

# Concetto Green S.r.l.

## Impianto agrivoltaico "Lugo" da 69.423,2 kWp ed opere connesse

Comuni di Lugo, Alfonsine, Fusignano, Bagnacavallo e Ravenna (RA)

### Progetto Definitivo Impianto agrivoltaico

Allegato C.13 Relazione di calcolo dimensionamento cavi 30 kV



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

Rev. 0

Giugno 2023



**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 Concetto Green 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 Concetto Green S.r.l.**

## 1 Introduzione

Il presente documento descrive il calcolo preliminare di dimensionamento e la selezione dei cavi di media tensione utilizzati per allacciare le cabine di conversione (power station, PS), che convertono e trasformano la generazione proveniente dai moduli fotovoltaici, al quadro MT ubicato nell'Edificio Utente della stazione elettrica di trasformazione per l'impianto agrivoltaico "Lugo".

In particolare le cabine di conversione (PS) saranno suddivise su tre dorsali come segue:

- a. Dorsale 1: comprende le power stations C01, C02, C03, C04, C14 e C18;
- b. Dorsale 2: comprende le power stations C05, C06, C07, C15, C16 e C17;
- c. Dorsale 3: comprende le power stations C08, C09, C10, C11, C12 e C13;

Inoltre, sono state previste tre cabine di raccolta relative alle dorsali 1, 2 e 3 – rispettivamente T03, T02 e T01 - posizionate all'interno del parco fotovoltaico, per ottimizzare il percorso di ciascuna dorsale ed agevolare manovre di sezionamento e manutenzione.

Il tracciato seguito dalle linee è chiaramente identificabile nelle Tav. 19a-b Planimetria impianto agrivoltaico con identificazione tracciato cavi e tipico posa cavi AC.

## 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	30 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 power stations	2,66 - 2,8 - 2,93 - 4,00 - 4,2 - 4,4 MVA
Potenza nominale c.a.	66,199 MVA
Caduta di tensione massima ammissibile per tratta	3%

La potenza nominale degli inverter potrà variare in fase esecutiva a seconda della tecnologia prescelta ma sarà tale da assicurare che non venga mai superato il limite di potenza in immissione al punto di consegna stabilito dalla STMG pari a 70.000 kW.

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 conversione 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 2-2 riassume le lunghezze risultanti per ciascuna tratta (la sigla SE si riferisce alla Stazione Elettrica di Trasformazione 132/30 kV).

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

Tratta		Distanza	Lunghezza Cavo
da	a	[m]	[m]
C01	C02	453	497
C02	C03	593	641
C03	C04	212	248
<b>C04</b>	<b>T03</b>	<b>4509</b>	<b>4674</b>
C14	C18	308	347
<b>C18</b>	<b>T03</b>	<b>281</b>	<b>319</b>
<b>T03</b>	<b>SE</b>	<b>15347</b>	<b>15837</b>
C05	C06	100	133
C06	C07	176	211
<b>C07</b>	<b>T02</b>	<b>3913</b>	<b>4060</b>
C15	C16	206	242

Tratta		Distanza	Lunghezza Cavo
da	a	[m]	[m]
C16	C17	143	177
<b>C17</b>	<b>T02</b>	<b>217</b>	<b>254</b>
<b>T02</b>	<b>SE</b>	<b>15562</b>	<b>16059</b>
C08	C09	148	182
C09	C10	139	173
C10	C11	660	710
<b>C11</b>	<b>T01</b>	<b>98</b>	<b>131</b>
C13	C12	144	178
<b>C12</b>	<b>T01</b>	<b>24</b>	<b>55</b>
<b>T01</b>	<b>SE</b>	<b>16090</b>	<b>16603</b>

## 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): 0,96;
- K2 (temperatura del suolo): 1,0;
- K3 (resistività termica del terreno): 1,0;
- K4 (vicinanza di più terne nello scavo): variabile in funzione del numero di terne.

### 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 30 kV**

Tratta		Lunghezza terna	Sezione selezionata	Lunghezza totali cavi	Tipologia di cavo
da	a	[m]	[mm <sup>2</sup> ]	[m]	
C01	C02	497	95	497	Tripolare ad elica visibile
C02	C03	641	95	641	Tripolare ad elica visibile
C03	C04	248	95	248	Tripolare ad elica visibile
C04	T03	4674	300	4674	Tripolare ad elica visibile
C14	C18	347	95	347	Tripolare ad elica visibile
C18	T03	319	95	319	Tripolare ad elica visibile
T03	SE	15837	630	47511	Unipolare
C05	C06	133	95	133	Tripolare ad elica visibile
C06	C07	211	95	211	Tripolare ad elica visibile
C07	T02	4060	240	4060	Tripolare ad elica visibile
C15	C16	242	95	242	Tripolare ad elica visibile
C16	C17	177	95	177	Tripolare ad elica visibile
C17	T02	254	240	254	Tripolare ad elica visibile
T02	SE	16059	630	48177	Unipolare
C08	C09	182	95	182	Tripolare ad elica visibile
C09	C10	173	95	173	Tripolare ad elica visibile
C10	C11	710	240	710	Tripolare ad elica visibile
C11	T01	131	240	131	Tripolare ad elica visibile
C13	C12	178	95	178	Tripolare ad elica visibile
C12	T01	55	95	55	Tripolare ad elica visibile
T01	SE	16603	630	49809	Unipolare

**Appendice 01**

**Estratto foglio di calcolo dimensionamento cavi**

### Dati di progetto

Tensione rete MT impianto solare :	30 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 :	
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 a teorica (m)	Lunghezza a effettiva (m)	N° Power Station Connesse	N° terme affiancate	Potenza nominale						I <sub>n</sub> (A)	I <sub>nr</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		
							Scelta Pot. 1	Scelta Pot. 2	Scelta Pot. 3	Scelta Pot. 4	Scelta Pot. 5	Scelta Pot. 6												↔	↔	
1	C01	C02	453	497	1	1	1						51,2	53,28	12	0,5	35	92	35	92	95	24,0	Tripolare ad elica visibile	0	↔	0
1	C02	C03	593	641	2	1	1	4					128	133,4	12	0,5	50	92	35	92	95	60,1	Tripolare ad elica visibile	1	↔	1
1	C03	C04	212	248	3	1	1	4	4				205	213,5	12	0,5	95	92	35	95	95	96,2	Tripolare ad elica visibile	0	↔	0
1	C04	T03	4509	4674	4	3	1	4	4	5			286	376,8	14	0,5	300	108	120	300	300	90,6	Tripolare ad elica visibile	8	↔	9
1	C14	C18	308	347	1	1	2						53,9	56,09	12	0,5	35	92	35	92	95	25,3	Tripolare ad elica visibile	0	↔	0
1	C18	T03	281	319	2	1	2	3					110	114,8	12	0,5	35	92	35	92	95	51,7	Tripolare ad elica visibile	0	↔	0
1	T03	SE	15347	15837	6	3	1	4	4	5	2	3	396	522,1	14	0,5	500	108	500	500	630	84,6	Unipolare	28	↔	31
2	C05	C06	100	133	1	1	5						80,8	84,13	12	0,5	35	92	35	92	95	37,9	Tripolare ad elica visibile	0	↔	0
2	C06	C07	176	211	2	1	5	5					162	168,3	12	0,5	70	92	35	92	95	75,8	Tripolare ad elica visibile	0	↔	0
2	C07	T02	3913	4060	3	3	5	5	5				242	319,5	12	0,5	240	92	95	240	240	86,6	Tripolare ad elica visibile	7	↔	8
2	C15	C16	206	242	1	1	5						80,8	84,13	12	0,5	35	92	35	92	95	37,9	Tripolare ad elica visibile	0	↔	0
2	C16	C17	143	177	2	1	5	5					162	168,3	12	0,5	70	92	35	92	95	75,8	Tripolare ad elica visibile	0	↔	0
2	C17	T02	217	254	3	1	5	5	2				216	224,3	12	0,5	120	92	35	120	240	60,8	Tripolare ad elica visibile	0	↔	0
2	T02	SE	15562	16059	6	3	5	5	5	5	2		458	603,5	14	0,5	630	108	630	630	630	97,8	Unipolare	29	↔	32
3	C08	C09	148	182	1	1	3						56,4	58,69	12	0,5	35	92	35	92	95	26,4	Tripolare ad elica visibile	0	↔	0
3	C09	C10	139	173	2	2	3	6					141	166,8	12	0,5	70	92	35	92	95	75,2	Tripolare ad elica visibile	0	↔	0
3	C10	C11	660	710	3	2	3	6	6				226	267	12	0,5	150	92	35	150	240	72,4	Tripolare ad elica visibile	1	↔	1
3	C11	T01	98	131	4	2	3	6	6	5			307	362,6	12	0,5	240	92	35	240	240	98,3	Tripolare ad elica visibile	0	↔	0
3	C13	C12	144	178	1	1	3						56,4	58,69	12	0,5	35	92	35	92	95	26,4	Tripolare ad elica visibile	0	↔	0
3	C12	T01	24	55	2	1	3	3					113	117,4	12	0,5	35	92	35	92	95	52,9	Tripolare ad elica visibile	0	↔	0
3	T01	SE	16090	16603	6	3	3	6	6	5	3	3	419	552,5	14	0,5	630	108	630	630	630	89,5	Unipolare	30	↔	33