

# REGIONE SICILIA

Città Metropolitana di Palermo

COMUNE DI MONREALE



01	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	17/02/23	BAIARDO G.	SIGNORELLO A.	NASTASI A.
00	EMISSIONE PER COMMENTI	31/01/23	BAIARDO G.	SIGNORELLO A.	NASTASI A.
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.

Committente:

## SICILY MON P1 DEV SRL

Sede legale in Piazza Walther Von Vogelweide 22, CAP 39100 Bolzano (BZ)  
Partita I.V.A. 03149330213 - PEC: sicily.mon.p1.dev@legalmail.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 AGRIVOLTAICO SICILY MON P1**

Progettista/Resp. Tecnico:

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

Tavola:

RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE MT E AT

Scala:

-:-

Nome DIS/FILE:

C22042S05-PD-RT-24-01

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.



SICILY MON P1 DEV S.R.L.	IMPIANTO AGRIVOLTAICO SICILY MON P1 <b>RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE          MT E AT</b>	 Ingegneria & Innovazione	
		17/02/2023	REV: 01

## INDICE

1. PREMESSA .....	3
2. SCOPO .....	3
3. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN FUNZIONE DELLE CONDIZIONI DI POSA.....	4
4. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI IN FUNZIONE DELLA CADUTA DI TENSIONE (C.d.T) .....	6
5. DETERMINAZIONE DELLA SEZIONE MINIMA IN FUNZIONE DELLA CORRENTE DI CORTOCIRCUITO.....	7
6. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI MT IN FUNZIONE DELLA CONDIZIONE DI POSA E DELLA CADUTA DI TENSIONE.....	9
6.1. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI MT IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA DI FUNZIONAMENTO .....	14
7. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI AT IN FUNZIONE DELLA CONDIZIONE DI POSA E DELLA CADUTA DI TENSIONE.....	14
7.1. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI AT IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA DI FUNZIONAMENTO .....	17

SICILY MON P1 DEV S.R.L.	IMPIANTO AGRIVOLTAICO SICILY MON P1 <b>RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE          MT E AT</b>		
		17/02/2023	REV: 01

## 1. PREMESSA

Per conto della società proponente, Sicily MON P1 DEV S.r.l., la società Antex Group S.r.l. ha redatto il progetto definitivo relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare, denominato **Impianto Agrivoltaico "Sicily MON P1"** da realizzarsi nel territorio del Comune di Monreale, appartenente alla Città Metropolitana di Palermo. Il progetto prevede l'installazione di n. 123.292 moduli fotovoltaici da 500 Wp ciascuno, su strutture ad inseguimento. Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete elettrica nazionale tramite la posa di un cavidotto interrato su strade esistenti e la realizzazione di una nuova cabina utente per la consegna collegata in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) in doppia sbarra a 220/36 kV della RTN, da collegare in entra – esce sulla linea a 220 kV della RTN "Partinico – Ciminna".

Le attività di progettazione definitiva e di studio di impatto ambientale 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 e pone 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.

Antex Group in un'ottica di sviluppo sostenibile proprio e per i propri clienti, è in possesso di un proprio Sistema di Gestione Qualità certificato ISO 9001:2015 per attività di "Servizi tecnico-professionali di ingegneria multidisciplinare".

## 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 al trasformatore 36/30 kV, ed in Alta Tensione (AT), per il collegamento dalla CC alla Cabina Utente per la Consegna (CUC) ed, infine, per la connessione alla nuova Stazione Elettrica (SE) della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) da utilizzare nell'**Impianto Agrivoltaico "Sicily MON P1"**

SICILY MON P1 DEV S.R.L.	IMPIANTO AGRIVOLTAICO SICILY MON P1 <b>RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE          MT E AT</b>	 Ingegneria & Innovazione	
		17/02/2023	REV: 01

che Sicily MON P1 DEV S.r.l. intende realizzare nei terreni del Comune di Monreale (PA) - Sicilia, al fine di connetterlo alla Rete elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN).

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

La Norma CEI UNEL 35027 - “Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV - Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata”, fornisce un coefficiente 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, il coefficiente di correzione ottenuto per i cavi in MT sarà utilizzato anche per i cavi in AT.

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 °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:

- $I_z$  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 °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

**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.16 – Correction factors for soil thermal resistivities other than 1,5 K·m/W for direct buried three-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	1,23	1,19	1,16	1,13	0,91	0,84	0,78
25	1,24	1,20	1,16	1,13	0,91	0,84	0,78
35	1,25	1,21	1,17	1,13	0,91	0,83	0,78
50	1,25	1,21	1,17	1,14	0,91	0,83	0,77
70	1,26	1,21	1,18	1,14	0,90	0,83	0,77
95	1,26	1,22	1,18	1,14	0,90	0,83	0,77
120	1,26	1,22	1,18	1,14	0,90	0,83	0,77
150	1,27	1,22	1,18	1,15	0,90	0,83	0,77
185	1,27	1,23	1,18	1,15	0,90	0,83	0,77
240	1,28	1,23	1,19	1,15	0,90	0,83	0,77
300	1,28	1,23	1,19	1,15	0,90	0,82	0,77
400	1,28	1,23	1,19	1,15	0,90	0,82	0,76

**Table B.18 – Correction factors for groups of three-core cables in horizontal formation laid direct in the ground**

Number of cables in group	Spacing between cable centres mm				
	Touching	200	400	600	800
2	0,80	0,86	0,90	0,92	0,94
3	0,69	0,77	0,82	0,86	0,89
4	0,62	0,72	0,79	0,83	0,87
5	0,57	0,68	0,76	0,81	0,85
6	0,54	0,65	0,74	0,80	0,84
7	0,51	0,63	0,72	0,78	0,83
8	0,49	0,61	0,71	0,78	
9	0,47	0,60	0,70	0,77	–
10	0,46	0,59	0,69	–	–
11	0,45	0,57	0,69	–	–
12	0,43	0,56	0,68	–	–

#### 4. 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;

SICILY MON P1 DEV S.R.L.	IMPIANTO AGRIVOLTAICO SICILY MON P1 <b>RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE          MT E AT</b>			
		17/02/2023	REV: 01	Pag.7

- 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:

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

La perdita di potenza percentuale è calcolata tramite la relazione:

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

## 5. 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 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.

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	

SICILY MON P1 DEV S.R.L.	IMPIANTO AGRIVOLTAICO SICILY MON P1 <b>RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE MT E AT</b>			
		17/02/2023	REV: 01	Pag.9

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 verranno impiegati cavi in Alluminio ARE4H5E 18/30 kV, per la media tensione, e 20,8/36 kV, per l'alta tensione, con isolante in mescola 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:

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

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

## 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.

<p>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>	<p>Comm.: C22-042-S05</p>  
---	---

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



100 **Prysmian**  
 Group

CATALOGO CAVI E ACCESSORI / CABLES & ACCESSORIES CATALOGUE

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	diámetro conduttore	diámetro sull'isolante	diámetro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura	sezione nominale	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio	
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	approximate weight	minimum bending radius	conductor cross-section	open air installation	p=1 °C m/W	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	370
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	325	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) 8 circuiti nello stesso strato a distanza di 0,25 m fra le terne:  $K_2 = 0,61$ ;
- Resta invariata la temperatura del terreno pari a 20 °C:  $K_1 = 1$

Pertanto, la formula diventa:

$$I_z = I_0 * 1 * 0,61 * 1 * 1 = I_0 * 0,592$$

SICILY MON P1 DEV S.R.L.	IMPIANTO AGRIVOLTAICO SICILY MON P1 <b>RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE          MT E AT</b>	 Ingegneria & Innovazione		
		17/02/2023	REV: 01	Pag.12

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	126,03	0,5680	0,13	0,58
95	150,88	0,4110	0,12	0,43
120	172,18	0,3250	0,12	0,35
150	191,71	0,2650	0,11	0,29
185	217,75	0,2110	0,11	0,24
240	252,06	0,1610	0,11	0,19
300	284,02	0,1290	0,1	0,16
400	324,84	0,1000	0,1	0,14
500	369,22	0,0710	0,09	0,11
630	419,52	0,0500	0,08	0,09

Data la potenza dei sottocampi, la massima corrente circolante nelle linee di sottocampo è pari a 166,67 A, come è possibile vedere nelle tabelle seguenti. Questa portata in corrente sarebbe sostenuta con una sezione del cavo pari a 120 mm<sup>2</sup>. Tuttavia, la sezione minima ottenuta in funzione della corrente di cortocircuito è pari a 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 al trasformatore 36/30 kV ( $TR_{AT/MT}$ ) sono attraversati da una corrente di circa 531,71 A; quindi, un cavo da 240 mm<sup>2</sup>

SICILY MON P1 DEV S.R.L.	IMPIANTO AGRIVOLTAICO SICILY MON P1 <b>RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE          MT E AT</b>	 Ingegneria & Innovazione		
		17/02/2023	REV: 01	Pag.13

risulterebbe sottodimensionato. Per questo motivo, per tali linee sarà utilizzato un cavo con sezione pari a 630 mm<sup>2</sup>.

Di seguito, si riporta il calcolo ed il dimensionamento in funzione della C.d.T. per le linee elettriche MT dell'impianto:

Condizioni di esercizio MT	
cosj=	0,900
senj=	0,436
Vn [V] =	30000

RETE AD ANELLO N°1 (LINEA P-Q, CON VP=VQ) (Impianto Utente)									
Linea	Tratta	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mm <sup>2</sup> ]	C.d.t. [V]	C.d.T. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
P-A	CC-L1>>PS1	136,12	7501	240	341,0	1,137	67,1	0,001	ST - Trifoglio
A-Q	PS1>>CC-L1	138,93	7381	240	342,5	1,142	68,8	0,001	ST - Trifoglio

RETE AD ANELLO N°2 (LINEA P-Q, CON VP=VQ) (Impianto Utente)									
Linea	Tratta	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mm <sup>2</sup> ]	C.d.t. [V]	C.d.T. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
P-A	CC-L2>>PS5	157,85	5733	240	302,3	1,008	69,0	0,001	ST - Trifoglio
A-Q	PS5>>CC-L2	150,07	5745	240	288,0	0,960	62,5	0,001	ST - Trifoglio

RETE AD ANELLO N°3 (LINEA P-Q, CON VP=VQ) (Impianto Utente)									
Linea	Tratta	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mm <sup>2</sup> ]	C.d.t. [V]	C.d.T. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
P-A	CC-L3>>PS6	152,26	5916	240	300,9	1,003	66,2	0,001	ST - Trifoglio
A-Q	PS6>>CC-L1	149,25	6144	240	306,3	1,021	66,1	0,001	ST - Trifoglio

RETE AD ANELLO N°4 (LINEA P-Q, CON VP=VQ) (Impianto Utente)									
Linea	Tratta	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mm <sup>2</sup> ]	C.d.t. [V]	C.d.T. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
P-A	CC-L4>>PS9	166,67	138	240	7,7	0,026	1,9	0,000	ST - Trifoglio
A-Q	PS9>>CC-L4	102,76	136	240	4,7	0,016	0,7	0,000	ST - Trifoglio

Poiché i valori della C.d.T. e della potenza persa sono ritenuti ammissibili, non vengono effettuate modifiche nel dimensionamento.

SICILY MON P1 DEV S.R.L.	IMPIANTO AGRIVOLTAICO SICILY MON P1 <b>RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE          MT E AT</b>	 Ingegneria & Innovazione		
		17/02/2023	REV: 01	Pag.14

## 6.1. 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 l'esempio del valore di temperature di regime ottenuta per le linea di sottocampo con carico maggiore:

Condizioni d'esercizio					
$T_0 =$	20	[°C]	$T_{e,max} =$	90	[°C]
<b>RETE AD ANELLO N°4 (LINEA P-Q, CON VP=VQ) (Impianto Utente)</b>					
Pn [kVA]	TRATTA	In [A]	Sez. cavo [mm <sup>2</sup> ]	Tr [°C]	Posa
12600	CC-L4>>PS9	166,7	240	44,1	ST - Trifoglio

In questo caso, la temperatura di regime dei cavi è inferiore alla massima temperatura di esercizio, quindi non sono riportate modifiche. Essendo verificata la temperatura di esercizio nel caso peggiore, si ritiene che sia verificato in tutti gli altri casi.

## 7. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI AT 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 AT.

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.: C22-042-S05  
--	--




**ARE4H5E**  
**20,8/36kV**  
**1x... SR/0,2**

**MEDIUM VOLTAGE POWER CABLES**  
**SINGLE CORE CABLES WITH ALUMINIUM CONDUCTOR, REDUCED THICKNESS XLPE INSULATION, ALLUMINIUM TAPE SCREEN AND PE OUTER SHEATH, LONGITUDINAL AND RADIAL WATERTIGHTNESS**

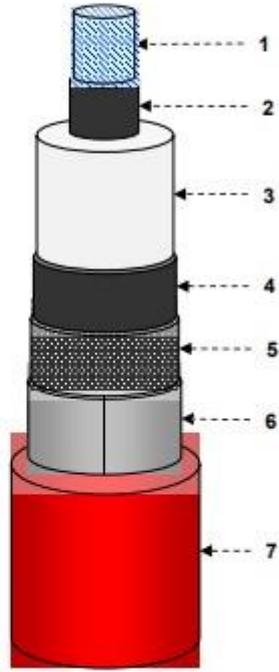
**APPLICATIONS**  
 In MV energy distribution networks for voltage systems up to **42kV**.  
 Suitable for fixed installation indoor or outdoor laying in air or directly or indirectly buried, also in wet location.

**FUNCTIONAL CHARACTERISTICS**

Rated voltage $U_0/U$ :	<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>

**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*



**INSTALLATION DATA**

**Max pulling force during laying**  
 50 N/mm<sup>2</sup> (applied on the conductors)

**Min bending radius during laying**  
 14 D<sub>cable</sub> (dynamic condition)

**Min temperature during laying**  
 - 25 °C (cable temperature)

**STANDARDS**

IEC 60840 where applicable (*testing*)  
 Nexans Design  
 HD 620 where applicable (*materials*)

**MARKING by ink-jet of the following legend:**  
 \*MANUFACTURER <Year> **ARE4H5E 20,8/36kV 1x<S>** <meter marking>  
 <Year> = year of manufacturing  
 <S> = section of the conductor

  
Longitudinal waterproof

  
Radial waterproof

  
Max operating temp. of conductor: **90 °C**

  
Max short-circuit temperature: **250 °C**

  
Max short-circuit temperature screen: **150 °C**

  
Minimum installation temperature: **-25 °C**

La Presente è conforme a quella del produttore depositata presso i nostri uffici

ARE4HSE 20,8/36kV 1x...														
Type n° x mm²	Conductor diameter nominal mm	Insulation		Sheath thickness nominal mm	Cable		Electrical resistance		X at 50 Hz Ω/km	C μF/km	Current capacity		Short circuit current	
		thickness min mm	diameter nominal mm		diameter approx mm	weight indicative kg/km	at 20 °C - d.c. max Ω/km	at 90 °C - a.c. Ω/km			in ground at 20 °C A	in free air at 30 °C A	conductor Tmax 250°C kA x 1,0 s	screen Tmax 150°C 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

**Note**

Laying condition:

depth (m):

soil thermal resistivity (°Cm/W):

metallic layers connection:

trefoil formation

0,8

1,5

solid bonding (earthed at both ends)

X = phase reactance

C = capacitance

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 1,5 m:  $K_3 = 0,94$ ;
- La resistività termica del terreno è pari a 1,5 K\*m/W:  $K_4 = 1$ ;
- Sono stati considerati due casi di raggruppamento dei circuiti: 2 circuiti nello stesso strato a distanza di 0,35 m fra le terne:  $K_{2, caso1} = 0,925$ ;
- Resta invariata la temperatura del terreno pari a 20 °C:  $K_1 = 1$ .

Pertanto, la formula diventa:

$$I_z = I_0 * 1 * 0,925 * 0,94 * 1 = I_0 * 0,87$$

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 Sezione nominale [mm²]	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]
185	321	0,2110	0,115	0,24
240	372	0,161	0,109	0,19

SICILY MON P1 DEV S.R.L.	IMPIANTO AGRIVOLTAICO SICILY MON P1 <b>RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE          MT E AT</b>	 Ingegneria & Innovazione		
		17/02/2023	REV: 01	Pag.17

300	419	0,129	0,104	0,17
400	479	0,101	0,101	0,14
500	547	0,079	0,098	0,13
630	622	0,063	0,095	0,11

Valori di  $I_z$  alle condizioni operative del caso (applicando i relativi coefficienti correttivi):

ARE4H5E 20,8/36 kV 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]
185	279,11	0,2110	0,115	0,24
240	323,45	0,1610	0,109	0,19
300	364,32	0,1290	0,104	0,17
400	416,49	0,1010	0,101	0,14
500	475,62	0,0790	0,098	0,13
630	540,83	0,0630	0,095	0,11

Data la potenza dell'impianto, la corrente che attraversa le linee AT dalla CC alla SE è pari a circa 1063,42 A.

Quindi, si ritiene necessario l'utilizzo di due terne di cavi della sezione di 630 mm<sup>2</sup>.

Di seguito, si riporta il calcolo ed il dimensionamento in funzione della C.d.T. per le linee elettriche MT dell'impianto:

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

Linea AT 1 e 2 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)							
P <sub>n</sub> [kVA]	TRATTA	I <sub>n</sub> [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mm <sup>2</sup> ]	C.d.T. [V]	C.d.T. [%]	P <sub>loss</sub> [kW]
29838,75	CC>>SE	531,71	7360	630	665,0	1,847	312,1
29838,75	CC>>SE	531,71	7360	630	665,0	1,847	312,1

Poiché i valori della C.d.T. e della potenza persa sono ritenuti ammissibili, non vengono effettuate modifiche nel dimensionamento.

## 7.1. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI AT IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA DI FUNZIONAMENTO

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

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

SICILY MON P1 DEV S.R.L.	IMPIANTO AGRIVOLTAICO SICILY MON P1 <b>RELAZIONE TECNICA CALCOLI ELETTRICI RETE          MT E AT</b>	 Ingegneria & Innovazione		
		17/02/2023	REV: 01	Pag.18

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 in AT dell'impianto:

Condizioni d'esercizio						
$T_0=$	20	[°C]		$T_{e,max}=$	90	[°C]
<b>Linea AT 1 e 2 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)</b>						
Pn [kVA]	TRATTA	In [A]	Sez. cavo [mm <sup>2</sup> ]	Tr [°C]	Posa	
29838,75	CC>>SE	531,71	630	82,1	ST - Trifoglio	
29838,75	CC>>SE	531,71	630	48,5	ST - Trifoglio	

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