

# Forearth S.r.l.

**Impianto agro-fotovoltaico denominato "Aquila-Duccotto" da 51,03 MWp con sistema di accumulo di 20 MW ed opere connesse.**

**Comuni di Monreale (PA) e Piana degli Albanesi (PA)**

**Progetto Definitivo dell'Impianto Agro-Fotovoltaico, Sistema di Accumulo Electrochimico ed Opere di Utenza**

Allegato C.11 - Relazione di calcolo dimensionamento cavi 36 kV



Professionista incaricato: Ing. Daniele Cavallo – Ordine Ingegneri Prov. Brindisi n.1220

Rev. 0 - Agosto 2022

**wood.**

## Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Dati di progetto</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Criteri di calcolo</b>	<b>6</b>
3.1	Calcolo della portata	6
3.2	Calcolo delle correnti di corto circuito	6
3.3	Calcolo della caduta di tensione	6
<b>4</b>	<b>Risultati</b>	<b>7</b>

## Appendici

### Appendice 01 Estratto foglio di calcolo dimensionamento cavi

Questo documento è di proprietà di Forearth S.r.l. e il detentore certifica che il documento è stato ricevuto legalmente. Ogni utilizzo, riproduzione o divulgazione del documento deve essere oggetto di specifica autorizzazione da parte di Forearth S.r.l.

## 1 Introduzione

Il presente documento descrive il calcolo preliminare di dimensionamento e la selezione dei cavi a 36 kV dell'impianto agro-fotovoltaico combinato con sistema di accumulo elettrochimico e delle opere elettriche di Utenza.

Il calcolo di dimensionamento dei cavi a 36 kV si può così suddividere:

1. Linee in cavo interrato a 36 kV (di seguito "Dorsali 36 kV"), per il collegamento dell'impianto fotovoltaico al quadro a 36 kV installato nella Cabina Utente. Trattasi di N. 3 dorsali che raccolgono l'energia proveniente dalle cabine di conversione e la convogliano fino al quadro elettrico ubicato nell'edificio della Cabina elettrica a 36 kV. In particolare, la suddivisione delle cabine di conversione (PS) sulle tre dorsali risulta come segue:
  - a. Dorsale 1: comprende le power stations C01, C02 e C06;
  - b. Dorsale 2: comprende le power stations C03, C04, C05 e C07;
  - c. Dorsale 3: comprende le power stations C08, C09, C10 e C11.
2. Linea in cavo interrato a 36 kV, per il collegamento del sistema di accumulo elettrochimico al quadro a 36 kV installato nella Cabina Utente. Trattasi di una linea in cavo ad "anello" che collega in entra-esci le cabine di trasformazione costituente il SdA fino al quadro elettrico posizionato nell'edificio della Cabina elettrica a 36 kV.
3. Linee in cavo interrato a 36 kV per il collegamento della Cabina Utente allo stallo arrivo produttore nella sezione a 36 kV della futura Stazione RTN 220/36 kV denominata "Monreale 3". Trattasi di N. 2 linee costituite ogni una da una doppia terna di cavi interrati a 36 kV.

Il tracciato seguito dalle linee è chiaramente identificabile nelle seguenti tavole:

- Tav. 16 "Planimetria impianto agro-fotovoltaico con identificazione tracciato cavi e tipico posa cavi 36 kV";
- Tav. 04 "Planimetria impianto sistema di accumulo";
- Tav. 28 "Planimetria Cabina Utente, dorsale 36 kV di collegamento tra Cabina Utente e Stazione RTN e area di cantiere".

## 2 Dati di progetto

In Tabella 2-1 si riportano i dati di progetto utilizzati per il dimensionamento dei cavi.

**Tabella 2-1: Dati di Progetto**

Dati di progetto	Valore
Tensione di rete impianto fotovoltaico	36 kV
Materiale conduttore	Alluminio
Profondità di posa	1,2 m
Separazione tra circuiti affiancati	40 cm
Temperatura del terreno	20°C
Resistività del terreno	1,5 K·m/W
Potenza nominale string inverter	215 kVA
Potenza nominale cabina di trasformazione	3400 kVA ÷ 6800 kVA
Potenza nominale c.a./ immissione POC	69 MW / 69 MW
Caduta di tensione massima ammissibile per tratta	3%

La lunghezza di ogni tratta di collegamento in cavo è stata ricavata dalla planimetria generale di impianto in cui è mostrata la posizione delle cabine di trasformazione e dei gruppi di conversione rispettivamente, e il relativo percorso cavi.

La lunghezza di cavo risultante è stata quindi aumentata per tenere in considerazione le risalite nei quadri, sfridi, variazione di quota del terreno e piccole deviazioni di percorso. La voce "Lunghezza Cavo" nella tabella seguente riassume le lunghezze risultanti per ciascuna tratta (la sigla CU si riferisce al quadro 36 kV presente nella Cabina Utente).

**Tabella 2-2: Calcolo lunghezze cavi per ciascuna tratta**

Tratta		Distanza	Lunghezza Cavo
da	a	[m]	[m]
SC01	SC02	911	968
SC02	SC06	95	128
SC06	CU	1006	1066
SC05	SC04	211	247
SC04	SC03	313	352
SC03	SC07	717	769
SC07	CU	607	655
SC08	SC09	131	165
SC09	SC10	180	215
SC10	SC11	372	413
SC11	CU	388	430
SdA1	SdA2	45	76

<b>SdA2</b>	<b>SdA3</b>	45	76
<b>SdA3</b>	<b>SdA4</b>	60	92
<b>SdA4</b>	<b>CU</b>	37	68
<b>SdA1</b>	<b>CU</b>	80	112
<b>CU (*)</b>	<b>Stazione RTN</b>	195	231
<b>CU (*)</b>	<b>Stazione RTN</b>	195	231

(\*) previsti 2 cavi per fase

## 3 Criteri di calcolo

I cavi sono stati dimensionati seguendo le norme specifiche di riferimento. In particolare, la sezione dei cavi è stata scelta considerando i seguenti aspetti:

- Portata nominale;
- Massima caduta di tensione ammissibile;
- Tenuta al cortocircuito;
- Tipologia di posa (trifoglio);
- Condizioni ambientali.

### 3.1 Calcolo della portata

I coefficienti di declassamento della portata in funzione delle condizioni di posa e delle condizioni ambientali risultano essere i seguenti:

- K1 (profondità di posa): 0,98
- K2 (temperatura del suolo): 1,0
- K3 (resistività termica del terreno): 0,85
- K4 (vicinanza di più terre nello scavo): variabile in funzione del numero di terre

### 3.2 Calcolo delle correnti di corto circuito

In termini di correnti di corto circuito la sezione minima del conduttore può essere calcolata tramite la seguente equazione:

$$S_{min} = (I_{CC} \cdot \sqrt{t}) / C$$

dove:

- $I_{CC}$  = corrente di corto circuito (A);
- C = coefficiente definito dalla Norma CEI 11-17;
- t = tempo di eliminazione del corto circuito.

### 3.3 Calcolo della caduta di tensione

Sul percorso considerato la caduta di tensione è calcolata secondo la formula:

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

dove R e X sono rispettivamente resistenza e reattanza al km della linea, L la lunghezza, I la corrente.

## 4 Risultati

I risultati del calcolo di dimensionamento sono riportati in Tabella 4-1, con evidenziate le sezioni preliminarmente scelte per il progetto (scelte in modo da limitare il numero di sezioni da utilizzare). Per ulteriori dettagli si faccia riferimento al successivo estratto del foglio di calcolo.

**Tabella 4-1: Risultati dimensionamento preliminare dei cavi 36 kV**

Tratta		Lunghezza terna	Sezione selezionata	Lunghezza totali cavi	Tipologia di cavo (**)
da	a	[m]	[mm <sup>2</sup> ]	[m]	
<b>SC01</b>	<b>SC02</b>	968	95	2905	Unipolare
<b>SC02</b>	<b>SC06</b>	128	185	384	Unipolare
<b>SC06</b>	<b>CU</b>	1066	630	3199	Unipolare
<b>SC05</b>	<b>SC04</b>	247	95	742	Unipolare
<b>SC04</b>	<b>SC03</b>	352	95	1057	Unipolare
<b>SC03</b>	<b>SC07</b>	769	185	2306	Unipolare
<b>SC07</b>	<b>CU</b>	655	630	1966	Unipolare
<b>SC08</b>	<b>SC09</b>	165	95	495	Unipolare
<b>SC09</b>	<b>SC10</b>	215	95	646	Unipolare
<b>SC10</b>	<b>SC11</b>	413	185	1239	Unipolare
<b>SC11</b>	<b>CU</b>	430	400	1289	Unipolare
<b>SdA1</b>	<b>SdA2</b>	76	400	229	Unipolare
<b>SdA2</b>	<b>SdA3</b>	76	400	229	Unipolare
<b>SdA3</b>	<b>SdA4</b>	92	400	275	Unipolare
<b>SdA4</b>	<b>CU</b>	68	400	204	Unipolare
<b>SdA1</b>	<b>CU</b>	112	400	337	Unipolare
<b>CU (*)</b>	<b>Stazione RTN</b>	231	630	693	Unipolare
<b>CU (*)</b>	<b>Stazione RTN</b>	231	630	693	Unipolare

(\*) previsti 2 cavi per fase

(\*\*) Potranno essere considerate anche fomazioni tripolari ad elica in funzione della disponibilità sul mercato.

**Appendice 01**

**Estratto foglio di calcolo dimensionamento cavi**





**AQUILA**  
Dimensionamento cavi MT

Revisione N° :  
Data :

**Dati di progetto**

Tensione rete MT impianto solare : 36 kV  
 Materiale conduttore cavi : Alluminio  
 Tipologia cavo : Shockproof  
 Profondità di posa : 1,2 m  
 Temperatura del terreno : 20 °C  
 Resistività terreno : 1,5 °C·m/W  
 Separazione circuiti : 40 cm  
 Potenze nominale inverter : MVA  
 Fattore di potenza inverter : 1  
 ΔV massima ammissibile per tratta : 3 %  
 Margine sulla lunghezza complessiva dei cavi : 3 %

**Definizione sezione cavi**

Dorsale	Da	A	Lunghezza teorica (m)	Lunghezza effettiva (m)	N° Power Station Connesse	N° terne affiancate	Potenza nominale						I <sub>L</sub> (A)	I <sub>LV</sub> (A)	I <sub>cc</sub> trifase (kA)	Durata cc trifase (s)	S <sub>min</sub> per portata (mm <sup>2</sup> )	S <sub>min</sub> per I <sub>cc</sub> (mm <sup>2</sup> )	S <sub>min</sub> per ΔV (mm <sup>2</sup> )	S <sub>min</sub> (mm <sup>2</sup> )	S (mm <sup>2</sup> ) selezionata	Margine utilizzo (%)	Composizione cavo	N° punti di giunzione	
							Pot.1	Pot.2	Pot.3	Pot.4	Pot.5	Pot.6												↔	↔
1	SC01	SC02	911	968	1	1						114	118,4	18	0,5	95	89	35	95	95	53,1	Unipolare	3	↔	3
1	SC02	SC06	95	128	2	2	7,095	6,88	0	0	0	224	265,1	18	0,5	150	89	35	150	185	82,8	Unipolare	0	↔	0
1	SC06	CU	1006	1066	3	7	7,095	6,88	5,59	0	0	314	480,3	18	0,5	500	89	35	500	630	77,5	Unipolare	3	↔	4
2	SC05	SC04	211	247	1	1	3,225	0	0	0	0	51,7	53,83	18	0,5	95	89	35	95	95	24,1	Unipolare	0	↔	0
2	SC04	SC03	313	352	2	1	3,225	6,02	0	0	0	148	154,3	18	0,5	95	89	35	95	95	69,2	Unipolare	1	↔	1
2	SC03	SC07	717	769	3	2	3,225	6,02	6,88	0	0	259	305,9	18	0,5	185	89	35	185	185	95,6	Unipolare	2	↔	3
2	SC07	CU	607	655	4	7	3,225	6,02	6,88	5,805	0	352	538,3	18	0,5	500	89	35	500	630	86,8	Unipolare	2	↔	2
3	SC08	SC09	131	165	1	1	5,375	0	0	0	0	86,2	89,72	18	0,5	95	89	35	95	95	40,2	Unipolare	0	↔	0
3	SC09	SC10	180	215	2	1	5,375	5,16	0	0	0	169	175,9	18	0,5	95	89	35	95	95	78,9	Unipolare	0	↔	0
3	SC10	SC11	372	413	3	1	5,375	5,16	3,01	0	0	217	226,1	18	0,5	120	89	35	120	185	70,7	Unipolare	1	↔	1
3	SC11	CU	388	430	4	7	5,375	5,16	3,01	3,01	0	266	406,4	18	0,5	300	89	35	300	400	85,0	Unipolare	1	↔	1
4	SdA1	SdA2	45	76	4	1	6	6	6	6	0	385	400,6	18	0,5	300	89	35	300	400	83,8	Unipolare	0	↔	0
4	SdA2	SdA3	45	76	4	1	6	6	6	6	0	385	400,6	18	0,5	300	89	35	300	400	83,8	Unipolare	0	↔	0
4	SdA3	SdA4	60	92	4	1	6	6	6	6	0	385	400,6	18	0,5	300	89	35	300	400	83,8	Unipolare	0	↔	0
4	SdA4	CU	37	68	4	2	6	6	6	6	0	385	455,2	18	0,5	400	89	35	400	400	95,2	Unipolare	0	↔	0
4	SdA1	CU	80	112	4	2	6	6	6	6	0	385	455,2	18	0,5	400	89	35	400	400	95,2	Unipolare	0	↔	0
A1	CU	Stazione RTN	195	231	1	7	24,06	0	0	0	0	386	590,6	18	0,5	630	89	35	630	630	95,3	Unipolare	0	↔	0
A2	CU	Stazione RTN	195	231	1	7	24,06	0	0	0	0	386	590,6	18	0,5	630	89	35	630	630	95,3	Unipolare	0	↔	0
B1	CU	Stazione RTN	195	231	1	7	16,97	0	0	0	0	272	416,4	18	0,5	300	89	35	300	630	67,2	Unipolare	0	↔	0
B2	CU	Stazione RTN	195	230,85	1	7	16,97	0	0	0	0	272	416,4	18	0,5	300	89,006	35	300	630	67,2	Unipolare	0	↔	0