



REGIONE SICILIA  
COMUNI DI MARSALA (TP) E TRAPANI (TP)

PROGETTO

Impianto Agrivoltaico integrato innovativo denominato  
"DELIA" avente potenza d'impianto di 50,561 MW e relative  
opere connesse  
Comuni di Marsala (TP) e Trapani

TITOLO

**Rel. 07 - Relazione di calcolo dimensionamento cavi 36 kV**

PROPONENTE



ENGIE DELIA S.r.l.

Sede legale e Amministrativa:

Via Chiese 72

20126 Milano (MI)

PEC: [engiedelia@legalmail.it](mailto:engiedelia@legalmail.it)

PROGETTISTA



SCM ingegneria S.r.l.  
Via Carlo del Croix, 55  
Tel.: +39 0831-728955  
72022 Latiano (BR)  
Mail: [info@scmingegneria.com](mailto:info@scmingegneria.com)

Dott. Ing. Daniele Cavallo



Scala	Formato Stampa A4	Cod.Elaborato REL07	Rev. 00	Nome File REL07-Relazione di calcolo dimensionamento cavi 36 kV	Foglio 1 di 13
-------	----------------------	------------------------	------------	---	-------------------

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	15/02/2024	Progetto definitivo impianto agrivoltaico e opere connesse	L. Maculan	D. Cavallo	D. Cavallo

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	3
2	DATI GENERALI .....	3
2.1	DATI DEL PROPONENTE .....	3
2.2	LOCALITÀ DI REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO .....	3
2.3	DESTINAZIONE D'USO .....	4
2.4	DATI CATASTALI .....	4
2.5	CONNESSIONE .....	5
3	SCOPO .....	6
4	DATI DI PROGETTO .....	8
5	CRITERI DI CALCOLO .....	11
5.1	CALCOLO DELLA PORTATA .....	11
5.2	CALCOLO DELLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO .....	11
5.3	CALCOLO DELLA CADUTA DI TENSIONE .....	12
6	RISULTATI .....	13

## 1 INTRODUZIONE

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato innovativo, mediante tecnologia fotovoltaica con tracker monoassiale, che la Società Engie Delia S.r.l. (di seguito “la Società”) intende realizzare nei comuni di Marsala e Trapani (TP).

L’impianto avrà una potenza installata di 50561,28 kWp per una potenza di 45000 kW in immissione, e l’energia prodotta verrà immessa sulla rete RTN in alta tensione.

L’area interessata dal Parco Fotovoltaico ricade su una superficie catastale complessiva di circa 70 ettari, dei quali 62 recintati per l’impianto. Il territorio è caratterizzato da una morfologia pressoché pianeggiante, l’area d’impianto è posta all’incirca tra le quote 45 e 70 m s.l.m.

L’impianto sarà costituito da pannelli fotovoltaici ad alto rendimento che permetteranno di ottenere una produzione annua netta stimata di energia elettrica di circa 96,68 GWh/anno, pari al consumo medio annuo di energia elettrica di 38.700 famiglie.

Il ricorso alla produzione di energia da fonte rinnovabile, quale quella fotovoltaica, costituisce una strategia prioritaria per ridurre le emissioni di inquinanti in atmosfera provocate dalla produzione di energia elettrica mediante processi termici. Questo progetto apporterà infatti importanti benefici ambientali sia in termini di mancate emissioni di inquinanti che di risparmio di combustibile: l’impianto consentirà di evitare l’emissione di circa 43.000 t/anno di anidride carbonica. Il bilancio sull’ambiente sarà pertanto nettamente positivo.

## 2 DATI GENERALI

### 2.1 DATI DEL PROPONENTE

Di seguito i dati anagrafici del soggetto proponente:

SOCIETA' PROPONENTE	
Denominazione	ENGIE DELIA S.R.L.
Indirizzo sede legale	Via Chiese 72 – 20126 Milano (MI)
Codice Fiscale/Partita IVA	12367400962
Capitale Sociale	10.000,00
PEC	<a href="mailto:engiedelia@legalmail.it">engiedelia@legalmail.it</a>

*Tabella 2-1 – Informazioni principali della Società Proponente*

### 2.2 LOCALITÀ DI REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

L’impianto fotovoltaico oggetto del presente documento e il relativo cavidotto 36 kV saranno realizzati nel comune di Marsala (TP).

Le opere di connessione saranno invece realizzate nel comune di Trapani (TP).

## 2.3 DESTINAZIONE D'USO

L'area oggetto dell'intervento ha una destinazione d'uso agricolo.

## 2.4 DATI CATASTALI

I terreni interessati dall'intervento per quanto riguarda l'area di impianto, così come individuati da catasto del comune di Marsala (TP), sono:

- Area 01:
  - FG 60 particelle 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 39, 40, 100, 102, 106, 107, 108, 109, 332, 333, 334, 335, 336, 380, 444;
- Area 02:
  - FG 60 particelle 218, 219, 243, 244, 245, 246, 247, 379, 381;
- Area 03:
  - FG 60 particelle 137, 138, 139, 140, 141, 145, 147, 203, 223, 224, 225, 248, 249, 250, 251, 252, 254, 258, 453, 585, 586, 589, 590, 605;
- Area 04:
  - FG 60 particelle 133, 134, 135, 136, 143, 180, 181, 182, 221, 256, 452;
- Area 05:
  - FG 60 particelle 126, 130, 131, 204, 212, 213, 602, 603;
- Area 06:
  - FG 60 particella 6, 128.

La cabina utente a 36 kV che raccoglie la potenza di impianto per il collegamento alla rete nazionale sarà realizzata all'interno dell'Area 03 dell'impianto.

La futura stazione RTN 220/36 kV "Fulgatore 2" cui verrà collegato l'impianto agrivoltaico Delia interesserà invece i seguenti terreni, così come individuati da catasto del comune di Trapani (TP):

- FG 292 particella 4, 129, 131, 133, 141, 142, 202, 202, 211, 216

Tutti i terreni su cui saranno installati i moduli fotovoltaici e realizzate le infrastrutture necessarie, risultano di proprietà privata e corrispondono a terreni ad uso prevalentemente agricolo.

Luogo di installazione	Comune di Marsala (TP)
Potenza di Picco (kWp)	50561,28 kWp
Potenza Nominale (kW)	50561,28 kWp
Potenza massima in immissione	45000 kW
Informazioni generali del sito	Sito pianeggiante ben raggiungibile da strade comunali

Tipo di strutture di sostegno	Inseguitore monoassiale	
Coordinate impianto Area 01	Latitudine	37°51'15.06"N
	Longitudine	12°35'39.70"E
Coordinate impianto Area 02	Latitudine	37°51'23.27"N
	Longitudine	12°35'35.31"E
Coordinate impianto Area 03	Latitudine	37°51'10.67"N
	Longitudine	12°35'43.84"E
Coordinate impianto Area 04	Latitudine	37°51'31.13"N
	Longitudine	12°35'51.34"E
Coordinate impianto Area 05	Latitudine	37°51'33.47"N
	Longitudine	12°35'55.27"E
Coordinate cabina utente 36 kV	Latitudine	37°51'11.57"N
	Longitudine	12°35'44.11"E

Tabella 2-2 – Dati di impianto

## 2.5 CONNESSIONE

La Società SCM Ingegneria S.r.l ha presentato a Terna S.p.A. (“il Gestore”) la richiesta di connessione alla RTN per una potenza in immissione di 45 MW. Alla richiesta è stato assegnato Codice Pratica 202102457.

In data 26 Gennaio 2022, il gestore ha trasmesso la soluzione tecnica minima generale per la connessione (STMG), accettata in data 4 Marzo 2022. La STMG stata volturata alla Società proponente.

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che l’impianto venga collegato in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV con una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) a 220/36 kV della RTN, denominata “Fulgatore 2”, da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 220 kV “Fulgatore - Partanna”, previa:

- realizzazione del nuovo elettrodotto RTN 220 kV “Fulgatore – Partinico”, di cui al Piano di Sviluppo Terna;
- realizzazione di un nuovo elettrodotto RTN a 220 kV di collegamento dalla stazione di cui sopra con la stazione 220/150 kV di Fulgatore, previo ampliamento della stessa;
- realizzazione di un nuovo elettrodotto RTN a 220 kV di collegamento dalla stazione di cui sopra con la stazione 220/150 kV di Partanna, previo ampliamento della stessa.

La cabina utente 36 kV e l’elettrodotto in antenna a 36 kV per il collegamento dell’impianto alla stazione RTN Fulgatore 2 costituiscono impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella medesima stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

### 3 SCOPO

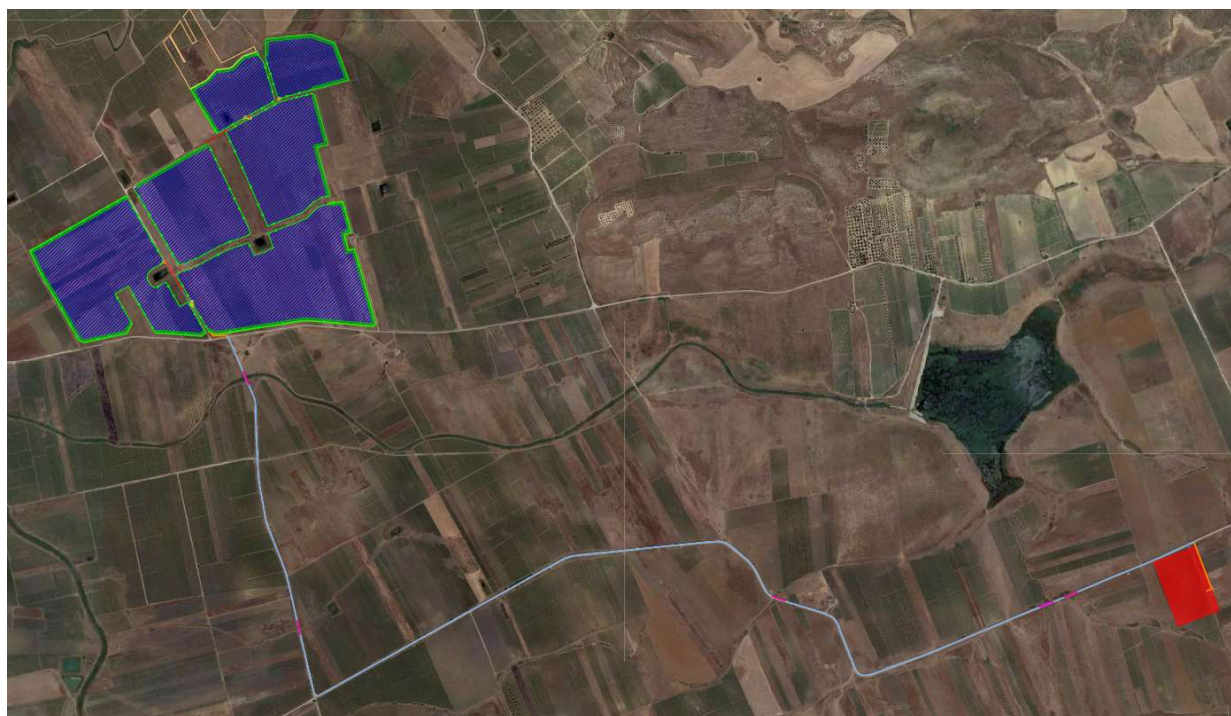
Il presente documento riporta il dimensionamento preliminare per la selezione delle sezioni dei cavi a 36 kV per il collegamento delle cabine di trasformazione dell'impianto oggetto del presente progetto.

I cavi a 36 kV raccolgono la potenza generata dai pannelli fotovoltaici per portarla fino al quadro 36 kV ubicato nell'edificio della Cabina Utente.

Il percorso dei cavi 36 kV è mostrato nelle seguenti figure.

Il percorso di dettaglio dei cavi delle dorsali è mostrato nelle tavole 16a e 16b incluse nel progetto.





*Figura 3-1 – Percorso cavi 36 kV*

## 4 DATI DI PROGETTO

Nella seguente tabella si riportano i dati di progetto utilizzati per il dimensionamento dei cavi. Nel calcolo sono state considerate le condizioni più gravose, a favore della sicurezza.

Dati di progetto	Valore
Tensione di rete MT	36 kV
Materiale conduttore	Alluminio
Profondità di posa	1,2 m
Temperatura del terreno	20°C
Resistività del terreno	1,5 °C·m/W
Potenza nominale inverter	2,93 / 4,00 / 4,2 / 4,40 MVA
Potenza totale impianto	50,561 MW
Fattore di potenza al punto di connessione	0,95
Caduta di tensione massima ammissibile per ogni tratta	3 %

Tabella 4-1 – Dati di progetto per dimensionamento cavi 36 kV

Ciascun tratto di collegamento tra i gruppi di conversione e la stazione utente è stato opportunamente dimensionato in accordo alla normativa tecnica, secondo i criteri di portata, corto circuito, e massima caduta di tensione ammissibile. Le principali caratteristiche tecniche dei cavi 36 kV sono riportate nella seguente tabella (dati preliminari).

Grandezza	Valore
Tipo	Unipolari
Materiale conduttore	Alluminio
Materiale isolante	XLPE
Schermo metallico	Alluminio
Guaina esterna	PE resistente all'urto (adatti alla posa direttamente interrata)
Tensione nominale (U <sub>0</sub> /U/U <sub>m</sub> ):	20,8/36/42 kV
Frequenza nominale:	50 Hz
Sezione	95 ÷ 630 mm <sup>2</sup>

Tabella 4-2 – Caratteristiche cavi 36 kV

Un esempio del cavo utilizzato per le dorsali 36 kV è riportato nella seguente figura:



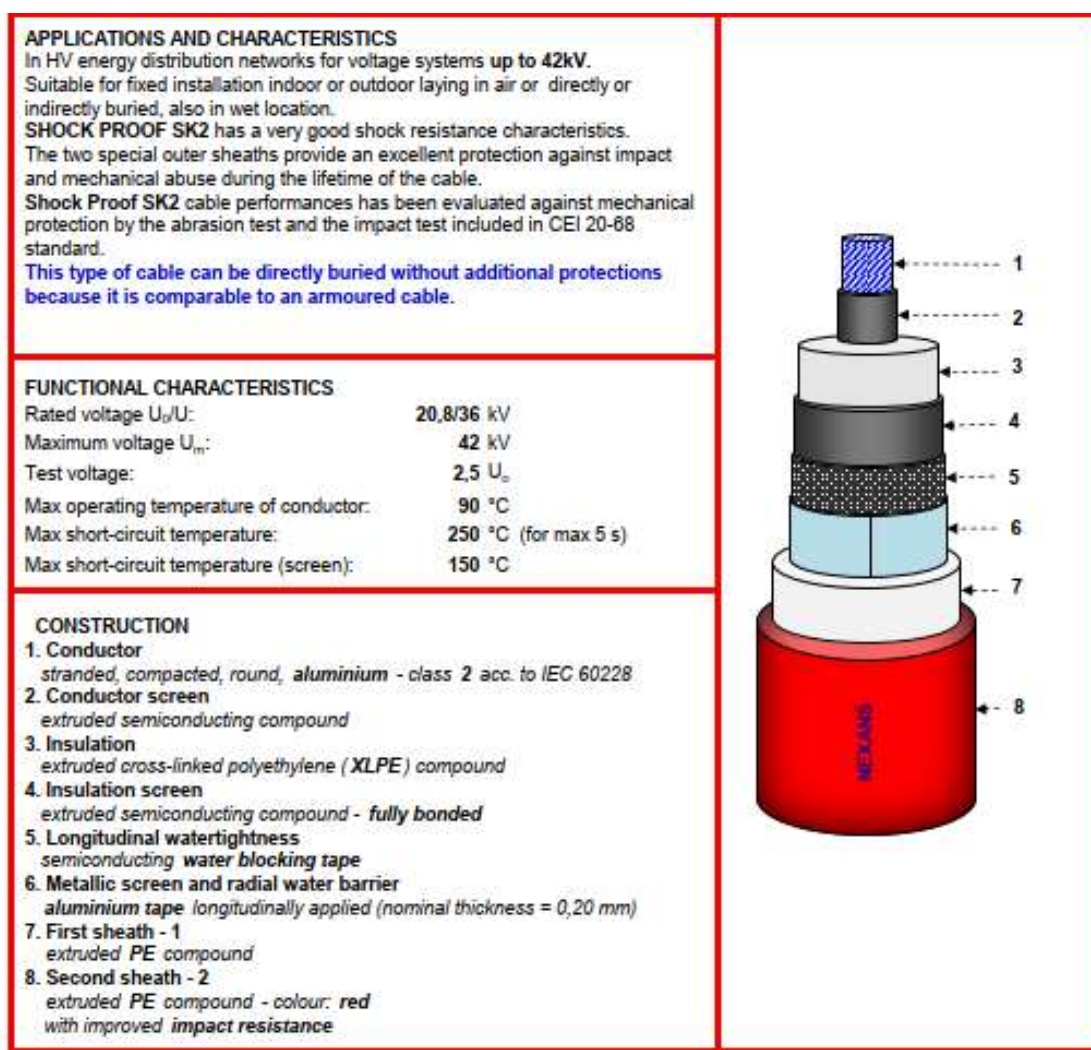


Figura 4-1 – Esempio cavi 36 kV

La lunghezza di ogni tratta di collegamento in cavo è stata ricavata dalla planimetria generale di impianto in cui è mostrata la posizione delle diverse cabine 36 kV.

La lunghezza di cavo risultante è stata quindi aumentata per tenere in considerazione le risalite in cabina, sfridi, variazione di quota del terreno e piccole deviazioni di percorso; la seguente tabella riassume le lunghezze risultanti per ciascuna tratta (la sigla SSE si riferisce al quadro 36 kV presente nella cabina utente).

Da	A	Distanza (m)	Lunghezza cavi (m)
C13	C12	144	163
C12	T01	36	52
C11	C10	133	152
C10	T01	130	149
T01	C05	425	453
C05	C04	141	160

C04	SSE	345	370
C09	C08	90	108
C08	C07	160	180
C07	C06	145	164
C06	SSE	95	113
C01	C02	135	154
C02	C03	111	129
C03	SSE	265	288
SSE	RTN	5010	5175

*Tabella 4-3 – Lunghezze cavi 36 kV*

## 5 CRITERI DI CALCOLO

I cavi sono stati dimensionati seguendo le norme specifiche di riferimento, andando a selezionare la sezione minima richiesta in accordo ai seguenti differenti metodi di calcolo richiesti dalle normative:

- Portata nominale
- Tenuta al cortocircuito
- Massima caduta di tensione ammissibile

I calcoli sono stati eseguiti alla luce delle normative vigenti e delle indicazioni dei fornitori principali di cavi della tipologia selezionata, tenendo conto dei dati di progetto, delle condizioni di posa e delle condizioni ambientali.

Le differenti verifiche di dimensionamento sono dettagliate nei seguenti paragrafi.

### 5.1 CALCOLO DELLA PORTATA

Il primo criterio di calcolo da considerare è quello della portata dei cavi in accordo alle condizioni di posa, come specificato dalla normativa di riferimento IEC 60502, "Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ( $U_m = 1,2$  kV) up to 30 kV ( $U_m = 36$  kV)". Per quanto questa norma sia relativa ai cavi MT con tensione di esercizio massima di 30 kV, i coefficienti di riduzione delle portate in essa contenuti sono generalmente validi anche per la tipologia di cavi in esame. Un affinamento del calcolo della portata, con conseguente ottimizzazione della sezione dei cavi selezionati, sarà possibile in fase di progetto esecutivo.

In linea con la suddetta norma, per il calcolo delle sezioni effettive dei cavi di distribuzione si sono tenuti in considerazione i coefficienti di riduzione applicati alla portata nominale del cavo scelto, ossia:

- |   |   |
|---|---|
| • $K_1$ (profondità di posa):                 | 0,95  |
| • $K_2$ (temperatura del suolo):              | 1,00  |
| • $K_3$ (resistività termica del terreno):    | 1,00  |
| • $K_4$ (vicinanza di tre terne nello scavo): | 0,79 (considerando la sezione di posa più gravosa lungo il percorso, con distanza di 400 mm tra i centri terne) |

Per un coefficiente totale di riduzione della portata dei cavi di 0.75.

### 5.2 CALCOLO DELLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO

In termini di correnti di corto circuito la sezione minima del conduttore deve essere verificata secondo la seguente equazione:

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

dove:

- I<sub>CC</sub>      corrente di corto circuito (A)
- K          costante caratteristica dei cavi che dipende sia dal materiale del conduttore sia dal tipo di isolante del cavo scelto, definito dalla Norma CEI 11-17 (tabella 4.2.2)
- t          tempo di eliminazione del corto circuito

Per quanto riguarda la corrente di corto circuito si considera il valore massimo della corrente di cortocircuito in corrispondenza del quadro MT cui sono collegate le dorsali dell'impianto, in modo da considerare lo scenario peggiore e verificare quindi sicuramente la sezione del cavo in tutti i possibili scenari di esercizio.

### 5.3 CALCOLO DELLA CADUTA DI TENSIONE

La sezione dei cavi di media tensione deve essere infine verificata calcolando la caduta di tensione corrispondente al passaggio della massima corrente di progetto, in modo da rispettare la massima caduta di tensione richiesta.

La caduta di tensione in percentuale può essere calcolata secondo la seguente equazione:

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

dove:

- R e X    sono rispettivamente resistenza e reattanza al km della linea
- L        è la lunghezza della linea
- I        è la corrente massima della linea come risultato della somma della corrente degli aerogeneratori connessi alla linea stessa.
- j        è l'angolo corrispondente al fattore di potenza degli aerogeneratori
- V        è la tensione nominale della rete in media tensione

## 6 RISULTATI

I risultati delle verifiche di dimensionamento di cui ai paragrafi precedenti sono mostrate nella seguente tabella:

Da	A	Lunghezza cavi (m)	$S_{\min}$ portata (mm <sup>2</sup> )	$S_{\min}$ ICC (mm <sup>2</sup> )	$S_{\min}$ ΔV (mm <sup>2</sup> )	S (mm <sup>2</sup> )	Composizione cavo
C13	C12	163	95	77	35	<b>95</b>	Unipolare
C12	T01	52	95	77	35	<b>95</b>	Unipolare
C11	C10	152	95	77	35	<b>95</b>	Unipolare
C10	T01	149	95	77	35	<b>95</b>	Unipolare
T01	C05	453	185	77	35	<b>240</b>	Unipolare
C05	C04	160	300	77	35	<b>400</b>	Unipolare
C04	SSE	370	500	77	35	<b>630</b>	Unipolare
C09	C08	108	95	77	35	<b>95</b>	Unipolare
C08	C07	180	95	77	35	<b>95</b>	Unipolare
C07	C06	164	120	77	35	<b>240</b>	Unipolare
C06	SSE	113	240	77	35	<b>400</b>	Unipolare
C01	C02	154	95	77	35	<b>95</b>	Unipolare
C02	C03	129	95	77	35	<b>95</b>	Unipolare
C03	SSE	288	150	77	35	<b>240</b>	Unipolare
SSE	RTN	5175	2x500	77	2x150	<b>2x630</b>	Unipolare (due terne in parallelo)

Tabella 6-1 – Sezioni cavi 36 kV