Livello di isolamento nominale:		
- tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico (kV):	650	
- tensione nominale di tenuta a frequenza industriale (kV):	275	
Frequenza nominale (Hz)	50	
Corrente nominale (A)	2000	
Durata nominale di corto circuito (s)	1	
Tensioni nominali di alimentazione dei circuiti ausiliari:		
- corrente continua (V)	110	
- corrente alternata monofase/trifase a quattro fili (V)	230/400	
Potenza massima assorbita da ogni singolo circuito indipendente (CH, AP1, AP2, AP3, motore/i, climatizzazione):		
- corrente continua (W)	1500	
- corrente alternata monofase/trifase (VA)	850/2500	
Corrente di stabilimento nominale di corto circuito (kA)	80	100
Sequenza di manovra nominale	O-0,3 s-CO-1 min-CO	
Corrente di interruzione nominale di linee a vuoto (A)	50	
Corrente di interruzione nominale di cavi a vuoto (A)	160	
Corrente di interruzione nominale di batteria di condensatori (A)	400	
Corrente di interruzione nominale in discordanza di fase (kA)	8	10
Durata massima di interruzione (ms)	60	
Durata massima di stabilimento/interruzione (ms) (con bobina a lancio)	80	
Durata massima di stabilimento/interruzione (ms) (con bobina a mancanza)	120	
Durata massima di chiusura (ms)	150	
Livello di qualificazione sismica	AF5	

### 6.1.3 Sezionatori rotativi orizzontali

GRANDEZZE NOMINALI	
Poli (n°)	3
Tensione massima (kV)	145-170
Corrente nominale (A)	2000
Frequenza nominale (Hz)	50
<b>Corrente nominale di breve durata:</b>	
- valore efficace (kA)	40-31.5
- valore di cresta (kA)	100-80
<b>Durata ammissibile della corrente di breve durata (s)</b>	1
<b>Tensione di prova ad impulso atmosferico:</b>	
- verso massa (kV)	650
- sul sezionamento (kV)	750
<b>Tensione di prova a frequenza di esercizio:</b>	
- verso massa (kV)	275
- sul sezionamento (kV)	315
<b>Sforzi meccanici nominali sui morsetti:</b>	
- orizzontale longitudinale (N)	800
- orizzontale trasversale (N)	250
- verticale (N)	1000
<b>Tempo di apertura/chiusura (s)</b>	≤15
<b>Prescrizioni aggiuntive per il sezionatore di terra</b>	
- 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

## 6.1.4 Trasformatori di corrente TA

<b>GRANDEZZE NOMINALI</b>		
Massima tensione Um	(kV)	145
Frequenza	(Hz)	50
Rapporto di trasformazione nominale		
TA LY36/5 – LY36/6	(A/A)	400/5 800/5 1600/5
TA LY36/7 – LY36/8	(A/A)	200/5 400/5
Numero di nuclei	(n°)	3
Corrente termica nominale permanente	(p.u.)	1,2
Resistenza secondaria nuclei protezione a 75°C	(Ω)	≤ 0,4
Prestazioni e classi di precisione		
- I nucleo	(VA)	30/0,2 50/0,5
- II e III nucleo	(VA)	30/5PX30
Fattore di sicurezza (I nucleo)		10
Tensione di tenuta a impulso atmosferico	(kV <sub>cr</sub> )	650
Tensione di tenuta a frequenza industriale	(kV)	275

Le classi indicate si intendono valide per tutti i rapporti.

## 6.1.5 Trasformatori di tensione

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione massima di riferimento per l'isolamento (kV)	145
Rapporto di trasformazione	$\frac{132.000 / \sqrt{3}}{100 / \sqrt{3}}$
Frequenza nominale (Hz)	50
Capacità nominale (pF)	4000
Prestazioni nominali (VA)	40/0,2-75/0,5-100/3P
Fattore di tensione nominale con tempo di funzionamento di 30s	1,5
Tensione di tenuta a f.i. per 1 minuto (kV)	275
Tensione di tenuta a impulso atmosferico (kV)	650
Scarti della capacità equivalente serie in AF dal valore nominale a frequenza di rete	-20% ÷ 50%
Resistenza equivalente in AF ( $\Omega$ )	$\leq 40$
Capacità e conduttanza parassite del terminale di bassa tensione a frequenza compresa tra 40 e 500kHz, compresa l'unità elettromagnetica di misura:	
- $C_{pa}$ (pF)	$\leq (300 + 0,05C_n)$
- $G_{pa}$ ( $\mu S$ )	$\leq 50$
Sforzi meccanici nominali sui morsetti:	
- orizzontale, applicato a 600mm sopra la flangia B (N)	2000
- verticale, applicato sopra alla flangia B (N)	5000

(\*) Valori superiori potranno essere adottati

(\*\*) I valori relativi alle prestazioni e al numero di nuclei devono intendersi come raccomandati. Altri valori potranno essere adottati in funzione delle esigenze dell'impianto.

## 6.1.6 Scaricatori di sovratensione

GRANDEZZE NOMINALI	
Tensione di servizio continuo (kV)	92
Frequenza (Hz)	50
Salinità di tenuta alla tensione di 98 kV (kg/m <sup>3</sup> )	Da 14 a 56(*)
Massima tensione temporanea per 1s (kV)	132
Tensione residua con impulsi atmosferici di corrente (alla corrente nominale 8/20 μs) (kV)	336
Tensione residua con impulsi di corrente a fronte ripido (10 kA - fronte 1 μs) (kV)	386
Tensione residua con impulsi di corrente di manovra (500 A, 30/60 μs) (kV)	270
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	3
Valore efficace della corrente elevata per la prova del dispositivo di sicurezza contro le esplosioni (kA)	40

(\*) Valori superiori potranno essere adottati

## 6.1.7 Trasformatore di potenza

Per la trasformazione 30/132 kV si prevede un trasformatore di potenza trifase, isolato in olio, installato all'aperto.

### 1. Caratteristiche costruttive

- Tipo di servizio ..... continuo
- Raffreddamento..... ONAN/ONAF
- Potenza nominale ..... 40/50 MVA
- Tensioni a vuoto
  - Primario ..... 132± 10x1,2%
  - Secondario..... 30 kV

• Frequenza .....	50 Hz
• Connessione .....	Stella/triangolo
• Gruppo di connessione .....	YNd11
• Tensione di cortocircuito .....	12%

## 2. Isolamento

• Tensione a impulso atmosferico (1,2/50 $\mu$ s):	
Primario .....	650 kV
Neutro del primario .....	250 kV
Secondario .....	145 kV
• Tensione a frequenza industriale:	
Primario .....	275 kV
Neutro del primario .....	95 kV
Secondario .....	70 kV

### 6.2 Sezione 30 kV

Il sistema è costituito da elementi necessari a connettere la rete di media tensione del PE ai secondari dei trasformatori di potenza e ad alimentare i Servizi Ausiliari (ss.aa).

#### Esterno Edificio tecnico:

- Tre scaricatori di sovratensione,
- Tre sezionatori unipolari destinati ad isolare la reattanza di messa a terra,
- Una reattanza di messa a terra del secondario del trasformatore di potenza

#### Interno Edificio tecnico:

- N°1 cella con interruttore automatico e sezionatore con funzioni di protezione del trasformatore,
- N°3 celle con interruttore automatico e sezionatore con funzioni di protezione della rete a 30 kV del Parco Eolico,
- N°1 cella misure,

- N°1 celle con interruttore automatico e sezionatore con funzioni di protezione del trasformatore dei servizi ausiliari.

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

Come dati di progetto si adottano i seguenti valori:

- Tensione nominale:..... 30 kV
- Tensione massima:..... 36 kV
- Livello di isolamento
  - Tensione a impulso atmosferico ..... 145 kV
  - Tensione a frequenza industriale ..... 70 kV
- Corrente nominale del trasformatore<sup>1</sup>: ..... 867 A
- Corrente nominale di cortocircuito<sup>2</sup>:..... 31,5 kA
- Tempo di estinzione del guasto: ..... 0,5 s

### 6.2.1 Tensioni di esercizio (distanze minime)

	CEI 99-2	Fissata in questo progetto
Distanza minima fase-terra in aria	0,32 m	0,5 m

<sup>1</sup> Corrispondente all'elemento con minor corrente nominale

<sup>2</sup> Corrispondente al potere di interruzione degli interruttori installati nella cella a 30 kV.

Distanza minima fase-fase in aria	0,32 m	0,5 m
Altitudine minima fase-suolo	3,2 m	3,6 m

Tab. 4: Verifica distanze minime ( $V_n = 30 \text{ kV}$ ,  $V_{1,2/50 \mu s} = 145 \text{ kV}$ )

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

### 6.2.2 Carpenterie metalliche

Tutti gli apparati dell'impianto elettrico esterno saranno installati su idonei supporti metallici. L'altezza dei supporti sarà superiore a 2,25 m per evitare di posizionare 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 sono dimensionate per assicurare la stabilità ed evitare ribaltamenti.

### 6.2.3 Struttura metallica per apparecchiature a 132 kV

La struttura metallica necessaria a supportare gli apparati consta di:

- Sei supporti per trasformatori di tensione,
- Un supporto per sezionatore di consegna,
- Tre supporti per trasformatori di corrente
- Tre supporti per interruttori
- Tre supporti per scaricatori di sovratensione

Le strutture potranno sopportare il tiro totale previsto dei conduttori.

#### 6.2.4 Strutture metalliche a 30 kV

Per ogni trasformatore di potenza:

- Un supporto per il lato sbarra esterna 30 kV in uscita del trasformatore
- Un supporto per l'altro lato della sbarra esterna 30 kV, scaricatori, reattanza di messa a terra ed il suo sezionatore di isolamento.

#### 6.2.5 Sbarre

Le sbarre (di due tipi: sbarre principali e interconnessioni tra gli apparati) saranno scelte in modo tale da sopportare gli sforzi elettrodinamici e termici delle correnti di cortocircuito previste, senza la produzione di deformazioni permanenti.

#### 6.2.6 Sbarra da 30 kV

##### Sbarre esterne

Comprende dai morsetti dell'avvolgimento secondario del trasformatore di potenza, alla connessione con i cavi isolati che vanno alla cella a 30 kV; la sbarra sarà costituita da:

- Materiale: Tubo di rame 80/70 mm.
- Sezione equivalente del conduttore: 1180 mm<sup>2</sup>
- Portata nominale conduttore: 2095 A

## Isolatore supporto sbarre

La sbarra da 30 kV da esterno è sostenuta da isolatori di appoggio con le seguenti caratteristiche:

– Tensione massima.....	36 kV
– Tensione a impulso atmosferico .....	145 kV
– Tensione a frequenza industriale (sotto la pioggia).....	70 kV
– Linea di fuga .....	850 mm
– Carica di rottura a flessione .....	4000 N
– Carica di rottura a torsione .....	1200 Nm

## Sezionatore

Si installerà un sezionatore per la connessione / disconnessione della reattanza di messa a terra, con le seguenti caratteristiche:

– Tensione nominale.....	36 kV
– Tensione a impulso atmosferico:	
- A terra ed interpolare (cresta).....	145 kV
- Sulla distanza di sezionamento (cresta) .....	195 kV
- Tensione a frequenza industriale:	
- A terra ed interpolare (cresta).....	70 kV
- Sulla distanza di sezionamento (cresta) .....	80 kV
- Corrente massima .....	400 A
- Corrente massima di breve durata (1s) (cresta).....	16 kA

Il sezionatore è formato da tre sezionatori unipolari e sarà del tipo a due colonne per fase, con apertura verticale e azionamento manuale, senza lama di messa a terra.

## Scaricatori di sovratensione

- Tensione di servizio continuo $U_c$ (fase-terra).....	30 kV
- Tensione massima transitoria (1 s) $U_r$ (fase-terra).....	37,5 kV

- Tensione massima residua (10 kA, 8/20  $\mu$ s) .....92,1 kV
- Corrente nominale di scarica.....10 kA

Gli scaricatori di sovratensione saranno ad ossido di zinco con isolamento polimerico.

Si installeranno un totale di tre scaricatori di sovratensione a 30 kV per trasformatori. L'insieme degli scaricatori di sovratensione sarà montato sul supporto della reattanza di messa a terra e sarà equipaggiato con un unico contatore di scarica.

### Conduttori interconnessione sbarre esterne – sbarre interne

La connessione tra la sbarra esterna e la cella a 30 kV del trasformatore di potenza, si effettua attraverso:

- Materiale: due terne di cavi di rame
- Tipo di cavo: ARP1H5E (o equivalente)
- Sezione equivalente del singolo conduttore: 630 mm<sup>2</sup>
- Corrente nominale: 2064 A.

### Sbarre interne

Nella sbarra interna delle celle la distanza tra le fasi è di 14,5 cm (sbarre isolate) e permette un passaggio di corrente di 2.000 A.

### *6.2.7 Celle a media tensione (30 kV)*

Da punto di vista della struttura, queste celle saranno del tipo incapsulato metallico, isolamento in SF<sub>6</sub>, per installazione all'interno.

Le celle da installare sono le seguenti:

- N° 1 cella del trasformatore di potenza (con interruttore automatico);
- N° 3 celle di linea;
- N° 2 celle per accumulo elettrochimico;

- N° 1 cella TSA (con interruttore automatico);
- N° 1 cella misure;

### 6.2.8 Tipo di celle

Le caratteristiche strutturali di ogni cella sono analoghe, variando unicamente la apparecchiatura installata, compatibilmente alle necessità relative ad ogni servizio.

Le apparecchiature con le quali sarà dotata ogni tipo di cella è la seguente:

#### Celle dei trasformatori

- Sbarra da 2000 A
- Derivazione a 2000 A
- 1 sezionatore tripolare
- 1 interruttore automatico
- 3 trasformatori di corrente
- 3 trasformatori di tensione

#### Cella di linea

- Sbarra da 2000 A
- Derivazione a 1250 A
- 1 sezionatore tripolare
- 1 interruttore automatico
- 3 trasformatori di corrente
- 3 trasformatori di tensione

Oltre alle apparecchiature menzionate, si dispone di 3 trasformatori di tensione nelle sbarre per poter realizzare misure di tensione e potenza.

### 6.2.9 Caratteristiche dell'apparecchiatura

Le caratteristiche elettriche dell'apparecchiatura descritta per ciascuna cella sono le seguenti:

#### 6.2.9.1 Interruttori

- Tensione massima..... 36 kV

- Tensione a impulso atmosferico ..... 145 kV
- Tensione a frequenza industriale ..... 70 kV
- Intensità massime:
  - Cella del trasformatore.....2.000 A
  - Celle di linea .....1.250 A
- Intensità di cortocircuito:
  - Cella del trasformatore ..... 31,5 kA
  - Celle di linea ..... 31,5 kA
- Isolamento ..... in SF6

#### 6.2.9.2 Trasformatori di corrente

- Tensione massima..... 36 kV
- Rapporti di trasformazione:
  - Cella del trasformatore.....1600 / 5-5-5 A
  - Celle di linea (linee C1, C2, C3) ..... 500 / 5-5 A
- Potenza e classi di precisione:
  - Cella del trasformatore:
    - Primo nucleo (misura)..... 15 VA; 0,5
    - Secondo nucleo (protezioni) ..... 5 VA; 5P20
    - Terzo nucleo (protezioni)..... 15 VA; 5P20
  - Celle di linea:
    - Primo nucleo (misura)..... 15 VA; 0,5
    - Secondo nucleo (protezioni) ..... 5 VA; 5P20

### 6.2.9.3 Trasformatori di tensione delle sbarre

- Tensione massima..... 36 kV
- Rapporto di trasformazione.....  $30.000:\sqrt{3}/100:\sqrt{3}/100:3$  V
- Potenza e classe di precisione:
  - Primo nucleo (misura)..... 100 VA; 0,5
  - Secondo nucleo (protezioni) ..... 50 VA; 3P

### 6.2.9.4 Sezionatori tripolari

I sezionatori delle celle saranno tripolari con tre posizioni (sbarre, disinserito, messa a terra) con azionamento manuale per manovre improvvise e blocco meccanico e elettrico con l'interruttore.

- Tensione massima..... 36 kV
- Tensione a impulso atmosferico (1.2/50 $\mu$ s) ..... 145 kV
- Tensione a frequenza industriale ..... 70 kV
- Corrente massima:
  - Cella del trasformatore.....2000 A
  - Cella di linea .....1250 A
- Corrente di cortocircuito.....31,5 kA
- Isolamento ..... in SF6

### *6.2.10 Reattanza di messa a terra*

I collegamenti a triangolo del lato 30 kV del trasformatore di potenza e del lato 30 kV dei trasformatori dei singoli aerogeneratori bloccano la componente omopolare della corrente di guasto a terra con conseguente difficoltà da parte delle protezioni MT nel rilevare i guasti a terra.

Per superare tale difficoltà si installa una reattanza di messa a terra avente un collegamento a “zig-zag” sul lato 30 kV. Essa permette di avere neutro artificiale attraverso il quale la componente omopolare della corrente di guasto monofase a terra nella rete MT può scorrere facilitando l'individuazione dei guasti stessi da parte delle protezioni MT.

L'impedenza omopolare offerta alle correnti di guasto a terra ha per componenti la resistenza ohmica degli avvolgimenti e la reattanza di dispersione degli avvolgimenti della reattanza.

La reattanza viene dimensionata in modo da ottenere:

$$I_{\text{guasto monofase}} = 3 \cdot I_0 < 500 \text{ A}$$

### 6.2.11 Caratteristiche

Si installerà una reattanza trifase di messa a terra, insieme al trasformatore di potenza in olio a 30/132 kV, le cui caratteristiche principali sono:

– Tensione nominale.....	30 kV
– Frequenza .....	50 Hz
– Gruppo di connessione .....	Zig-Zag
– Corrente di guasto a terra per il neutro.....	500 A
– Durata del guasto a terra per il neutro .....	30 s
– Isolante di parti attive.....	olio minerale
– Refrigerazione .....	ONAN
– Tensione a impulso atmosferico (1,2/50µs) .....	145 kV
– Sovratensione indotta a 150 Hz e 40 s.....	60 kV
– Resistenza del Neutro .....	7,25 Ω
– Reattanza del Neutro .....	103,6 Ω
– Impedenza omopolare (*) .....	103,9 Ω

In ogni fase e sul neutro si disporrà un trasformatore di corrente per protezione di tipo Bushing aventi le seguenti caratteristiche:

- Sulla fase  
3 T.A. tipo BR, rapporto 300/5 A, 15 VA, 5P20
- Sul neutro

1 T.A. tipo BR, rapporto 300/5 A, 15 VA, 5P20

Le protezioni della reattanza saranno termometro e relè Buchholtz con comando di allarme.

### 6.2.12 Servizi ausiliari

I servizi ausiliari (ss.aa.) della sottostazione sono costituiti da due sistemi di tensione (c.a. e c.c.) necessari per il funzionamento della sottostazione. Si installeranno sistemi di alimentazione in corrente alternata e in corrente continua per alimentare i distinti componenti di controllo, protezione e misura.

I servizi di corrente alternata e continua saranno alloggiati in diversi armadi destinati a realizzare le rispettive distribuzioni.

### 6.2.13 Servizi ausiliari in c.a.

#### 6.2.13.1 Trasformatori di servizi ausiliari

Per disporre di questi servizi è prevista l'installazione di un trasformatore esterno da 100 kVA.

Le caratteristiche sono le seguenti:

- Trifase isolato in olio
- Potenza nominale ..... 100 kVA
- Tensioni primaria .....  $30 \pm 2,5 \pm 5 + 7,5\%$  kV
- Tensione secondaria (trifase) ..... 0,420 kV
- Connessioni ..... Zig-zag / Stella
- Gruppo di connessione ..... ZNyn11

#### 6.2.13.2 Gruppo elettrogeno

La sottostazione è dotata di un gruppo elettrogeno fisso che è disponibile come riserva in caso di guasto del trasformatore di servizi ausiliari o fuori servizio del trasformatore 30/132 kV per manutenzione o guasto.

## 6.2.14 Servizi ausiliari in c.c.

L'alimentazione dei servizi in corrente continua é assicurata da un idoneo sistema raddrizzatore/batterie a 125 Vcc. Le caratteristiche di raddrizzatore e batterie sono:

Raddrizzatore:

- Ingresso (c.a.): 3 x 400 / 230 Vca
- Uscita (c.c.): 125 V<sub>cc</sub> +10%, -15%
- Corrente nominale: 40 A

Batteria:

- Capacità: 120 Ah
- Autonomia minima (guasto c.a.): 8 h

Le apparecchiature alimentate alla tensione di 110 V<sub>cc</sub> funzioneranno ininterrottamente. Il processo di carica delle batterie sarà gestito automaticamente, senza la necessità di alcun tipo di vigilanza o controllo, quindi più sicuro per il mantenimento di un servizio permanente.

Le apparecchiature saranno idonee a funzionare con temperature interne all'edificio comprese tra 10°C e 40°C.

In condizioni di normale funzionamento (corrente alternata presente), il raddrizzatore fornirà sia la corrente di funzionamento degli ausiliari in corrente continua, sia la corrente di mantenimento o di carica necessaria per la batteria.

In assenza di corrente alternata di alimentazione, la batteria deve essere in grado di alimentare i circuiti ausiliari in corrente continua per il tempo prefissato.

## 6.3 Misura energia

### 6.3.1 Misure di energia (fatturazione)

L'energia esportata e importata del parco si misurerà nel punto di connessione con la rete del Gestore.

La misura sarà effettuata tramite i tre trasformatori di tensione induttivi dedicati e i tre trasformatori di corrente (dai secondari di classe di precisione 0,2).

#### Caratteristiche degli apparati di misura:

1. Trasformatori di tensione: 132:  $\sqrt{3}/0,100$ :  $\sqrt{3}$  50 VA cl 0,2

2. Trasformatori di corrente:

800/5-5-5-5 A

30VA cl 0,2s (sul secondario di fatturazione)

3. Contatore-registratore elettronico:

Tipo: contatore bidirezionale,

Precisione di misura: Energia attiva (classe 0.2) / Energia reattiva (classe 0.5)

Entrate: 3 x 100:  $\sqrt{3}$  V e 3 x 5 A

N° Registri: 6 (Attiva +, Attiva -, Reattiva Induttiva +, Reattiva Induttiva -, Reattiva Capacitiva +, Reattiva Capacitiva -)

Comunicazioni: via modem GSM, incorporato nel contatore-registratore.

### 6.3.2 Ulteriori apparati di misura

Si disporrà delle seguenti misure nelle UCP.

#### Montanti 132 kV:

Tensione (V), Corrente (A), Potenza attiva (W), Potenza reattiva (VAr), Frequenza (Hz), Fattore di potenza ( $\cos \varphi$ )

## Celle 30 kV

Tensione (V), Corrente (A), Potenza attiva (W), Potenza reattiva (VAr), Frequenza (Hz), Fattore di potenza ( $\cos \varphi$ )

### **6.4 Telecontrollo e telecomunicazioni**

La UCS sarà connessa via porta di comunicazione RS232 con il computer situato nella sala di controllo. Le informazioni della UCS, unitamente a quelle provenienti dagli aerogeneratori e dalle torri meteorologiche, saranno elaborate con un programma informatico al fine di permettere il controllo in remoto del parco e della sottostazione.

### **6.5 Opere civili**

Le opere civili per la costruzione della ST sono di seguito descritte.

#### *6.5.1 Piattaforma*

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

#### *6.5.2 Fondazioni*

Si realizzeranno le fondazioni necessarie alla stabilità delle apparecchiature esterne a 132 kV e 30 kV.

#### *6.5.3 Basamento e deposito di olio del trasformatore MT/AT*

Per l'installazione dei trasformatori di potenza si costruirà un idoneo basamento, formato da fondazioni di appoggio, una vasca intorno alle fondazioni per la raccolta di olio che, durante un'eventuale fuoriuscita, raccoglierà l'olio isolandolo. Detta vasca dovrà essere impermeabile all'olio ed all'acqua, così come prescritto dalla CEI 99-2.

#### *6.5.4 Drenaggio di acqua pluviale*

Il drenaggio di acqua pluviale sarà realizzato tramite una rete di raccolta formata da tubature drenanti che canalizzeranno l'acqua attraverso un collettore verso l'esterno, orientandosi verso le cunette vicine alla sottostazione.

#### *6.5.6 Canalizzazioni elettriche*

Si costruiranno le canalizzazioni elettriche necessarie alla posa dei cavi di potenza e controllo. Queste canalizzazioni saranno formate da solchi, archetti o tubi, per i quali passeranno i cavi di controllo necessari al corretto controllo e funzionamento dei distinti elementi dell'impianto.

#### *6.5.7 Accesso e viali interni*

È stato progettato l'accesso alla SET da una strada che passa vicino alla stessa. Si costruiranno i viali interni (4 m di larghezza) necessari a permettere l'accesso dei mezzi di trasporto e manutenzione richiesti per il montaggio e la manutenzione degli apparati della sottostazione.

#### *6.5.8 Recinzione*

La recinzione dell'area della SET sarà realizzata da un cordolo di fondazione in calcestruzzo armato gettato in opera sul quale verranno inseriti dei pilastri prefabbricati in calcestruzzo armato, così come descritto nell'elaborato grafico di dettaglio allegato alla presente relazione tecnica. La recinzione sarà alta 2,3 m dal suolo, rispettando il regolamento che ne stabilisce un'altezza minima di 2 m (CEI 99-2).

L'accesso alla SET sarà costituito da un cancello metallico scorrevole della larghezza di 7 metri.

### **6.6 Edificio di Controllo SET**

L'edificio di controllo SET sarà composto dai seguenti vani:

- Locale celle MT,
- Locale BT e trafo MT/BT,
- Locale Gruppo Elettrogeno,
- Locale comando e controllo,

- Locale servizi igienici,
- Magazzino.

## **6.7 Messa a terra**

### Descrizione

La sottostazione sarà dotata di una rete di dispersione interrata a 0,7 m di profondità.

### Messa a terra di Servizio

Si conetteranno direttamente a terra i seguenti elementi, che si considerano messa a terra di servizio:

- I neutri dei trasformatori di potenza e misura
- Le prese di terra dei sezionatori di messa a terra
- Le prese di terra degli scaricatori di sovratensione
- I cavi di terra delle linee aeree che entrano nella sottostazione.

### Messa a terra di protezione

Tutti gli elementi metallici dell'impianto saranno connessi alla rete di terra, rispettando le prescrizioni nella CEI 99-2.

Si conetteranno a terra (protezione delle persone contro contatto indiretto) tutte le parti metalliche normalmente non sottoposte a tensione, ma che possano esserlo in conseguenza di avaria, incidenti, sovratensione o tensione indotta. Per questo motivo si conetteranno alla rete di terra:

- le carcasse di trasformatori, motori e altre macchine,
- le carpenterie degli armadi metallici (controllo e celle MT),
- gli schermi metallici dei cavi MT,
- le tubature ed i conduttori metallici.

Nell'edificio non si metteranno a terra:

- Le porte metalliche esterne dell'edificio

- Le sbarre anti-intrusione delle finestre
- Le griglie esterne di ventilazione.

I cavi di messa a terra si fisseranno alla struttura e carcasse delle attrezzature con viti e grappe speciali di lega di rame. Si utilizzeranno saldature alluminotermiche Cadweld ad alto potere di fusione per l'unione sotterranea, per resistere alla corrosione galvanica.

### Ipotesi di progetto

Secondo i calcoli, si considerano i seguenti dati di partenza:

Corrente di cortocircuito monofase .....	31,5 kA
Tempo durata del guasto .....	0,5 s
Resistenza del terreno (ipotesi).....	150 Ωm
Resistenza manto superficiale (10 cm di ghiaia, de ϕ 2-4 cm) .....	3000 Ωm

La rete di terra sarà formata da una maglia di circa 4 m x 4 m, e si realizzerà con un conduttore a corda di rame nuda di sezione 95 mm<sup>2</sup>. Per il collegamento degli apparati alla rete di terra si utilizzerà corda di rame nuda di sezione 125 mm<sup>2</sup>.

La rete di terra della sottostazione sarà connessa alla rete di terra del parco eolico, in modo da ridurre il valore totale della resistenza di terra e agevolare il drenaggio della corrente di guasto. Conformemente alla CEI 99-2, la terra della SET sarà a sua volta collegata alla rete di terra della cabina di consegna.

## **6.8 Carichi elettrici**

### *6.8.1 Massima corrente di impiego*

Le massime correnti di impiego su ciascuna sezione dell'impianto si calcolano per mezzo della seguente formula:

$$I_{IMP}(A) = \frac{S_N(MW)}{\sqrt{3}xU_N(kV)} \times 1000$$

Essendo  $S_N$  la potenza nominale del circuito e  $U_N$  la corrispondente tensione nominale. Assumendo come ipotesi di calcolo le tensioni e potenze di ciascuna sezione dell'impianto, si ottengono le correnti di impiego riassunte nella seguente tabella:

Sezione	Tensione (kV)	Potenza (MW)	Corrente (A)
Circuito 1	30	18	365
Circuito 2	30	12	243
Circuito 3	30	12	243
Trasformatore lato MT	30	42	851
Trasformatore lato AT	132	42	193

### 6.8.2 Correnti nominali lato 132 e 30 kV

Le correnti nominali degli apparati dovranno essere superiori alle massime correnti di impiego sopra definite.

Sugli stalli AT del trasformatore e sullo stallo di consegna gli apparati avranno le seguenti correnti nominale:

Apparato	Corrente Nom. (A)
Sezionatore	2000
Trasformatore di corrente	1600
Interruttore	2500
Trasformatore di Potenza	40/50 (ONAN/ONAF)

Sui circuiti e sui lati a 30 kV degli apparati le correnti nominali degli apparati sono riassunte nella seguente tabella:

Apparecchiatura	Corrente Nom. (A)
Trasformatore MT/AT di potenza	770/963 (ONAN/ONAF)
TA cella trasformatore	2000
Interruttore cella trasformatore	2500
Sezionatore cella trasformatore	2000

Barre celle	2000
Sezionatore cella linee	1250
Interruttore cella Linee	2500
Trasformatori corrente cella linee	800

## 7 STALLO DI CONSEGNA TERNA (IR - IMPIANTO DI RETE)

Lo stallo di consegna TERNA sarà ubicato nella Stazione Elettrica di TERNA sarà costituito da:

- N° 3 scaricatori di sovratensione
- N° 3 terminali cavo AT
- N° 3 trasformatori di tensione
- N° 1 sezionatore di isolamento rotativo (tripolare)
- N° 3 trasformatori di corrente
- N° 1 interruttore automatico, isolato in SF<sub>6</sub> con comando tripolare
- N° 2 sezionatori a pantografo (tripolare)

La corrente nominale dello stallo sarà pari a 1250 A.

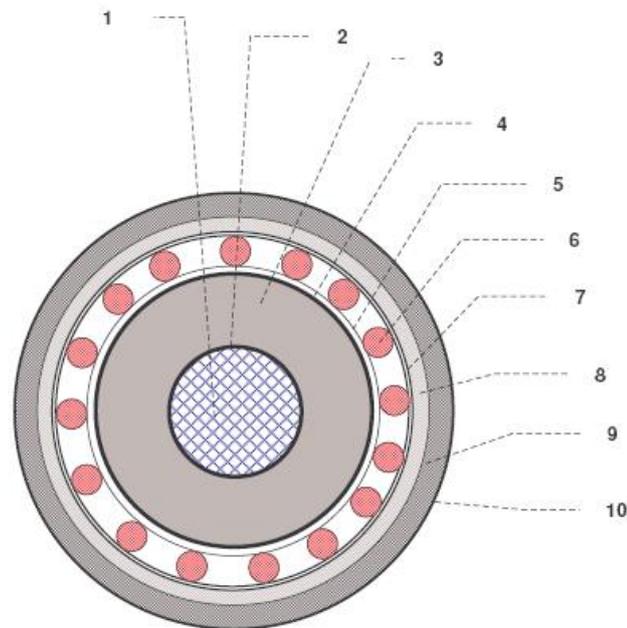
Tutte le opere, se non diversamente specificato, dovranno essere realizzate in osservanza delle Norme CEI, IEC, CENELEC, ISO, UNI in vigore.

## 8 CAVIDOTTO A 132 kV

Per collegare la stazione di trasformazione all'impianto di rete per la connessione (stallo TERNA) verrà realizzato un breve tratto di linea interrata a 132 kV della lunghezza di circa 200 m.

Verrà utilizzata una terna di cavi unipolari di tipo estruso per la posa diretta nel terreno, secondo quanto descritto negli elaborati grafici allegati.

**CAVO AT XLPE**  
**ARE4H1H5E - 87/150 kV 1x1600**  
 non in scala



- 1 CONDUTTORE: corda rigida rotonda, compatta e tamponata di **alluminio**. Sez. **1.600 mm<sup>2</sup>**
- 2 SEMICONDUCTORE ESTRUSO
- 3 ISOLANTE ESTRUSO DI **XLPE**
- 4 SEMICONDUCTORE ESTRUSO
- 5 NASTRO WATER BLOCKING SEMICONDUCTORE
- 6 SCHERMO A **FILI DI RAME** ricotto non stagnato (Sez. **70 mm<sup>2</sup>**)
- 7 NASTRO WATER BLOCKING SEMICONDUCTORE
- 8 **NASTRO DI ALLUMINIO**
- 9 **GUAINA ESTERNA DI PE**
- 10 STRATO CONDUTTIVO: strato semiconduttivo estruso