



CODE

SCS.DES.R.ELE.ITA.W.5631.009.00

PAGE

1 di/of 16

AVAILABLE LANGUAGE: IT

IMPIANTO EOLICO COPERTINO COMUNI DI COPERTINO-CARMIANO-LEVERANO (LE)

Relazione di calcolo elettrico

File name: SCS.DES.R.ELE.ITA.W.5631.009.00_Relazione di calcolo elettrico.docx

00	17/04/2023	EMISSIONE	SCS INGEGNERIA V.Decarolis	SCS INGEGNERIA S.Miccoli	SCS INGEGNERIA A.Sergi
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED

IMPIANTO / Plant IMPIANTO EOLICO COPERTINO	CODE																	
	<small>GROUP</small>	<small>FUNCION</small>	<small>TYPE</small>	<small>DISCIPLINE</small>	<small>COUNTRY</small>	<small>TEC</small>	<small>PLANT</small>	<small>PROGRESSIVE</small>	<small>REVISION</small>									
	SCS	DES	R	E	L	E	I	T	A	W	5	6	3	1	0	0	9	0

CLASSIFICATION:

UTILIZATION SCOPE : PROGETTO DEFINITIVO

INDICE

1. INTRODUZIONE	4
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
4. ACRONIMI	5
5. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
6. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	7
7. CALCOLO DELLA CORRENTE DI MEDIA TENSIONE	11
7.1. CALCOLO DELLA MASSIMA CORRENTE AMMISSIBILE.....	11
8. CALCOLO DELLA RETE DI ALTA TENSIONE	15
8.1. CALCOLO DEL COLLEGAMENTO AT SSU - SE TERNA.....	15

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Localizzazione dell'area di impianto nel contesto nazionale	6
Figura 2 - Individuazione su ortofoto.....	7
Figura 3 - Schema di collegamento tra WTG – SSE - SE Terna.....	8
Figura 4 - Sezione scavi con 1 terna cavi MT	9
Figura 5 - Sezione scavi con 2 terne cavi MT	9
Figura 6 - Sezione scavi con 3 terne cavi MT	10
Figura 7 - Sezione scavi con 1 terna cavo AT	10
Figura 8 - Caratteristiche cavo ARE4H5E (fonte datasheet Nexans).....	12
Figura 9 – Tabella riassuntiva coefficienti K	14
Figura 10 - Tabella della cdt sui cavi MT	14
Figura 11 - Tabella calcolo $I_{SHMAXCABLE}$	15
Figura 12 Tabella riassuntiva coefficienti K utilizzati e verifica portata.....	16
Figura 13 - Calcolo della caduta di tensione riscontrata per linea AT	16

1. INTRODUZIONE

La società "WPD Salentina 2 srl" è promotrice di un progetto per l'installazione di un impianto eolico nei territori comunali di Copertino, Carmiano, Leverano e Nardò, tutti Comuni appartenenti alla Provincia di Lecce.

Il progetto, cui la presente relazione fa riferimento, riguarda la realizzazione di un impianto di produzione di energia rinnovabile fa fonte eolica composta da 8 aerogeneratori, con potenza unitaria pari a 4.5 MW ciascuno, per una potenza complessiva di 36 MW.

Come indicato nella S.T.M.G trasmessa da Terna (Codice Pratica: 202203906) alla suddetta società, la soluzione tecnica prevede che l'impianto di generazione da fonte rinnovabile (eolica) da 36 MW sarà collegato in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN 380/150kV da inserire in entra-esce sulla linea RTN a 380 kV "Erchie 380 - Galatina 380".

Prima dell'immissione in rete sulla RTN, l'energia prodotta dal parco eolico, sarà convogliata presso una nuova sottostazione elettrica di proprietà della società WPD Salentina srl. Da quest'ultima, mediante un cavidotto AT condiviso con altro produttore, l'energia sarà convogliata verso la nuova stazione della RTN.

L'obiettivo del presente documento è di presentare i calcoli preliminari degli impianti elettrici relativi all'impianto eolico e del sistema di accumulo, in particolare il dimensionamento dei cavi in media tensione e alta tensione in relazione alle condizioni di posa scelte e verificare che quest'ultima sia maggiore della corrente di impiego dei circuiti in tutte le condizioni d'esercizio d'impianto. La verifica è stata effettuata in maniera conforme alla norma IEC 60502-2 - "Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m=1.2$ kV) up to 30 kV ($U_m=36$ kV) - Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ($U_m=7.2$ kV) up to 30 kV ($U_m=36$ kV) (03/2005)".

<i>Progetto Wind Farm Copertino</i>	
Numero Turbine	8
Potenza Installata	36 MW
Potenza Nominale	4.5 MW
Tensione sistema MT	33 kV
Tensione Sistema AT	150 kV

Tabella 1: Caratteristiche impianto

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella redazione del presente documento, sono di riferimento i seguenti documenti tecnici d progetto:

- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.5631.008.00 – Schema elettrico unifilare generale;
- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.5631.010.00 – Schema tipo scavi alloggiamento cavidotti;
- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.5631.018.00 – PLANIMETRIA ELETTROMECCANICA SOTTOSTAZIONE MT/AT;
- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.5631.016.00 - PLANIMETRIA INQUADRAMENTO SOTTOSTAZIONE MT/AT;

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella redazione del presente progetto sono state e dovranno essere osservate anche in fase esecutiva dei lavori, le disposizioni di legge vigenti in materia e le norme tecniche CEI EN.

Si riportano di seguito, un elenco delle principali specifiche tecniche e norme di riferimento.

S'intendono comprese nello stesso tutte le varianti, le modifiche ed integrazioni:

- IEC 60502-2: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m=1.2$ kV) up to 30 kV ($U_m=36$ kV) – Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ($U_m=7.2$ kV) up to 30 kV ($U_m=36$ kV) (03/2005);
- CEI EN 60909 (11-25) – Calcolo di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata;
- IEC 60287: Electric cables – Calculation of the current rating (12/2006);
- CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo (07/2006);

4. ACRONIMI

Per agevolare la comprensione del documento, sono riportati di seguito alcuni acronimi che potranno essere ritrovati all'interno del presente studio:

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

5. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'impianto denominato si sviluppa all'interno dei Comuni Copertino, Carmiano, Leverano e Nardò, appartenenti tutti alla provincia di Lecce.

Il cavidotto di connessione, dalla SSU sino alla SE RTN, si estende nel comune di Nardò mentre il cavidotto interno al parco si estende in tutti i Comuni sopra menzionati.

Di seguito è riportato l'inquadramento territoriale dell'area di progetto a livello nazionale.



Figura 1 - Localizzazione dell'area di impianto nel contesto nazionale

In particolare, le aree proposte per la realizzazione degli aerogeneratori impegnano la zona agricola nell'intorno delle strade provinciali SP117, SP119 ed SP124, che collegano rispettivamente i comuni di Leverano e Carmiano, Leverano e Arnesano, Carmiano e Copertino.

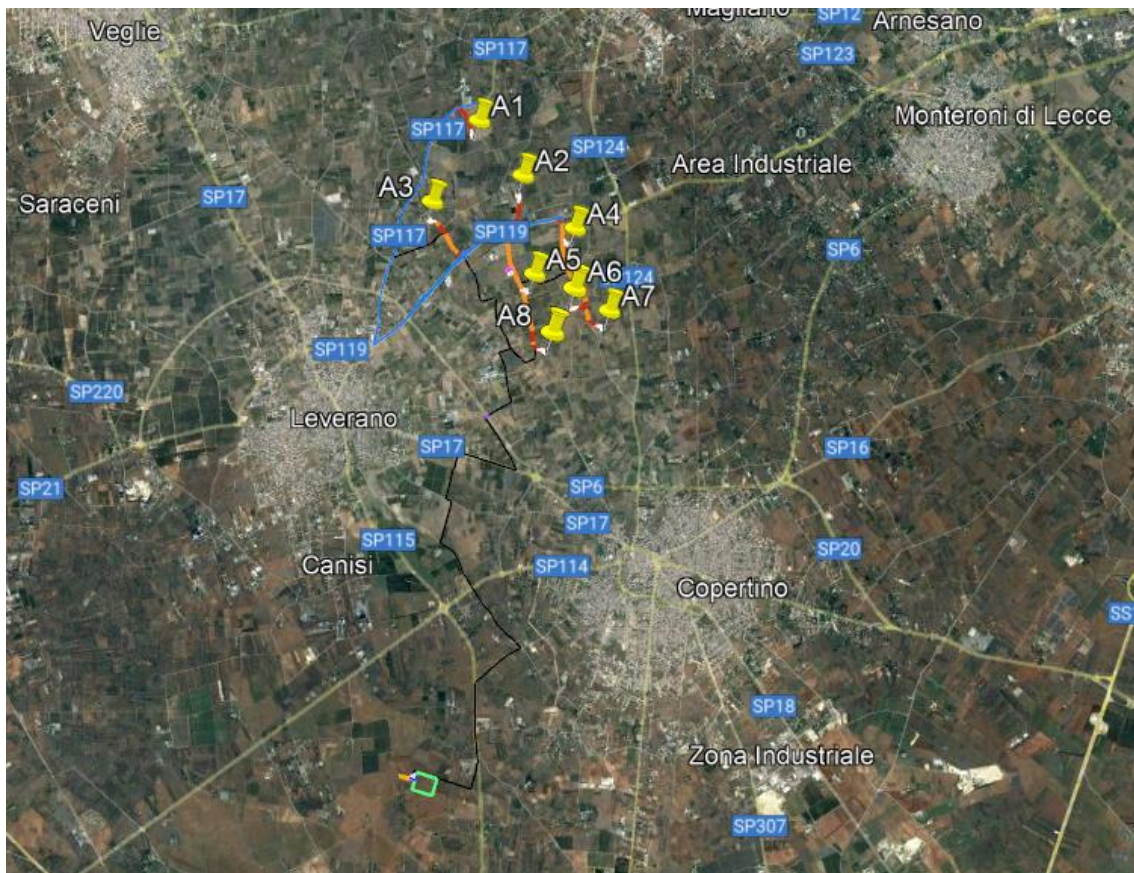


Figura 2 - Individuazione su ortofoto

6. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'intervento prevede l'installazione di n. 8 aerogeneratori, ognuno della potenza nominale di 4.5 MW per una potenza complessiva di 36 MW.

Il parco eolico da 36 MW, sarà collegato alla Sottostazione di levazione AT/MT proposta, come da progetto, nell'area adiacente alla nuova SE della RTN. La SSU, per mezzo di un elettrodotto AT, sarà connessa allo stallo arrivo produttore a 150 kV della nuova della Stazione Elettrica (SE) 380/150 kV della RTN di proprietà di Terna S.p.A.

Le opere elettriche necessarie per il trasporto dell'energia prodotta dal parco eolico alla nuova Sottostazione AT/MT e da quest'ultima alla nuova SE della RTN sono le seguenti:

- Rete in cavo interrato, esercita in media tensione a 33 kV, per il collegamento di tutti gli aerogeneratori previsti da progetto;
- Rete in cavo interrato, esercita in media tensione a 33 kV, per il collegamento sino alla Sottostazione di trasformazione 150/33 kV;
- Sottostazione di trasformazione 150/33 kV;
- Sbarra AT 150 kV in condivisione con altro produttore;
- Rete in cavo interrato, esercita in alta tensione a 150 kV, per il collegamento della Sottostazione di trasformazione alla nuova Stazione Elettrica della RTN.

Per maggiori dettagli tecnici delle suddette opere si rimanda al documento SCS.DES.R.GEN.ITA.W.5631.004.00 - Relazione tecnica.

Il progetto in questione prevede che ciascun aerogeneratore sia elettricamente interconnesso mediante un collegamento di tipo "entra-esce" attraverso un cavo MT all'aerogeneratore successivo, secondo quanto riportato nello schema unifilare presentato nel documento SCS.DES.D.ELE.ITA.W.5631.008.00 - Schema elettrico unifilare generale.

Sia i cavidotti d'interconnessione fra gli aerogeneratori che i cavidotti di vettoriamento seguiranno un tracciato sia su strada esistente (strade comunali e/o provinciali) sia su nuova viabilità a servizio degli aerogeneratori di progetto.

La configurazione elettrica d'impianto prevede la realizzazione di 3 cluster di media tensione ciascuno caratterizzato rispettivamente da n.2/3 WTG collegate in entra-esce tra loro. Il quadro MT dell'ultima WTG di ciascun cluster sarà connesso al quadro MT in sottostazione AT/MT utente dove avverrà l'innalzamento di tensione per la connessione alla rete a 150 kV. Successivamente, l'energia prodotta verrà convogliata, per mezzo di un cavo AT, sullo stallo arrivo produttore della nuova Stazione Elettrica della RTN 380/150 kV di Terna, come dimostrato nello schema seguente:

Schema di collegamento WTG e lunghezza del tracciato dei cavidotti MT

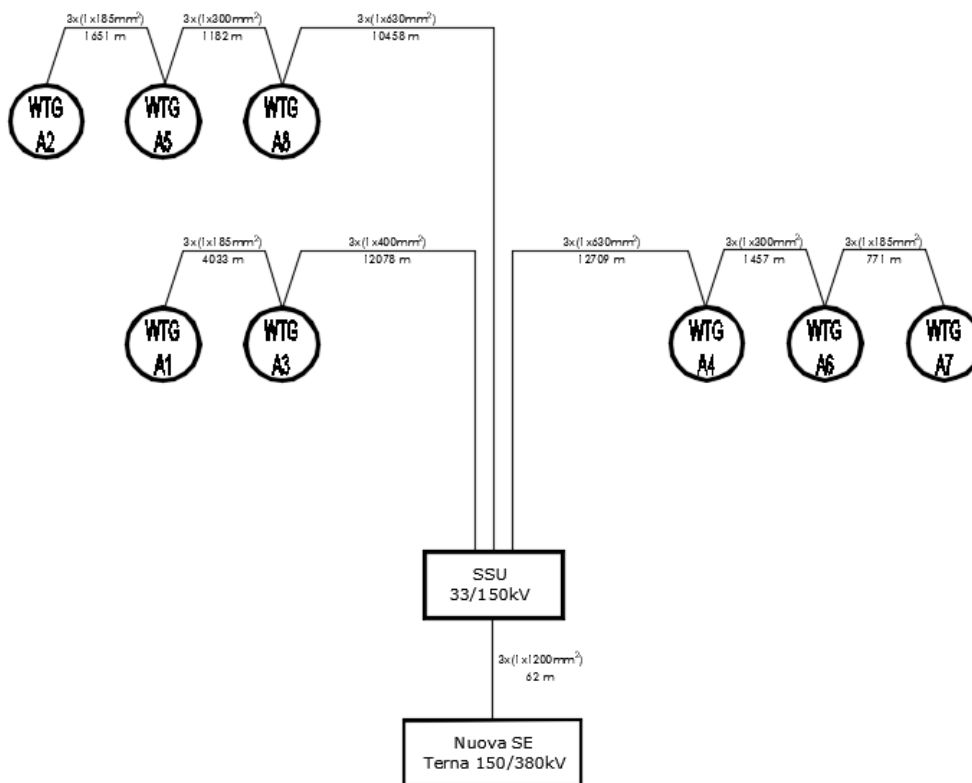


Figura 3 - Schema di collegamento tra WTG - SSE - SE Terna

I cavi MT all'interno delle trincee, saranno posati in cavidotti interrati il cui scavo avrà una profondità di 1,3 metri. La larghezza dello scavo sarà variabile in funzione del numero di terne.

Di seguito si riportano alcuni tipologici:

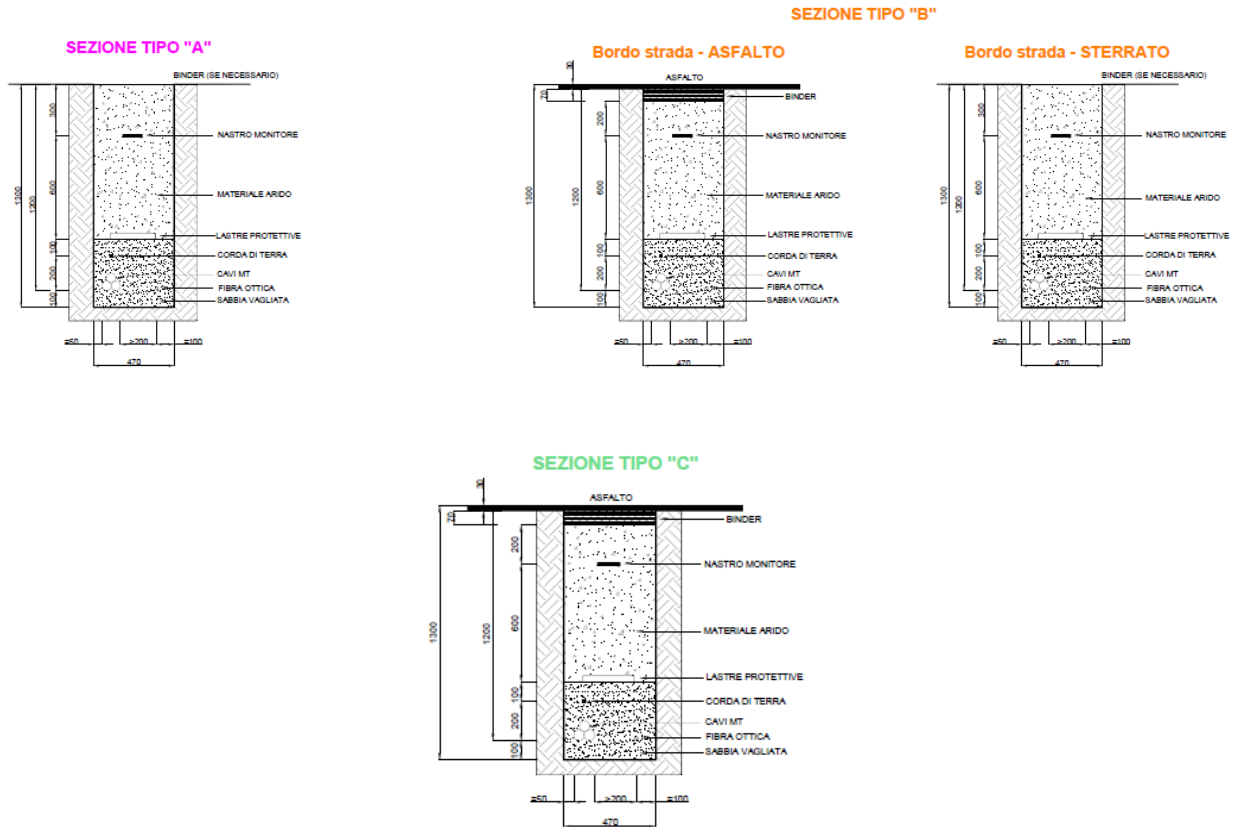


Figura 4 - Sezione scavi con 1 terna cavi MT

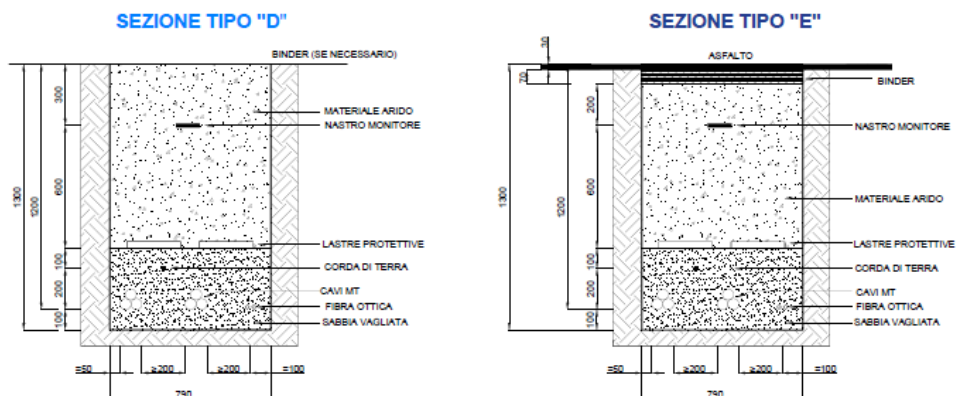


Figura 5 - Sezione scavi con 2 terne cavi MT

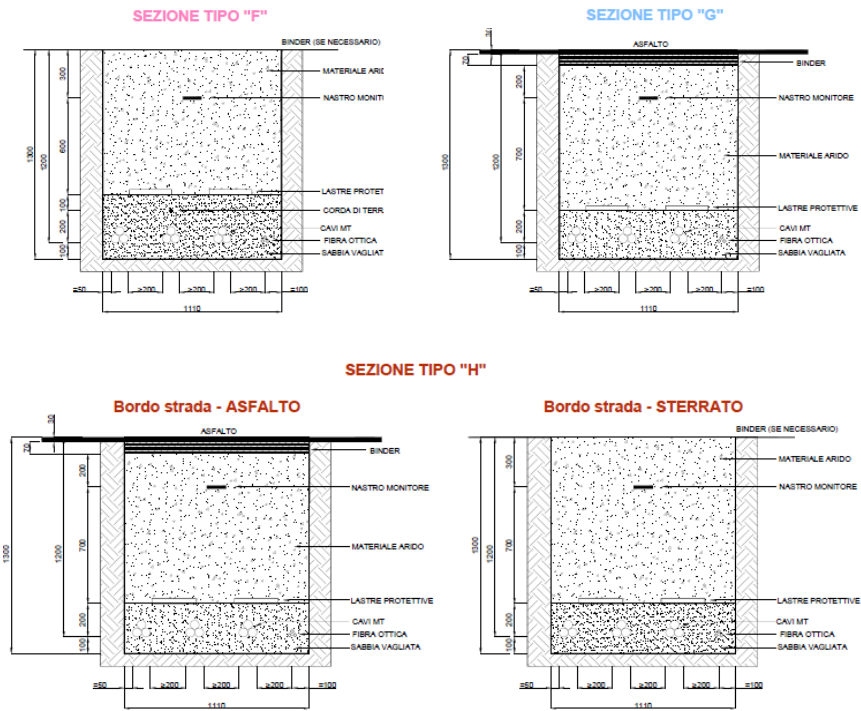


Figura 6 - Sezione scavi con 3 terne cavi MT

Per quanto riguarda i cavi AT all'interno delle trincee, saranno posati in cavidotti interrati il cui scavo avrà una profondità di 1,7 m ed una larghezza di 0,7 m.

Di seguito si riportano alcuni tipologici:

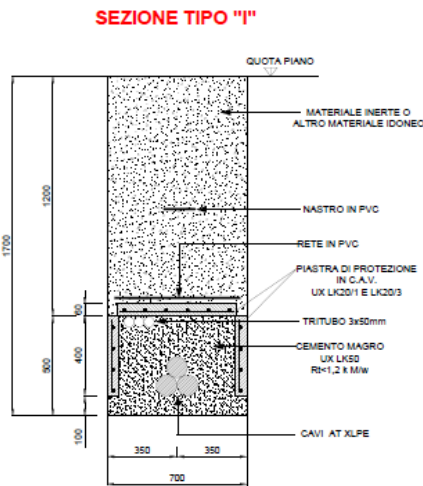


Figura 7 - Sezione scavi con 1 terna cavo AT

7. CALCOLO DELLA CORRENTE DI MEDIA TENSIONE

7.1. CALCOLO DELLA MASSIMA CORRENTE AMMISSIBILE

Le linee MT interna al parco eolico di interconnessione tra gli aerogeneratori e tra questi e la sottostazione AT/MT utente, saranno realizzate con cavi eserciti a 33 kV direttamente interrati e posati a trifoglio.

I cavi saranno installati in trincee della profondità variabile tra 1,3 metro o superiore, in relazione alle interferenze presenti in sito secondo il tracciato indicato negli elaborati grafici:

- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.5631.002.00 - Inquadramento IGM cavidotto Impianto Eolico;
- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.5631.003.00 - Inquadramento CTR cavidotto Impianto Eolico;
- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.5631.004.00 - Inquadramento ORTOFOTO Impianto Eolico;
- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.5631.005.00 - Inquadramento CATASTALE Impianto Eolico;
- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.5631.010.00 - Schema tipo scavi alloggiamento cavidotti;
- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.5631.007.00 - Planimetria interferenze cavidotto Impianto Eolico.

Le corrette condizioni di esercizio delle diverse tratte della linea MT intera al parco eolico e di collegamento tra l'ultimo aerogeneratore del cluster e la sottostazione 150/33 kV utente, sono state verificate con cavi unipolari di sezione 185, 300, 400 e 630 mm² caratterizzati da conduttore in alluminio e tensione nominale U₀/U: 18/30 kV (U_m:36 kV).

Le condizioni di installazione dei cavi saranno le seguenti:

- Temperatura di funzionamento: 90 ° C
- Temperatura del terreno: 25 ° C
- Resistenza termica del terreno: 2 K m / W
- Profondità di installazione: 1,2
- Separazione tra circuiti: 200 mm.
- Fattore di potenza: 0,90
- Frequenza: 50 Hz.
- Tensione nominale: 33 kV (specificato dal cliente)

Per il calcolo dei circuiti sono state considerate le caratteristiche elettriche del cavo tipo ARE4H5E avente tensione nominale U₀/U 18/30 kV, conduttore in alluminio e portata I₀ come di seguito indicate nella tabella:

APPLICATIONS

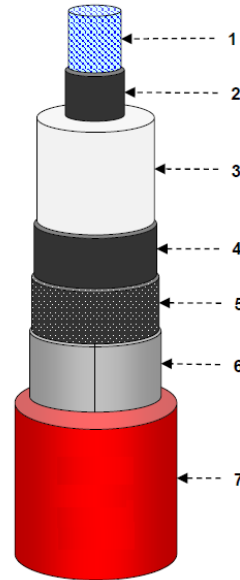
In MV energy distribution networks for voltage systems up to **36kV**.
Suitable for fixed installation indoor or outdoor laying in air or directly or indirectly buried, also in wet location.

FUNCTIONAL CHARACTERISTICS

Rated voltage U_0/U : **18/30** kV
Maximum voltage U_m : **36** kV
Test voltage: **3,5** U_0
Max operating temperature of conductor: **90** °C
Max short-circuit temperature: **250** °C (max duration 5 s)
Max short-circuit temperature (screen): **150** °C

CONSTRUCTION

- 1. Conductor**
stranded, compacted, round aluminium - class 2 acc. to IEC 60228
- 2. Conductor screen**
extruded semiconducting compound
- 3. Insulation**
extruded XLPE compound
- 4. Insulation screen**
extruded semiconducting compound - fully bonded
- 5. Longitudinal watertightness**
semiconducting water blocking tape
- 6. Metallic screen and radial water barrier**
aluminium tape longitudinally applied (nominal thickness = 0,20 mm)
- 7. Outer sheath**
extruded PE compound - colour: red



Codice Nexans	Formazione	Resistenza elettrica @ 20°C - c.c. max	Resistenza elettrica @ 90°C - c.a.	X Reattanza di fase @ 50 Hz	C Capacità	Portata di corrente in terra @ 20°C	Portata di corrente in aria @ 30°C	Corrente di cortocircuito conduttore Tmax 250°C	Corrente di cortocircuito schermo Tmax 150°C
		[Ω/km]	[Ω/km]	[Ω/km]	[μF/km]	[A]	[A]	kA x 1s	kA x 0,5s
10564854	1x70	0,443	0,568	0,133	0,166	187	235	6,6	1,9
10564884	1x95	0,320	0,411	0,124	0,193	222	284	9,0	1,9
10564885	1x120	0,253	0,325	0,119	0,215	253	329	11,3	2,0
10564966	1x150	0,206	0,265	0,115	0,233	282	371	14,2	2,1
10564967	1x185	0,164	0,211	0,110	0,258	319	426	17,5	2,1
10564887	1x240	0,125	0,161	0,105	0,294	370	505	22,7	2,2
10564968	1x300	0,100	0,130	0,102	0,316	418	580	28,3	2,3
10564888	1x400	0,078	0,102	0,098	0,344	477	678	37,8	2,5
10564969	1x500	0,0605	0,080	0,096	0,376	545	790	47,2	2,7
10564889	1x630	0,0469	0,063	0,093	0,409	620	920	59,5	2,9
10565412	1x800	0,0367	0,051	0,090	0,449	699	1.063	75,6	3,1

Note
formazione: trifoglio
profondità di posa: 0,8 [m]
resistività termica terreno: 1,5 [°Cm/W]
collegamento strati metallici: "solid bonding" (collegato a terra ad entrambe le estremità)

Figura 8 - Caratteristiche cavo ARE4H5E (fonte datasheet Nexans)

I valori della portata di corrente (A), indicati nella tabella precedente, corrispondono ai valori di corrente massima consentiti ai conduttori in condizioni di installazione standard (temperatura a 20°C, profondità 0,8 m e resistività del terreno 1,5 k m/W).

Poiché le condizioni di installazione dei cavi saranno quelle riportate ad inizio del presente paragrafo, le portate di corrente dei cavi selezionati non saranno quelle che si determinano in condizioni di installazione standard come sopra riportate. Pertanto, alla portata nominale I_0 , sono applicati dei fattori di correzione che tengono conto delle condizioni di posa dei cavi al fine di calcolare appunto, la portata di corrente di ciascun cavo I_z' .

$$I_z' = I_0 \times K = I_0 \times K1 \times K2 \times K3 \times K4$$

I fattori di correzione su citati sono standardizzati dalla norma IEC 60502-2. Nello specifico, sono

stati utilizzati i seguenti fattori di correzione:

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

Temperatura del terreno (°C)	Fattore K_1
25	0,96

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

Profondità (m)	Fattore K_2	
	< 185 mm ²	> 185 mm ²
1,25	0,96	0,95

2. k3 - Fattore di correzione per differenti valori di resistività termica del terreno:

Resistività del terreno pari a 1,5 (k*m/W)	
Sezione del cavo [mm ²]	Fattore K_3
185	0,88
300	0,88
400	0,88
630	0,88

3. k4 - Fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati nello stesso scavo (distanza 200 mm):

Numero di circuiti per gruppi	Fattore K_4
2	0,83
3	0,73

La sezione del cavo scelto, è stata quindi determinata verificando il criterio seguente:

$$I'z \geq I_b$$

dove I_b è la corrente d'impiego del circuito.

Di seguito viene mostrata una tabella esplicativa di riferimento per il calcolo sopra riportato e relativa a ciascuna linea di media tensione:

CLUSTER 1									
Connection WTGa-WTGb	size	For ambient temperatures different from 20 °C (K1)	For depths of laying other than 0,8 m for direct buried cables (K2)	For soil thermal resistivities other than 1,5 K m /W for direct buried single core-cables (K3)	For groups of three-phase circuits of single-core cables laid direct in the ground (K4)	TOTAL (Ktot)	Conductor nominal current capacity - I0	Adjusted conductor current capacity - I2' (A)	Admissible Current Verification Criteria Ib=I2'
A3 - SSU	3 x (1 x 400mm ²)	0,96	0,95	0,88	0,73	0,59	477	279	OK
A1- A3	3 x (1 x 185mm ²)	0,96	0,95	0,88	0,83	0,67	319	212	OK

CLUSTER 2									
Connection WTGa-WTGb	size	For ambient temperatures different from 20 °C (K1)	For depths of laying other than 0,8 m for direct buried cables (K2)	For soil thermal resistivities other than 1,5 K m /W for direct buried single core-cables (K3)	For groups of three-phase circuits of single-core cables laid direct in the ground (K4)	TOTAL (Ktot)	Conductor nominal current capacity - I0	Adjusted conductor current capacity - I2' (A)	Admissible Current Verification Criteria Ib=I2'
A8 - SSU	3 x (1 x 630mm ²)	0,96	0,95	0,88	0,73	0,59	620	363	OK
A5 - A8	3 x (1 x 300mm ²)	0,96	0,95	0,88	0,83	0,67	418	278	OK
A2 - A5	3 x (1 x 185mm ²)	0,96	0,95	0,88	0,83	0,67	319	212	OK

CLUSTER 3									
Connection WTGa-WTGb	size	For ambient temperatures different from 20 °C (K1)	For depths of laying other than 0,8 m for direct buried cables (K2)	For soil thermal resistivities other than 1,5 K m /W for direct buried single core-cables (K3)	For groups of three-phase circuits of single-core cables laid direct in the ground (K4)	TOTAL (Ktot)	Conductor nominal current capacity - I0	Adjusted conductor current capacity - I2' (A)	Admissible Current Verification Criteria Ib=I2'
A4 - SEU	3 x (1 x 630mm ²)	0,96	0,95	0,88	0,73	0,59	620	363	OK
A6 - A4	3 x (1 x 300mm ²)	0,96	0,95	0,88	0,83	0,67	418	278	OK
A7 - A6	3 x (1 x 185mm ²)	0,96	0,95	0,88	0,83	0,67	319	212	OK

Figura 9 – Tabella riassuntiva coefficienti K

CLUSTER 1															
Connection WTGa-WTGb	size	Section (mm2)	Voltage level (kV)	N° of WTG connected	DISTANCE BETWEEN WTG's (km)	Power Factor (*)	Accumulated active power (MW)	Accumulated apparent power (MVA)	Nominal current [A]- Ib	TOTAL (Ktot)	Conductor nominal current capacity - I0	Adjusted conductor current capacity - I2' (A)	Admissible Current Verification Criteria Ib=I2'	ΔV Voltage drop [%]	Admissible Voltage Drop Verification Criteria
A3 - SSU	3 x (1 x 400mm ²)	400	33,0	2	12,078	0,9	9	10,000	174,95	0,59	477	279	OK	1,49%	OK
A1- A3	3 x (1 x 185mm ²)	185	33,0	1	4,033	0,9	4,5	5,000	87,48	0,67	319	212	OK	0,44%	OK
														1,93%	

CLUSTER 2															
Connection WTGa-WTGb	size	Section (mm2)	Voltage level (kV)	N° of WTG connected	DISTANCE BETWEEN WTG's (km)	Power Factor (*)	Accumulated active power (MW)	Accumulated apparent power (MVA)	Nominal current [A]- Ib	TOTAL (Ktot)	Conductor nominal current capacity - I0	Adjusted conductor current capacity - I2' (A)	Admissible Current Verification Criteria Ib=I2'	ΔV Voltage drop [%]	Admissible Voltage Drop Verification Criteria
A8 - SSU	3 x (1 x 630mm ²)	630	33,0	3	10,458	0,9	13,5	15,000	262,43	0,59	620	363	OK	1,40%	OK
A5 - A8	3 x (1 x 300mm ²)	300	33,0	2	1,182	0,9	9	10,000	174,95	0,67	418	278	OK	0,18%	OK
A2 - A5	3 x (1 x 185mm ²)	185	33,0	1	1,651	0,9	4,5	5,000	87,48	0,67	319	212	OK	0,18%	OK
														1,76%	

CLUSTER 3															
Connection WTGa-WTGb	size	Section (mm2)	Voltage level (kV)	N° of WTG connected	DISTANCE BETWEEN WTG's (km)	Power Factor (*)	Accumulated active power (MW)	Accumulated apparent power (MVA)	Nominal current [A]- Ib	TOTAL (Ktot)	Conductor nominal current capacity - I0	Adjusted conductor current capacity - I2' (A)	Admissible Current Verification Criteria Ib=I2'	ΔV Voltage drop [%]	Admissible Voltage Drop Verification Criteria
A4 - SEU	3 x (1 x 630mm ²)	630	33,0	3	12,709	0,9	13,5	15,000	262,43	0,59	620	363	OK	1,70%	OK
A6 - A4	3 x (1 x 300mm ²)	300	33,0	2	1,457	0,9	9	10,000	174,95	0,67	418	278	OK	0,22%	OK
A7 - A6	3 x (1 x 185mm ²)	185	33,0	1	0,771	0,9	4,5	5,000	87,48	0,67	319	212	OK	0,08%	OK
														2,00%	

Figura 10 - Tabella della cdt sui cavi MT

A seguire viene riportata la tabella in cui è indicata la corrente di corto circuito massima supportabile dal cavo I_{SHMAXCABLE}, ipotizzando un tempo t di intervento cautelativo delle protezioni di 1 s. Essa è stata calcolata secondo la seguente formula:

$$I_{SHMAXCABLE} = (K * S * N_{cf}) / \sqrt{t}$$

Dove:

- K= fattore che tiene conto del materiale del conduttore (alluminio, nel caso specifico) e del tipo di isolante (XLPE, nel caso specifico) ed è pari a 94,5 ($A \cdot \sqrt{s/mm^2}$);
- S= sezione del cavo in mm²;
- Ncf= numero di conduttori per fase

Connection WTGa-WTGb	Section (mm ²)	cables / phase	ISH max. cable [kA]
A3 - SSU	400	1	38
A1- A3	185	1	17

Connection WTGa-WTGb	Section (mm ²)	cables / phase	ISH max. cable [kA]
A8 - SSU	630	1	60
A5 - A8	300	1	28
A2 - A5	185	1	17

Connection WTGa-WTGb	Section (mm ²)	cables / phase	ISH max. cable [kA]
A4 - SEU	630	1	60
A6 - A4	300	1	28
A7 - A6	185	1	17

Figura 11 - Tabella calcolo $I_{SHMAXCABLE}$

I valori della $I_{SHMAXCABLE}$ sono necessari per determinare i valori massimi delle correnti di corto circuito che si possono stabilire sulle sbarre MT, in maniera tale da selezionare e installare i corretti dispositivi di protezione dai guasti (interruttori) che saranno quindi scelti, in fase esecutiva, in base ai corretti valori elettrici caratteristici al fine della protezione delle apparecchiature installate.

8. CALCOLO DELLA RETE DI ALTA TENSIONE

8.1. CALCOLO DEL COLLEGAMENTO AT SSU – SE TERNA

La linea AT di interconnessione tra Sottostazione AT/MT utente e la nuova SE 380/150kV della RTN, sarà realizzata con cavi eserciti a 150 kV direttamente interrati e posati a trifoglio.

I cavi AT saranno installati in una trincea della profondità di 1,70 metri secondo il tracciato indicato negli elaborati di progetto.

Il suddetto collegamento sarà realizzato con cavo unipolare di sezione 1200 mm² caratterizzato da conduttore in alluminio e tensione nominale U_o/U: 87/150 kV (U_m:170 kV).

Di seguito si riportano le principali caratteristiche del cavo:

- Conduttore: alluminio
- Sezione: 1x1200 mm²
- Portata in corrente: 870 A
- Isolate: XLPE
- Schermo: fili in rame e nastro in alluminio
- Guaina: PVC
- Temperatura massima del conduttore: 90°C
- Tensione nominale di isolamento: 87/150 kV
- Tensione massima di continuità: 170 kV

- Norma di riferimento: IEC60840

Le condizioni di installazione dei cavi saranno le seguenti:

- Temperatura di funzionamento: 90 °C
- Temperatura del terreno: 25 °C
- Resistenza termica del terreno: 2 K m / W
- Profondità di installazione: - 1,70 metri
- Fattore di potenza: 0,90
- Frequenza: 50 Hz.
- Tensione nominale: 150 kV

Di seguito si riporta il calcolo della portata effettiva, alle condizioni di posa precedentemente indicate, della caduta di tensione e $I_{SHMAXCABL}$, applicando la formula già esplicitata nel paragrafo precedente:

DIMENSIONAMENTO CAVO AT

Connection SSU - SE	size	For ambient temperatures different from 20 °C (K1)	For depths of laying other than 0,8 m for direct buried cables (K2)	For soil thermal resistivities other than 1,5 K m /W for direct buried single core-cables (K3)	For groups of three-phase circuits of single-core cables laid direct in the ground (K4)	TOTAL (Ktot)	Conductor nominal current capacity - I0	Adjusted conductor current capacity - I2' (A)	Admissible Current Verification Criteria Ib<=I2'
SSU - SE TERNA	3 x (1 x 1200mm ²)	0,96	0,91	0,88	1	0,77	870	669	OK

Figura 12 Tabella riassuntiva coefficienti K utilizzati e verifica portata

DIMENSIONAMENTO CAVO AT

Connection SSU - SE	size	Section (mm2)	Voltage level (kV)	N° of WTG connected	DISTANCE BETWEEN SSU and SE (km)	Power Factor (°)	Accumulated active power (MW)	Accumulated apparent power (MVA)	Nominal current (A)- Ib	TOTAL (Ktot)	Conductor nominal current capacity - I0	Adjusted conductor current capacity - I2' (A)	Admissible Current Verification Criteria Ib<=I2'	ΔV Voltage drop (%)	Admissible Voltage Drop Verification Criteria	ISH max. cable [kA]
SSU - SE TERNA	3 x (1 x 1200mm ²)	1200	150,0	8	0,062	0,9	140	140,000	598,73	0,77	870	669	OK	0,004%	OK	113

Figura 13 - Calcolo della caduta di tensione riscontrata per linea AT