

# REGIONE LAZIO

Provincia di Viterbo (VT)

## COMUNE DI CELLERE



1	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	16/12/22	BAIARDO G.	SIGNORELLO A.	NASTASI A.
0	EMISSIONE PER COMMENTI	01/12/22	BAIARDO G.	SIGNORELLO A.	NASTASI A.
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.

Committente:

**IBERDROLA RENOVBLES ITALIA S.p.A.**

Sede legale in Piazzale dell'Industria, 40, 00144, Roma  
Partita I.V.A. 06977481008 – PEC: iberdrolarenovablesitalia@pec.it



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:

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO "CELLERE 2"**

Progettista/Resp. Tecnico

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

Elaborato:

RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE MT

Scala:

NA

Nome DIS/FILE:

C22001S05-PD-RT-20-01

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 style="text-align: center;">IMPIANTO FOTOVOLTAICO CELLERE 2</p> <p style="text-align: center;"><b>RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE MT</b></p>	 <i>Ingegneria &amp; Innovazione</i>		
		16/12/2022	REV: 1	Pag.2

## INDICE

1. PREMESSA .....	3
2. SCOPO .....	3
3. DETERMINAZIONE DELLA SEZIONE MINIMA IN FUNZIONE DELLA CORRENTE DI CORTOCIRCUITO.....	3
4. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN FUNZIONE DELLE CONDIZIONI DI POSA.....	6
5. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN FUNZIONE DELLA CADUTA DI TENSIONE (C.d.T) .....	9
6. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI MT IN FUNZIONE DELLA CONDIZIONE DI POSA E DELLA CADUTA DI TENSIONE.....	10
7. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI MT IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA DI FUNZIONAMENTO .....	16

	<p style="text-align: center;">IMPIANTO FOTOVOLTAICO CELLERE 2</p> <p style="text-align: center;"><b>RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE MT</b></p>	 <p style="text-align: center;">Ingegneria &amp; Innovazione</p>		
		16/12/2022	REV: 1	Pag.3

## 1. PREMESSA

Su incarico di Iberdrola Renovables Italia 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 Cellere 2”, da realizzarsi nei territori del Comune di Cellere (VT) – Regione Lazio.

Il progetto prevede l’installazione di un impianto fotovoltaico, con una potenza nominale pari a 26.457,6 kWp (@STC) utilizzando moduli bifacciali in silicio monocristallino, installato a terra tramite strutture fisse in acciaio zincato a caldo.

La STMG elaborata da Terna prevede che la centrale venga collegata in antenna a 150 kV con una nuova stazione elettrica (SE) a 150 kV della RTN da inserire in entra – esce alla linea RTN a 150 kV “Latera - S. Savino”, previa realizzazione di: – un ampliamento della stazione RTN a 150 kV di Arlena; – un nuovo elettrodotto RTN in cavo a 150 kV di collegamento dalla nuova SE RTN, con l’ampliamento della SE RTN di Arlena; – raccordi RTN a 150 kV, di cui al Piano di Sviluppo Terna, di collegamento della linea RTN a 150 kV “Arlena SE – Canino” con la stazione elettrica di trasformazione RTN 380/150 kV di Toscana.

L’incarico della progettazione è stato affidato alla Società Antex Group S.r.l. per i suoi professionisti selezionati e qualificati che pongono a fondamento delle attività, quale elemento essenziale della propria esistenza come unità economica organizzata ed a garanzia di un futuro sviluppo, i principi della qualità, 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 Media Tensione (MT), per il collegamento delle Cabine di Sottocampo (CS) alla Cabina di Centrale (CC) e dalla CC alla SSEU, ed il cavo di Alta Tensione (AT) dalla SSEU alla Stazione Elettrica (SE) della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) da utilizzare nell'**Impianto Fotovoltaico Cellere 2** sito nei territori del Comune di Cellere, in provincia di Viterbo (VT).

## 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 di impianti con tensione maggiore a 110

	<p style="text-align: center;">IMPIANTO FOTOVOLTAICO CELLERE 2</p> <p style="text-align: center;"><b>RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE MT</b></p>			
		16/12/2022	REV: 1	Pag.4

kV alla RTN. Sulla base di questo è possibile effettuare il calcolo della sezione minima dei cavi in MT e AT, come riportato di seguito.

### 5.1. 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, ( $K_{MT} = 92$ ).

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

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 MT verranno impiegati cavi in Alluminio ARE4H5E 18/30 kV con isolante in miscela di polietilene reticolato, 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  $S$ :

$$S_{MT} = (I_{cc} * \sqrt{t}) / K = [20 * \sqrt{(1)}] / 92 = 217,4 \text{ mm}^2$$

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

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

Per il dimensionamento dei cavi di Media Tensione (MT) si fa riferimento la CEI UNEL 35027 e la IEC 60502-2. Queste forniscono informazioni riguardanti la portata in corrente dei cavi calcolati nella modalità di posa di riferimento ed i coefficienti di correzione delle portate dei cavi unificati MT in funzione delle condizioni di posa diverse da quelle di riferimento.

Per cavi interrati di queste categorie di tensioni viene fornita la portata in corrente di riferimento  $I_0$  nelle seguenti condizioni:

- $T_a$  temperatura ambiente 20 °C;
- Profondità di posa 0,8 m;
- $R_t$  resistività termica media radiale del terreno 1,5 K\*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:

- $I_z$  portata in corrente nelle condizioni in esame;
- $I_0$  portata in corrente nelle condizioni di riferimento;
- $K_1$  fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20°C;
- $K_2$  fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano;
- $K_3$  fattore di correzione per profondità di interramento diverse da 0,8 m;
- $K_4$  fattore di correzione per resistività termica del terreno diversa da 1,5 K\*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

**Table B.13 – Correction factors for depths of laying other than 0,8 m for cables in ducts**

Depth of laying m	Single-core cables		Three-core cable
	Nominal conductor size mm <sup>2</sup>		
	≤185 mm <sup>2</sup>	>185 mm <sup>2</sup>	
0,5	1,04	1,05	1,03
0,6	1,02	1,03	1,02
1	0,98	0,97	0,99
1,25	0,96	0,95	0,97
1,5	0,95	0,93	0,96
1,75	0,94	0,92	0,95
2	0,93	0,91	0,94
2,5	0,91	0,89	0,93
3	0,90	0,88	0,92

**Table B.17 – Correction factors for soil thermal resistivities other than 1,5 K·m/W for three-core cables in ducts**

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	1,12	1,11	1,09	1,08	0,94	0,89	0,84
25	1,14	1,12	1,10	1,08	0,94	0,89	0,84
35	1,14	1,12	1,10	1,08	0,94	0,88	0,84
50	1,14	1,12	1,10	1,08	0,94	0,88	0,84
70	1,15	1,13	1,11	1,09	0,94	0,88	0,83
95	1,15	1,13	1,11	1,09	0,94	0,88	0,83
120	1,15	1,13	1,11	1,09	0,93	0,88	0,83
150	1,16	1,13	1,11	1,09	0,93	0,88	0,83
185	1,16	1,14	1,11	1,09	0,93	0,87	0,83
240	1,16	1,14	1,12	1,10	0,93	0,87	0,82
300	1,17	1,14	1,12	1,10	0,93	0,87	0,82
400	1,17	1,14	1,12	1,10	0,92	0,86	0,81

**Table B.20 – Correction factors for groups of three-core cables in single way ducts in horizontal formation**

Number of cables in group	Spacing between duct centres mm				
	Touching	200	400	600	800
2	0,85	0,88	0,92	0,94	0,95
3	0,75	0,80	0,85	0,88	0,91
4	0,69	0,75	0,82	0,86	0,89
5	0,65	0,72	0,79	0,84	0,87
6	0,62	0,69	0,77	0,83	0,87
7	0,59	0,67	0,76	0,82	0,86
8	0,57	0,65	0,75	0,81	–
9	0,55	0,64	0,74	0,80	–
10	0,54	0,63	0,73	–	–
11	0,52	0,62	0,73	–	–
12	0,51	0,61	0,72	–	–

## 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 2% 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:

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

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  $\Omega/\text{km}$ ;
- X è la reattanza della linea (rif. 90 °C – 50 Hz) in  $\Omega/\text{km}$ ;
- L è la lunghezza della linea in km.

La C.d.T. percentuale sarà quindi:

$$\Delta V\% = 100 * \frac{\Delta V}{V_n}$$

Dove:

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

La perdita di potenza è calcolata tramite la relazione:



IMPIANTO FOTOVOLTAICO CELLERE 2  
**RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE  
MT**



16/12/2022

REV: 1

Pag.10

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

La perdita di potenza percentuale è calcolata tramite la relazione:

$$P_{loss\%} = \frac{P_{loss}}{(\sqrt{3} * I_n * V * \cos\varphi)} * 100$$

## 6. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI MT IN FUNZIONE DELLA CONDIZIONE DI POSA E DELLA CADUTA DI TENSIONE

Si riportano di seguito le specifiche tecniche del cavo scelto per i collegamenti in MT.

MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / MEDIUM VOLTAGE - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION

## ARE4H5E COMPACT

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV  
 Single core 12/20 kV and 18/30 kV



**Norma di riferimento**  
 HD 620/IEC 60502-2

**Descrizione del cavo**

**Anima**

Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio

**Semiconduttivo interno**

Mescola estrusa

**Isolante**

Mescola di polietilene reticolato (qualità DIX 8)

**Semiconduttivo esterno**

Mescola estrusa

**Rivestimento protettivo**

Nastro semiconduttore igroespandente

**Schermatura**

Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale (Rmax 3Ω/Km)

**Guaina**

Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)

**Marcatura**

PRYSMIAN (\*\*)  
 ARE4H5E <tensione>  
 <sezione> <anno>

(\*\*) sigla sito produttivo

Marcatura in rilievo ogni metro  
 Marcatura metrica ad inchiostro

**Applicazioni**

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

**Accessori idonei**

**Terminali**

ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128), FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132), FMCTXs-630/C (pag. 136)

**Giunti**

ECOSPEED™ (pag. 140)

**Standard**

HD 620/IEC 60502-2

**Cable design**

**Core**

Compact stranded aluminium conductor

**Inner semi-conducting layer**

Extruded compound

**Insulation**

Cross-linked polyethylene compound (type DIX 8)

**Outer semi-conducting layer**

Extruded compound

**Protective layer**

Semiconductive watertight tape

**Screen**

Aluminium tape longitudinally applied (Rmax 3Ω/Km)

**Sheath**

Polyethylene: red colour (DMP 2 type)

**Marking**

PRYSMIAN (\*\*)  
 ARE4H5E <rated voltage>  
 <cross-section> <year>

(\*\*) production site label

Embossed marking each meter  
 Ink-jet meter marking

**Applications**

According to the HD 620 standard for insulation, and the IEC 60502-2 for the other characteristics.

**Suitable accessories**

**Terminations**

ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128), FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132), FMCTXs-630/C (pag. 136)

**Joints**

ECOSPEED™ (pag. 140)



**Condizioni di posa / Laying conditions**



MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / MEDIUM VOLTAGE - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION

## ARE4H5E COMPACT

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV  
 Single core 12/20 kV and 18/30 kV

### Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5E

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicata del cavo	raggio minimo di curvatura	sezione nominale	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio p=1°C m/W	posa interrata a trifoglio p=2°C m/W
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	approximate weight	minimum bending radius	conductor cross-section	open air installation	underground installation trifol p=1°C m/W	underground installation trifol p=2°C m/W
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(A)	(A)	(A)

#### Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

50	8,2	19,9	28	580	378
70	9,7	20,8	29	650	380
95	11,4	22,1	30	740	400
120	12,9	23,2	32	840	420
150	14,0	24,3	33	930	440
185	15,8	26,1	35	1090	470
240	18,2	28,5	37	1310	490
300	20,8	31,7	42	1560	550
400	23,8	34,9	45	1930	610
500	26,7	37,8	48	2320	650
630	30,5	42,4	53	2880	700

#### Caratt. elettriche / Electrical charact. - 12/20 kV

50	186	175	134
70	230	214	164
95	280	256	197
120	323	291	223
150	365	326	250
185	421	368	283
240	500	427	328
300	578	483	371
400	676	551	423
500	787	627	482
630	916	712	547

#### Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

50	8,2	25,5	34	830	450
70	9,7	25,6	34	870	450
95	11,4	26,5	35	950	470
120	12,9	27,4	36	1040	470
150	14,0	28,1	37	1130	490
185	15,8	29,5	38	1260	510
240	18,2	31,5	41	1480	550
300	20,8	34,7	44	1740	590
400	23,8	37,9	48	2130	650
500	26,7	41,0	51	2550	690
630	30,5	45,6	56	3130	760

#### Caratt. elettriche / Electrical charact. - 18/30 kV

50	190	175	134
70	235	213	164
95	285	255	196
120	328	291	223
150	370	324	249
185	425	368	283
240	503	426	327
300	581	480	369
400	680	549	422
500	789	624	479
630	918	709	545

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

- La profondità di interramento è pari a 1,1 m:  $K_3 = 0,97$
- La resistività termica del terreno è pari a 1,5 K\*m/W:  $K_4 = 1$
- È stato considerato il caso peggiore di raggruppamento dei circuiti presenti nello stesso strato (in questo progetto) 4 circuiti nello stesso strato:  $K_2 = 0,8$ ;
- Resta invariata la temperatura del terreno pari a 20 °C:  $K_1 = 1$

Pertanto, la formula diventa:

$$I_z = I_0 * 1 * 0,8 * 0,97 * 1 = I_0 * 0,768$$

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:

ARE4H5E 18/30kV 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]
70	213	0,5680	0,13	0,58
95	255	0,4110	0,12	0,43
120	291	0,3250	0,12	0,35
150	324	0,2650	0,11	0,29
185	368	0,2110	0,11	0,24
240	426	0,161	0,11	0,19
300	480	0,129	0,1	0,16
400	549	0,1	0,1	0,14
500	624	0,071	0,09	0,11
630	709	0,05	0,08	0,09

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

ARE4H5E 18/30kV 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]
70	163,58	0,5680	0,13	0,58
95	195,84	0,4110	0,12	0,43
120	223,49	0,3250	0,12	0,35
150	248,83	0,2650	0,11	0,29
185	282,62	0,2110	0,11	0,24
240	327,17	0,1610	0,11	0,19
300	368,64	0,1290	0,1	0,16
400	421,63	0,1000	0,1	0,14
500	479,23	0,0710	0,09	0,11
630	544,51	0,0500	0,08	0,09

Data la potenza dei sottocampi, la massima corrente circolante nelle linee di sottocampo è pari a 186,96 A, come è possibile vedere nelle seguenti tabelle; quindi, sarebbe sufficiente una sezione del cavo pari a 95 mm<sup>2</sup>. Tuttavia, bisogna tenere necessariamente in considerazione la sezione minima ottenuta in funzione della corrente di cortocircuito, ovvero 240 mm<sup>2</sup>, la quale sarà presa in considerazione per il calcolo della C.d.T. Per quanto riguarda le linee che vanno dalla CC alla SSEU sono attraversati da una corrente di circa 242,91 A; quindi, un cavo da 240

mm<sup>2</sup> risulterebbe comunque sufficiente. Tuttavia, data l'elevata lunghezza della tratta, per tali linee sarà utilizzato un cavo con sezione pari a 400 mm<sup>2</sup> per limitare le cadute di tensione.

Di seguito, si riporta il calcolo delle portate di corrente circolanti negli anelli MT.

**Condizioni di esercizio MT**

cosj= 0,900

senj= 0,436

Vn [V] = 30000

**ANELLO N°1 - RETE AD ANELLO (LINEA P-Q, CON VP=VQ)**

Leq_ [m]	P	3640					Q		
Cabine	CCE-L1		CS1		CS2		CS3		CCE-L1
Potenza [kW]			2560		5120		5440		
L_ [m]		1032		1303		832		473	
In_ [A]			54,74		109,48		116,33		
In_P [A]			39,22		39,25		15,12		
In_Q [A]			15,52		70,23		101,21		
I_P [A]	93,59								
I_Q [A]	186,96								
ΔP [A]			38,85		-70,64				
ΔQ [A]					-38,85		70,64		

**LINEA (P-A) EQUIVALENTE CON CARICHI  
 CONCENTRATI LUNGO IL PERCORSO**

Leq_ [m]	P	2335		A
Cabine	CCE-L1		CS1	CS2
L_ [m]		1032		1303
In_ [A]			54,74	38,85
I_Peq [A]	93,59			

**LINEA (A-Q) EQUIVALENTE CON CARICHI  
 CONCENTRATI LUNGO IL PERCORSO**

Leq_ [m]	A	1305		Q
Cabine	CS2		CS3	CCE-L1
L_ [m]		832		473
In_ [A]	70,64		116,33	
I_Qeq [A]	186,96			

**ANELLO N°2 - RETE AD ANELLO (LINEA P-Q, CON VP=VQ)**

Leq_ [m]	P	9848					Q		
Cabine	CCE-L2		C4		CS5		CS6		CCE-L2
Potenza [kW]			2880		5120		1600		
L_ [m]		1981		993		1973		4901	
In_ [A]			61,58		109,48		34,21		

In_P [A]		49,20		76,42		17,03		
In_Q [A]		12,39		33,06		17,19		
I_P [A]	142,64							
I_Q [A]	62,64							
ΔP [A]		81,06		-28,42				
ΔQ [A]				-81,06		28,42		

LINEA (P-A) EQUIVALENTE CON CARICHI CONCENTRATI LUNGO IL PERCORSO				
Leq_ [m]	P	2974		A
Cabine	CCE-L2		C4	CS5
L_ [m]		1981		993
In_ [A]			61,58	81,06
I_Peq [A]	142,64			

LINEA (A-Q) EQUIVALENTE CON CARICHI CONCENTRATI LUNGO IL PERCORSO				
Leq_ [m]	A	6874		Q
Cabine	CS5		CS6	CCE-L2
L_ [m]		1973		4901
In_ [A]	28,42		34,21	
I_Qeq [A]	62,64			

Una volta calcolata la portata di corrente circolante negli anelli delle linee MT interne all'impianto, è possibile effettuare il dimensionamento in funzione della caduta di tensione. Di seguito sono riportati i calcoli effettuati.

RETE AD ANELLO N°1 (LINEA P-Q, CON VP=VQ)									
Linea	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
P-A	CC-L1>>CS2	94	2335	240	73,0	0,243	9,9	0,000	ST - Trifoglio
A-Q	CS2>>CC-L1	187	1305	240	81,5	0,272	22,0	0,000	ST - Trifoglio
RETE AD ANELLO N°1 (LINEA P-Q, CON VP=VQ)									
Linea	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
P-A	CC-L2>>CS5	143	2974	240	141,7	0,472	29,2	0,000	ST - Trifoglio
A-Q	CS5>>CC-L2	63	6874	240	143,8	0,479	13,0	0,000	ST - Trifoglio
RETE MT - CC-SSEU									
Linea	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	CC>>SSEU	243	14234	240	1154,9	3,850	405,7	0,004	ST - Trifoglio
2	CC>>SSEU	243	14234	240	1154,9	3,850	405,7	0,004	ST - Trifoglio

Poiché i valori della C.d.T. e della potenza persa sono ritenuti ammissibili, non vengono effettuate modifiche nel dimensionamento delle linee MT interne all'impianto. Per quanto riguarda la linea MT di sezione pari a 240 mm<sup>2</sup> per il collegamento della CC alla SSEU, come precedentemente detto, le C.d.T. risultano elevate. Pertanto, di seguito si riportano i calcoli effettuati con la sezione di 400 mm<sup>2</sup>, dove le C.d.T. sono ritenute ammissibili.

RETE MT - CC-SSEU									
Linea	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	CC>>SSEU	243	14234	400	800,0	2,667	252,0	0,002	ST - Trifoglio
2	CC>>SSEU	243	14234	400	800,0	2,667	252,0	0,002	ST - Trifoglio

## 7. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI MT IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA DI FUNZIONAMENTO

Per il dimensionamento alla temperatura di funzionamento si è utilizzata la seguente relazione:

$$T_r = T_a + [(T_e - T_a) * (I_n / (N * I_z))^2]$$

Dove:

- $T_r$  temperatura di regime (o di funzionamento) in °C;
- $T_a$  temperatura ambiente del terreno, 20 °C;
- $T_e$  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.

Si riporta di seguito esempio del valore di temperature di regime ottenuta per le linee di sottocampo dell'impianto:

RETE AD ANELLO N°1 (LINEA P-Q, CON VP=VQ)					
LINEA	TRATTA	In [A]	Sez. cavo [mmq]	Tr [°C]	Posa
P-A	CC-L1>>CS2	93,6	240	25,7	ST - Trifoglio
A-Q	CS2>>CC-L1	187,0	240	42,9	ST - Trifoglio
RETE AD ANELLO N°1 (LINEA P-Q, CON VP=VQ)					
LINEA	TRATTA	In [A]	Sez. cavo [mmq]	Tr [°C]	Posa
P-A	CC-L2>>CS5	142,6	240	33,3	ST - Trifoglio



IMPIANTO FOTOVOLTAICO CELLERE 2  
**RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE  
MT**



16/12/2022

REV: 1

Pag.17

A-Q	CS5>>CC-L2	62,6	240	22,6	ST - Trifoglio
<b>RETE MT - CC-SSEU</b>					
LINEA	TRATTA	In [A]	Sez. cavo [mmq]	Tr [°C]	Posa
1	CC>>SSEU	242,9	400	43,2	ST - Trifoglio
2	CC>>SSEU	242,9	400	43,2	ST - Trifoglio

La temperatura di regime dei cavi è inferiore alla massima temperatura di esercizio, quindi non sono riportate modifiche.