

# REGIONE PUGLIA

## Provincia di Foggia (FG)

### COMUNE DI CERIGNOLA



2	EMISSIONE PER INTEGRAZIONE	21/04/23	DE LUCA S.	BAIARDO G.	NASTASI A.
1	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	15/07/21	ANTEX	FURNO C.	NASTASI A.
0	EMISSIONE PER COMMENTI	04/07/21	ANTEX	FURNO C.	NASTASI A.
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.

Committente:

**HERGO RENEWABLES S.P.A.**



Sede legale in via Privata Maria Teresa, 8, 20123, Milano  
Partita I.V.A. 10416260965, R.E.A. n. 2529663

Società di Progettazione:

*Ingegneria & Innovazione*



Via Jonica, 16 Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409  
Web: [www.antexgroup.it](http://www.antexgroup.it) e-mail: [info@antexgroup.it](mailto:info@antexgroup.it)

Progetto:

**Progetto di un impianto agro-naturalistico-fotovoltaico avente potenza pari a 40,0752 MWp e relative opere di connessione, integrato con coltivazione di foraggio, da realizzarsi nel comune di Cerignola (Loc. "Tavoletta")**

Progettista/Resp. Tecnico:

Dott. Ing. Antonino Signorello  
Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Catania  
n° 6105 sez. A

Elaborato:

RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE AT

Scala:

--:--

Nome DIS/FILE:

C21025S05-PD-RT-05-02

Allegato:

1/1

F.to:

A4

Livello:

**DEFINITIVO**

*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.  
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.  
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*



	<p>PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")</p> <p><b>RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE AT</b></p>	 Ingegneria & Innovazione		
		21/04/2023	REV: 2	Pag.2

## INDICE

1.	PREMESSA .....	3
2.	SCOPO .....	3
3.	DETERMINAZIONE DELLA SEZIONE MINIMA IN FUNZIONE DELLA CORRENTE DI CORTOCIRCUITO.....	4
4.	DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN FUNZIONE DELLE CONDIZIONI DI POSA.....	6
5.	DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN FUNZIONE DELLA CADUTA DI TENSIONE (C.d.T) .....	8
5.	DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA DI ESERCIZIO .....	9
6.	DIMENSIONAMENTO DEI CAVI AT IN FUNZIONE DELLA CONDIZIONE DI POSA E DELLA CADUTA DI TENSIONE.....	10

	PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")	 Ingegneria & Innovazione		
		21/04/2023	REV: 2	Pag.3

**RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE  
AT**

## 1. PREMESSA

Su incarico di Hergo Renewables S.p.a., la società ANTEX GROUP Srl ha redatto il progetto definitivo per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare, denominato Impianto Fotovoltaico "TAVOLETTA", da realizzarsi nei territori del Comune di Cerignola (FG) – Regione Puglia.

Hergo Renewables S.p.a ha già ricevuto ed accettato il preventivo di connessione inviato da Terna per la connessione di un impianto di generazione da fonte rinnovabile (fotovoltaica) per una potenza in immissione pari a 41,29 MW.

È stato richiesto a Terna dalla Società Hergo Solare Italia S.r.l. il riesame della STMG, che prevede una soluzione di connessione a 36 kV.

Tale STMG prevede l'inserimento dell'impianto alla RTN mediante collegamento in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150/36 kV da inserire in entra-esce alla linea a 150 kV "Stornara – CP Cerignola – CP Canosa", previa realizzazione:

- di un nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento tra la nuova SE suddetta e una futura SE RTN a 380/150 kV da inserire in entra-esce alla linea 380 kV della RTN "Foggia - Palo del Colle";
- di due elettrodotti RTN a 150 kV tra una nuova SE 150 kV della RTN da inserire in entra-esce alla linea "CP Ortanova - Stornara" e una futura SE RTN a 380/150 kV da inserire in entra-esce alla linea 380 kV della RTN "Foggia - Palo del Colle";
- del potenziamento/rifacimento dell'elettrodotto RTN a 150 kV "CP Trompiello – Stornara – CP Cerignola" nel tratto compreso tra la nuova SE 150 kV suddetta e la nuova SE 150/36 kV suddetta.

L'impianto fotovoltaico di tipo agrovoltaco, prevede di installare 66.240 moduli fotovoltaici monofacciali in silicio monocristallino da 605 Wp ciascuno, su strutture ad inseguimento monoassiale, realizzate in acciaio zincato a caldo. Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete. Le attività di progettazione definitiva sono state sviluppate dalla società di ingegneria ANTEX Group Srl. ANTEX Group Srl è una società che fornisce servizi globali di consulenza e management ad Aziende private ed Enti pubblici che intendono realizzare opere ed investimenti su scala nazionale ed internazionale. È costituita da selezionati e qualificati professionisti uniti dalla comune esperienza professionale nell'ambito delle consulenze ingegneristiche, tecniche, ambientali, gestionali, legali e di finanza agevolata. Sia ANTEX che HERGO RENEWABLES S.P.A. pongono a fondamento delle attività e delle proprie iniziative, i principi della qualità, dell'ambiente e della sicurezza come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 nelle loro ultime edizioni.

## 2. SCOPO

Scopo della presente relazione tecnica è il dimensionamento dei cavi in Alta Tensione (AT) utilizzati per l'impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare da 40275,2 kWp denominato **Impianto Fotovoltaico "Tavoletta"**, che **Hergo Renewables Italia S.p.a.** intende realizzare nei terreni del Comune di Cerignola (FG) – Regione Puglia.

	PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MW <sub>p</sub> E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")	 Ingegneria & Innovazione		
		21/04/2023	REV: 2	Pag.4

**RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE  
AT**

### 3. DETERMINAZIONE DELLA SEZIONE MINIMA IN FUNZIONE DELLA CORRENTE DI CORTOCIRCUITO

L'Allegato A.68 "Centrali Fotovoltaiche – Condizioni generali di connessione alle reti AT – Sistemi di protezione, regolazione e controllo" definisce la corrente di cortocircuito minima per il dimensionamento delle condutture ed apparecchiature pari a 20 kA per una durata di un secondo per la connessione a 36 kV alla RTN. Sulla base di questo è possibile effettuare il calcolo della sezione minima dei cavi in AT, come riportato di seguito.

#### 3.1. MODALITA' DI CALCOLO

La Norma CEI 11-17 al paragrafo 2.2.02 definisce le modalità di calcolo per la scelta del conduttore in relazioni a condizioni di sovracorrente. La scelta è fatta in modo tale che la temperatura del conduttore per effetto della sovracorrente non sia dannosa, come entità e durata, per l'isolamento o per gli altri materiali con cui il conduttore è in contatto o in prossimità.

Considerata la sovracorrente praticamente costante e il fenomeno termico sia di breve durata (cortocircuito) in modo da potersi considerare di puro accumulo (regime adiabatico), la sezione del conduttore può determinarsi mediante la seguente relazione:

$$K^2 S^2 \geq (I^2 t)$$

Dove:

- S è la sezione del conduttore in mm<sup>2</sup>;
- I è la corrente di cortocircuito, pari a 20 kA (valore precedentemente calcolato);
- t è la durata della corrente di cortocircuito, pari a 1 s (coincide con il tempo di eliminazione del guasto stabilito dal progettista);
- K costante termica del cavo scelto, (K = 92).

Il valore del coefficiente K dipende dalla temperatura iniziale e finale di cortocircuito, come riportato in tabella.



PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO  
 AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MWp E RELATIVE  
 OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA  
 COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL  
 COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")



**RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE  
 AT**

21/04/2023

REV: 2

Pag.5

Tab. 2.2.02 Valori del coefficiente *K* in funzione delle temperature iniziali e finali di cortocircuito per conduttori di rame e di alluminio

	Temperatura iniziale $\theta_0$ (°C)	1	2	3	4	5	6
		Temperatura finale $\theta_{cc}$ (°C)					
		140	160	180	200	220	250
Conduttori di rame	130	37	64	81	95	106	120
	120	53	74	89	102	113	126
	110	65	83	97	109	119	132
	100	76	92	105	116	125	138
	90	86	100	112	122	131	143
	85	90	104	115	125	134	146
	80	94	108	119	129	137	149
	75	99	111	122	132	140	151
	70	103	115	125	135	143	154
	65	107	119	129	138	146	157
	60	111	122	132	141	149	160
	50	118	129	139	147	155	165
	40	126	136	145	153	161	170
	30	133	143	152	159	166	176
20	141	150	158	165	172	181	
Conduttori di alluminio	130	24	41	52	61	68	78
	120	34	48	58	66	73	81
	110	42	54	63	70	77	85
	100	49	59	67	75	81	89
	90	55	64	72	79	85	92
	85	58	67	74	81	86	94
	80	61	69	77	83	88	96
	75	64	72	79	85	90	98
	70	66	74	81	87	92	99
	65	69	76	83	89	94	101
	60	72	79	85	91	96	103
	50	77	83	90	95	100	105
	40	81	88	94	99	104	110
	30	86	92	98	103	107	114
20	91	97	102	107	111	117	

Così come indicato nella Norma CEI 11-17, la temperatura iniziale del conduttore si assume uguale a quella massima ammissibile in regime permanente (massima temperatura di servizio) e la temperatura finale di cortocircuito si assume uguale a quella massima di cortocircuito per i diversi isolanti.

Per le linee AT verranno impiegati cavi in Alluminio ARE4H5E 20,8/36 kV con isolante in polietilene reticolato XLPE, aventi massima temperatura di servizio pari a 90 °C e massima temperatura di cortocircuito pari a 250 °C. Pertanto, con tali valori di temperatura si ricava il valore della costante termica *K* che è pari a 92. Risolvendo la relazione precedente per *S*:

$$S_{AT} = (I_{cc} * \sqrt{t}) / K = [20 * \sqrt{(1)}] / 143 = 217,4 \text{ mm}^2$$

La sezione minima scelta è pari a 240 mm<sup>2</sup>.

#### 4. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN FUNZIONE DELLE CONDIZIONI DI POSA

La Norma IEC 60502-2 - "Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1kV (Um = 1,2 kV) up to 30 kV (Um = 36 kV)", fornisce i fattori di correzione delle portate in corrente dei cavi unificati MT in funzione delle condizioni di posa in terra ed in aria. Nel caso in esame, i coefficienti di correzione utilizzati per i cavi in MT saranno utilizzati per i cavi in AT.

Per cavi interrati di queste categorie di tensioni viene fornita la portata in corrente di riferimento I<sub>0</sub> nelle seguenti condizioni:

- Ta temperatura ambiente 20 °C;
- Profondità di posa 0,8 m;
- Rt resistività termica media radiale del terreno 1 °C\*m/W;
- Connessione schermi metallici in cortocircuito e a terra ad entrambe le estremità (solid bonding).

Per condizioni diverse viene fornita poi la seguente formula correttiva:

$$I_z = I_0 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4$$

Dove:

- I<sub>z</sub> portata in corrente nelle condizioni in esame;
- I<sub>0</sub> portata in corrente nelle condizioni di riferimento;
- K<sub>1</sub> fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20°C;
- K<sub>2</sub> fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano;
- K<sub>3</sub> fattore di correzione per profondità di interrimento diverse da 0,8 m;
- K<sub>4</sub> fattore di correzione per resistività termica del terreno diversa da 1 °C\*m/W.

Si riportano di seguito le tabelle per la scelta dei valori dei fattori di correzione da utilizzare in funzione della condizione di posa.

**Table B.11 – Correction factors for ambient ground temperatures other than 20 °C**

Maximum conductor temperature °C	Ambient ground temperature °C							
	10	15	25	30	35	40	45	50
90	1,07	1,04	0,96	0,93	0,89	0,85	0,80	0,76



PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO  
 AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MWp E RELATIVE  
 OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA  
 COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL  
 COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")



**RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE  
 AT**

21/04/2023

REV: 2

Pag.7

**Table B.21 – Correction factors for groups of three-phase circuits  
 of single-core cables in single-way ducts**

Number of cables in group	Spacing between duct group centres mm				
	Touching	200	400	600	800
2	0,78	0,85	0,89	0,91	0,93
3	0,66	0,75	0,81	0,85	0,88
4	0,59	0,70	0,77	0,82	0,86
5	0,55	0,66	0,74	0,80	0,84
6	0,51	0,64	0,72	0,78	0,83
7	0,48	0,61	0,71	0,77	0,82
8	0,46	0,60	0,70	0,76	–
9	0,44	0,58	0,69	0,76	–
10	0,43	0,57	0,68	–	–
11	0,42	0,56	0,67	–	–
12	0,40	0,55	0,67	–	–

**Table B.12 – Correction factors for depths of laying  
 other than 0,8 m for direct buried cables**

Depth of laying m	Single-core cables		Three-core cables
	Nominal conductor size mm <sup>2</sup>		
	≤185 mm <sup>2</sup>	>185 mm <sup>2</sup>	
0,5	1,04	1,06	1,04
0,6	1,02	1,04	1,03
1	0,98	0,97	0,98
1,25	0,96	0,95	0,96
1,5	0,95	0,93	0,95
1,75	0,94	0,91	0,94
2	0,93	0,90	0,93
2,5	0,91	0,88	0,91
3	0,90	0,86	0,90



**Table B.14 – Correction factors for soil thermal resistivities  
 other than 1,5 K·m/W for direct buried single-core cables**

Nominal area of conductor mm <sup>2</sup>	Values of soil thermal resistivity K·m/W						
	0,7	0,8	0,9	1	2	2,5	3
16	1,29	1,24	1,19	1,15	0,89	0,82	0,75
25	1,30	1,25	1,20	1,16	0,89	0,81	0,75
35	1,30	1,25	1,21	1,16	0,89	0,81	0,75
50	1,32	1,26	1,21	1,16	0,89	0,81	0,74
70	1,33	1,27	1,22	1,17	0,89	0,81	0,74
95	1,34	1,28	1,22	1,18	0,89	0,80	0,74
120	1,34	1,28	1,22	1,18	0,88	0,80	0,74
150	1,35	1,28	1,23	1,18	0,88	0,80	0,74
185	1,35	1,29	1,23	1,18	0,88	0,80	0,74
240	1,36	1,29	1,23	1,18	0,88	0,80	0,73
300	1,36	1,30	1,24	1,19	0,88	0,80	0,73
400	1,37	1,30	1,24	1,19	0,88	0,79	0,73

## 5. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN FUNZIONE DELLA CADUTA DI TENSIONE (C.d.T)

Il fenomeno di abbassamento di tensione tra due punti, uno a monte e l'altro a valle, in una rete elettrica di distribuzione, viene denominato "Caduta di Tensione" (C.d.T). In tutti gli impianti elettrici occorre valutare che la differenza tra la tensione del punto d'origine dell'alimentazione e la tensione all'utilizzatore d'energia sia adeguatamente contenuta, nei limiti normativi e nei limiti di funzionamento delle apparecchiature utilizzatrici.

Un'eccessiva differenza tra i due valori nuoce al funzionamento ed al rendimento degli impianti, inoltre elevate differenze di tensione tra monte e valle è sinonimo di perdite sulla linea elettrica, con conseguente cattivo dimensionamento e non ottimizzazione dell'impianto di trasmissione dell'energia. Il valore della C.d.T. percentuale limite sarà posto a circa il 3% della tensione nominale di funzionamento del cavo in esame.

La caduta di tensione sarà contenuta mediante un corretto calcolo dimensionale delle linee. Il valore della C.d.T. può essere determinato mediante la formula:

$$\Delta V = I * L * \sqrt{3} (R(T_e) * \cos\varphi + X * \sin\varphi)$$

	PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MW <sub>P</sub> E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")  <b>RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE AT</b>	 Ingegneria & Innovazione		
		21/04/2023	REV: 2	Pag.9

Dove:

- $\Delta V$  è la caduta di tensione in V;
- I è la corrente nominale della linea in A;
- R è la resistenza della linea (rif. 90 °C – 50 Hz) in  $\Omega$ /km;
- X è la reattanza della linea (rif. 90 °C – 50 Hz) in  $\Omega$ /km;
- L è la lunghezza della linea in km.

La C.d.T. percentuale sarà quindi:

$$\Delta V\% = 100 * \Delta V / V_n$$

Dove:

- $V_n$  è la tensione ad inizio linea in V.

La perdita di potenza è calcolata tramite la relazione:

$$P_{\text{loss}} = 3 * R * L * I_n^2$$

La perdita di potenza percentuale è calcolata tramite la relazione:

$$P_{\text{loss}\%} = P_{\text{loss}} / (\sqrt{3} * I_n * V * \cos\phi) * 100$$

## 5. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA DI ESERCIZIO

La temperatura di esercizio del conduttore viene calcolata mediante la seguente equazione:

$$T_e = T_a + [(T_{e,\text{max}} - T_a) * (I_n / (N * I_z))^2]$$

Dove:

- $T_e$  temperatura di regime (o di funzionamento) in °C;
- $T_a$  temperatura ambiente del terreno, 20 °C;
- $T_{e,\text{max}}$  temperatura massima di esercizio, 90 °C;
- $I_n$  è la corrente nominale di linea in A;
- $I_z$  è la portata nominale di linea (corretta dai coefficienti) in A;
- N è il numero di conduttori per fase, 1.

Il dimensionamento in funzione della temperatura di esercizio è stato effettuato, in maniera cautelativa, tale che questa non superi gli 80°C.



PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MW<sub>p</sub> E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")



**RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE AT**

21/04/2023

REV: 2

Pag.10

**6. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI AT IN FUNZIONE DELLA CONDIZIONE DI POSA E DELLA CADUTA DI TENSIONE**

Di seguito vengono riportate le specifiche tecniche del cavo considerato per la rete in AT.

		<b>ARE4H5E</b> <b>20,8/36kV</b> <b>1x... SR/0,2</b>												
<p><b>MEDIUM VOLTAGE POWER CABLES</b>  <b>SINGLE CORE CABLES WITH ALUMINIUM CONDUCTOR, REDUCED THICKNESS XLPE INSULATION, ALLUMINIUM TAPE SCREEN AND PE OUTER SHEATH, LONGITUDINAL AND RADIAL WATERTIGHTNESS</b></p>														
<p><b>APPLICATIONS</b>          In MV energy distribution networks for voltage systems up to <b>42kV</b>. Suitable for fixed installation indoor or outdoor laying in air or directly or indirectly buried, also in wet location.</p>														
<p><b>FUNCTIONAL CHARACTERISTICS</b></p> <table border="0"> <tr> <td>Rated voltage <math>U_0/U</math>:</td> <td style="text-align: right;"><b>20,8/36 kV</b></td> </tr> <tr> <td>Maximum voltage <math>U_m</math>:</td> <td style="text-align: right;"><b>42 kV</b></td> </tr> <tr> <td>Test voltage:</td> <td style="text-align: right;"><b>3,5 <math>U_0</math></b></td> </tr> <tr> <td>Max operating temperature of conductor:</td> <td style="text-align: right;"><b>90 °C</b></td> </tr> <tr> <td>Max short-circuit temperature:</td> <td style="text-align: right;"><b>250 °C (max duration 5 s)</b></td> </tr> <tr> <td>Max short-circuit temperature (screen):</td> <td style="text-align: right;"><b>150 °C</b></td> </tr> </table>			Rated voltage $U_0/U$ :	<b>20,8/36 kV</b>	Maximum voltage $U_m$ :	<b>42 kV</b>	Test voltage:	<b>3,5 <math>U_0</math></b>	Max operating temperature of conductor:	<b>90 °C</b>	Max short-circuit temperature:	<b>250 °C (max duration 5 s)</b>	Max short-circuit temperature (screen):	<b>150 °C</b>
Rated voltage $U_0/U$ :	<b>20,8/36 kV</b>													
Maximum voltage $U_m$ :	<b>42 kV</b>													
Test voltage:	<b>3,5 <math>U_0</math></b>													
Max operating temperature of conductor:	<b>90 °C</b>													
Max short-circuit temperature:	<b>250 °C (max duration 5 s)</b>													
Max short-circuit temperature (screen):	<b>150 °C</b>													
<p><b>CONSTRUCTION</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Conductor</b> <i>stranded, compacted, round aluminium - class 2 acc. to IEC 60228</i></li> <li><b>2. Conductor screen</b> <i>extruded semiconducting compound</i></li> <li><b>3. Insulation</b> <i>extruded XLPE compound</i></li> <li><b>4. Insulation screen</b> <i>extruded semiconducting compound - fully bonded</i></li> <li><b>5. Longitudinal watertightness</b> <i>semiconducting water blocking tape</i></li> <li><b>6. Metallic screen and radial water barrier</b> <i>aluminium tape longitudinally applied (nominal thickness = 0,20 mm)</i></li> <li><b>7. Outer sheath</b> <i>extruded PE compound - colour: red</i></li> </ol>														
<p><b>INSTALLATION DATA</b></p> <table border="0"> <tr> <td><b>Max pulling force during laying</b> 50 N/mm<sup>2</sup> (applied on the conductors)</td> <td><b>STANDARDS</b> IEC 60840 where applicable (testing) Nexans Design</td> </tr> <tr> <td><b>Min bending radius during laying</b> 14 <math>D_{cable}</math> (dynamic condition)</td> <td>HD 620 where applicable (materials)</td> </tr> <tr> <td><b>Min temperature during laying</b> - 25 °C (cable temperature)</td> <td></td> </tr> </table>		<b>Max pulling force during laying</b> 50 N/mm <sup>2</sup> (applied on the conductors)	<b>STANDARDS</b> IEC 60840 where applicable (testing) Nexans Design	<b>Min bending radius during laying</b> 14 $D_{cable}$ (dynamic condition)	HD 620 where applicable (materials)	<b>Min temperature during laying</b> - 25 °C (cable temperature)								
<b>Max pulling force during laying</b> 50 N/mm <sup>2</sup> (applied on the conductors)	<b>STANDARDS</b> IEC 60840 where applicable (testing) Nexans Design													
<b>Min bending radius during laying</b> 14 $D_{cable}$ (dynamic condition)	HD 620 where applicable (materials)													
<b>Min temperature during laying</b> - 25 °C (cable temperature)														
<p><b>MARKING</b> by ink-jet of the following legend:          "MANUFACTURER &lt;Year&gt; <b>ARE4H5E 20,8/36kV 1x&lt;S&gt;</b> &lt;meter marking&gt;"          &lt;Year&gt; = year of manufacturing          &lt;S&gt; = section of the conductor</p>														
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Longitudinal waterproof</td> <td style="text-align: center;">Radial waterproof</td> <td style="text-align: center;">Max operating temp. of conductor: <b>90 °C</b></td> <td style="text-align: center;">Max short-circuit temperature : <b>250 °C</b></td> <td style="text-align: center;">Max short-circuit temperature screen: <b>150 °C</b></td> <td style="text-align: center;">Minimum installation temperature: <b>-25 °C</b></td> </tr> </table>									Longitudinal waterproof	Radial waterproof	Max operating temp. of conductor: <b>90 °C</b>	Max short-circuit temperature : <b>250 °C</b>	Max short-circuit temperature screen: <b>150 °C</b>	Minimum installation temperature: <b>-25 °C</b>
Longitudinal waterproof	Radial waterproof	Max operating temp. of conductor: <b>90 °C</b>	Max short-circuit temperature : <b>250 °C</b>	Max short-circuit temperature screen: <b>150 °C</b>	Minimum installation temperature: <b>-25 °C</b>									



PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")



**RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE AT**

21/04/2023

REV: 2

Pag.11

ARE4HSE 20,8/36kV 1x...														
Type	Conductor diameter nominal	Insulation		Sheath thickness nominal	Cable		Electrical resistance			C	Current capacity		Short circuit current	
		thickness min	diameter nominal		diameter approx	weight indicative	at 20 °C - d.c. max	at 90 °C - a.c.	X at 50 Hz		in ground at 20 °C	in free air at 30 °C	conductor Tmax 250°C	screen Tmax 150°C
n° x mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm	mm	kg/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	μF/km	A	A	kA x 1,0 s	kA x 0,5 s
1x185	16,0	7,4	32,6	2,2	40,7	1.450	0,1640	0,211	0,115	0,221	321	429	17,5	2,3
1x240	18,5	7,1	34,5	2,3	42,8	1.660	0,1250	0,161	0,109	0,252	372	508	22,7	2,3
1x300	20,7	6,8	36,1	2,3	44,5	1.850	0,1000	0,129	0,104	0,283	419	583	28,3	2,4
1x400	23,5	6,9	39,1	2,4	47,9	2.190	0,0778	0,101	0,101	0,308	479	680	37,8	2,6
1x500	26,5	7,0	42,6	2,5	51,7	2.630	0,0605	0,079	0,098	0,337	547	792	47,2	2,9
1x630	30,0	7,1	46,3	2,6	56,0	3.190	0,0469	0,063	0,095	0,367	622	920	59,5	3,0

Le condizioni di posa dei cavi AT impiegati nel progetto in oggetto differiscono dalle condizioni di riferimento poiché:

- La profondità di interramento è pari a 1,6 m:  $K_3 = 0,92$ ;
- La resistività termica del terreno è pari a 1,5  $K \cdot m/W$ :  $K_4 = 1$ ;
- È stato considerato il caso peggiore di raggruppamento dei circuiti presenti nello stesso strato (in questo progetto) 2 circuiti nello stesso strato a distanza di 0,5 m fra le terne:  $K_2 = 0,90$ ;
- Resta invariata la temperatura del terreno pari a 20 °C:  $K_1 = 1$

Pertanto, la formula diventa:

$$I_z = I_0 * 1 * 0,9 * 0,92 * 1 = I_0 * 0,83$$

Si riporta di seguito la tabella delle portate in corrente dei cavi scelti alle condizioni di riferimento e alle condizioni operative impiegate nel progetto.

Valori di  $I_0$  alle condizioni di riferimento:

ARE4HSE 20,8/36 kV - Al unipolare Sezione nominale [mm <sup>2</sup> ]	Portata [A] (Trifoglio)	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]	Reattanza di fase [Ohm/km]	Impedenza a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]
240	372	0,161	0,1117	0,20
300	419	0,129	0,1086	0,17
400	479	0,101	0,1031	0,14
500	547	0,079	0,0996	0,13
630	622	0,063	0,10	0,12

Valori di  $I_z$  alle condizioni operative, (applicando i coefficienti correttivi):



PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO  
AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MW<sub>p</sub> E RELATIVE  
OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA  
COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL  
COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")



**RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE  
AT**

21/04/2023

REV: 2

Pag.12

ARE4H5E 20,8/36 kV - Al unipolare Sezione nominale [mm <sup>2</sup> ]	Portata [A]	Resistenza [Ohm/km]	Reattanza [Ohm/km]	Impedenza a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]
240	308,0	0,1612	0,1117	0,20
300	346,9	0,1295	0,1086	0,17
400	396,6	0,1015	0,1031	0,14
500	452,9	0,0799	0,0996	0,13
630	515,0	0,0632	0,10	0,12

Data la potenza dei sottocampi, la massima corrente circolante nelle linee di sottocampo, che costituiscono la rete ad anello, è pari a 468,37 A. Questa portata in corrente è sostenuta con una sezione del cavo pari a 630 mm<sup>2</sup>, la quale risulta essere conforme anche al criterio del dimensionamento in funzione della temperatura di esercizio e della C.d.T.

Nelle tabelle seguenti vengono rappresentati i calcoli effettuati.

Condizioni di esercizio AT	
cosφ=	0,900
senφ=	0,436
V <sub>n</sub> [V] =	36000



PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO  
 AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MWP E RELATIVE  
 OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA  
 COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL  
 COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")



**RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE  
 AT**

21/04/2023

REV: 2

Pag.13

RETE AD ANELLO - COLLEGAMENTO CC - PB1 - PB2 - PB3 - PB4 - PB5 - PB6 - CC (LINEA P-Q, CON VP=VQ)														
Leq. [m]	P	6649,06												Q
Cabine	CC	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	PB6							CC
Potenza [kW]		4200	4200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	7200	
L. [m]	126,57	198,66	1316,12	738,57	74,49	886,87	3307,78							
In. [A]		74,84	74,84	128,30	128,30	128,30	128,30	128,30	128,30	128,30	128,30	128,30		
In_P [A]		73,42	71,18	96,63	82,38	80,94	63,83							
In_Q [A]		1,42	3,66	31,67	45,92	47,36	64,47							
I_P [A]		468,37												
I_Q [A]		194,51												
ΔP [A]		393,53	318,69	190,4	62,09	-66,21								
ΔQ [A]						-62,09				66,21				

LINEA (P-A) EQUIVALENTE CON CARICHI CONCENTRATI LUNGO IL PERCORSO										
Leq. [m]	P	2454,41								A
Cabine	CC	PB1	PB2	PB3	CS4	PB5				
L. [m]	126,57	198,66	1316,12	738,57	74,49					
In. [A]		74,84	393,53	318,69	190,39	62,09				
I_Peq [A]		468,37								

LINEA (A-Q) EQUIVALENTE CON CARICHI CONCENTRATI LUNGO IL PERCORSO				
Leq. [m]	A	4194,65		
Cabine	PB5	PB6	CC	
L. [m]		886,87	3307,78	
In. [A]	66,21	128,30		
I_Qeq [A]		194,51		

RETE AD ANELLO - COLLEGAMENTO CC - PB1 - PB2 - PB3 - PB4 - PB5 - PB6 - CC												
Linea	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mm <sup>2</sup> ]	Te [°C]	Re (T) [Ohm/km]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa	
P-A	CC>>CS5	468,37	2454,41	630	77,89	0,07	216,0	0,600	102,1	0,000	ST - Trifoglio	
A-Q	CS5>>CC	194,51	4194,65	630	29,99	0,07	142,2	0,395	30,1	0,000	ST - Trifoglio	

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.  
 È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.  
 La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.

Comm.: C21-025-S05



	PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CERIGNOLA (Loc. "TAVOLETTA")		 Ingegneria & Innovazione	
	<b>RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE AT</b>		21/04/2023	REV: 2

Per quanto riguarda la rete radiale per il collegamento della CC alla SE, la corrente massima circolante nelle linee è pari a 331,44 A, considerando due terne. Questa portata di corrente sarebbe sostenuta con una sezione dei cavi a 300 mm<sup>2</sup>; tuttavia, non risulterebbe soddisfatto il dimensionamento in funzione della temperatura di esercizio ( $T_e \leq 80$  °C). Per soddisfare tale requisito, è stato scelto una sezione dei cavi pari a 400 mm<sup>2</sup>, per i quali risultano soddisfatti i criteri di dimensionamento dei cavi.

Nella tabella seguente vengono rappresentati i calcoli effettuati.

RETE RADIALE - COLLEGAMENTO CC - SE											
Pn [kVA]	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mm <sup>2</sup> ]	Te [°C]	Re (T) [Ohm/km]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
18600,00	CC>>SE	331,44	12500	400	68,89	0,12	1070,9	2,975	418,1	0,002	ST - Trifoglio
18600,00	CC>>SE	331,44	12500	400	68,89	0,12	1070,9	2,975	418,1	0,002	ST - Trifoglio

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl. È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.	Comm.: C21-025-S05
	  