

**IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA  
DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE  
PARI A 43,0 MVA DENOMINATO "PADULA"**

**REGIONE PUGLIA  
PROVINCIA di FOGGIA  
COMUNE di CANDELA**

**Località: Masseria Padula**

PROGETTO DEFINITIVO  
Id AU HF0TH51

Tav.:

Titolo:

**7a**

**Calcoli preliminari degli impianti**

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato

n.a.

**A4**

**HF0TH51\_CalcoliPreImpianti\_07a**

Progettazione:

Committente:

**DOTT. ING. Fabio CALCARELLA**

Via Bartolomeo Ravenna, 14 - 73100 Lecce  
Mob. +39 340 9243575  
fablo.calcarella@gmail.com - fablo.calcarella@ingpec.eu  
P. IVA 04433020759

**Whysol-E Sviluppo S.r.l.**

Via Meravigli, 3 - 20123 - MILANO  
Tel: +39 02 359605  
info@whysol.it - whysol-e.sviluppo@legalmail.it  
P. IVA 10692360968



A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Fabio Calcarella'.

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Luglio 2020	Prima emissione	STC	FC	WHYSOL E- Sviluppo s.r.l.

## Sommario

1. Premessa.....	3
2. Descrizione generale dell'impianto fotovoltaico .....	3
3. Dimensionamento preliminare dei componenti d'impianto .....	8
3.1. ELETTRDOTTO DI COLLEGAMENTO ALLA Cabina di Smistamento "Matisse" (dorsale esterna).....	9
3.1.1. Generalità .....	9
3.1.2. Descrizione del tracciato del cavidotto .....	9
3.1.3. Opere attraversate .....	10
3.1.4. Caratteristiche tecniche del cavidotto di collegamento alla Cabina di Smistamento "Matisse" (dorsale esterna) .....	10
3.1.5. Dimensionamento del cavidotto.....	10
3.1.6. Caratteristiche tecniche della linea .....	10
3.1.7. Calcolo della portata massima della linea MT.....	11
3.1.8. Dati nominali di funzionamento del cavidotto.....	16
3.2. ELETTRDOTTI MT INTERNI (rete elettrica interna all'Impianto fotovoltaico per il collegamento dei sotto-campi alla Cabina di Smistamento).....	16
3.2.1. Stima della lunghezza delle linee in cavo (in m) .....	18
3.2.2. Caratteristiche tecniche delle linee .....	19
3.3. Giunti cavi MT.....	19
4. Dimensionamento preliminare della rete di terra (Impianto fotovoltaico).....	23
4.1. Rete di terra di impianto fotovoltaico .....	23
4.1.1. Verifiche di idoneità dell'impianto .....	24
4.1.2. Efficienza dell'impianto di terra per tensioni di contatto .....	24
4.2. Rete di terra Cabine di Smistamento e delle Cabine di Campo .....	25
5. Dimensionamento preliminare dell'Impianto di illuminazione (Parco Fotovoltaico) 26	
5.1.1. Protezioni contro i contatti diretti .....	27
5.1.2. Caduta di tensione .....	27
5.1.3. Impianto di terra.....	29
5.1.4. Protezione da sovraccarichi e cortocircuiti .....	30
5.1.5. Cavidotti e pozzetti .....	30
5.1.6. Quadro elettrico – interruttori di protezione .....	31
5.2. Corpi illuminanti .....	31
5.2.1. Pali di sostegno .....	32
5.2.2. Fondazioni.....	32
5.2.3. Caratteristiche illuminotecniche .....	32
6. Dimensionamento preliminare dell'Impianto videosorveglianza e antintrusione (Parco Fotovoltaico).....	33
7. Dimensionamento preliminare dell'Impianto di illuminazione (SSE Utente).....	34
7.1.1. Protezioni contro i contatti diretti .....	36
7.1.2. Caduta di tensione .....	36
7.1.3. Impianto di terra.....	37
7.1.4. Protezione da sovraccarichi e cortocircuiti .....	38

7.1.5.	Cavidotti e pozzetti .....	38
7.1.6.	Quadro elettrico – interruttori di protezione .....	39
7.2.	Corpi illuminanti .....	39
7.2.1.	Pali di sostegno .....	40
7.2.2.	Fondazioni.....	40
7.2.3.	Caratteristiche illuminotecniche .....	40
8.	Dimensionamento preliminare dell’Impianto videosorveglianza e antintrusione (SSE).....	41

## 1. Premessa

Scopo della presente relazione è quello di dare una descrizione tecnica delle opere e degli impianti necessari per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico "Padula" della società *Whysol E Sviluppo S.r.l.* di potenza nominale pari a 43.000 kW e potenza installata pari a 45.252,72 kWp ed in particolare di:

- elettrodotto interrato di collegamento (dorsale esterna) alla esistente e già collegata alla SE Terna "Deliceto".
- linee di Media Tensione interne all'impianto Fotovoltaico (linee in entra-esce dalle Cabine di Campo);
- rete di terra dell'impianto fotovoltaico.

## 2. Descrizione generale dell'impianto fotovoltaico

È previsto che la centrale fotovoltaica venga allacciata alla Rete di Trasmissione Nazionale, con immissione dell'energia prodotta nella sezione 150 kV della Stazione Elettrica TERNA 150/380 kV "Deliceto". L'immissione avviene tramite la Cabina di Smistamento "Matisse" esistente, prossima alle aree di impianto e già collegata alla SE Terna di Deliceto, attraverso lo stallo del parco eolico "Manet" di Del Energy S.r.l.. Dalla Cabina di Smistamento, infatti, ampliata con l'arrivo delle linee MT del parco fotovoltaico in progetto, parte una linea MT già autorizzata e di proprietà del parco eolico "Matisse" – *Farpower S.r.l.* che raggiunge la sottostazione elettrica di trasformazione "Matisse" sita in Deliceto (FG).

Il Cavidotto MT a 30 kV che lo collegherà alla SSE, interesserà esclusivamente il Comune di Candela (FG). Le sue caratteristiche principali sono:

<b>Latitudine</b>	<b>Longitudine</b>	<b>Comune</b>
41°07'48,02"N	15°33'43,51"E	Candela (FG)

**Tabella A – Ubicazione geografica delle opere**

<b>Estensione (ha)</b>	<b>Potenza (MW)</b>	<b>Rapporto ha / MW</b>	<b>Ubicazione NCT</b>
67,4 ha	45,27	1,48	Foglio 36 (Candela)

**Tabella B – Estensione e Potenza installata**

Da un punto di vista elettrico, il generatore fotovoltaico è costituito da stringhe. Una stringa sarà formata da 24 moduli collegati in serie, pertanto la tensione di stringa è data dalla somma delle tensioni a vuoto dei singoli moduli, mentre la corrente di stringa coincide con la corrente del singolo modulo.

Moduli per stringa	V <sub>OC</sub> (V) - NOCT	I <sub>mp</sub> (A) - NOCT	Tensione stringa	Corrente stringa
24	48,30	8,13	1.159,2 V	8,67 A

Nella tabella seguente si evidenziano il numero di stringhe contenute nei tracker a seconda della loro lunghezza.

	Pot. Modulo (Wp)	Numero moduli	N° di stringhe
Tracker 24moduli	445	24	1
Tracker 48 moduli	445	48	2

L'energia prodotta dalle stringhe afferisce nei Quadri di Parallelo Stringhe, posizionati in campo in prossimità delle strutture di sostegno dei moduli. L'energia raccolta in ciascuno di essi viene poi trasportata all'interno degli Shelter preassemblati in stabilimento dal fornitore, contenenti il gruppo conversione / trasformazione, dove afferirà a degli inverter centralizzati, uno per ogni Shelter. L'inverter sarà dotato di un numero di ingressi pari a 32, con una massima tensione di ingresso pari a 1.500 V e range operativo 850/1.425 V (la tensione massima di stringa è di 1.159,2 V). Come detto in ciascuno dei 32 ingressi dell'inverter afferisce un quadro di parallelo stringhe. In particolare si prevede che a ciascun inverter afferiscano un massimo di 24 stringhe.

L'inverter effettua la conversione della corrente continua in corrente alternata a 550 V trifase, con frequenza di 50 Hz. È prevista l'installazione di:

- n°17 inverter, di cui n°15 con potenza in uscita lato AC pari a 2.500 kVA e n°2 con potenza pari a 2.750 kVA, per una potenza nominale totale di 43.000 kVA.

All'interno degli Shelter l'energia a 550 V in c.a. subirà un innalzamento di tensione sino a 30 kV. In ciascuno Shelter sarà installato infatti un trasformatore MT/BT (n°15 di taglia pari a 2.500 kVA e n°2 di taglia pari a 2.750 kVA).

In uscita dagli Shelter, l'energia sarà trasportata verso la più vicina Cabina di Campo.

Nella tabella seguente si riassumono le caratteristiche principali dell'impianto. In particolare sono indicati:

- numero di tracker da 24 moduli installati;
- numero di tracker da 48 moduli installati;
- numero di pannelli installati;
- potenza di picco installata.

Candela Lotto OVEST - p.lle 74, 75, 76, 77, 230, 234 - FG 36							
Tracker Type	N° Strings/Tracker	N° PV Panels/Tracker	Tracker quantity	Total N° strings	QP	Totale N° PV Panels	Peak Power (kWp)
Trck 48 PV M	2	48	1.004	2.008		48.192	21.445,44
Trck 24 PV M	1	24	181	181		4.344	1.933,08
<b>Total</b>			<b>1.185</b>	<b>2.189</b>	<b>123</b>	<b>52.536</b>	<b>23.378,52</b>

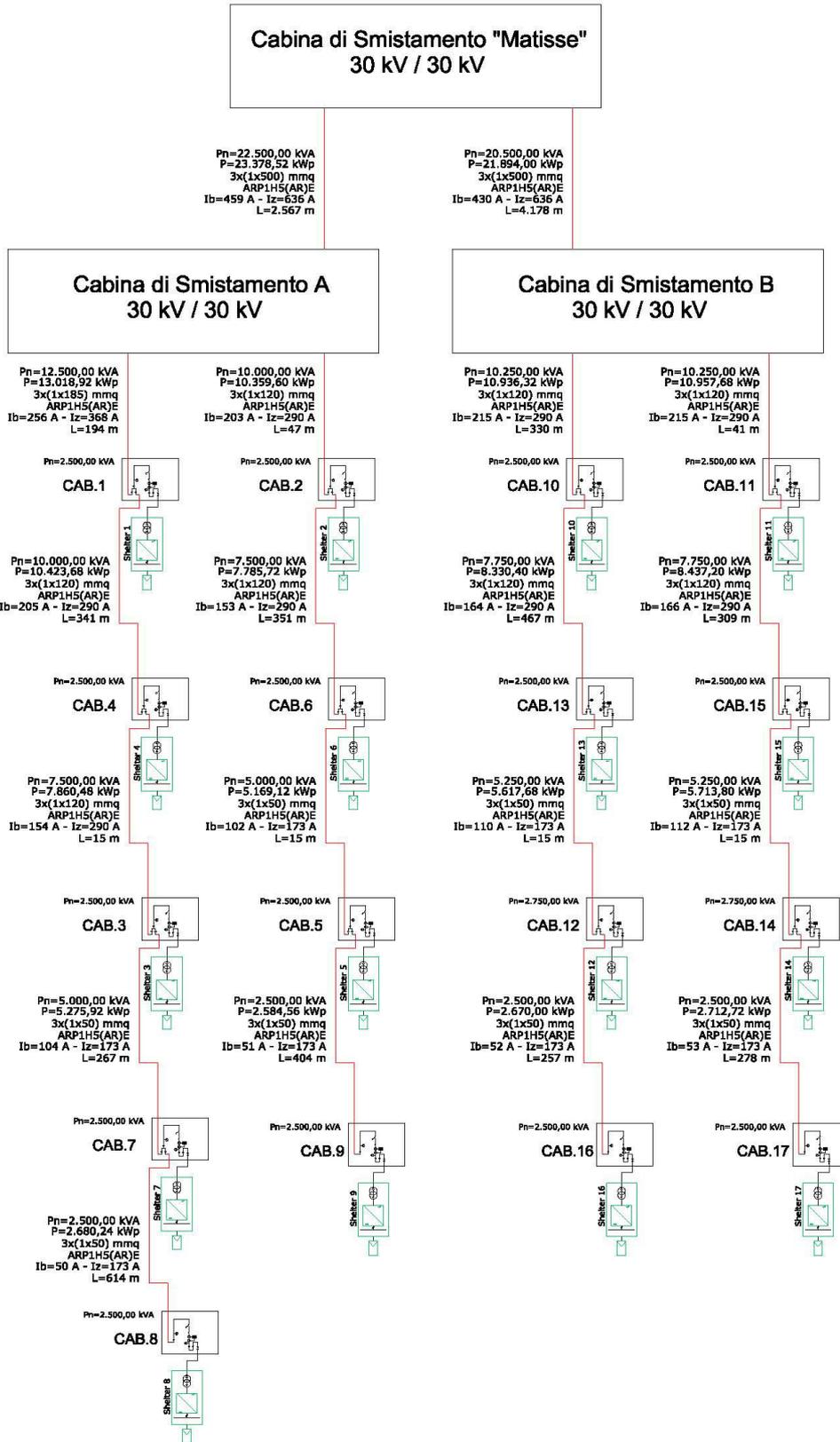
Candela Lotto EST - p.lle 90, 217, 89, 103, 207, 208 - FG 36							
Tracker Type	N° Strings/Tracker	N° PV Panels/Tracker	Tracker quantity	Total N° strings	QP	Totale N° PV Panels	Peak Power (kWp)
Trck 48 PV M	2	48	962	1.924		46.176	20.548,32
Trck 24 PV M	1	24	126	126		3.024	1.345,68
<b>Total</b>			<b>1.088</b>	<b>2.050</b>	<b>108</b>	<b>49.200</b>	<b>21.894,00</b>

TOTALE				
2.273	4.239	231	101.736	45.272,52

**Principali caratteristiche impianto e potenza di picco installata**

Si evince quindi che la potenza installata totale di picco dell'impianto sarà pari a 45.272,52 kWp.

Gruppi di Cabine di Campo (in totale 4), a loro volta, saranno elettricamente collegate in serie, secondo la classica configurazione in "entra-esce", tramite linee MT a 30 kV in cavo interrato. Si formeranno, così, 4 sottocampi, secondo lo schema sotto riportato.



L'energia di ciascun sottocampo sarà convogliata (sempre tramite linee MT in cavo), nelle Cabine di Smistamento (CdS) del tipo MT/MT.

Dalle Cabine di Smistamento l'energia sarà trasportata, tramite linea in cavo MT a 30 kV (costituita da 2 terne di cavi Air-Bag da 500 mm<sup>2</sup>, di stimata lunghezza pari a:

- linea 1 circa 2.566 m;
- linea 2 circa 4.178 m.

LINEE SC 1 Ovest										
	Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
CABINE	Cb. 8 - 7	2.680,68	30,00	52,64	50,00	173 A	575,00	603,75	10,00	613,75
	Cb. 7 - 3	5.275,92	30,00	103,61	50,00	173 A	245,00	257,25	10,00	267,25
	Cb. 3 - 4	7.860,48	30,00	154,36	120,00	290 A	5,00	5,25	10,00	15,25
	Cb. 4 - 1	10.423,68	30,00	204,70	120,00	290 A	315,00	330,75	10,00	340,75
	<b>Cb. 1 - CdS A</b>	13.018,92	30,00	255,66	185,00	368 A	175,00	183,75	10,00	193,75

LINEE SC 2 Ovest										
	Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
CABINE	Cb. 9 - 5	2.584,56	30,00	50,75	50,00	173 A	375,00	393,75	10,00	403,75
	Cb. 5 - 6	5.169,12	30,00	101,51	50,00	173 A	5,00	5,25	10,00	15,25
	Cb. 6 - 2	7.785,72	30,00	152,89	120,00	290 A	325,00	341,25	10,00	351,25
	<b>Cb. 2 - CdS A</b>	10.359,60	30,00	203,44	120,00	290 A	35,00	36,75	10,00	46,75

LINEE SC 3 Est										
	Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
CABINE	Cb. 16 - 12	2.670,00	30,00	52,43	50,00	173 A	235,00	246,75	10,00	256,75
	Cb. 12 - 13	5.617,68	30,00	110,32	50,00	173 A	5,00	5,25	10,00	15,25
	Cb. 13 - 10	8.330,40	30,00	163,59	120,00	290 A	435,00	456,75	10,00	466,75
	<b>Cb. 10 - CdS B</b>	10.936,32	30,00	214,76	120,00	290 A	305,00	320,25	10,00	330,25

LINEE SC 4 Est										
	Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
CABINE	Cb. 17 - 14	2.712,72	30,00	53,27	50,00	173 A	255,00	267,75	10,00	277,75
	Cb. 14 - 15	5.713,80	30,00	112,21	50,00	173 A	5,00	5,25	10,00	15,25
	Cb. 15 - 11	8.437,20	30,00	165,69	120,00	290 A	285,00	299,25	10,00	309,25
	<b>Cb. 11 - CdS B</b>	10.957,68	30,00	215,18	120,00	290 A	30,00	31,50	10,00	41,50

LINEE a CdS "Matisse"										
	Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
	<b>CdS A - CdS</b>	23.378,52	30,00	459,10	500,00	636 A	2.435,00	2.556,75	10,00	2.566,75
	<b>CdS B - CdS</b>	21.894,00	30,00	429,95	500,00	636 A	3.970,00	4.168,50	10,00	4.178,50

La Cabina di Smistamento "Matisse" come detto, è collegata alla SE TERNA 150/380 kV "Deliceto".

In estrema sintesi, l'impianto di generazione è costituito da:

- 101.736 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino (collettori solari) di potenza massima unitaria pari a 445 Wp;
- 4.239 stringhe, ciascuna costituita da 24 moduli da 445 Wp collegati in serie. Tensione di stringa 1.160,54 V, corrente di stringa 10,77 A;

- c. 17 cabinati (Shelter) preassemblati in stabilimento dal fornitore e contenuti il gruppo conversione / trasformazione, ed in particolare gli Inverter Centralizzati (n°15 da 2.500 kVA e n° 2 da 2.750 kVA) per la conversione della corrente da c.c. a c.a. ed i trasformatori MT/BT per l'innalzamento di tensione 0,55/30 kV. I 17 Cabinati ricevono la corrente dai Quadri di Parallelo Stringhe;
- d. 17 Cabine di Campo (CdC) contenenti i Quadri BT e MT. Le CdC saranno collegate fra loro in entra-esce tramite linee MT in cavo interrato a 30 kV;
- e. Due Cabine di Smistamento (una per lotto), in cui viene raccolta tutta l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico (e quindi dalle CdC). Dalle CdS, tramite 2 linee MT in cavo interrato, l'energia prodotta viene trasferita alla Cabina di Smistamento "Matisse".
- f. Gruppi di Misura (GdM) dell'energia prodotta, a loro volta costituiti dagli Apparecchi di Misura (AdM) e dai trasduttori di tensione (TV) e di corrente (TA). Particolare rilievo assumono, a tal proposito, il punto di installazione degli AdM, il punto e le modalità di prelievo di tensione e corrente dei relativi TA e TV, la classe di precisione dei singoli componenti del GdM.
- g. Apparecchiature elettriche di protezione e controllo BT, MT, ed altri impianti e sistemi che rendono possibile il sicuro funzionamento dell'intera installazione e le comunicazioni al suo interno e verso il mondo esterno, installati all'interno delle CdC, e delle 2 Cabine di Smistamento in terne all'Impianto;
- h. Apparecchiature di protezione e controllo dell'intera rete MT.

### 3. Dimensionamento preliminare dei componenti d'impianto

Come già accennato in premessa, i cavidotti MT possono essere suddivisi in:

- 1) cavidotto interno di collegamento in MT a 30 kV tra le Cabine di Campo (in entra ed esce) e da queste alle **Cabine di Smistamento (CdS)**;
- 2) dorsale esterna di collegamento CdS (Cabina di Smistamento Utnete) – Cabina di Smistamento esistente "Matisse", realizzata con due terne di cavi MT sempre a 30 KV;

In sintesi, abbiamo:

- Cavidotti interrati interni all'impianto, in **Media Tensione** a 30 kV sino alle **Cabine di Smistamento**;
- Una linea MT interrata (*dorsale esterna*), realizzata con doppia terna di cavi in alluminio a 30 kV;

- Corda di rame nuda posata ad intimo contatto con il terreno lungo il percorso del *cavidotto interno*.

La corda di rame sarà posata anche sul perimetro dell'impianto e all'interno degli scavi per i cavi BT, per la messa a terra delle strutture, dei Quadri di parallelo stringa, delle Cabine di Campo e degli Shelter (gruppi conversione/trasformazione).

### **3.1. ELETTRDOTTO DI COLLEGAMENTO ALLA Cabina di Smistamento "Matisse" (dorsale esterna)**

#### **3.1.1. Generalità**

Il percorso del tracciato dell'elettrodotta di collegamento alla **Cabina di Smistamento "Matisse"** (dorsale esterna), è stato studiato tenendo conto dei seguenti criteri progettuali:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato sia per occupare la minor porzione possibile di territorio, sia per non superare certi limiti di convenienza tecnico economica;
- mantenere il tracciato del cavo il più possibile all'interno delle strade esistenti, soprattutto in corrispondenza dell'attraversamento di nuclei e centri abitati, tenendo conto di eventuali trasformazioni ed espansioni urbane future;
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse e isolate, rispettando le distanze minime prescritte dalla normativa vigente;
- minimizzare l'interferenza con le eventuali zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico;

Inoltre, per quanto riguarda l'esposizione ai campi magnetici, in linea con il dettato dell'art. 4 del DPCM 08-07-2003 di cui alla Legge. n° 36 del 22/02/2001, i tracciati sono stati eseguiti tenendo conto dell'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T. Si veda a tale riguardo la "*Relazione di verifica esposizione ai campi elettromagnetici*".

#### **3.1.2. Descrizione del tracciato del cavidotto**

L'elettrodotta in oggetto, avrà una lunghezza complessiva di circa 3,970 km. Si svilupperà interamente nel Comune di Candela (FG).

Il tracciato "correrà" quasi interamente su terreni agricoli, salvo brevi tratti su strada pubblica esistente.

### 3.1.3. Opere attraversate

Lungo il percorso del cavidotto potrebbero essere presenti alcune interferenze con altri sottoservizi, in particolare:

- interferenze con condotte AQP;
- interferenze con linee TELECOM;
- interferenze con linee MT di altri produttori;
- interferenze con tubazioni gas.

Queste saranno oggetto di dettaglio e rilievo puntuale, in fase di Progettazione Esecutiva.

Per la risoluzione delle stesse ci si rimetterà ad ogni modo, alle indicazioni dettata dagli stessi Enti proprietari dei sottoservizi di cui sopra, in sede di Conferenza di Servizi.

### 3.1.4. Caratteristiche tecniche del cavidotto di collegamento alla Cabina di Smistamento "Matisse" (dorsale esterna)

Come detto, il cavidotto costituisce l'elemento di collegamento tra le Cabine di Smistamento (Cds), situate sul perimetro dei lotti dell'impianto fotovoltaico (la cui funzione è quella di raccogliere tutta l'energia prodotta dall'impianto) e la Cabina di Smistamento "Matisse".

L'elettrodotto dovrà assicurare una portata nominale di 43.000 kW, pari cioè alla potenza totale dell'impianto in oggetto.

L'elettrodotto consisterà in due terne di cavi interrati in alluminio da 500 mm<sup>2</sup>, del tipo ARPH15(AR)E.

Per i calcoli si è considerata la potenza totale erogata dai moduli fotovoltaici.

La corrente massima che interessa la dorsale esterna è la seguente:

$$I_{b\_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi} = \frac{45.272,52 * 10^6}{0,98 * \sqrt{3} * 30 * 10^3} = 889 \text{ A} \quad (1)$$

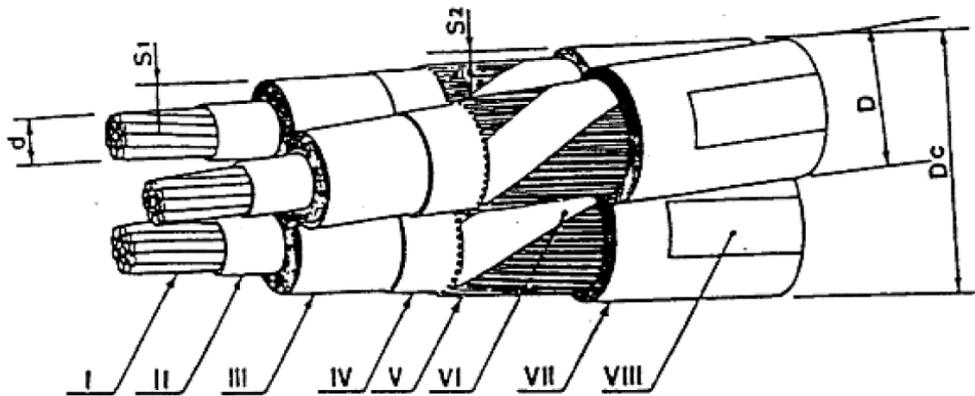
### 3.1.5. Dimensionamento del cavidotto

La linea sarà realizzata interamente in cavo interrato in modo da ridurre al minimo l'impatto ambientale.

### 3.1.6. Caratteristiche tecniche della linea

I cavi utilizzati saranno del tipo ARPH1H(AR)E unipolare ad isolamento con elastomero termoplastico con conduttori di alluminio, aventi una sezione nominale di 500 mm<sup>2</sup>. I conduttori

saranno posati a trifoglio. Le caratteristiche dei suddetti cavi sono riportate nella figura di seguito **Fig. 1**



I - Conduttore	IV - Strato semiconduttore	VII - Guaina di PVC
II - Strato semiconduttore	V - Schermo	VIII - Stampigliatura
III - Isolante	VI - Nastro equalizzatore (eventuale)	

**Fig. 1 – caratteristiche cavi unipolari**

L'isolamento sarà costituito da mescola in elastomero termoplastico con una temperatura di sovraccarico massima pari a 140° C.

La corrente prodotta dall'impianto e calcolata nella (1) è pari a **878 A**.

La quota parte trasportata da ciascuna delle due terne sarà quindi pari a:

- **Linea 1: 459 A**
- **Linea 2: 430 A**

### **3.1.7. Calcolo della portata massima della linea MT**

I cavi saranno posati in trincee a cielo aperto senza protezione meccanica supplementare (*posa diretta*).

A seguito di analisi a vista dello stato dei luoghi non sono stati rilevati lungo il percorso del cavo MT sotto servizi. È tuttavia possibile che nell'ambito dell'iter autorizzativo società o enti segnalino la presenza di condotte e/o cavidotti interferenti e che si debba ricorrere ad attraversamenti in TOC. L'utilizzo della TOC non è peraltro strettamente necessario per risolvere incroci o interferenze dal momento che si potrebbe in ogni caso utilizzare scavi a cielo aperto. Ad ogni modo solo in corrispondenza degli attraversamenti in TOC i cavi saranno

posati all'interno di tubazioni (diametro 225/250 mm). Tali condizioni di posa sono da considerare le più gravose dal punto di vista termico, poiché abbiamo quattro terne che viaggiano all'interno di quattro tubazioni fra loro affiancate.

Tuttavia nel calcolo delle perdite che segue, atteso che i tratti in TOC qualora presenti saranno di lunghezza limitata, si farà riferimento alle modalità di posa prevalenti ovvero **posa direttamente interrata ad intimo contatto con il terreno senza l'utilizzo di sabbia**.

Il calcolo delle portate dei cavi è stato calcolato facendo riferimento alle tabelle sotto riportate. In particolare la portata è stata calcolata partendo dalla seguente tabella.

Il costruttore dichiara che la portata di corrente espressa in Ampere è calcolata secondo il metodo della IEC 60287, ed i calcoli sono riferiti alle seguenti condizioni di riferimento:

- 1) Temperatura ambiente per posa interrata: 20°C
- 2) Profondità di posa per tensione di esercizio di 30 KV: 1,0 m
- 3) La resistività termica 1°C m/W per terreno o sabbia con normale contenuto di umidità
- 4) Schermi metallici collegati a terra e messi a terra ad entrambe le estremità.

La portata effettiva del cavo è stata poi calcolata in relazione alle condizioni di posa effettive facendo riferimento ai coefficienti di correzione riportati dal costruttore nel documento [1], ed alla formula (norma IEC 60502-2):

$$I_z = I_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4$$

Dove

$I_0$  = portata del conduttore dichiarata dal costruttore

$k_1$  = coefficiente di correzione per posa di più terne affiancate

$k_2$  = coefficiente di correzione per temperatura del terreno diversa da quella di riferimento

$k_3$  = coefficiente di correzione per profondità di posa diversa da quella di riferimento

$k_4$  = coefficiente di correzione per resistività termica del terreno diversa da quella di riferimento

### Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARP1H5(AR)E

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

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

50	8,2	24,8	38	1060	540
70	9,7	25,1	38	1110	550
95	11,4	26,0	39	1200	560
120	12,9	26,9	40	1300	580
150	14,0	27,6	41	1390	580
185	15,8	29,0	42	1540	610
240	18,2	31,4	45	1790	630
300	20,8	34,6	49	2160	690
400	23,8	37,8	53	2570	750
500	26,7	40,9	56	3020	790
630	30,5	45,5	61	3640	860

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

50	195	173	129
70	242	212	158
95	293	254	190
120	339	290	217
150	382	324	242
185	439	368	275
240	519	428	320
300	599	486	363
400	700	557	416
500	812	636	475
630	943	725	541

Come detto la posa sarà diretta, ovvero i cavi saranno posati direttamente sul fondo dello scavo. Solo per brevi tratti i cavi saranno eventualmente posati in tubazioni: in corrispondenza in corrispondenza delle TOC.

Inoltre è previsto che lungo il percorso del Cavidotto tra il Lotto Ovest e la Cabia "Matisse", le due terne di cavi "viaggeranno" affiancate, ad una distanza di 10 cm circa tra una terna e l'altra.

Abbiamo quindi:

distanza tra cavi o terne (in orizzontale)	numero di cavi o terne (in orizzontale)			
<i>distance between cables or systems (horizontally)</i>	<i>number of systems (horizontally)</i>			
(cm)	2	3	4	6
7	0,84	0,74	0,67	0,60
25	0,86	0,78	0,74	0,69

Pertanto, considerando di avere una distanza tra le terne di poco superiore a 7 cm (10 cm circa), abbiamo:

$$k_1 = 0,84$$

La temperatura del terreno si pone pari a 20°C ovvero uguale a quella di riferimento indicata dal costruttore, pertanto:

$$k_2 = 1$$

La profondità di posa è pari a 1,2 m, abbiamo:

**Cavi posati in terra / Buried cables**

profondità di posa (m)			
laying depths (m)			
0,80	1,00	1,2	1,5
1,02	1,00	0,98	0,96

Pertanto

$$k_3 = 0,98$$

Per quanto attiene la resistenza termica, abbiamo

resistenza termica			
thermal resistivity (Km/W)			
0,80	1,0	1,2	1,5
1,08	1,00	0,93	0,85

Inoltre sempre il costruttore dichiara che le resistività termiche sono intese uniformi e:

- Resistenza termica = 1°C m/W per terreno o sabbia con normale contenuto di umidità
- Resistenza termica = 1,2°C m/W per terreno o sabbia poco umidi
- Resistenza termica = 1,5 °C m/W per terreno o sabbia scarsamente umidi

Il terreno dell'area è in linea generale di tipo roccioso con normale contenuto di umidità, pertanto possiamo considerare che il valore della resistenza termica sia pari a 1°C m/W, e pertanto

$$k_4 = 1,00$$

In definitiva abbiamo che il coefficiente di riduzione totale è pari a:

$$k_{tot} = 0,84 \times 1 \times 0,98 \times 1,00 = 0,82$$

Si è scelto di utilizzare per le terne di cavi, una sezione di 500 mm<sup>2</sup> posati a trifoglio per cui si ha una portata pari a **636 A**

### Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARP1H5(AR)E

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	peso del cavo	raggio minimo di curvatura
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	weight	minimum bending radius
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)

sezione nominale	posa in aria a trifoglio	posa interrata a trifoglio ρ=1 °C m/W	posa interrata a trifoglio ρ=2 °C m/W
conductor cross-section	open air installation trefoil	underground installation trefoil ρ=1 °C m/W	underground installation trefoil ρ=2 °C m/W
(mm <sup>2</sup> )	(A)	(A)	(A)

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

50	8,2	18,0	31	720	440
70	9,7	19,1	32	810	450
95	11,4	20,6	34	920	480
120	12,9	22,1	35	1040	490
150	14,0	23,4	37	1150	520
185	15,8	25,6	39	1330	550
240	18,2	27,8	41	1570	580
300	20,8	31,0	45	1840	630
400	23,8	34,9	49	2310	690
500	26,7	37,1	52	2720	730
630	30,5	41,5	57	3300	800

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

50	193	173	129
70	240	213	157
95	292	255	190
120	338	291	217
150	381	325	243
185	439	369	276
240	520	430	321
300	601	487	363
400	703	558	417
500	816	637	476
630	949	726	542

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

50	8,2	24,8	38	1060	540
70	9,7	25,1	38	1110	550
95	11,4	26,0	39	1200	560
120	12,9	26,9	40	1300	580
150	14,0	27,6	41	1390	580
185	15,8	29,0	42	1540	610
240	18,2	31,4	45	1790	630
300	20,8	34,6	49	2160	690
400	23,8	37,8	53	2570	750
500	26,7	40,9	56	3020	790
630	30,5	45,5	61	3640	860

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

50	195	173	129
70	242	212	158
95	293	254	190
120	339	290	217
150	382	324	242
185	439	368	275
240	519	428	320
300	599	486	363
400	700	557	416
500	812	636	475
630	945	725	541

tabella per la scelta delle sezioni dei cavi MT tipo ARP1H5(AR)E

Tenuto conto dei coefficienti **k** sopra calcolati, la portata effettiva della terna MT sarà pari a:

Sezione nominale	Portata nominale I <sub>0</sub> [A]	Coefficiente di riduzione k <sub>tot</sub>	Portata effettiva I <sub>x</sub> da calcolo [A]
500 mm <sup>2</sup>	636	0,82	518,24

Come detto al paragrafo precedente, le due line trasporteranno i seguenti valori di corrente:

- **Linea 1: 459 A**
- **Linea 2: 430 A**

È evidente che dal confronto della corrente trasportata e quella nominale del cavo tenuto del coefficiente di riduzione **k**, si ha:

- **Linea 1: 459 A ( $I_b$ ) < 518, 24 A ( $I_z$ )**
- **Linea 2: 430 A ( $I_b$ ) < 518, 24 A ( $I_z$ )**

quindi la sezione scelta è idonea a trasportare la corrente data.

### **3.1.8. Dati nominali di funzionamento del cavidotto**

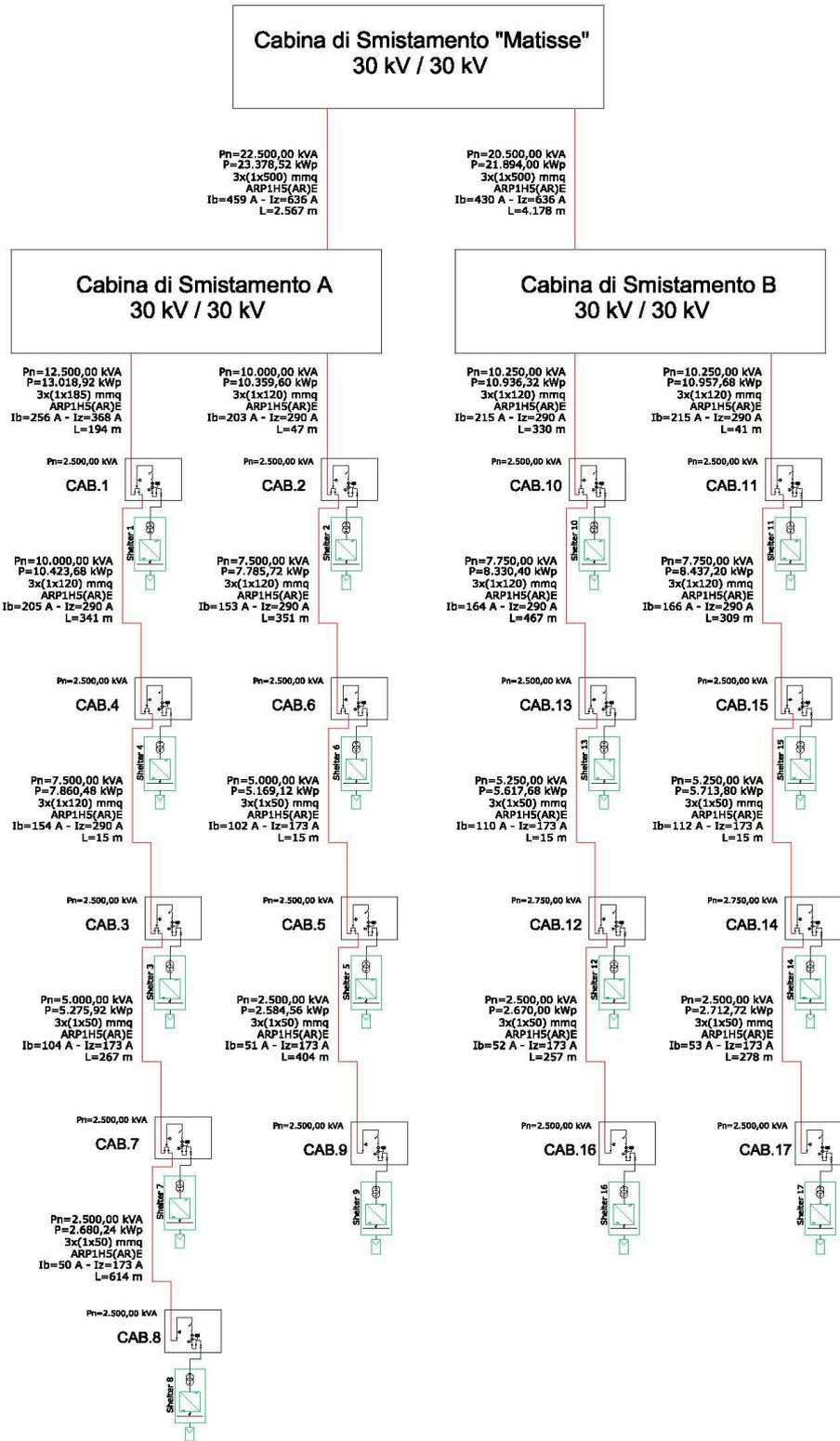
- Tensione nominale 30 kV
- Frequenza nominale 50 Hz
- Corrente nominale per ciascuna delle due terne  **$I_b = 521,52 A$**
- Corrente massima di esercizio per ciascuna terna  **$I_z = 459 A$**  (per la linea 1) e  **$I_z = 430 A$**  (per la linea 1)
- Potenza massima di esercizio 43,0 MW

### **3.2. ELETTRODOTTI MT INTERNI (rete elettrica interna all'Impianto fotovoltaico per il collegamento dei sotto-campi alla Cabina di Smistamento)**

Le **Cabine di Campo** raccolgono l'energia convertita (da **c.c.** in **c.a.**) e trasformata (da **BT** in **MT**). Sono collegate in configurazione entra-esce sino a due **CdS (Cabine di Smistamento)**, una per ciascuno dei due lotti, così da formare 4 sottocampi elettrici. Questa rete di collegamenti costituisce quello che in premessa abbiamo definito cavidotto interno di collegamento dell'impianto Fotovoltaico.

Le due **CdS** come detto e trattato in precedenza, saranno collegate alla Cabina di Smistamento "**Matisse**", tramite doppia terna di cavi MT, seguendo un percorso di lunghezza pari a circa 3,970 km. Le terne così definite formano la dorsale esterna di collegamento CdS Utente– CdS "Matisse".

Di seguito si riporta lo schema di collegamento dei quattro sottocampi detti pocanzi:



**Schema rete MT Impianto Fotovoltaico**

La modalità di posa delle terne di cavi MT, sarà la seguente:

- Posa cavi interrata tramite la realizzazione di trincee a cielo aperto

Si riporta in tabella la sezione di cavi utilizzati, unitamente alla stima delle lunghezze effettuate sulla base delle misurazioni su CAD, confortate da verifiche in campo.

### 3.2.1. Stima della lunghezza delle linee in cavo (in m)

Nella tabella seguente sono invece riportate le stime di lunghezza per ciascuna sezione di cavi. Come detto i cavi sono tutti in alluminio tipo ARP1H5(AR)E del tipo *Air Bag*.

LINEE SC 1 Ovest										
	Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
CABINE	Cb. 8 - 7	2.680,68	30,00	52,64	50,00	173 A	575,00	603,75	10,00	613,75
	Cb. 7 - 3	5.275,92	30,00	103,61	50,00	173 A	245,00	257,25	10,00	267,25
	Cb. 3 - 4	7.860,48	30,00	154,36	120,00	290 A	5,00	5,25	10,00	15,25
	Cb. 4 - 1	10.423,68	30,00	204,70	120,00	290 A	315,00	330,75	10,00	340,75
	<b>Cb. 1 - CdS A</b>	<b>13.018,92</b>	<b>30,00</b>	<b>255,66</b>	<b>185,00</b>	<b>368 A</b>	<b>175,00</b>	<b>183,75</b>	<b>10,00</b>	<b>193,75</b>

LINEE SC 2 Ovest										
	Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
CABINE	Cb. 9 - 5	2.584,56	30,00	50,75	50,00	173 A	375,00	393,75	10,00	403,75
	Cb. 5 - 6	5.169,12	30,00	101,51	50,00	173 A	5,00	5,25	10,00	15,25
	Cb. 6 - 2	7.785,72	30,00	152,89	120,00	290 A	325,00	341,25	10,00	351,25
	<b>Cb. 2 - CdS A</b>	<b>10.359,60</b>	<b>30,00</b>	<b>203,44</b>	<b>120,00</b>	<b>290 A</b>	<b>35,00</b>	<b>36,75</b>	<b>10,00</b>	<b>46,75</b>

LINEE SC 3 Est										
	Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
CABINE	Cb. 16 - 12	2.670,00	30,00	52,43	50,00	173 A	235,00	246,75	10,00	256,75
	Cb. 12 - 13	5.617,68	30,00	110,32	50,00	173 A	5,00	5,25	10,00	15,25
	Cb. 13 - 10	8.330,40	30,00	163,59	120,00	290 A	435,00	456,75	10,00	466,75
	<b>Cb. 10 - CdS B</b>	<b>10.936,32</b>	<b>30,00</b>	<b>214,76</b>	<b>120,00</b>	<b>290 A</b>	<b>305,00</b>	<b>320,25</b>	<b>10,00</b>	<b>330,25</b>

LINEE SC 4 Est										
	Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
CABINE	Cb. 17 - 14	2.712,72	30,00	53,27	50,00	173 A	255,00	267,75	10,00	277,75
	Cb. 14 - 15	5.713,80	30,00	112,21	50,00	173 A	5,00	5,25	10,00	15,25
	Cb. 15 - 11	8.437,20	30,00	165,69	120,00	290 A	285,00	299,25	10,00	309,25
	<b>Cb. 11 - CdS B</b>	<b>10.957,68</b>	<b>30,00</b>	<b>215,18</b>	<b>120,00</b>	<b>290 A</b>	<b>30,00</b>	<b>31,50</b>	<b>10,00</b>	<b>41,50</b>

LINEE a CdS "Matisse"										
	Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
	<b>CdS A - CdS</b>	<b>23.378,52</b>	<b>30,00</b>	<b>459,10</b>	<b>500,00</b>	<b>636 A</b>	<b>2.435,00</b>	<b>2.556,75</b>	<b>10,00</b>	<b>2.566,75</b>
	<b>CdS B - CdS</b>	<b>21.894,00</b>	<b>30,00</b>	<b>429,95</b>	<b>500,00</b>	<b>636 A</b>	<b>3.970,00</b>	<b>4.168,50</b>	<b>10,00</b>	<b>4.178,50</b>

#### Stima lunghezza cavi MT (in m)

Si rimanda all'elaborato "Schema a blocchi rete MT Impianto fotovoltaico" relativo alla rete elettrica interna dell'Impianto Fotovoltaico.

### 3.2.2. Caratteristiche tecniche delle linee

Nello specifico ogni linea sarà costituita da una terna di cavi MT in alluminio, la cui sezione dipende dalla potenza da trasportare. In particolare le sezioni scelte per i cavi, facendo riferimento allo schema a blocchi in precedenza visto, saranno le seguenti:

LINEE SC 1 Ovest										
	Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
CABINE	Cb. 8 - 7	2.680,68	30,00	52,64	50,00	173 A	575,00	603,75	10,00	613,75
	Cb. 7 - 3	5.275,92	30,00	103,61	50,00	173 A	245,00	257,25	10,00	267,25
	Cb. 3 - 4	7.860,48	30,00	154,36	120,00	290 A	5,00	5,25	10,00	15,25
	Cb. 4 - 1	10.423,68	30,00	204,70	120,00	290 A	315,00	330,75	10,00	340,75
	<b>Cb. 1 - CdS A</b>	<b>13.018,92</b>	<b>30,00</b>	<b>255,66</b>	<b>185,00</b>	<b>368 A</b>	<b>175,00</b>	<b>183,75</b>	<b>10,00</b>	<b>193,75</b>

LINEE SC 2 Ovest										
	Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
CABINE	Cb. 9 - 5	2.584,56	30,00	50,75	50,00	173 A	375,00	393,75	10,00	403,75
	Cb. 5 - 6	5.169,12	30,00	101,51	50,00	173 A	5,00	5,25	10,00	15,25
	Cb. 6 - 2	7.785,72	30,00	152,89	120,00	290 A	325,00	341,25	10,00	351,25
	<b>Cb. 2 - CdS A</b>	<b>10.359,60</b>	<b>30,00</b>	<b>203,44</b>	<b>120,00</b>	<b>290 A</b>	<b>35,00</b>	<b>36,75</b>	<b>10,00</b>	<b>46,75</b>

LINEE SC 3 Est										
	Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
CABINE	Cb. 16 - 12	2.670,00	30,00	52,43	50,00	173 A	235,00	246,75	10,00	256,75
	Cb. 12 - 13	5.617,68	30,00	110,32	50,00	173 A	5,00	5,25	10,00	15,25
	Cb. 13 - 10	8.330,40	30,00	163,59	120,00	290 A	435,00	456,75	10,00	466,75
	<b>Cb. 10 - CdS B</b>	<b>10.936,32</b>	<b>30,00</b>	<b>214,76</b>	<b>120,00</b>	<b>290 A</b>	<b>305,00</b>	<b>320,25</b>	<b>10,00</b>	<b>330,25</b>

LINEE SC 4 Est										
	Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
CABINE	Cb. 17 - 14	2.712,72	30,00	53,27	50,00	173 A	255,00	267,75	10,00	277,75
	Cb. 14 - 15	5.713,80	30,00	112,21	50,00	173 A	5,00	5,25	10,00	15,25
	Cb. 15 - 11	8.437,20	30,00	165,69	120,00	290 A	285,00	299,25	10,00	309,25
	<b>Cb. 11 - CdS B</b>	<b>10.957,68</b>	<b>30,00</b>	<b>215,18</b>	<b>120,00</b>	<b>290 A</b>	<b>30,00</b>	<b>31,50</b>	<b>10,00</b>	<b>41,50</b>

LINEE a CdS "Matisse"										
	Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
	<b>CdS A - CdS</b>	<b>23.378,52</b>	<b>30,00</b>	<b>459,10</b>	<b>500,00</b>	<b>636 A</b>	<b>2.435,00</b>	<b>2.556,75</b>	<b>10,00</b>	<b>2.566,75</b>
	<b>CdS B - CdS</b>	<b>21.894,00</b>	<b>30,00</b>	<b>429,95</b>	<b>500,00</b>	<b>636 A</b>	<b>3.970,00</b>	<b>4.168,50</b>	<b>10,00</b>	<b>4.178,50</b>

#### Potenze lato AC 30 kV e valori delle correnti MT (A)

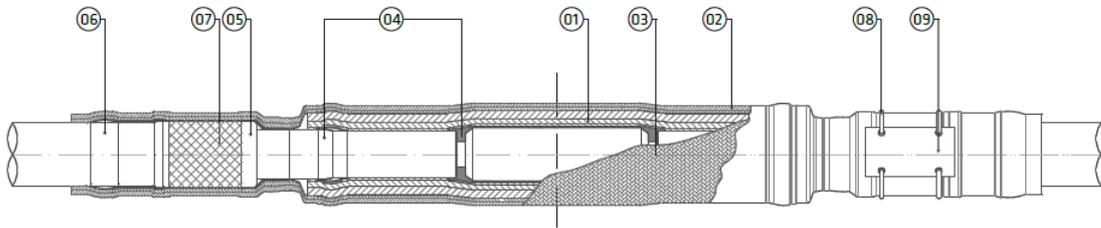
I valori delle correnti sono stati ottenuti applicando la formula (1) di pagina 9 precedentemente vista e la *tabella riportata a pagina 10*, considerando a vantaggio di sicurezza, le potenze installate e non quelle nominali. Si vede facilmente, confrontando la  $I_b$  con la  $I_z$ , relativa a ciascuna sezione, che le sezioni scelte sono bene in grado di trasportare le potenze generate dai vari sotto-campi.

### 3.3. Giunti cavi MT

Per le tratte non coperte interamente dalle pezzature di cavo MT disponibile (circa 1.000 m), si dovrà provvedere alla giunzione di due spezzoni.

In linea generale definiamo “*giunzione*” la giunzione tripolare delle tre fasi del conduttore più la messa a terra dello schermo. Quindi la giunzione sarà costituita da tre terminali unipolari (connettore di interconnessione) e tre corredi per terminazione unipolare. Le giunzioni elettriche saranno realizzate mediante l'utilizzo di connettori del tipo dritto, a compressione (giunto), adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti.

Le giunzioni saranno effettuate in accordo con la norma CEI 20-62 seconda edizione ed alle indicazioni riportate dal Costruttore dei giunti. Saranno realizzati con guaine auto-restringenti montate in fabbrica su tubo di supporto, che assicurano la ricostruzione dell'isolamento e della protezione meccanica, e il mantenimento delle caratteristiche elettriche del cavo.



Pos.	Descrizione	Pos.	Descrizione
1	Manica a tre strati	6	Nastro in mastice auto sigillante
2	Guaina a due strati	7	Nastro in rame in rilievo
3	Rete in rame	8	Striscia in pvc
4	Nastro ad alta permittività	9	Etichetta di identificazione
5	Nastro in pvc		

Si riporta una descrizione grafica della procedura di esecuzione del giunto:

1. Remove the outer sheath.



2. Cut the wires of the screen;  
let them stick out of the outer sheath cutting.



let them stick out of the outer sheath cutting.



3. Remove the semiconductor and the insulation  
using appropriate tools.



4. Joint the conductors using crimping  
or shear bolt connectors.



5. Apply the high - permittivity tape.



6. Apply the sealing mastic.



7. Place the joint body onto the prepared cables  
and centre them.



8. Remove two spiral supports.



Eseguito il giunto sarà posto in opera un "ball-marker" passivo non deteriorabile interrato con codice di riconoscimento a cui si assoceranno le informazioni relative al giunto. Inoltre il giunto, prima del rinterro, sarà coperto con una protezione meccanica da realizzare con tegoli in pvc o in cav e un letto di sabbia in cui annegare il giunto di almeno 20 cm.

Infine la posizione dei giunti sarà individuata su cartografia in scala 1:5.000, sulla quale saranno riportate le coordinate WGS84 di ciascuno di essi.

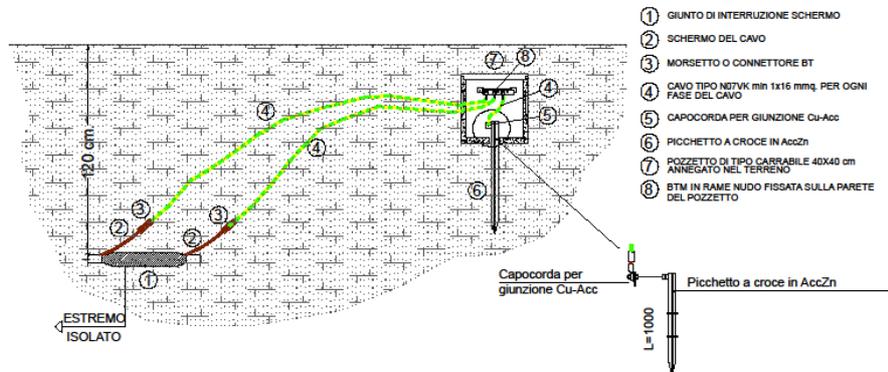
Nel particolare caso del nostro cavidotto di collegamento **CdSU-CdS "Matisse"** avremo come detto:

- **Linea 1** CdSA – CdS "Matisse" di lunghezza pari 2,5 km circa, si prevede quindi l'esecuzione di 2 giunti;
- **Linea 2** CdSB – CdS "Martisse" di lunghezza paria a circa 4.2 km, si prevede quindi l'esecuzione di 4 giunti.

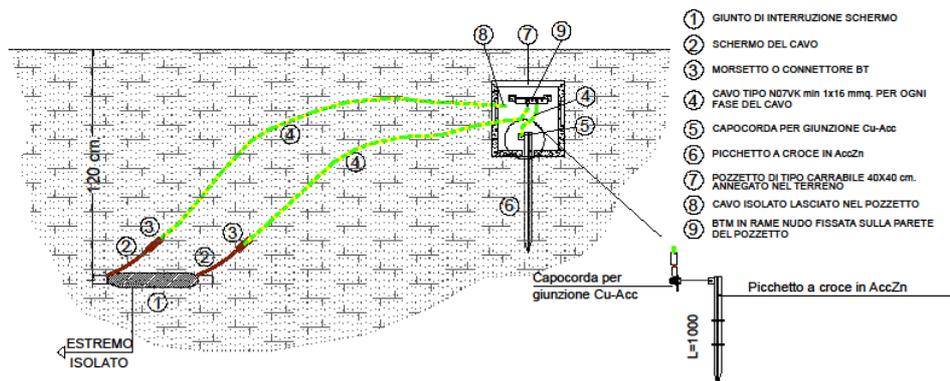
In corrispondenza dell'ultimo, verrà eseguita la messa a terra dello schermo dei cavi secondo lo schema riportato in figura.

Inoltre in corrispondenza della buca giunti, per le terne di cavi unipolari non avvolti ad elica visibile sarà eseguita la trasposizione delle fasi.

## GIUNTO TERRA-SCHERMO



## GIUNTO DI INTERRUZIONE SCHERMO



Per il cavidotto interno di collegamento fra i *sotto-campi*, la messa a terra degli schermi sarà eseguita solo sui terminali, poiché i tratti sono molto brevi; il tratto più lungo si ha tra la Cabina 13 e la CdS "B", pari a circa 590 m. In pratica lo schermo dei cavi sarà collegato al collettore di terra di ciascuna Cabina di Campo, così come il quadro MT ove si attestano i cavi.

La messa a terra degli schermi unitamente alla trasposizione delle fasi permette di annullare di fatto la corrente indotta negli schermi dei cavi. Questo in base alle seguenti considerazioni:

- 1) Per attribuire ad ogni fase la stessa reattanza i conduttori devono essere disposti ai vertici di un triangolo equilatero ed in tal caso non c'è bisogno di ruotare ciclicamente i conduttori, sia che si tratti di corde di linee aeree che di cavi unipolari interrati. Se le

corde od i cavi unipolari non sono a disposizione equilatera (come nel caso in esame, in cui difficilmente potrà essere rispettata la disposizione a trifoglio) si deve effettuare la rotazione in modo che mediamente ogni conduttore venga a trovarsi nella stessa posizione rispetto agli altri due.

- 2) Gli schermi se messi a terra permettono di abbassare la reattanza d'esercizio del cavo. Contemporaneamente però si aumenta la resistenza apparente di fase, quindi le perdite di potenza a parità di corrente trasportata, a causa delle perdite dovute alle correnti indotte negli schermi. Per ridurre tali correnti in linee lunghe, indipendentemente dalla disposizione dei cavi, si tagliano gli schermi e si ricorre alla rotazione dei collegamenti, o trasposizione. In ogni schermo in tal modo sono indotte correnti dalle correnti di tutte e tre le fasi e non di una sola, come con lo schermo integro, e poiché la somma delle correnti di fase è nulla, anche la totale corrente indotta in ciascuno schermo è nulla.

Inoltre la trasposizione delle fasi permette di minimizzare l'induzione magnetica già a breve distanza dall'asse della linea: infatti i campi di induzione prodotti dalle diverse fasi tendono a cancellarsi ad una certa distanza, in modo più marcato di quanto non avvenga in un elettrodotto posato a trifoglio.

#### **4. Dimensionamento preliminare della rete di terra (Impianto fotovoltaico)**

Costituiscono parte integrante della presente relazione gli elaborati di progetto definitivo relativi a *Rete di terra parco fotovoltaico* a cui si rimanda.

##### **4.1. Rete di terra di impianto fotovoltaico**

L'impianto di terra dell'Impianto fotovoltaico sarà quindi costituito da:

- un anello perimetrale in corda nuda di rame 50 mm<sup>2</sup>, posata ad una quota non inferiore a 0,50 m da piano di campagna;
- un anello perimetrale in corda nuda di rame 50 mm<sup>2</sup> posizionato sul perimetro di ciascuna Cabina di Campo e della Cabina di Smistamento, collegato poi all'anello perimetrale di cui al punto precedente;
- una rete di corda di rame 50 mm<sup>2</sup> per il collegamento a terra delle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici nonché degli inverter. La corda di rame sarà posata sul fondo dello scavo della rete interna alle vie cavi BT, quindi seguirà il suo stesso schema;

Quanto sopra riportato è dettagliatamente descritto negli elaborati grafici di progetto concernenti la rete di terra dell'impianto fotovoltaico.

#### 4.1.1. Verifiche di idoneità dell'impianto

Lo scopo per il quale viene realizzato l'impianto di terra è duplice:

- protezione delle persone e delle apparecchiature in caso di guasti a terra del sistema elettrico;
- dispersione a terra della corrente indotta da scariche atmosferiche in caso di fulminazioni sulle strutture metalliche di sostegno dei moduli.

Per il dispersore di impianto fotovoltaico, la definizione numerica dei valori di progetto non è definibile con certezza, in assenza delle indicazioni tecniche del Gestore di Rete. In particolare solo con specifica comunicazione da parte di ENEL saranno disponibili i dati relativi alla corrente di guasto a terra ed al tempo di intervento delle protezioni, sulla scorta dei quali è possibile verificare la tensione di contatto ammissibile.

Si procederà anche in questo caso ad un dimensionamento standard sulla base delle caratteristiche delle strutture, delle apparecchiature in campo e del terreno di fondazione e, nel corso d'opera, all'esecuzione di misure in campo. Nel caso di esito insufficiente di tali misure si procederà ad integrare i singoli dispersori di terra, estendendone la superficie con ulteriori anelli concentrici a quello in progetto, opportunamente collegati, ed aggiungendo dispersori puntuali, a piastra o a picchetto a seconda della tipologia del terreno di posa.

#### 4.1.2. Efficienza dell'impianto di terra per tensioni di contatto

La Norma CEI 99-3 definisce le tensioni contatto ammissibili ( $U_{Tp}$ ) in funzione della durata del guasto a terra. L'efficienza dell'impianto di terra è verificata dal confronto tra la tensione di terra ( $U_E$ ) e tensioni contatto ammissibili ( $U_{Tp}$ ), in particolare, se

$$U_E < U_{Tp}$$

la Norma CEI 99-3 stabilisce che l'impianto di terra è sicuramente efficiente in termini di protezione delle persone da tensioni di contatto determinate dal funzionamento degli impianti di terra per effetto delle correnti di guasto a terra.

Si fa presente che la Norma CEI 99-3 fa riferimento in realtà alla relazione:

$$U_T < U_{Tp}$$

dove  $U_T$  è la tensione di contatto effettiva. Tuttavia poiché risulta  $U_E > U_T$ , la condizione  $U_E < U_{Tp}$  è sicuramente a favore della sicurezza.

#### 4.2. Rete di terra Cabine di Smistamento e delle Cabine di Campo

La realizzazione dell'impianto di terra dei fabbricati Cabine Elettriche, consisterà nelle seguenti attività:

- Installazione di collettori di terra in piatto di rame 60x6 mm sulle pareti;
- Esecuzione delle derivazioni di messa a terra delle masse metalliche fisse verso i collettori, con piatto di rame 40x3 mm;
- Connessioni di continuità elettrica delle carpenterie mobili, con conduttori flessibili di sezione:
  - 50 mmq per la messa a terra dei pannelli mobili (ante di celle ed armadi);
  - 70 mmq per la messa a terra delle parti mobili tipo aste di manovra.
- Posa e collegamento, con doppio cavo in rame da 70mmq, alla rete di terra del fabbricato che sarà, a sua volta, così costituita:
  - anello perimetrale di forma rettangolare in corda di rame nudo di sezione 50 mmq a 7 fili elementari posata a quota -0,65 m, con sviluppo totale  $L_p$  del conduttore perimetrale pari a:  
 $L_p = 67 \text{ m}$
  - n. 4 dispersori puntuali a picchetto in profilato di acciaio, di lunghezza pari a 1,5 m, posizionati in prossimità dei vertici dell'anello. In alternativa potranno essere utilizzati n. 4 dispersori a piastra in acciaio zincato di lato pari a 0,6 m.

L'installazione dei collettori di terra e delle derivazioni alle masse metalliche dovrà essere opportunamente distanziata dalla parete mediante interposizione di distanziali in resina autoestingente, ed il fissaggio a parete dovrà essere eseguito con viti in acciaio e tasselli in PVC.

Le sbarre in rame dell'impianto di terra interno ai fabbricati dovranno essere verniciate sulle parti a vista, in GIALLO con strisce VERDI, oppure con il simbolo di terra (verniciato o prestampato, ben adesivo e resistente).

## 5. Dimensionamento preliminare dell'Impianto di illuminazione (Parco Fotovoltaico)

L'Impianto Fotovoltaico in progetto, sarà dotato di un impianto di illuminazione perimetrale costituito da:

- Tipo lampada: Proiettori LED,  $P_n = 250W$
- Tipo armatura: proiettore direzionabile
- Numero lampade: 248;
- Numero palificazioni: 124;
- Funzione: illuminazione interno impianto notturna e anti-intrusione;
- Distanza tra i pali: circa 40 m.

Il suo funzionamento sarà **esclusivamente legato alla sicurezza dell'impianto**. Ciò significa che qualora dovesse verificarsi una intrusione durante le ore notturne, il campo verrà automaticamente illuminato a giorno dai proiettori a led, installati sugli stessi pali montanti le telecamere dell'impianto di videosorveglianza. Quindi sarà a funzionamento discontinuo ed eccezionale. Inoltre la direzione di proiezione del raggio luminoso, sarà verso il basso, senza quindi oltrepassare la linea dell'orizzonte o proiettare la luce verso l'altro.

Da quanto appena esposto si può evincere che detto impianto di illuminazione **è conforme a quanto riportato all'art.6 della L.R. N.15/05 "Misure urgenti per il contenimento dell'inquinamento luminoso e per il risparmio energetico", ed in particolare al comma 1, lettere a), b), e) ed f).**

Come detto, l'Impianto sarà costituito da proiettori a Led montati su pali zincati di altezza pari a 3,50 m. Dal Quadro di Bassa Tensione posizionato all'interno di ciascuna Cabina di Campo, partiranno le linee di alimentazione in BT. Ogni Cabina alimenterà quindi un certo numero di proiettori (max 28) per massimo 3 linee elettriche trifase a 400 V. Ogni linea alimenterà a sua volta massimo 12 proiettori.

Ogni linea sarà dotata di 1 interruttore magnetotermico alloggiato anch'esso nel Quadro Ausiliari di Cabina. Le linee elettriche saranno costituite da cavi del tipo FG16OR16 da 10 mm<sup>2</sup>.

Avremo per ogni proiettore luminoso da 250 W, una corrente necessaria pari a:

$$I_{b\_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi} = \frac{250.}{0,92 * \sqrt{3} * 400} = \mathbf{0,4 A}$$

Come si vede su ciascuna linea la Caduta di Tensione CdT rimane contenuta sotto il 4%.

Il conduttore scelto da 6 mm<sup>2</sup> ha una portata nominale (per cavo interrato in tubo) pari a:

**55 A.** Quindi un tale conduttore è ben in grado di addurre la corrente necessaria ai proiettori per ciascuna delle 3 linee di alimentazione. Tale sezione è stata scelta per sopperire alle perdite di carico dovute alla lunghezza delle linee di alimentazione (min 200 m).

### FG160R16

sezione nominale	di diametro indicativo conduttore	spessore medio isolante	di diametro esterno massimo	peso indicativo del cavo	resistenza massima a 20 °C in C. C.	30 °C in aria	portata di corrente (A) con temperatura ambiente di 30 °C in tubo in aria	20 °C interrato in tubo	20 °C interrato	raggio minimo di curvatura	
<i>conductor cross-section</i>	<i>approximate conductor diameter</i>	<i>average insulation thickness</i>	<i>maximum outer diameter</i>	<i>approx. weight</i>	<i>maximum DC resistance at 20 °C</i>	<i>in open air at 30 °C</i>	<i>permissible current rating (A) in buried duct at 20 °C</i>			<i>minimum bending radius</i>	
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ω/km)		ρ=1°C m/W	ρ=1,5 °C m/W	ρ=1°C m/W	ρ=1,5 °C m/W	(mm)

#### 4 conduttori con giallo/verde / 4 cores with yellow/green - tab. CEI-UNEL 35318

1,5	1,5	0,7	13,4	200	13,3	23	19,5	20	19	30	26	121
2,5	2,0	0,7	14,6	260	7,98	32	26,0	26	25	40	36	131
4,0	2,5	0,7	16,0	330	4,95	42	35,0	33	32	51	45	144
6,0	3,0	0,7	17,5	430	3,30	54	44,0	43	41	65	56	157
10,0	3,9	0,7	19,8	640	1,91	75	60,0	59	55	88	78	178
16,0	5,0	0,7	22,4	900	1,21	100	80,0	76	72	114	101	202
25,0	6,4	0,9	26,8	1300	0,780	127	105,0	100	93	148	130	241
35+1G25	7,7	0,9	29,2	1650	0,554	158	128,0	122	114	178	157	263
50+1G25	9,2	1,0	32,4	2200	0,386	192	154,0	152	141	211	185	292
70+1G35	11,0	1,1	37,0	3000	0,272	246	194,0	189	174	259	227	333
95+1G50	12,5	1,1	42,0	3900	0,206	298	233,0	226	206	311	274	378
120+1G70	14,2	1,2	46,9	4700	0,161	346	268,0	260	238	355	311	422

#### 5.1.1. Protezioni contro i contatti diretti

La protezione contro i contatti indiretti sarà assicurata dall'installazione di apparecchiature elettriche, in particolare i corpi illuminanti, con un grado di protezione non inferiore a IP44. Una ulteriore protezione è garantita dalla presenza di interruttori con modulo differenziale a alta sensibilità.

#### 5.1.2. Caduta di tensione

Secondo norma CEI 64-8 sez.525 la caduta di tensione nel circuito non deve superare il 4%, e viene stimata utilizzando la relazione:

$$\Delta U = K \times I \times L \times (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

con:

**K** = 2 per linee monofase (230 V);

**K** = 1.73 per linee trifase (400 V);

**I** = corrisponde alla corrente di impiego del circuito (I<sub>b</sub>);

**L** = lunghezza della linea;

**R** = è la resistenza del conduttore per unità di lunghezza (per km) e varia in relazione alla sezione del conduttore stesso

**X** = è la reattanza del conduttore per unità di lunghezza (per km) e varia in relazione alla sezione del conduttore stesso

Nei calcoli si assumerà un valore per il fattore di potenza, pari a  $\cos\phi = 0.92$  ( $\sin\phi=0,39$ ).

Inoltre per semplificare il calcolo ed essere conservativi si farà l'ipotesi che tutto il carico sia concentrato a 2/3 della lunghezza della linea. Il carico ovviamente dipenderà dal numero di lampade che sono alimentate dal circuito.

La caduta di tensione percentuale sarà ottenuta con la formula

$$\Delta U\% = \Delta U / U \times 100$$

Dove U è la tensione di linea, ovvero 400 V.

Dalla tabella sotto riportata è evidente che la caduta di tensione sulla singola linea di alimentazione è per tutte le linee ampiamente inferiore al **4%**. Pertanto le sezioni dei conduttori sono da considerare corrette.

<b>LOTTO OVEST</b>							
<b>Cabina</b>	<b>Linea</b>	<b>Sez. Linea</b>	<b>Sezione Derivazione</b>	<b>Num. Proiettori</b>	<b>Carico (kW)</b>	<b>Lunghezza Linea (km)</b>	<b>CdT</b>
<b>1</b>	<b>L1</b>	4x10 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>2</sup>	28	7	0,517	<b>3,35%</b>
<b>7</b>	<b>L2</b>	4x10 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>3</sup>	28	7	0,515	<b>3,34%</b>
<b>8</b>	<b>L3.1</b>	4x6 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>4</sup>	8	2	0,255	<b>0,81%</b>
	<b>L3.2</b>	4x10 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>5</sup>	20	5	0,54	<b>2,50%</b>
<b>6</b>	<b>L4.1</b>	4x6 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>4</sup>	8	2	0,395	<b>1,25%</b>
	<b>L4.2</b>	4x6 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>5</sup>	12	3	0,445	<b>2,12%</b>
<b>2</b>	<b>L5</b>	4x6 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>8</sup>	20	5	0,36	<b>2,86%</b>

<b>LOTTO EST</b>							
<b>Cabina</b>	<b>Linea</b>	<b>Sez. Linea</b>	<b>Sezione Derivazione</b>	<b>Num. Proiettori</b>	<b>Carico (kW)</b>	<b>Lunghezza Linea (km)</b>	<b>CdT</b>
<b>10</b>	<b>L6</b>	4x10 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>2</sup>	28	7	0,514	<b>3,33%</b>
<b>11</b>	<b>L7.1</b>	4x6 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>3</sup>	12	3	0,205	<b>0,98%</b>
	<b>L7.2</b>	4x6 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>4</sup>	14	3,5	0,485	<b>2,69%</b>
	<b>L7.3</b>	4x6 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>4</sup>	8	2	0,305	<b>0,97%</b>
<b>15</b>	<b>L8</b>	4x10 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>4</sup>	28	7	0,365	<b>2,37%</b>
<b>16</b>	<b>L9.1</b>	4x10 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>5</sup>	20	5	0,5	<b>2,31%</b>
	<b>L9.2</b>	4x10 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>8</sup>	14	3,5	0,39	<b>1,26%</b>

### 5.1.3. Impianto di terra

L'impianto di terra dell'impianto di illuminazione sarà lo stesso dell'impianto fotovoltaico. In particolare sarà effettuato un collegamento in corrispondenza del quadro ausiliari di cabina (nodo di terra all'interno del quadro).

Per quanto attiene i corpi illuminanti questi saranno in classe II di isolamento (doppio isolamento) e pertanto non necessitano di collegamento a terra. Per quanto attiene i pali di illuminazione, qualora si utilizzino pali in pvc non sarà necessario il collegamento a terra. Nel caso in cui i pali siano del tipo in acciaio, verrà effettuato il collegamento a terra utilizzando il morsetto posto tipicamente alla base del palo. In particolare il collegamento sarà realizzato direttamente sul dispersore di terra dell'impianto fotovoltaico nel punto più vicino, tenendo conto che il dispersore di terra dell'impianto fotovoltaico è, tra l'altro, costituito da una corda di rame nuda della sezione di 35 mmq posta ad intimo contatto con il terreno ad una profondità di 0,6-0,8 m. Essa corre lungo tutto il perimetro dell'impianto e

quindi è prossima al punto di installazione dei pali di illuminazione. Il collegamento di terra tra palo e dispersore sarà realizzato con corda di rame nuda o protetta della sezione di almeno 25 mmq.

#### **5.1.4. Protezione da sovraccarichi e cortocircuiti**

La difesa delle condutture rispetto a fenomeni di sovraccarico oppure di corto circuito viene espressamente richiamata dalla norma CEI 64-8 alla sezione 433 e seguenti. In esse viene prescritto che l'impianto soddisfi le seguenti due condizioni:

$$I_b < I_n$$

$$I_f < 1.45 I_z$$

Dove

$I_b$  = corrente di impiego del circuito;

$I_z$  = portata della conduttura in regime permanente;

$I_n$  = corrente nominale della protezione;

$I_f$  = corrente di sicuro funzionamento della protezione.

La tipologia di protezione richiesta viene assicurata da interruttori di tipo magnetotermico e di tipo magnetotermico differenziale, scelti in modo tale da avere un potere di interruzione almeno pari alla corrente presunta di corto circuito nel punto di installazione e garantire un tempo di intervento inferiore a quello che condurrebbe la conduttura al limite termico. La condizione che definisce l'energia specifica passante ammessa dalle protezioni viene esplicitata tramite la relazione:

$$I^2 t < k^2 S^2$$

#### **5.1.5. Cavidotti e pozzetti**

Il cavidotto per la posa dei cavi sarà realizzato con tubazioni corrugate a doppia parete in PE ad alta densità con superficie interna perfettamente liscia, a bassissima emissione di fumi e gas tossici, autoestingente, con resistenza allo schiacciamento superiore a 450 N, del diametro di 63 mm e comunque almeno 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto dal fascio di cavi, conforme alle Norme CEI 23-55 -. CEI 64-8/5, art. 522.8.1.1.

La tubazione sarà posta all'interno di trincee predisposte ad una profondità non inferiore a 0,6 m dal piano di campagna, il rinterro sarà effettuato con materiale vagliato rinvenente dagli stessi scavi, esente da pietre di grosse dimensioni. Il raggio di curvatura sarà tale da non danneggiare i cavi in esso contenuti (circa tre volte il diametro esterno dei cavi).

Alla base di ciascun palo e lungo il percorso dei cavidotti (ad una distanza massima di 40 m circa) saranno posizionati dei pozzetti realizzati in cemento prefabbricato (40x40x60) cm,

provvisti di chiusino in plastica, carrabile. Dovranno essere murati a terra con coperchio posto al livello del piano di calpestio senza sporgenze; dovranno essere raccordati al cavidotto e al sostegno per consentire il passaggio dei conduttori.

Da pozzetto verrà prolungato il cavo di alimentazione fino all'asola con portello di chiusura, dove verranno effettuate le giunzioni fra le linee interrate e le alimentazioni dei corpi illuminanti con idonei morsetti.

### **Cavi**

Saranno utilizzati conduttori multipolari di FROR con isolamento e guaina in pvc non propaganti l'incendio ed a ridotta emissione di fumi e gas tossici, con tensione nominale di riferimento 0,6/1 kV, norme di riferimento CEI 20-11 - CEI 20-14 - CEI 20-22 II - CEI 20-35 - CEI 20-37 parte I - tabelle UNEL 35752-55-56-57 - non propaganti l'incendio secondo le norme CEI 20-22

I cavi tipo FROR saranno e posati nelle tubazioni predisposte, sopra descritte, che assicureranno idonea protezione meccanica. Le tubazioni faranno capo a pozzetti d'ispezione e di infilaggio con fondo pendente di adeguate dimensioni.

Le condutture dovranno essere generalmente a tratti rettilinei orizzontali e verticali. Nel caso in cui le linee elettriche di potenza e le linee a tensione diversa da quella di rete abbiano lo stesso percorso, si dovrà provvedere ad installarle in modo da non generare disturbi reciproci. Le giunzioni e le derivazioni saranno realizzate con idonei morsetti in policarbonato in corrispondenza del portello per asola d'ispezione sul palo.

#### **5.1.6. Quadro elettrico – interruttori di protezione**

Gli interruttori di protezione delle linee di alimentazione dell'impianto di illuminazione saranno installati all'interno del Quadro BT Ausiliari delle Cabine. Saranno interruttori quadripolari 4x16 A magnetotermici differenziali con potere di interruzione minimo di 6 kA,  $I_d=0,3$  A, curva C.

Per permettere l'azionamento automatico comandato dall'impianto di antintrusione saranno dotati di contattore.

#### **5.2. Corpi illuminanti**

Saranno utilizzati proiettori a doppio isolamento, grado di protezione IP 66, classe energetica A++, con led modulari per complessivi 250 W, per permettere la sostituzione dei singoli moduli led. Completo di staffa di orientamento, sarà installato su appositi pali ad un'altezza

di 3,5 m circa dal piano campagna. Le caratteristiche dell'ottica con fascio di 60° e l'orientamento verso il basso limiteranno l'inquinamento luminoso.



***Proiettore a led 250 W***

#### **5.2.1. Pali di sostegno**

I pali di sostegno saranno in acciaio a sezione circolare conica. Equipaggiati con staffe testa palo per l'installazione e sostegno di due proiettori per ciascun palo, di altezza fuori terra pari a 3,5 m. Saranno dotati di morsettiera con asola di ispezione ad un'altezza di 1,4 m circa, e morsetto di messa a terra base palo. In alternativa saranno utilizzati pali in pvc aventi stesse caratteristiche.

#### **5.2.2. Fondazioni**

Saranno realizzate delle fondazioni in opera, costituite da un blocco di calcestruzzo, con un foro al centro. La sigillatura tra sostegno e fondazione sarà eseguita con sabbia finissima bagnata e superiormente sigillata con una corona di calcestruzzo dello spessore di 5 cm. I sostegni saranno interrati nel plinto per circa 60 cm.

#### **5.2.3. Caratteristiche illuminotecniche**

É evidente che l'obiettivo dell'impianto di illuminazione è quello di assicurare un adeguato livello di sicurezza antintrusione dell'impianto, questo il motivo per cui l'impianto l'installazione dei corpi illuminanti è limitata al perimetro dell'impianto stesso. Come detto l'impianto si attiverà automaticamente in caso di allarme generato dall'impianto antintrusione. L'impianto di illuminazione potrà essere utilizzato, qualora attività di manutenzione straordinaria si protraggano eccezionalmente nelle ore serali.

Il livello di illuminamento nella parte centrale dell'impianto anche in considerazione dell'ombreggiamento prodotto dagli stessi moduli fotovoltaici sarà molto scarso (pochi lux), nella parte periferica potranno essere raggiunti valori medi intorno ai 20 lux.

La scelta di lampade led ad alta efficienza con temperatura di colore superiore a 4.500 K, farà sì che la luce emessa sarà del tipo bianca e fredda.

## **6. Dimensionamento preliminare dell'impianto videosorveglianza e antintrusione (Parco Fotovoltaico)**

L'accesso all'area recintata sarà sorvegliato automaticamente da un sistema di Sistema integrato Anti-intrusione composto da:

- N. 124 telecamere TVCC tipo fisso Day-Night, per visione diurna e notturna, con illuminatore a IR, ogni 40 m circa.

Queste saranno installate su pali in acciaio zincato di altezza pari a m 5,50 ed ancorati su opportuno pozzetto di fondazione porta palo e cavi;

- cavo *alfa* con anime magnetiche, collegato a sensori microfonici, aggraffato alle recinzioni a media altezza, e collegato alla centralina d'allarme in cabina;
- barriere a microonde sistemate in prossimità della muratura di cabina e del cancello di ingresso;
- N.1 badge di sicurezza a tastierino, per accesso alla cabina;
- N.1 centralina di sicurezza integrata installata in cabina.

I sistemi appena elencati funzioneranno in modo integrato.

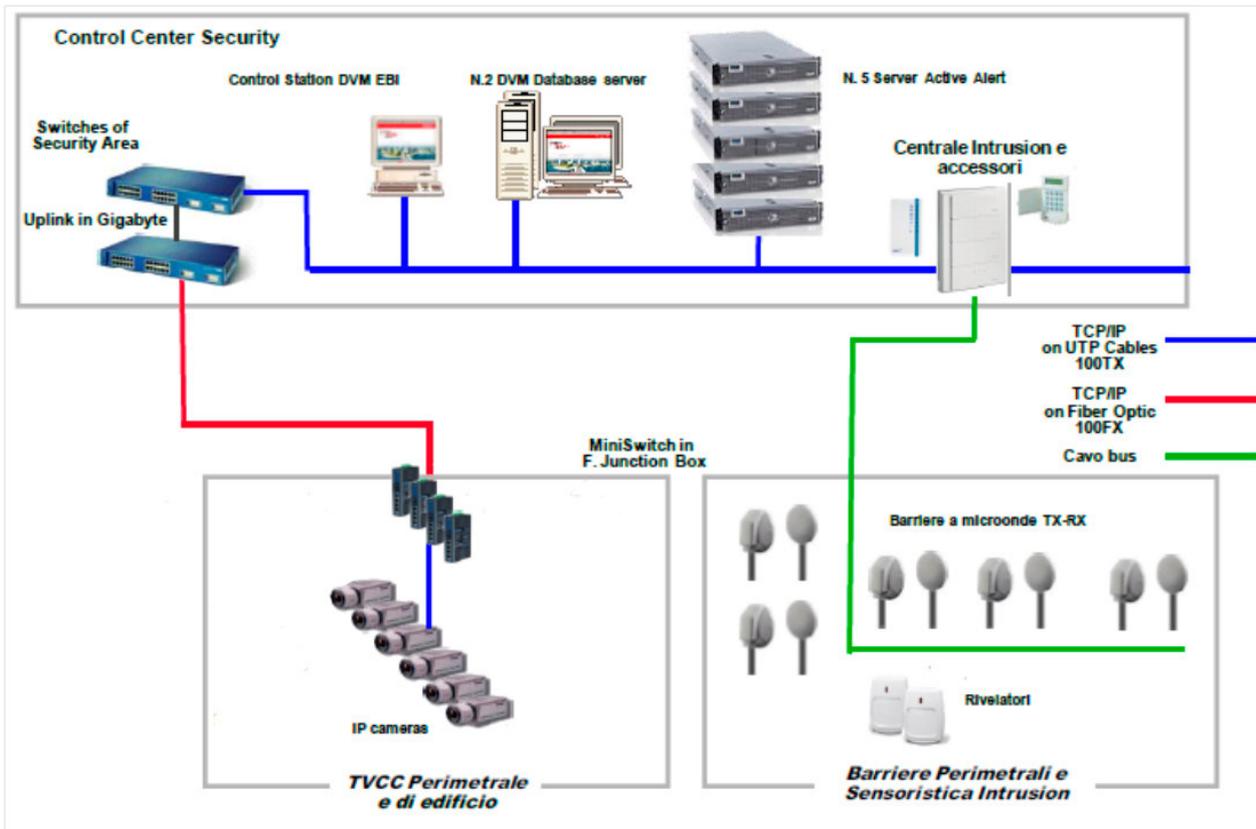
Il cavo *alfa* sarà in grado di rilevare le vibrazioni trasmesse alla recinzione esterna in caso di tentativo di scavalco o danneggiamento.

Le barriere a microonde rileveranno l'accesso in caso di scavalco o effrazione nelle aree del cancello e/o della cabina. Le telecamere saranno in grado di registrare oggetti in movimento all'interno del campo, anche di notte; la centralina manterrà in memoria le registrazioni.

I badges impediranno l'accesso alla cabina elettrica e alla centralina di controllo ai non autorizzati.

Al rilevamento di un'intrusione, da parte di qualsiasi sensore in campo, la centralina di controllo, alla quale saranno collegati tutti i sopradetti sistemi, invierà una chiamata alla più vicina stazione di polizia e al responsabile di impianto tramite un combinatore telefonico automatico e trasmissione via antenna *gsm*.

Parimenti, se l'intrusione dovesse verificarsi di notte, il campo verrà automaticamente illuminato a giorno dai proiettori.



## 7. Dimensionamento preliminare dell'Impianto di illuminazione (SSE Utente)

La Sottostazione Elettrica Utente (SSE), sarà dotata di un impianto di illuminazione perimetrale costituito da:

- Tipo lampada: Proiettori LED,  $P_n = 250W$
- Tipo armatura: proiettore direzionabile
- Numero lampade: 12;
- Numero palificazioni: 6;
- Funzione: illuminazione interno impianto notturna e anti-intrusione;
- Distanza tra i pali: circa 20 m.

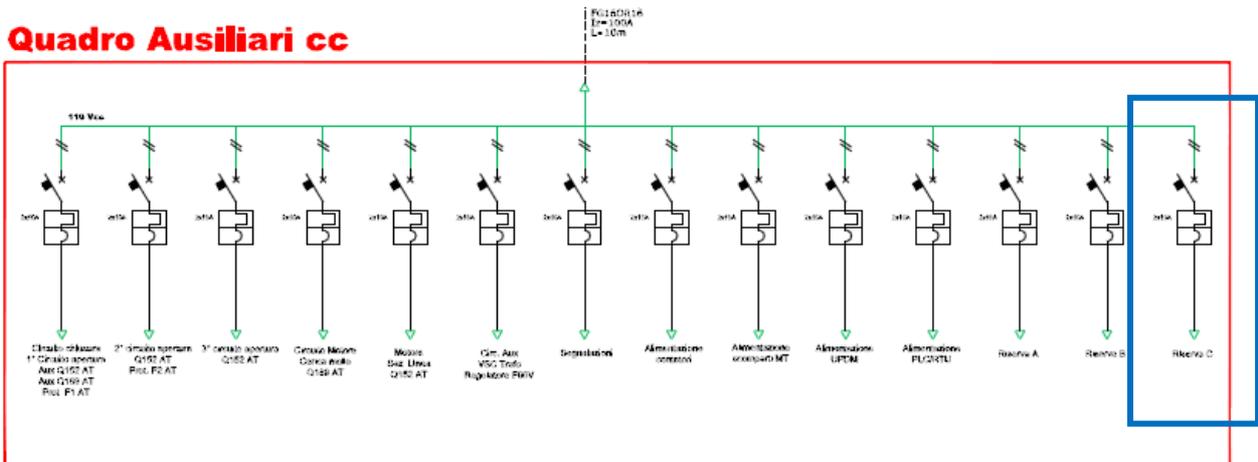
Il suo funzionamento sarà **esclusivamente legato alla sicurezza dell'impianto**. Ciò significa che qualora dovesse verificarsi una intrusione durante le ore notturne, il campo verrà automaticamente illuminato a giorno dai proiettori a led, installati sugli stessi pali montanti le telecamere dell'impianto di videosorveglianza. Quindi sarà a funzionamento discontinuo ed

eccezionale. Inoltre la direzione di proiezione del raggio luminoso, sarà verso il basso, senza quindi oltrepassare la linea dell'orizzonte o proiettare la luce verso l'altro.

Da quanto appena esposto si può evincere che detto impianto di illuminazione **è conforme a quanto riportato all'art.6 della L.R. N.15/05 "Misure urgenti per il contenimento dell'inquinamento luminoso e per il risparmio energetico", ed in particolare al comma 1, lettere a), b), e) ed f).**

Come detto, l'impianto sarà costituito da proiettori a Led montati su pali zincati di altezza pari a 5,50 m. I proiettori faranno parte di un circuito, a partire dal Quadro Servizi Ausiliari posizionato nel Locale BT del Fabbricato Servizi, costituito da:

- 1 linea elettrica trifase a 400 V del tipo *FG16OR16* da 4 mm<sup>2</sup>. La linea alimenterà 6 proiettori;
- 1 linea elettrica trifase a 400 V del tipo *FG16OR16* da 4 mm<sup>2</sup>. La linea alimenterà 6 proiettori;
- 1 interruttore magnetotermico alloggiato nel Quadro Generale dei Servizi Ausiliari a sua volta posizionato all'interno del vano Quadri MT dell'Edificio Servizi.



Utilizzando la formula vista anche in precedenza per il dimensionamento delle linee MT, avremo per ogni proiettore luminoso da 250 W, una corrente necessaria pari a:

$$I_{b\_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi} = \frac{250.}{0,92 * \sqrt{3} * 400} = \mathbf{0,4 \text{ A}}$$

Il conduttore scelto da 4 mm<sup>2</sup> ha una portata nominale (per cavo interrato in tubo) pari a:

**32 A.** Quindi un tale conduttore è ben in grado di addurre la corrente necessaria ai proiettori per ciascuna delle 4 linee di alimentazione (v. schema sotto riportato).

**4 conduttori con giallo/verde / 4 cores with yellow/green - tab. CEI-UNEL 35318**

1,5	1,5	0,7	13,4	200	13,3	23	19,5	20	19	30	26	121
2,5	2,0	0,7	16,6	260	20,8	32	26,0	26	25	40	36	131
4,0	2,5	0,7	16,0	330	4,95	42	35,0	33	32	51	45	144
6,0	3,0	0,7	17,5	430	3,30	56	46,0	43	41	66	56	167
10,0	3,9	0,7	19,8	640	1,91	75	60,0	59	55	88	78	178
16,0	5,0	0,7	22,4	900	1,21	100	80,0	76	72	114	101	202
25,0	6,4	0,9	26,8	1300	0,780	127	105,0	100	93	148	130	241
35+1G25	7,7	0,9	29,2	1650	0,554	158	128,0	122	114	178	157	263
50+1G25	9,2	1,0	32,4	2200	0,386	192	154,0	152	141	211	185	292
70+1G35	11,0	1,1	37,0	3000	0,272	246	194,0	189	174	259	227	333
95+1G50	12,5	1,1	42,0	3900	0,206	298	233,0	226	206	311	274	378
120+1G70	14,2	1,2	46,9	4700	0,161	346	268,0	260	238	355	311	422

### 7.1.1. Protezioni contro i contatti diretti

La protezione contro i contatti indiretti sarà assicurata dall'installazione di apparecchiature elettriche, in particolare i corpi illuminanti, con un grado di protezione non inferiore a IP44. Una ulteriore protezione è garantita dalla presenza di interruttori con modulo differenziale a alta sensibilità.

### 7.1.2. Caduta di tensione

Secondo norma CEI 64-8 sez.525 la caduta di tensione nel circuito non deve superare il 4%, e viene stimata utilizzando la relazione:

$$\Delta U = K \times I \times L \times (R \cos\phi + X \sin\phi)$$

con:

**K** = 2 per linee monofase (230 V);

**K** = 1.73 per linee trifase (400 V);

**I** = corrisponde alla corrente di impiego del circuito (I<sub>b</sub>);

**L** = lunghezza della linea;

**R** = è la resistenza del conduttore per unità di lunghezza (per km) e varia in relazione alla sezione del conduttore stesso

**X** = è la reattanza del conduttore per unità di lunghezza (per km) e varia in relazione alla sezione del conduttore stesso

Nei calcoli si assumerà un valore per il fattore di potenza, pari a  $\cos\phi = 0.92$  ( $\sin\phi = 0,39$ ).

Inoltre per semplificare il calcolo ed essere conservativi si farà l'ipotesi che tutto il carico sia concentrato a 2/3 della lunghezza della linea. Il carico ovviamente dipenderà dal numero di lampade che sono alimentate dal circuito.

La caduta di tensione percentuale sarà ottenuta con la formula

$$\Delta U\% = \Delta U / U \times 100$$

Dove U è la tensione di linea, ovvero 400 V.

Dalla tabella sotto riportata è evidente che la caduta di tensione sulla singola linea di alimentazione è per tutte le linee ampiamente inferiore al **4%**. Pertanto le sezioni dei conduttori sono da considerare corrette.

<i>Linea</i>	<i>Sez. Linea</i>	<i>Sezione Derivazione</i>	<i>Num. Proiettori</i>	<i>Carico (kW)</i>	<i>Lunghezza Linea (km)</i>	<i>CdT</i>
<b>L1</b>	4x4 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>2</sup>	6	1,5	0,08	<b>0,28%</b>
<b>L2</b>	4x4 mm <sup>2</sup>	2x4 mm <sup>2</sup>	6	1,5	0,075	<b>0,27%</b>

### 7.1.3. Impianto di terra

L'impianto di terra dell'impianto di illuminazione sarà lo stesso dell'impianto fotovoltaico. In particolare sarà effettuato un collegamento in corrispondenza del quadro ausiliari di cabina (nodo di terra all'interno del quadro).

Per quanto attiene i corpi illuminanti questi saranno in classe II di isolamento (doppio isolamento) e pertanto non necessitano di collegamento a terra. Per quanto attiene i pali di illuminazione, qualora si utilizzino pali in pvc non sarà necessario il collegamento a terra. Nel caso in cui i pali siano del tipo in acciaio, verrà effettuato il collegamento a terra utilizzando il morsetto posto tipicamente alla base del palo. In particolare il collegamento sarà realizzato direttamente sul dispersore di terra dell'impianto fotovoltaico nel punto più vicino, tenendo conto che il dispersore di terra dell'impianto fotovoltaico è, tra l'altro, costituito da una corda di rame nuda della sezione di 35 mmq posta ad intimo contatto con il terreno ad una profondità di 0,6-0,8 m. Essa corre lungo tutto il perimetro dell'impianto e quindi è prossima al punto di installazione dei pali di illuminazione. Il collegamento di terra tra palo e dispersore sarà realizzato con corda di rame nuda o protetta della sezione di almeno 25 mmq.

#### **7.1.4. Protezione da sovraccarichi e cortocircuiti**

La difesa delle condutture rispetto a fenomeni di sovraccarico oppure di corto circuito viene espressamente richiamata dalla norma CEI 64-8 alla sezione 433 e seguenti. In esse viene prescritto che l'impianto soddisfi le seguenti due condizioni:

$$I_b < I_n$$

$$I_f < 1.45 I_z$$

Dove

$I_b$  = corrente di impiego del circuito;

$I_z$  = portata della conduttura in regime permanente;

$I_n$  = corrente nominale della protezione;

$I_f$  = corrente di sicuro funzionamento della protezione.

La tipologia di protezione richiesta viene assicurata da interruttori di tipo magnetotermico e di tipo magnetotermico differenziale, scelti in modo tale da avere un potere di interruzione almeno pari alla corrente presunta di corto circuito nel punto di installazione e garantire un tempo di intervento inferiore a quello che condurrebbe la conduttura al limite termico. La condizione che definisce l'energia specifica passante ammessa dalle protezioni viene esplicitata tramite la relazione:

$$I^2 t < k^2 S^2$$

#### **7.1.5. Cavidotti e pozzetti**

Il cavidotto per la posa dei cavi sarà realizzato con tubazioni corrugate a doppia parete in PE ad alta densità con superficie interna perfettamente liscia, a bassissima emissione di fumi e gas tossici, autoestinguente, con resistenza allo schiacciamento superiore a 450 N, del diametro di 63 mm e comunque almeno 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto dal fascio di cavi, conforme alle Norme CEI 23-55 -. CEI 64-8/5, art. 522.8.1.1.

La tubazione sarà posta all'interno di trincee predisposte ad una profondità non inferiore a 0,6 m dal piano di campagna, il rinterro sarà effettuato con materiale vagliato rinvenente dagli stessi scavi, esente da pietre di grosse dimensioni. Il raggio di curvatura sarà tale da non danneggiare i cavi in esso contenuti (circa tre volte il diametro esterno dei cavi).

Alla base di ciascun palo e lungo il percorso dei cavidotti (ad una distanza massima di 40 m circa) saranno posizionati dei pozzetti realizzati in cemento prefabbricato (40x40x60) cm, provvisti di chiusino in plastica, carrabile. Dovranno essere murati a terra con coperchio

posto al livello del piano di calpestio senza sporgenze; dovranno essere raccordati al cavidotto e al sostegno per consentire il passaggio dei conduttori.

Da pozzetto verrà prolungato il cavo di alimentazione fino all'asola con portello di chiusura, dove verranno effettuate le giunzioni fra le linee interrato e le alimentazioni dei corpi illuminanti con idonei morsetti.

### **Cavi**

Saranno utilizzati conduttori multipolari di FROR con isolamento e guaina in pvc non propaganti l'incendio ed a ridotta emissione di fumi e gas tossici, con tensione nominale di riferimento 0,6/1 kV, norme di riferimento CEI 20-11 - CEI 20-14 - CEI 20-22 II - CEI 20-35 - CEI 20-37 parte I - tabelle UNEL 35752-55-56-57 - non propaganti l'incendio secondo le norme CEI 20-22

I cavi tipo FROR saranno e posati nelle tubazioni predisposte, sopra descritte, che assicureranno idonea protezione meccanica. Le tubazioni faranno capo a pozzetti d'ispezione e di infilaggio con fondo pendente di adeguate dimensioni.

Le condutture dovranno essere generalmente a tratti rettilinei orizzontali e verticali. Nel caso in cui le linee elettriche di potenza e le linee a tensione diversa da quella di rete abbiano lo stesso percorso, si dovrà provvedere ad installarle in modo da non generare disturbi reciproci. Le giunzioni e le derivazioni saranno realizzate con idonei morsetti in policarbonato in corrispondenza del portello per asola d'ispezione sul palo.

#### **7.1.6. Quadro elettrico – interruttori di protezione**

Gli interruttori di protezione delle linee di alimentazione dell'impianto di illuminazione saranno installati all'interno del Quadro BT Ausiliari delle Cabine. Saranno interruttori quadripolari 4x16 A magnetotermici differenziali con potere di interruzione minimo di 6 kA,  $I_d=0,3$  A, curva C.

Per permettere l'azionamento automatico comandato dall'impianto di antintrusione saranno dotati di contattore.

#### **7.2. Corpi illuminanti**

Saranno utilizzati proiettori a doppio isolamento, grado di protezione IP 66, classe energetica A++, con led modulari per complessivi 250 W, per permettere la sostituzione dei singoli moduli led. Completo di staffa di orientamento, sarà installato su appositi pali ad un'altezza

di 3,5 m circa dal piano campagna. Le caratteristiche dell'ottica con fascio di 60° e l'orientamento verso il basso limiteranno l'inquinamento luminoso.



***Proiettore a led 250 W***

### **7.2.1. Pali di sostegno**

I pali di sostegno saranno in acciaio a sezione circolare conica. Equipaggiati con staffe testa palo per l'installazione e sostegno di due proiettori per ciascun palo, di altezza fuori terra pari a 5,5 m. Saranno dotati di morsettiera con asola di ispezione ad un'altezza di 1,4 m circa, e morsetto di messa a terra base palo. In alternativa saranno utilizzati pali in pvc aventi stesse caratteristiche.

### **7.2.2. Fondazioni**

Saranno realizzate delle fondazioni in opera, costituite da un blocco di calcestruzzo, con un foro al centro. La sigillatura tra sostegno e fondazione sarà eseguita con sabbia finissima bagnata e superiormente sigillata con una corona di calcestruzzo dello spessore di 5 cm. I sostegni saranno interrati nel plinto per circa 60 cm.

### **7.2.3. Caratteristiche illuminotecniche**

È evidente che l'obiettivo dell'impianto di illuminazione è quello di assicurare un adeguato livello di sicurezza antintrusione dell'impianto, questo il motivo per cui l'impianto l'installazione dei corpi illuminanti è limitata al perimetro dell'impianto stesso. Come detto l'impianto si attiverà automaticamente in caso di allarme generato dall'impianto antintrusione. L'impianto di illuminazione potrà essere utilizzato, qualora attività di manutenzione straordinaria si protragano eccezionalmente nelle ore serali.

Il livello di illuminamento nella parte centrale dell'impianto anche in considerazione dell'ombreggiamento prodotto dagli stessi moduli fotovoltaici sarà molto scarso (pochi lux), nella parte periferica potranno essere raggiunti valori medi intorno ai 20 lux.

La scelta di lampade led ad alta efficienza con temperatura di colore superiore a 4.500 K, farà sì che la luce emessa sarà del tipo bianca e fredda.

## **8. Dimensionamento preliminare dell'Impianto videosorveglianza e antintrusione (SSE)**

L'accesso all'area recintata sarà sorvegliato automaticamente da un sistema di Sistema integrato Anti-intrusione composto da:

- N. 5 telecamere TVCC tipo fisso *Day-Night*, per visione diurna e notturna, con illuminatore a IR, ogni 20 m circa.

Queste saranno installate su pali in acciaio zincato di altezza pari a m 5,50 ed ancorati su opportuno pozzetto di fondazione porta palo e cavi;

- cavo *alfa* con anime magnetiche, collegato a sensori microfonici, aggraffato alle recinzioni a media altezza, e collegato alla centralina d'allarme in cabina;
- barriere a microonde sistemate in prossimità della muratura di cabina e del cancello di ingresso;
- N.1 badge di sicurezza a tastierino, per accesso alla cabina;
- N.1 centralina di sicurezza integrata installata in cabina.

I sistemi appena elencati funzioneranno in modo integrato.

Il cavo *alfa* sarà in grado di rilevare le vibrazioni trasmesse alla recinzione esterna in caso di tentativo di scavalco o danneggiamento.

Le barriere a microonde rileveranno l'accesso in caso di scavalco o effrazione nelle aree del cancello e/o della cabina. Le telecamere saranno in grado di registrare oggetti in movimento all'interno del campo, anche di notte; la centralina manterrà in memoria le registrazioni.

I badge impediranno l'accesso alla cabina elettrica e alla centralina di controllo ai non autorizzati.

Al rilevamento di un'intrusione, da parte di qualsiasi sensore in campo, la centralina di controllo, alla quale saranno collegati tutti i sopradetti sistemi, invierà una chiamata alla più vicina stazione di polizia e al responsabile di impianto tramite un combinatore telefonico automatico e trasmissione via antenna *gsm*.

Parimenti, se l'intrusione dovesse verificarsi di notte, il campo verrà automaticamente illuminato a giorno dai proiettori.

