



PROPONENTE:

HEPV04 S.R.L.
Via Alto Adige, 160/A - 38121 Trento (TN)
hepv04srl@legalmail.it

MANAGEMENT:

EHM.Solar

EHM.SOLAR S.R.L.
Via della Rena, 20 39100 Bolzano - Italy
tel. +39 0461 1732700
fax. +39 0461 1732799
info@ehm.solar
c.fiscale, p.iva e R.I. 03033000211

NOME COMMESSA:

**COSTRUZIONE ED ESERCIZIO IMPIANTO
AGROVOLTAICO AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE
PARI A 56.500 kW E POTENZA MODULI PARI
A 62.160 kW_p CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA
RETE ELETTRICA - IMPIANTO RFVP76**

STATO DI AVANZAMENTO COMMESSA:

PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE UNICA

CODICE COMMESSA:

HE.18.0064

PROGETTAZIONE INGEGNERISTICA:



STC S.r.l

Via V. M. STAMPACCHIA, 48 - 73100 Lecce
Tel. +39 0832 1798355
fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu
Direttore Tecnico: Dott. Ing. Fabio Calcarella



4IDEA S.r.l

Via G. Brunetti, 50 - 73019 Trepuzzi
Tel. +39 0832 760144
pec 4ideasrl@pec.it
info@studioideaassociati.it

PROGETTISTA:



COLLABORATORE:

AMBIENTE IDRAULICA STRUTTURE

STUDI FAUNISTICI

STUDI PEDO-AGRONOMICI

CONSULENZA LEGALE

STUDIO LEGALE PATRUNO
Via Argiro, 33 Bari
t.f. +39 080 8693336



OGGETTO:

Calcoli preliminari degli impianti

SCALA:

n.a.

DATA:

OTTOBRE 2021

NOME FILE:

6JUCTX0
_CalcoliPreImpianti_06-integr.pdf

TAVOLA:

R06 integr

N. REV.	DATA	REVISIONE	ELABORATO	VERIFICATO	VALIDATO
1	30.09.2019	Prima emissione	STC	responsabile commessa Fabio Calcarella	direttore tecnico HEPV04 S.r.l
2	09.2020	Richiesta Integrazione Regione Puglia prot. AOO 159/04/05/2020 n°3285	STC	Fabio Calcarella	HEPV04 S.r.l

Sommario

1.	Premessa	3
2.	Descrizione generale dell'impianto fotovoltaico	3
3.	Potenza di Picco e Potenza Nominale dell'impianto	6
4.	Dimensionamento preliminare dei componenti d'impianto	7
4.1.	ELETTRODOTTO DI COLLEGAMENTO ALLA SSE (dorsale esterna)	7
4.1.1.	Generalità	7
4.1.2.	Descrizione del tracciato del cavidotto	8
4.1.3.	Comuni interessati	8
4.1.4.	Opere attraversate	8
4.1.5.	Caratteristiche tecniche del cavidotto di collegamento alla SSE (dorsale esterna) 9	
4.1.6.	Dimensionamento del cavidotto	9
4.1.7.	Caratteristiche tecniche della linea	9
4.1.8.	Dati nominali di funzionamento del cavidotto	11
4.2.	ELETTRODOTTI MT INTERNI (rete elettrica interna al parco fotovoltaico per il collegamento dei sotto-campi alla Cabina di Smistamento)	12
4.2.1.	Stima della lunghezza delle linee in cavo (in m)	13
4.2.2.	Caratteristiche tecniche delle linee	14
4.3.	Giunti cavi MT	17
4.4.	Terminali cavi MT	20
5.	Dimensionamento preliminare della rete di terra (SSE e Impianto fotovoltaico) ...	21
	Criteri progettuali	21
5.1.	Rete di terra della Sottostazione Elettrica 30/150 kV	21
5.1.1.	Dispensore di terra della SSE	22
5.1.2.	Caratteristiche dimensionali	23
5.1.3.	Prescrizioni specifiche	23
5.1.4.	Dimensionamento termico dei conduttori	25
5.1.2.1.	Corrente dispersa dall'impianto e circolante nei conduttori	25
5.1.2.2.	Verifica termica dei conduttori	26
5.1.2.3.	Provvedimenti aggiuntivi	27
5.1.5.	Impianto di terra del fabbricato	27
5.1.6.	Misure di verifica in corso d'opera	28
5.2.	Rete di terra di impianto fotovoltaico	29
5.2.1.	Verifiche di idoneità dell'impianto	29
5.2.2.	Efficienza dell'impianto di terra per tensioni di contatto	30
5.3.	Rete di terra Cabina di Smistamento e delle Cabine di Trasformazione	31
6.	Dimensionamento preliminare dell'Impianto di illuminazione (<i>Parco Fotovoltaico</i>) 32	
6.1.1.	Protezioni contro i contatti diretti	33
6.1.2.	Caduta di tensione	33
6.1.3.	Impianto di terra	36
6.1.4.	Protezione da sovraccarichi e cortocircuiti	36
6.1.5.	Cavidotti e pozzetti	37



6.1.6.	Quadro elettrico – interruttori di protezione	38
6.2.	Corpi illuminanti	38
6.2.1.	Pali di sostegno	38
6.2.2.	Fondazioni.....	39
6.2.3.	Caratteristiche illuminotecniche	39
7.	Dimensionamento preliminare dell’Impianto videosorveglianza e antintrusione (Parco Fotovoltaico).....	39
8.	Dimensionamento preliminare dell’Impianto di illuminazione (<i>SSE Utente</i>).....	41
8.1.1.	Protezioni contro i contatti diretti	42
8.1.2.	Caduta di tensione.....	43
8.1.3.	Impianto di terra.....	44
8.1.4.	Protezione da sovraccarichi e cortocircuiti	44
8.1.5.	Cavidotti e pozzetti	45
8.1.6.	Quadro elettrico – interruttori di protezione	46
8.2.	Corpi illuminanti	46
8.2.1.	Pali di sostegno	46
8.2.2.	Fondazioni.....	47
8.2.3.	Caratteristiche illuminotecniche	47
9.	Dimensionamento preliminare dell’Impianto videosorveglianza e antintrusione (SSE)	47

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 "Latiano" della società HEPV04S.r.l. di potenza nominale pari a 56.500 kW e potenza installata pari a 62.160 kWp, ed in particolare di:

- elettrodotto interrato di collegamento (dorsale esterna) alla Sottostazione Utente (SSE);
- linee di Media Tensione interne al Parco Fotovoltaico (linee in entra-esce dalle Cabine di Trasformazione);
- rete di terra dell'impianto e della Sottostazione.

2. Descrizione generale dell'impianto fotovoltaico

Il Parco Fotovoltaico sarà realizzato nel Comune di Latiano (BR). La connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale avverrà anch'essa nel Comune di Latiano (BR) in corrispondenza del nodo rappresentato dalla futura Stazione Terna 150/380 kV, poco distante dall'impianto fotovoltaico.

I principali componenti dell'impianto sono:

- i generatori fotovoltaici (moduli fotovoltaici) installati su strutture di sostegno in acciaio di tipo mobile (inseguitori) con relativi motori elettrici per la movimentazione, ancorate al suolo tramite paletti in acciaio direttamente infissi nel terreno;
- le linee elettriche interrate di bassa tensione in c.c. dai moduli, suddivisi da un punto di vista elettrico in stringhe, agli inverter di campo;
- i quadri di parallelo stringhe, posizionati in prossimità degli inseguitori, all'interno di appositi quadri elettrici;
- le linee elettriche interrate in bassa tensione in c.a. dagli inverter di campo alle Cabine di Campo (locali tecnici);
- gli Shelter prefabbricati preassemblati in stabilimento dal produttore, contenenti il gruppo Conversione/Trasformazione;
- le linee elettriche MT interrate e relative apparecchiature di sezionamento all'interno delle aree in cui sono installati i moduli fotovoltaici, che collegano elettricamente tra loro le Cabine di Campo;

- la Cabina di Consegna, con apparecchiature di protezione MT delle linee MT in arrivo dall'impianto fotovoltaico ed in partenza da questo;
- un sistema di condivisione sbarre AT
- la Sottostazione di Trasformazione (SSE/SU) MT/AT e connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale, con tutte le apparecchiature (interruttori, sezionatori, TA, TV, ecc.) necessarie alla realizzazione della connessione elettrica dell'impianto, ubicata nelle immediate vicinanze della futura SE TERNA.

L'energia elettrica prodotta a 800 V in c.c. dai generatori fotovoltaici (moduli), viene prima raccolta all'interno dei Quadri di Parallelo o di Stringa dai quali ancora in c.c. viene trasportata inizialmente ai Quadri di Parallelo Stringhe e da questi al convertitore (Inverter) per essere appunto convertita in c.a. e poi trasformata a 30 kV da un trasformatore BT/MT. I due dispositivi sono contenuti, come detto, all'interno di container prefabbricati (*Shelter*).

Da qui l'energia arriverà a delle Cabine di Campo all'interno delle celle (quadri) MT. Dalla Cabina di Campo l'energia viene raccolta nella Cabina di Consegna e poi immessa in una rete in cavo a 30 kV (interrata) per il trasporto alla sottostazione elettrica (SSE/SUI), dove subisce una ulteriore trasformazione di tensione (30/150 kV) prima dell'immissione nella rete TERNA(RTN) di alta tensione a 150 kV.

Opere accessorie, e comunque necessarie per la realizzazione del parco fotovoltaico, sono le strade interne all'impianto, consistenti in una strada perimetrale interna di collegamento ai vari "sottocampi", la recinzione che delimita le aree dell'impianto, una siepe perimetrale la cui funzione è quella di mitigare l'impatto visivo dell'impianto dall'esterno i cancelli di accesso, ovviamente i locali tecnici (cabine) ove saranno installate le apparecchiature elettriche di protezione, sezionamento e controllo. Inoltre si renderà necessaria la costruzione della Stazione elettrica di Utenza SSE, e di un sistema di sbarre AT per la condivisione dello Stallo di consegna all'interno della futura SE Terna, con altri produttori. La SSE occuperà un'area di 1.600 m², in prossimità della SE futura Terna. Al suo interno saranno installati due Trasformatori MT/AT da 35 MVA ciascuno.

In relazione alle caratteristiche dell'impianto, al numero di moduli fotovoltaici (155.400), alla loro potenza unitaria (400 Wp), all'irraggiamento previsto nell'area di impianto sulla base dei dati storici (1.958 kWh/Kwp) si stima una produzione di energia elettrica totale di circa 122GWh/anno.

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

- a. 155.400 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino (collettori solari) di potenza massima unitaria pari a 400 Wp, installati su inseguitori monoassiali da 28 e 14 moduli;
- b. 5.550 stringhe, ciascuna costituita da 28 moduli da 400 Wp ciascuno, collegati in serie. Tensione di stringa 1.237,6 V, corrente di stringa 8.42 A;
- c. 587 Quadri di parallelo stringhe posizionati in campo. A ciascuno afferiscono da un minimo di 6 ad un massimo di 9 stringhe;
- d. 22 Cabine di Campo (CdC) MT/BT in cui avviene l'innalzamento di tensione da 0,4/30 kV. In ciascuna CdC è installato un trasformatore con potenze nominali variabili in base al carico elettrico e comunque compreso tra 1.600 e 3.000kVA. Le CdC sono collegate fra loro in cinque gruppi (*Sottocampi MT*) tramite linee in cavo MT interrato;
- e. 22 Cabinati (shelter) da 20 piedi, preassemblati in stabilimento dal fornitore, contenenti ciascuno un Inverter del tipo centralizzato, ed un trasformatore MT/BT di opportuna taglia. Sia gli Inverter che i trasformatori, avranno Potenza nominale in uscita pari a 2.500 e 3.000 kVA. In particolare si prevedono 19 inverter da 2.500 kVA con 19 trasformatori da 2.500 kW e 3 Inverter da 3.000 kVA con accoppiati 3 trasformatori da 3.000 kW;
- f. Una Cabina di Smistamento in cui viene raccolta tutta l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico proveniente dai 6 Sottocampi MT (e quindi dalle CdC). Dalla CdS, tramite una doppia linea MT in cavo interrato l'energia prodotta viene trasferita alla SSE Utente;
- g. Una Stazione Elettrica Utente in cui avviene la raccolta dell'energia prodotta (in MT a 30 kV), la trasformazione di tensione (30/150 kV) e la consegna (in AT a 150 kV), in cui è installato un trasformatore elevatore 30/150 kV, potenza 63 MVA, munito di variatore di rapporto sotto carico (150+/- 10 x 1,25%), gruppo vettoriale YNd11, esercito con il centro stella lato AT non collegato a terra.
- h. 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.
- i. Apparecchiature elettriche di protezione e controllo BT, MT, AT, 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 nelle CdC, nella CdS e nella SSE Utente;

- j. Apparecchiature di protezione e controllo dell'intera rete MT e AT

3. Potenza di Picco e Potenza Nominale dell'impianto

Come detto, la **Potenza di Picco** installata sarà pari a **60.564 kWp**, data dal prodotto della potenza di picco del singolo pannello per il numero totale degli stessi. Si ha infatti:

- n° pannelli installati: **155.400**;
- potenza singolo pannello: **400 Wp**;

quindi avremo:

$$151.410 \times 400 \text{ W} = \mathbf{62.160 \text{ MW}}$$

E' prevista l'installazione di:

- n° 19 Inverter con potenza nominale lato AC di 2.500 kVA;
- n° 3 Inverter con potenza nominale lato AC di 3.000 kVA;

per un totale di **56.500 kVA** con $\cos\phi = 1$.

Come detto, questi saranno installati all'interno di containers (shelter) da 20 piedi, preassemblati in stabilimento dal fornitore, all'interno dei quali troveranno alloggiamento anche i trasformatori MT/BT.

*Ai sensi della CEI 0-21, p.to 3.49 la **Potenza Nominale** è "la Potenza apparente massima a cui un generatore elettrico o un trasformatore possono funzionare con continuità in condizioni specificate (kVA)". Nel caso di generatori FV, "la Potenza Attiva massima erogabile è limitata dalla potenza dell'Inverter, qualora questa sia minore della somma delle potenze STC (Standard Test Condition) dei moduli FV".*

Ciò significa che la **Potenza Nominale** dell'impianto fotovoltaico in progetto sarà data dalla somma delle massime potenze nominali in uscita (lato AC) degli Inverter e quindi pari a **56.500 kW**.

4. Dimensionamento preliminare dei componenti d'impianto

Come già accennato in premessa, il cavidotto può essere suddiviso in:

- 1) cavidotto interno di collegamento in MT a 30 kV tra i sotto-campi di ciascun "field", quindi tra le Cabine di Campo (in entra ed esce) e da queste alla Cabina di Smistamento (CdS);
- 2) dorsale esterna di collegamento **CdS** e **SSE**, realizzata con doppia terna di cavi MT sempre a 30 KV;

All'interno delle stesse trincee così realizzate, sarà posato anche un *mini tubo* in polietilene ad alta densità PEAD all'interno del quale sarà infilato il *mini cavo* in fibra ottica per la trasmissione dei segnali tra il Parco Fotovoltaico e la SSE.

In sintesi, abbiamo:

- Cavidotti interni MT a 30 kV interrati per il collegamento elettrico *interno* del Parco Fotovoltaico in cinque sottocampi e collegamento degli stessi alla CdS;
- Una linea MT interrata (*dorsale esterna*), realizzata con tripla terna a 30 kV, di collegamento CdS-SSE lungo un percorso di circa 1,7 km.
- Mini Cavo Fibra Ottica all'interno di mini tubazione PEAD, lungo il percorso del cavidotto interno e della dorsale esterna;
- Corda di rame nuda posata ad intimo contatto con il terreno lungo il percorso del *cavidotto interno* e della dorsale esterna per la messa a terra dell'impianto.

4.1. ELETTRODOTTO DI COLLEGAMENTO ALLA SSE (dorsale esterna)

4.1.1. Generalità

Il percorso del tracciato dell'elettrodotto di collegamento alla SSE (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 $3 \mu T$.

4.1.2. Descrizione del tracciato del cavidotto

L'elettrodotta in oggetto, avrà una lunghezza complessiva di circa 1,7 km. Si svilupperà quindi interamente all'interno del Comune di Latiano.

Il tracciato partendo dalla **CdS** "corre" in direzione nord rimanendo all'interno dell'impianto fotovoltaico per circa 595 m. Uscirà poi dall'impianto e proseguendo verso est attraverserà trasversalmente la **SP 46** per continuare poi su strada asfaltata esistente per circa 530 m. L'attraversamento della SP 46 verrà eseguito con la tecnica della **TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata)**. Il cavidotto poi proseguirà verso nord sempre su strada asfaltata per ulteriori 500 m sino ad arrivare alla **SSE**.

4.1.3. Comuni interessati

Il cavidotto di collegamento alla **SSE** (dorsale esterna) interesserà esclusivamente il Comune di Latiano (BR).

4.1.4. 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 dettate dagli stessi Enti proprietari dei sottoservizi di cui sopra, in sede di Conferenza di Servizi.

4.1.5. Caratteristiche tecniche del cavidotto di collegamento alla SSE (dorsale esterna)

Il cavidotto costituisce l'elemento di collegamento tra la Cabina di Smistamento, situata sul perimetro dell'impianto fotovoltaico (in particolare nel Campo A) e la nuova stazione di utenza AT/MT che consentirà di innalzare la tensione da 30 kV a 150 kV e quindi di smistare l'energia elettrica prodotta dall'impianto alla **Rete di Trasmissione Nazionale**.

L'elettrodotto dovrà assicurare una portata nominale di 56.500 kW, pari cioè alla potenza nominale dell'impianto in oggetto.

L'elettrodotto consisterà in tre linee in cavo; ripartendo equamente la potenza nominale totale e contenendo così la sezione del cavo stesso.

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

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

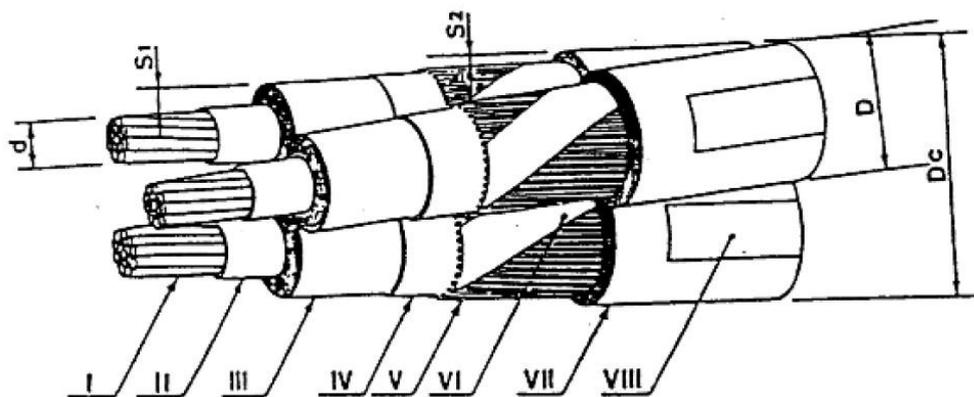
$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{V_n} \cos(\phi)} = \frac{56.500 \cdot 10^6}{0,5 \sqrt{0,10}} = \mathbf{1.144 \text{ A}} \quad (1)$$

4.1.6. Dimensionamento del cavidotto

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

4.1.7. Caratteristiche tecniche della linea

I cavi utilizzati saranno del tipo ARP!H(AR)E unipolare ad isolamento con elastomero termoplastico con conduttori di alluminio, aventi una sezione nominale di 630 mmq. 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 miscela in elastomero termoplastico con una temperatura di sovraccarico massima pari a 140° C.

La corrente prodotta dall'impianto e calcolata nella (1) pari a 1.144 A, sarà suddivisa in tre terne fi cavi come sopra descritto. Quindi per ciascuna terna, avremo una I_b pari a $1.144 / 3 = 381 \text{ A}$, per la quale si è scelta una sezione da 630 mm².

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 ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)

sezione nominale	posa in aria a trifoglio	posa interrata a trifoglio $\rho=1^\circ\text{C m/W}$	posa interrata a trifoglio $\rho=2^\circ\text{C m/W}$
conductor cross-section	open air installation trefoil	underground installation trefoil $\rho=1^\circ\text{C m/W}$	underground installation trefoil $\rho=2^\circ\text{C m/W}$
(mm ²)	(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	943	725	541

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

Considerando inoltre per le condizioni di posa e le perdite un fattore di riduzione della portata pari a 0,75, avremo che la portata per ogni terna di cavi da 630 mmq risulta pari a **381 A**. In definitiva la sezione scelta (630 mmq) e la ripartizione su tre linee è idonea a trasportare la corrente pari a 381 A per ognuna delle tre terne.

4.1.8. Dati nominali di funzionamento del cavidotto

- Tensione nominale 30 kV
- Frequenza nominale 50 Hz
- Corrente nominale per ciascuna delle tre terne **$I_b=381\text{ A}$**
- Corrente massima di esercizio per ciascuna terna **$I_z=543\text{ A}$**
- Potenza massima di esercizio 56,500 MW

4.2. ELETTRODOTTI MT INTERNI (rete elettrica interna al parco fotovoltaico per il collegamento dei sotto-campi alla Cabina di Smistamento)

I "Campi" sono collegati elettricamente fra loro in MT in cinque gruppi detti *sottocampi*. Ciascun *sottocampo* è direttamente collegato in MT alla CdS, ubicata di fatto nella stessa aerea del Parco Fotovoltaico, e in particolare nel sottocampo "Campo A". Questa rete di collegamenti costituisce quello che in premessa abbiamo definito cavidotto interno di collegamento del Parco Fotovoltaico.

La **CdS** come già detto e trattato in precedenza, è collegata alla SSE tramite una doppia terna di cavi MT, che segue un percorso di lunghezza pari a circa 10 km. Le due terne corrono, ovviamente, nella stessa trincea, e formano la dorsale esterna di collegamento CdS-SSE.

Sottocampo 1 CAB.A1 → CAB.A2 → CAB.A3 → CAB.A4 → CAB.A5 → CdS
Sottocampo 2 CAB.B1 → CAB.B2 → CAB.B3 → CAB.B4 → CdS
Sottocampo 3.1 CAB.C1 → CAB.C2 → CAB.C3 → Cds
Sottocampo 3.2 CAB.C5 → CAB.C6 → CAB.C4 → Cds
Sottocampo 4 CAB.D1 → CAB.D2 → CAB.D3 → CAB.D4 → CdS
Sottocampo 5 CAB.E1 → CAB.E2 → CAB.F → CdS
CdS-SSE Cabina di Smistamento → SSE Utente

Schema rete MT Parco 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.

4.2.1. 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 ARP!H5(AR)E.

Sottocampo 1	Misura CAD	piu 5 %	Ingresso cabina e arrivo al quadro	Stima finale	Sezione e formazione cavi
CAB.A1 - A2	215	226	10	236	3x1x50 mmq
CAB.A2 - A3	226	237	10	247	3x1x50 mmq
CAB.A3 - A4	197	207	10	217	3x1x95 mmq
CAB.A4 - A5	198	208	10	218	3x1x120 mmq
CAB.A7 - BCdS	664	697	10	707	3x1x300 mmq
Totale				1.625	

Sottocampo 2	Misura CAD	piu 5 %	Ingresso cabina e arrivo al quadro	Stima finale	Sezione e formazione cavi
CAB.B1 - B2	175	184	10	194	3X1x50 mmq
CAB.B2 - B3	32	34	10	44	3x1x50 mmq
CAB.B3 - B4	106	111	10	121	3X1x95 mmq
CAB.B4 - BCdS	598	628	10	638	3x1x185 mmq
Totale				997	

Sottocampo 3.1	Misura CAD	piu 5 %	Ingresso cabina e arrivo al quadro	Stima finale	Sezione e formazione cavi
CAB.C1 - C2	142	149	10	159	3X1x50 mmq
CAB.C2 - C3	191	201	10	211	3x1x50 mmq
CAB.C3 - CdS	26	27	10	37	3z1z95 mmq
Totale				407	

Sottocampo 3.2	Misura CAD	piu 5 %	Ingresso cabina e arrivo al quadro	Stima finale	Sezione e formazione cavi
CAB.C5 - C6	351	369	10	379	3X1x50 mmq
CAB.C6 - C4	417	438	10	448	3x1x50 mmq
CAB.C4 - CdS	543	570	10	580	3x1x120 mmq
Totale				1.407	

Sottocampo 4	Misura CAD	piu 5 %	Ingresso cabina e arrivo al quadro	Stima finale	Sezione e formazione cavi
CAB.D1 - D4	395	415	10	425	3X1x50 mmq
CAB.D3 - D2	254	267	10	277	3x1x50 mmq
CAB.D2 - D4	128	134	10	144	3X1x95 mmq
CAB.D4 - CdS	786	825	10	835	3x1x185 mmq
Totale				1.681	

Sottocampo 5	Misura CAD	piu 5 %	Ingresso cabina e arrivo al quadro	Stima finale	Sezione e formazione cavi
CAB.E1 - E2	370	389	10	399	3x1x50 mmq
CAB.E2 - F	428	449	10	459	3x1x185 mmq
CAB.F - CdS	1.813	1.904	10	1.914	3z1z50 mmq
Totale				2.772	

Stima lunghezza cavi MT (in m)

Il cavidotto interno, interessa nella quasi totalità strade interne all'impianto non asfaltate. Un breve tratto interesserà terreni agricoli al di fuori dell'impianto. In particolare nel passaggio tra un sottocampo e l'altro. Inoltre è previsto l'attraversamento della SP 46 per il collegamento del sottocampo 4 alla Cabina di Smistamento e raccolta e nel punto in cui il cavidotto di collegamento alla SSE uscirà dall'impianto. Gli attraversamenti avverranno in TOC, Trivellazione Orizzontale Controllata. In fase esecutiva si potrà decidere di eseguire gli scavi a cielo aperto.

Nella tabella riportata a pagina 11, è riportato lo sviluppo lineare delle singole tratte di linee MT, nonché la sezione e formazione cavi.

Nell'elaborato *6JUCTX0_ElaboratoGrafico_4_15 "Schema a blocchi rete MT Parco Fotovoltaico"* si riporta lo schema a blocchi relativo alla rete elettrica interna del Parco Fotovoltaico.

4.2.2. Caratteristiche tecniche delle linee

Nello specifico ogni linea sarà costituita da una terna di cavi MT 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:

- ARP1H5(AR)E 3x(1x300) mmq – da Sotto campo 1 a CdS - $I_b = 248 \text{ A}$ – ($I_z = 364 \text{ A}$);
- ARP1H5(AR)E 3x(1x185) mmq – da Sotto campo 2 a CdS - $I_b = 199 \text{ A}$ – ($I_z = 276 \text{ A}$);
- ARP1H5(AR)E 3x(1x95) mmq – da Sotto campo 3.1 a CdS - $I_b = 149 \text{ A}$ – ($I_z = 190 \text{ A}$);
- ARP1H5(AR)E 3x(1x120) mmq – da Sotto campo 3.2 a CdS - $I_b = 149 \text{ A}$ – ($I_z = 217 \text{ A}$);
- ARP1H5(AR)E 3x(1x185) mmq – da Sotto campo 4 a CdS - $I_b = 228 \text{ A}$ – ($I_z = 276 \text{ A}$);
- ARP1H5(AR)E 3x(1x50) mmq – da Sotto campo 5 a CdS - $I_b = 149 \text{ A}$ – ($I_z = 130 \text{ A}$);

I valori delle correnti sono stati ottenuti applicando la formula (1) precedentemente vista e la *tabella riportata a pagina 7*. 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.

Si precisa che le sezioni sopra riportate fanno riferimento solo all'ultimo tratto di ciascuna Linea cioè il tratto compreso tra l'ultima Cabina del Sottocampo in esame e la CdS, essendoci

fatto questo quello dove la portata di corrente è maggiore poiché somma di tutte le correnti circolanti nei tratti precedenti.

Per completezza nelle tabelle che seguono, si riportano le potenze nominali e le correnti uscenti da ciascuna Cabina, nonché la formazione e le caratteristiche dei cavi.

Sottocampo 1			
Cabina	P (kW)	P tot(kW)	Ib (A)
A1	2.500,00	2.500,00	50
A2	2.500,00	5.000,00	100
A3	2.500,00	7.500,00	149
A4	2.500,00	10.000,00	199
A5	2.500,00	12.500,00	248
CdS		12.500,00	248

Sottocampo 2			
Cabina	P (kW)	P tot(kW)	Ib (A)
B1	2.500,00	2.500,00	50
B2	2.500,00	5.000,00	100
B3	2.500,00	7.500,00	149
B4	2.500,00	10.000,00	199
CdS		10.000,00	199

Sottocampo 3.1			
Cabina	P (kW)	P tot(kW)	Ib (A)
C1	2.500,00	2.500,00	50
C2	2.500,00	5.000,00	100
C3	2.500,00	7.500,00	149
CdS		7.500,00	149

Sottocampo 3.2			
Cabina	P (kW)	P tot(kW)	Ib (A)
C5	2.500,00	2.500,00	50
C6	2.500,00	5.000,00	100
C4	2.500,00	7.500,00	149
CdS		7.500,00	149

Sottocampo 4			
Cabina	P (kW)	P tot(kW)	Ib (A)
D1	2.500,00	2.500,00	50
D4	3.000,00	5.500,00	109
CdS		11.500,00	228
D2	3.000,00	6.000,00	119
D3	3.000,00	3.000,00	60

Sottocampo 5			
Cabina	P (kW)	P tot(kW)	Ib (A)
E1	2.500,00	2.500,00	50
E2	2.500,00	5.000,00	100
F	2.500,00	7.500,00	149
CdS		7.500,00	149

Sottocampi impianto, potenze nominali lato AC 30 kV e valori delle correnti MT (in m)

				ARP1H5(AR)E
Sottocampo 1	Potenza	lb	lz	Sezione e formazione cavi
CAB.A1 - A2	2.250,0	44	130	3x1x50 mmq
CAB.A2 - A3	4.500,0	87	130	3x1x50 mmq
CAB.A3 - A4	6.750,0	130	190	3x1x95 mmq
CAB.A4 - A5	9.000,0	174	217	3x1x120 mmq
CAB.A5 - A6	11.250,0	217	276	3x1x185 mmq
CAB.A6 - A7	12.750,0	246	364	3x1x300 mmq
CAB.A7 - BCdS	14.250,00	275	364	3x1x300 mmq

Sottocampo 2	Potenza	lb	lz	Sezione e formazione cavi
CAB.B1 - B2	2.250,0	44	130	3X1x50 mmq
CAB.B2 - B3	4.500,0	87	130	3x1x50 mmq
CAB.B3 - B4	6.750,0	130	190	3X1x95 mmq
CAB.B4 - B5	9.000,0	174	217	3x1x120 mmq
CAB.B5 - BCdS	11.250,00	217	276	3x1x185 mmq

Sottocampo 3.1	Potenza	lb	lz	Sezione e formazione cavi
CAB.C1 - C2	2.250,0	44	130	3X1x50 mmq
CAB.C2 - C3	4.500,0	87	130	3x1x50 mmq
CAB.C3 - CdS	6.750,00	130	190	3z1z95 mmq

Sottocampo 3.1	Potenza	lb	lz	Sezione e formazione cavi
CAB.C5 - C6	2.250,0	44	130	3X1x50 mmq
CAB.C6 - C7	4.500,0	87	130	3x1x50 mmq
CAB.C7 - C4	6.750,0	130	190	3X1x95 mmq
CAB.C4 - CdS	9.000,00	174	217	3x1x120 mmq

Sottocampo 4	Potenza	lb	lz	Sezione e formazione cavi
CAB.D1 - D2	2.250,0	44	130	3X1x50 mmq
CAB.D2 - D3	4.500,0	87	130	3x1x50 mmq
CAB.D3 - D4	6.750,0	130	190	3X1x95 mmq
CAB.D4 - D5	9.000,0	174	217	3x1x120 mmq
CAB.D5 - CdS	11.250,00	217	276	3x1x185 mmq

Sottocampo 5	Potenza	lb	lz	Sezione e formazione cavi
CAB.E1 - E2	2.000,0	39	130	3x1x50 mmq
CAB.E5 - CdS	2.000,00	77	130	3z1z50 mmq

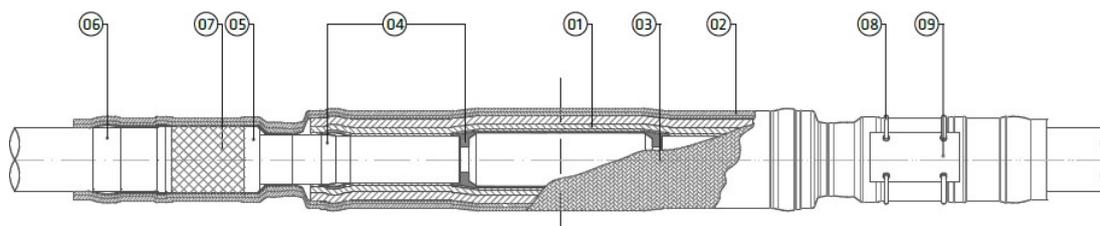
Verifica delle correnti tratte cavidotti MT interni e formazione cavi

4.3. Giunti cavi MT

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

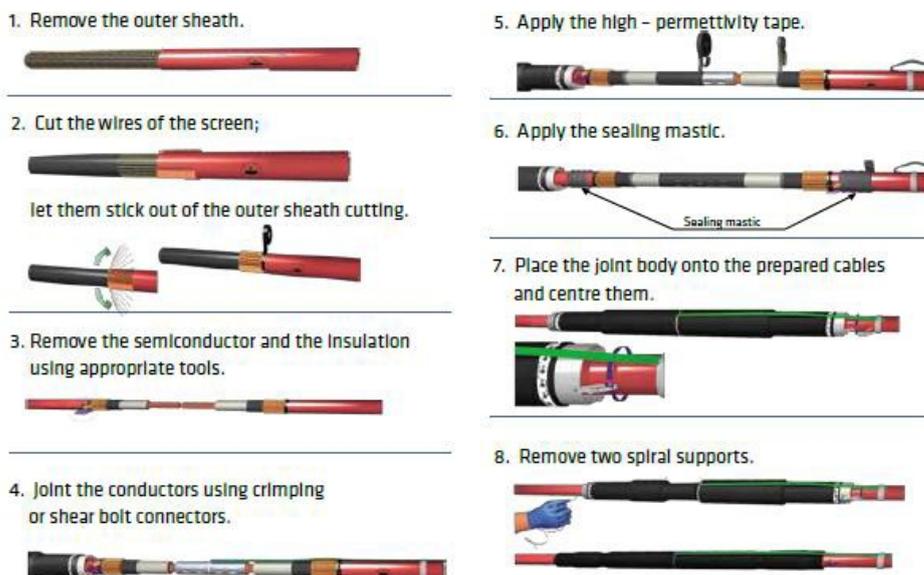
Definiamo “*giunzione*” la giunzione tripolare delle tre fasi del conduttore più la messa a terra dello schermo. Quindi la giunzione sarà costituita da tre terminali unipolari (connettore di interconnessione) e tre corredi per terminazione unipolare. Le giunzioni elettriche saranno realizzate mediante l'utilizzo di connettori del tipo diritto, 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:

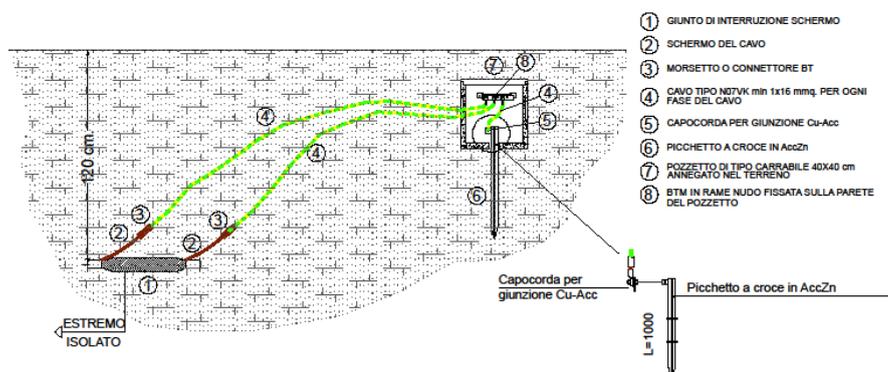


Eseguito il giunto sarà posto in opera un "ball-marker" passivo non deteriorabile interrato con codice di riconoscimento a cui si assoceranno le informazioni relative al giunto. Inoltre il giunto, prima del rinterro, sarà coperto con una protezione meccanica da realizzare con tegoli in pvc o in cav e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

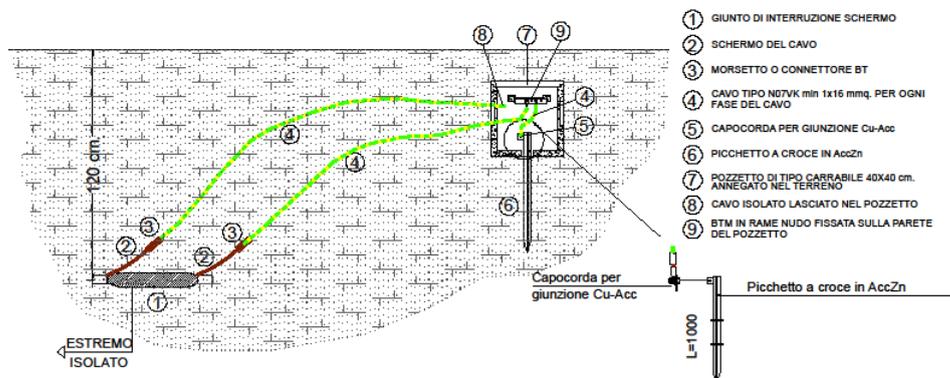
Nel cavidotto di collegamento CdS-SSE, (lunghezza 10 km circa) ogni 3 km circa, in corrispondenza dei giunti dei cavi MT, verrà eseguita la messa a terra dello schermo dei cavi secondo lo schema riportato in figura. Complessivamente si prevede di eseguire la messa a terra dello schermo in corrispondenza di 3 buche giunti, lungo il percorso del cavidotto, ovviamente la messa a terra degli schermi dei cavi sarà eseguita per tutte le fasi della doppia terna di cavi (6 giunti per ogni buca).

GIUNTO TERRA-SCHERMO



Inoltre in corrispondenza dell'ultimo giunto prima della SSE verrà eseguito l'interruzione dello schermo dei cavi come in figura.

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, dal momento che i tratti sono molto brevi; il tratto più lungo si ha tra la Cabina F e la CdS, pari a circa 1,8 km. 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. Inoltre in corrispondenza di ogni buca giunti, per le terne di cavi unipolari non avvolti ad elica visibile sarà eseguita la trasposizione delle fasi.

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.

4.4. Terminali cavi MT

Per il collegamento dei cavi MT ai quadri posizionati a base torre, nella CdS e in SSE saranno realizzati dei terminali unipolari da interno con isolamento estruso siliconico, tensione nominale di isolamento verso terra 18 kV, fase – fase 30 kV, tensione massima di isolamento 36 kV, da realizzare con guaine auto-restringenti, montate in fabbrica su tubo di supporto, inserite a freddo, conformi alla norma CENELEC HD 629.1 S1, che assicureranno la ricostruzione dell'isolamento e della protezione meccanica, e il mantenimento delle caratteristiche elettriche del cavo. Il terminale sarà realizzato secondo le indicazioni fornite dal costruttore dell'accessorio, completo di capicorda in rame o alluminio crimpato a punzonatura profonda o meccanico con viti a rottura prestabilita.

5. Dimensionamento preliminare della rete di terra (SSE e Impianto fotovoltaico)

Costituiscono parte integrante della presente relazione gli elaborati di progetto definitivo di seguito riepilogati, ai quali si rimanda per gli aspetti di dettaglio non esplicitamente menzionati nel presente documento:

ElaboratoGrafico_2_13a- Rete di terra parco fotovoltaico

ElaboratoGrafico_2_13b - Rete di terra parco fotovoltaico

ElaboratoGrafico_2_13c - Rete di terra parco fotovoltaico – Particolari costruttivi

ElaboratoGrafico_4_23 – SSE Rete di terra

Criteri progettuali

Lo scopo del presente dimensionamento è quello di calcolare l'impianto di terra della SSE Utente, del parco fotovoltaico e relativi componenti, in funzione delle correnti di guasto che è chiamato a disperdere, in modo tale che non si manifesti l'insorgenza di condizioni di pericolo per persone e animali.

L'impianto deve essere realizzato in modo che ne sia garantita la stabilità di funzionamento del tempo.

Si sottolinea inoltre che gli impianti di terra, oltre a garantire le condizioni di sicurezza, sono realizzati per motivi funzionali onde assicurare condizioni operative ottimali alle apparecchiature.

5.1. Rete di terra della Sottostazione Elettrica 30/150 kV

La rete AT a 150 kV cui si collega alla SSE è di tipo trifase con neutro a terra, per cui nel caso di guasto a massa sugli impianti ed apparecchiature AT il circuito di guasto si chiude attraverso il terreno.

Per favorire l'intervento delle protezioni ed attuare l'interruzione automatica dell'alimentazione, è necessario che l'impedenza di tale circuito sia la più bassa possibile, in modo che i valori delle correnti di guasto si mantengano al di sopra di quelli di taratura delle protezioni medesime.

Le tensioni pericolose che si stabiliscono sulle masse in caso di guasto dipendono, oltre che dal valore teorico della corrente di guasto e dal tempo di permanenza del guasto stesso, anche dalla resistenza di terra del dispersore attraverso il quale fluisce la corrente che attraversa il terreno.

In base a questi parametri dovrà essere dimensionato il dispersore principale della SSE.

Poiché poi all'interno dei fabbricati di contenimento e controllo apparecchiature presenti nel piazzale esistono altri impianti elettrici utilizzatori, sia in MT che in BT, anche per essi occorrerà prevedere la messa a terra di sicurezza.

Dato che i fabbricati e tutti gli impianti sono all'interno del piazzale AT, e che pertanto non è possibile realizzare per essi impianti di terra indipendenti dal precedente, si ricorrerà ad un impianto di messa a terra unico cui saranno collegate tutte le carpenterie metalliche, ferramenta, cassoni, tubazioni ed altri elementi metallici presenti nella SSE, fabbricati compresi, che possano essere oggetto di indebiti tensionamenti in caso di guasto.

Tutte le eventuali masse metalliche che fuoriescono dall'area di piazzale quali tubazioni per l'allacciamento a servizi vari, potenzialmente pericolose perché potrebbero "portare" fuori dal piazzale tensioni pericolose in caso di guasto, andranno opportunamente isolate per mezzo di opportuni giunti isolanti.

Saranno collegate direttamente al dispersore in almeno tre punti distinti, per mezzo di conduttori di rame nudi, tutte le masse metalliche del piazzale AT, e cioè le armature dei cavi, i cassoni dei trasformatori, i telai di sostegno e gli involucri delle apparecchiature di sezionamento ed interruzione (compresi i relativi armadi di manovra e controllo), le carpenterie di sostegno delle sbarre, dei cavi e dei conduttori aerei di piazzale, i cavalletti degli scaricatori AT, dei TV e dei TA, i pali di sostegno delle torri faro e tutte le altre strutture metalliche accessibili poste all'interno dell'anello perimetrale della rete di terra.

5.1.1. Dispersore di terra della SSE

Al momento della redazione della presente relazione non sono ancora stati comunicati da Terna i valori reali di corrente di guasto a terra e tempo di eliminazione del guasto. Per questo motivo, ogni ipotesi di dimensionamento del dispersore rispetto al valore della resistenza di terra avrebbe un fattore troppo elevato di incertezza. Si è pertanto proceduto a dimensionare il dispersore sulla base dell'esperienza e della letteratura relative a tipologie simili di stazioni elettriche e siti di realizzazione, mantenendo un adeguato margine a favore di sicurezza.

In corso di realizzazione dell'opera si procederà alla misura strumentale del valore della resistenza di terra e delle tensioni di passo e contatto, in modo da verificare la funzionalità del dispersore di terra e da procedere eventualmente ad ampliamento con estensione della maglia e posizionamento di dispersori puntuali aggiuntivi.

5.12. Caratteristiche dimensionali

La rete di terra di stazione è rappresentata, con dovizia di particolari, nell'elaborato: *SSE - Rete di terra* e sarà costituita da:

- un anello perimetrale da posare nel terreno vegetale, alla quota -2,50 m circa dal piano finito della SSE, con corda di rame nudo di sezione 50 mmq, con sviluppo totale pari a:

$$L_A = 130 \text{ m}$$

- n. 4 dispersori puntuali a piastra posati nel terreno vegetale alla stessa quota dell'anello perimetrale (-2,50 m), in acciaio zincato, di lato 0,6 m;
- una rete di terra magliata, con lato di maglia mediamente pari a circa 5m, con 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:

$$L_P = 460 \text{ m}$$

e con sviluppo totale L_T dell'intera rete pari a:

$$L_T = 590 \text{ m};$$

- cime di collegamento della maglia di terra con le apparecchiature AT, nel numero di almeno tre per singola apparecchiatura, con corda di rame nudo di sezione 70 mmq a 7 fili elementari.

Le quote di posa sono sicuramente inferiori alla linea di gelo e la temperatura del terreno si può ritenere pressoché costante e pari a 20°C.

5.13. Prescrizioni specifiche

La maglia di terra sarà **connessa ai ferri di fondazione** con la raccomandazione che tale connessione sia eseguita in più punti. Il collegamento alle reti di acciaio elettrosaldate dei solai consente di realizzare facilmente delle superfici equipotenziali.

Lo sfruttamento dei ferri di armatura è consentito dalla normativa. Gli stessi presentano una elevata resistenza meccanica ed alla corrosione in virtù del fatto che sono immersi nel calcestruzzo. Numerose sperimentazioni condotte in diversi laboratori, iniettando nelle

armature correnti alternate, non hanno dato alcuna evidenza in merito a possibili problemi di corrosione derivanti dalle iniezioni stesse.

Inoltre il ferro può essere considerato in intimo contatto elettrico con il terreno, anche se inglobato nel calcestruzzo, giacché quest'ultimo, grazie alla sua composizione alcalina e alla sua natura fortemente igroscopica, assorbe umidità mantenendo la sua conducibilità anche in zone asciutte.

Avendo cura di realizzare molti punti di contatto si assicura una elevata permanenza nel tempo del sistema disperdente.

La connessione delle armature al dispersore di terra non costituisce aggravio alla struttura. In merito alla resistenza alle sollecitazioni termiche va sottolineata la notevole entità delle sezioni dell'acciaio impiegato a fini dispersivi, garanzia intrinseca rispetto agli effetti termici. Inoltre, fonti autorevoli riportano che l'immissione di correnti di corto circuito in punti nodali dell'armatura di una struttura in cemento armato non provoca preoccupanti sollecitazioni termiche alla struttura.

In ultimo è d'uopo evidenziare la necessità di curare bene la realizzazione delle interfacce di contatto rame – acciaio, con utilizzo di morsetti di ottone o bimetallici, al fine di ridurre le coppie elettrochimiche, e la protezione della giunzione con nastri auto vulcanizzanti, rivestimenti di catrame o mastici bituminosi per evitare l'introduzione di elettroliti nella giunzione.

Il cancello metallico di accesso alla SSE non potrà essere collegato alla rete di terra, ma sarà dotato di dispersore proprio. In tal modo esso non potrà mai assumere il potenziale del dispersore magliato, e sarà così evitato, in caso di guasto a terra del sistema AT, ogni pericolo per gli estranei all'impianto.

Le **tensioni di guasto** che possono assumere valori preoccupanti nell'area di SSE sono quelle "di passo" e "di contatto", come definite dalla normativa (cfr. CEI EN 50522 cap. 3). Le misure in corso d'opera sul dispersore verranno eseguite con particolare riferimento alle tensioni di contatto, poiché queste assumono normalmente valori di gran lunga superiori a quelle di passo, in accordo anche con quanto indicato al punto 4.3 della norma CEI EN 50522: al fine di soddisfare i criteri di sicurezza, è regola generale che, osservando le prescrizioni per la tensione di contatto, vengano soddisfatte le prescrizioni per la tensione di passo.

Le pavimentazioni previste su tutta l'area di piazzale contenente apparecchiature e masse metalliche, (pietrisco, conglomerato bituminoso), ad elevatissima resistività, costituiscono il

metodo migliore per aumentare l'efficienza dell'impianto con riferimento alla tensione di contatto.

Nelle zone più periferiche, cioè in prossimità del conduttore perimetrale, anche le tensioni di passo possono divenire pericolose, a causa dell'intensa attività disperdente in questa zona di piazzale. Per fronteggiare questa evenienza, i conduttori perimetrali verranno interrati a profondità maggiore del resto della rete, in modo da ridurre il gradiente di potenziale al proprio intorno, in superficie.

In ogni caso, saranno oggetto di verifica anche le tensioni di passo che si destano nelle zone periferiche.

5.14. Dimensionamento termico dei conduttori

5.1.2.1. Corrente dispersa dall'impianto e circolante nei conduttori

Per il dimensionamento termico dei conduttori si considera la massima corrente che può interessare gli stessi durante il guasto, mentre per la geometria del dispersore occorre considerare la corrente effettivamente dispersa a terra. Per la definizione dei dati di dimensionamento bisogna analizzare le possibili fonti di alimentazione dei guasti a terra sia in caso di guasto interno che di guasto esterno all'impianto.

In questa sede è stato utilizzato il massimo valore di corrente di guasto a terra e di tempo di eliminazione del guasto previsti in seno all'allegato A8 del Codice di Rete di TERNA pari a 31,5 kA.

In definitiva i valori utilizzati per dimensionamento termico del dispersore sono quelli per i sistemi a 150 kV, ovvero:

- Corrente di guasto a terra 31,5 kA
- Tempo di eliminazione 0,65 s

Il valore di corrente riportato giunge sino alle cime emergenti collegate ai sostegni e alle apparecchiature AT. Il generico apparecchio da cui proviene la corrente di guasto è servito, nella SSE *Nardò Psaièr*, da almeno tre cime, ciascuna collegata ad un differente lato di maglia. In tale configurazione si ha che la corrente in questione si ripartisce al 16,7% sui conduttori di maglia. In conclusione le cime emergenti devono poter sopportare un terzo della piena corrente di guasto mentre quelle di maglia devono poter sopportare un sesto della stessa, ovvero rispettivamente 10,5 kA e 5,25 kA.

A favore di sicurezza, il calcolo sarà condotto nell'ipotesi che una delle tre cime venga tagliata o scollegata; in questo caso si avrebbe che la piena corrente di guasto sarebbe veicolata verso la maglia dalle due, rimaste connesse, ciascuna portante il 50% della corrente ovvero **15,75 kA**. Sulla maglia si avrebbe un ulteriore dimezzamento che ridurrebbe la corrente a **7,875 kA**. Tali ultimi due valori sono stati utilizzati per il dimensionamento termico.

5.1.2.2 Verifica termica dei conduttori

I conduttori di terra sono corde di rame nudo interrate ad una profondità di 0,65 metri. Poiché il tempo di eliminazione del guasto è inferiore ai 6 secondi, il fenomeno di riscaldamento dei conduttori del dispersore può essere trattato come adiabatico.

Ai sensi della Norma *CEI EN50522* la sezione può essere calcolata con la formula:

$$A = \frac{I}{K} \times \frac{t}{\ln \frac{0_f + f_3}{0_i + f_3}}$$

Dove:

- A sezione in millimetri quadri
- I corrente del conduttore in ampere (valore efficace)
- t durata in secondi della corrente di guasto (0,65 sec)
- K dipende dal materiale di cui è fatta la corda assumendo una temperatura iniziale di 20°C (226 A mm⁻² s^{1/2} per il rame)
- f₃ è il reciproco del coefficiente di temperatura del componente percorso dalla corrente a 0°C (234,5 °C per il rame)
- 0_i è la temperatura iniziale in gradi Celsius (20°C)
- 0_f è la temperatura finale in gradi Celsius (300°C)

Nel caso in esame si ottiene:

$$A_{\text{Maglia}} = \frac{7,875}{226} \times \frac{0,65}{\ln \frac{300 + 234,5}{20 + 234,5}} = \frac{7,875}{226} \times \frac{0,65}{0,742} = 32,61 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{Cime}} = \frac{15,750}{226} \times \frac{0,65}{\ln \frac{300 + 234,5}{20 + 234,5}} = \frac{15,750}{226} \times \frac{0,65}{0,742} = 65,22 \text{ mm}^2$$

Pertanto risultano verificate le sezioni adottate:

- 50 mmq per la maglia
- 70 mmq per le cime.

5.1.2.3. Provvedimenti aggiuntivi

Nella realizzazione della sottostazione occorrerà implementare i seguenti provvedimenti aggiuntivi (*Provvedimenti M – Allegato D – CEI EN 50522*):

- M 1.1 uso di materiale non conduttore per le pareti esterne evitando l'impiego di parti metalliche collegate a terra che possono essere toccate dall'esterno;
- M 1.3 isolamento del posto di manovra. [...] L'isolamento del posto di manovra è considerato sufficiente nei seguenti casi: un'area di pietre frantumate con uno spessore di almeno 100 mm; un'area di asfalto con fondo idoneo (per esempio ghiaietto);
- M 3.1 equipotenzializzazione mediante dispersori di tipo a maglia annegati nelle fondazioni dell'edificio e mediante collegamento all'impianto di terra almeno in due punti diversi;
- M 4.1 nei posti di manovra si può adottare uno dei seguenti provvedimenti: [...] isolamento dei posti di manovra per la tensione totale di terra in conformità a M 1.3.

5.1.5. Impianto di terra del fabbricato

Per quanto riguarda invece l'impianto di terra del fabbricato, la sua realizzazione 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 70 mmq, alla rete di terra di piazzale.



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).

5.1.6. Misure di verifica in corso d'opera

In virtù dell'approccio precedentemente descritto si ritiene necessario che la realizzazione dell'opera sia accompagnata da una serie di misure di verifica in corso d'opera. Grazie ad esse è possibile stimare l'eventuale necessità di irrobustimento della rete di terra previa adozione di accorgimenti specifici (infissione di picchetti aggiuntivi, trattamenti del terreno, aumento della magliatura ecc.).

Le misure in questione sono indispensabili in quanto interventi successivi ad opera compiuta risulterebbero molto onerosi.

5.2. Rete di terra di impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico come detto, da un punto di vista elettrico presenta una architettura del tipo in entra-esce come schematizzato nella tabella seguente:

<i>Sottocampo 1</i> CAB.A1 → CAB.A2 → CAB.A3 → CAB.A4 → CAB.A5 → CdS
<i>Sottocampo 2</i> CAB.B1 → CAB.B2 → CAB.B3 → CAB.B4 → CdS
<i>Sottocampo 3.1</i> CAB.C1 → CAB.C2 → CAB.C3 → CdS
<i>Sottocampo 3.2</i> CAB.C5 → CAB.C6 → CAB.C4 → CdS
<i>Sottocampo 4</i> CAB.D1 → CAB.D2 → CAB.D3 → CAB.D4 → CdS
<i>Sottocampo 5</i> CAB.E1 → CAB.E2 → CAB.F → CdS
<i>CdS-SSE</i> Cabina di Smistamento → SSE Utente

L'impianto di terra del parco fotovoltaico sarà quindi costituito da:

- un anello perimetrale in corda nuda di rame 50 mmq, posata ad una quota non inferiore a 0,50 m da piano di campagna;
- un anello perimetrale in corda nuda di rame 50 mmq posizionato sul perimetro di ciascuna cabina di Trasformazione e della Cabina di Smistamento, collegato poi all'anello perimetrale di cui al punto precedente;
- una rete di corda di rame 50 mmq 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 della vie cavi BT, quindi seguirà il suo stesso schema;
- una corda di rame nudo 50 mmq per il collegamento di terra alla SSE all'interno della trincea del Cavidotto di collegamento alla SSE dorsale esterna MT).

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

521. 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.

Così come ampiamente discusso nei paragrafi precedenti riguardanti la rete di terra di SSE, anche per il dispersore di parco 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 TERNA 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.

522 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.

5.3. Rete di terra Cabina di Smistamento e delle Cabine di Trasformazione

Per quanto riguarda la rete di terra della Cabina di Smistamento e delle Cabine di Trasformazione, si ritengono valide tutte le considerazioni precedentemente esposte con riferimento alla SSE ed al parco fotovoltaico.

In particolare

La realizzazione dell'impianto di terra dei fabbricati **CdS** e Cabine di Trasformazione 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:
 $L_P = 45 \text{ m}$
 - 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 autoestinguente, 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).

6. 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: 612;
- Numero palificazioni: 306;
- 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 36) tramite 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 mm².

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

$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{V_n} \cos\phi_p} = \frac{250.}{0.2 \sqrt{400}} = \mathbf{0,4 A}$$

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

Il conduttore scelto da 6 mm² 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 550 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 20 °C interrato in tubo	20 °C interrato	raggio minimo di curvatura
conductor cross-section	approximate conductor diameter	average insulation thickness	maximum outer diameter	approx. weight	maximum DC resistance at 20 °C	in open air at 30 °C	permissible current rating (A) in buried duct at 20 °C	buried at 20 °C	minimum bending radius
(mm ²)	(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	33	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

6.1.1. 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.

6.1.2. 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 (Ib);

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.

Cabina	Linea	Sez. Linea	Sezione Derivazione	Num. Pali	Num. Proiettori	Carico (kW)	Lunghezza Linea (km)	CdT
E1	LE1.1	4x10 mm ²	2x4 mm ²	12	24	6	0,57	3,17%
	LE1.2	4x10 mm ²	2x4 mm ²	12	24	6	0,495	2,75%
	LE1.3	4x10 mm ²	2x4 mm ²	13	26	6,5	0,53	3,19%
F	LF.1	4x10 mm ²	2x4 mm ²	10	20	5	0,375	1,74%
	LF.2	4x10 mm ²	2x4 mm ²	7	14	3,5	0,31	1,00%
A1	LA1.1	4x10 mm ²	2x4 mm ²	13	26	6,5	0,51	3,07%
	LA1.2	4x10 mm ²	2x4 mm ²	13	26	6,5	0,515	3,10%
A3	LA3.1	4x10 mm ²	2x4 mm ²	7	14	3,5	0,795	2,58%
	LA3.2	4x10 mm ²	2x4 mm ²	6	12	3	0,39	1,08%
A4	LA4	4x4 mm ²	2x4 mm ²	3	6	1,5	0,795	2,83%
A5	LA3.1	4x10 mm ²	2x4 mm ²	8	16	4	0,28	1,04%
	LA3.2	4x10 mm ²	2x4 mm ²	13	26	6,5	0,39	2,35%
B1	LB1.1	4x10 mm ²	2x4 mm ²	12	24	6	0,48	2,67%
	LB1.2	4x10 mm ²	2x4 mm ²	12	24	6	0,52	2,89%
B4	LB4.1	4x10 mm ²	2x4 mm ²	12	24	6	0,57	3,17%
	LB4.2	4x10 mm ²	2x4 mm ²	8	16	4	0,59	2,18%
	LB4.3	4x10 mm ²	2x4 mm ²	5	10	2,5	0,49	1,13%
C1	LC1.1	4x10 mm ²	2x4 mm ²	13	26	6,5	0,52	3,13%
	LC1.2	4x10 mm ²	2x4 mm ²	12	24	6	0,425	2,36%
C5	LC5.1	4x10 mm ²	2x4 mm ²	13	26	6,5	0,495	2,98%
	LC5.2	4x6 mm ²	2x4 mm ²	9	18	4,5	0,375	2,68%
C4	LC4.1	4x6 mm ²	2x4 mm ²	9	18	4,5	0,495	3,54%
	LC4.2	4x10 mm ²	2x4 mm ²	12	24	6	0,47	2,61%
D4	LD4.1	4x10 mm ²	2x4 mm ²	13	26	6,5	0,575	3,46%
	LD4.2	4x10 mm ²	2x4 mm ²	12	24	6	0,67	3,72%
D1	LD1.1	4x10 mm ²	2x4 mm ²	14	28	7	0,685	4,44%
	LD1.2	4x10 mm ²	2x4 mm ²	12	24	6	0,49	2,72%
	LD1.2	4x10 mm ²	2x4 mm ²	12	24	6	0,535	2,97%
D3	LD3.1	4x10 mm ²	2x4 mm ²	7	14	3,5	0,28	0,91%
	LD3.2	4x10 mm ²	2x4 mm ²	8	16	4	0,34	1,26%

6.1.3. 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.

6.1.4. 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:

$$l^2 t < k^2 S^2$$

6.1.5. 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 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.

6.1.6. 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.

6.2. 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

6.2.1. 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.

6.2.2. 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.

6.2.3. 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.

7. 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. 306 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 microfonic, 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.

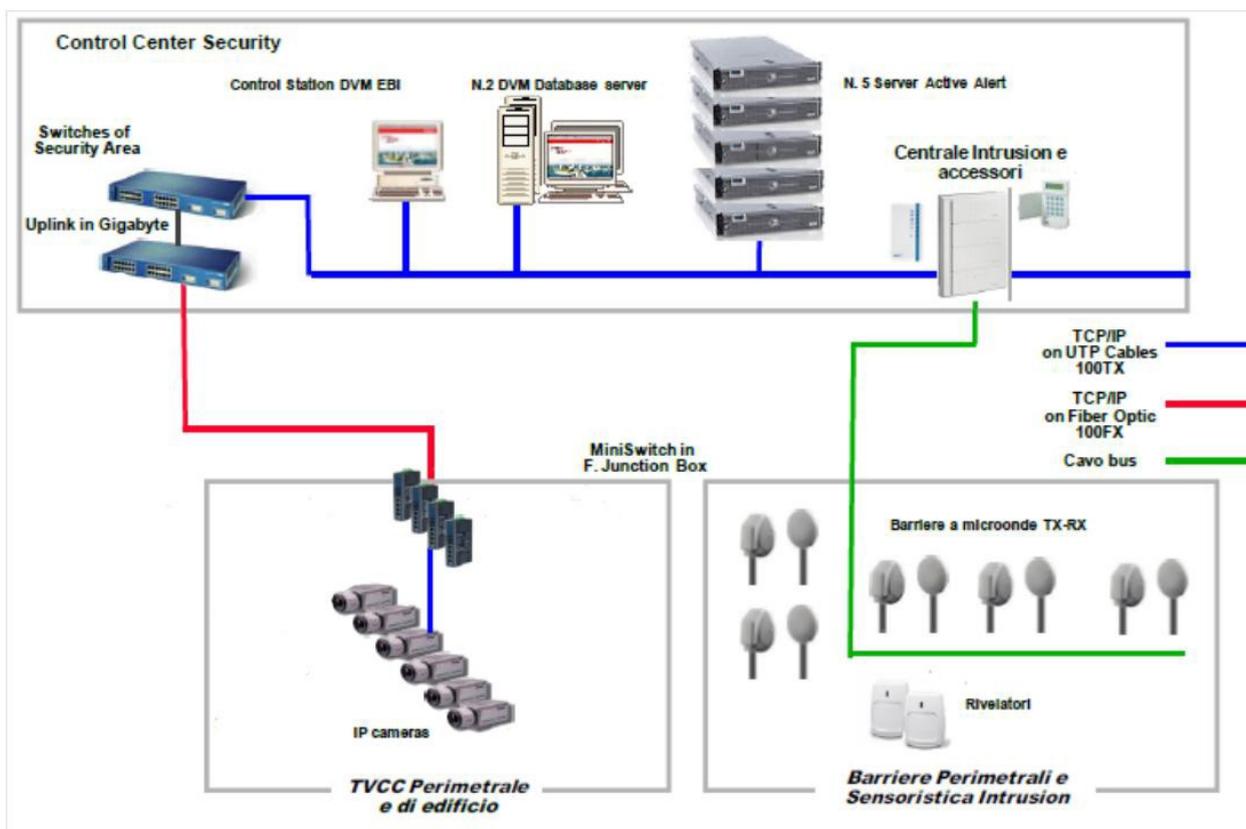
Il cavo *alfa* sarà in grado di rilevare le vibrazioni trasmesse alla recinzione esterna in caso di tentativo di scavalco o danneggiamento.

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.



8. 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: 8;
- Numero palificazioni: 4;
- Funzione: illuminazione interno impianto notturna e anti-intrusione;
- Distanza tra i pali: circa 20 m.

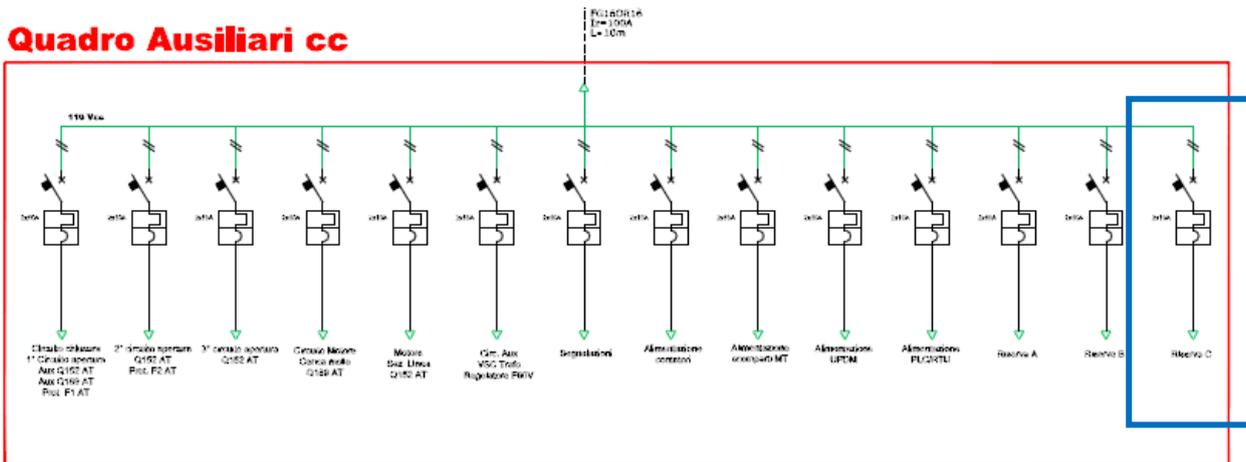
Il suo funzionamento sarà **esclusivamente legato alla sicurezza dell'impianto**. Ciò significa che qualora dovesse verificarsi una intrusione durante le ore notturne, il campo verrà automaticamente illuminato a giorno dai proiettori a led, installati sugli stessi pali montanti le telecamere dell'impianto 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 mm². La linea alimenterà 5 proiettori;
- 1 linea elettrica trifase a 400 V del tipo *FG16OR16* da 4 mm². La linea alimenterà 5 proiettori;
- 1 interruttore magnetotermico alloggiato nel Quadro Generale dei Servizi Ausiliari a sua volta posizionato all'interno del vano Quadri MT dell'Edificio Servizi.

Quadro Ausiliari cc



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:

$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{V_n \cos\phi_p}} = \frac{250}{0,2 \sqrt{400}} = \mathbf{0,4 \text{ A}}$$

Il conduttore scelto da 4 mm² 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).

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

8.1.1. 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.

8.1.2. 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_b);

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.

Linea	Sez. Linea	Sezione Derivazione	Num. Proiettori	Carico (kW)	Lunghezza Linea (km)	CdT
L1	4x4 mm ²	2x4 mm ²	4	1	0,055	0,13%
L2	4x4 mm ²	2x4 mm ²	4	1	0,055	0,13%

8.1.3. 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.

8.1.4. 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:

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

8.1.5. 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 perdente 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.

8.1.6. 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.

8.2. 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

8.2.1. 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.

8.2.2. 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.

8.2.3. 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.

9. 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. 4 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 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.