

N. ELABORATO	DATA EMISSIONE	DESCRIZIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
21_14_PV_ALF_AU_RE_21_00	LUGLIO 2022	RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI	Ing. Massimiliano Pacifico	Arch. Paola Pastore	Ing. Leonardo Filotico

OGGETTO:

Progetto dell'impianto fotovoltaico su cava della potenza di 10.916,92 kWp + 11.148,06 kWp in via Portuense n. 881 nel Comune di Roma.

COMMITTENTE:

CAVA ALFA S.r.l.
Via della Stazione di S. Pietro, 65
00165 Roma (RM)

TITOLO:

A. ELABORATI TECNICI
Relazione di calcolo degli impianti

PROJETTO engineering s.r.l.

società d'ingegneria

direttore tecnico

Ph.D. Ing. LEONARDO FILOTICO



Sede Legale: Via dei Mille, 5 74024 Manduria
Sede Operativa: Z.I. Lotto 31 74020 San Marzano di S.G. (TA)
tel. 099 9574694 Fax 099 2222834 cell. 349.1735914
studio@projetto.eu
web site: www.projetto.eu

P.IVA: 02658050733



NOME FILE
21_14_PV_ALF_AU_RE_21_00

SOSTITUISCE:

SOSTITUITO DA:

CARTA:
A4

SCALA:
/

ELAB.
RE.21

INDICE

1	PREMESSA	2
2	NORME E STANDARD.....	3
3	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO.....	5
3.1	SCHEDA TECNICA RIASSUNTIVA.....	5
3.2	CONFIGURAZIONE SOTTOCAMPI	7
4	DIMENSIONAMENTO CAVI	9
4.1	PORTATA DEI CAVI IN REGIME PERMANENTE	9
4.2	COLORE DISTINTIVO DEI CAVI.....	9
4.3	CARATTERISTICHE DEI CAVI UTILIZZATI.....	9
4.3.1	Cavo solare per il collegamento dei moduli e delle stringhe.....	9
4.3.2	Cavo BT di potenza, segnalazione, misura e controllo.....	10
4.3.3	Cavo di distribuzione energia a 20 kV	11
4.4	VERIFICA DELLA CADUTA DI TENSIONE.....	12
4.5	MODALITA' DI POSA	14
5	IMPIANTO DI TERRA.....	15
5.1	CONDUTTORI EQUIPOTENZIALI.....	15

Progetto dell'impianto fotovoltaico su cava della potenza di 10.916,92 kWp + 11.148,06 kWp in via Portuense n.881 nel Comune di Roma.

1 PREMESSA

La presente relazione ha come oggetto la descrizione delle caratteristiche principali delle componenti dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare da realizzarsi su cava in Via Portuense, n.881 nelle aree di pertinenza del Comune di Roma (RM)

La scelta della potenza nominale dell'impianto fotovoltaico è stata valutata in considerazione della disponibilità di superficie sulla quale installare i moduli fotovoltaici, come evidenziato nel layout di progetto.



2 NORME E STANDARD

Di seguito l'elenco delle principali norme tecniche di riferimento.

- CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 11-20 2000 IVa Ed. Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti I e II categoria.
- CEI EN 60909-0 IIa Ed. (IEC 60909-0:2001-07): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- IEC 60090-4 First ed. 2000-7: Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 4: Esempi per il calcolo delle correnti di cortocircuito.
- CEI 11-28 1993 Ia Ed. (IEC 781): Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione.
- CEI 17-5 VIIIa Ed. 2007: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.
- CEI 20-91 2010: Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.
- CEI 23-3/1 Ia Ed. 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI 64-8 VIIa Ed. 2012: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
- IEC 364-5-523: Wiring system. Current-carrying capacities.
- IEC 60364-5-52 IIIa Ed. 2009: Electrical Installations of Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems.
- CEI UNEL 35023 2012: Cavi per energia isolati con gomma o con materiale termoplastico avente grado di isolamento non superiore a 4- Cadute di tensione.
- CEI UNEL 35024/1 1997: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35024/2 1997: Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35026 2000: Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.

- CEI 17-43 IIa Ed. 2000: Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) non di serie (ANS).
- CEI 23-51 IIa Ed. 2004: Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.
- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 99-2 (CEI EN 61936-1): Impianti con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 11-17 IIIa Ed. 2006: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- Guida CEI 99-4: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale.
- CEI 17-1 VIa Ed. 2005: Apparecchiatura ad alta tensione. Parte 100: Interruttori a corrente alternata ad alta tensione.
- 17-9/1 Interruttori di manovra e interruttori di manovra-sezionatori per tensioni nominali superiori a 1kV e inferiori a 52 kV.
- IEC 61892-4 la Ed. 2007-06: Mobile and fixed offshore units – Electrical installations. Part 4: Cables.

3 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

Il generatore fotovoltaico è suddiviso in n.2 aree denominate "cava α" e "cava β", le quali sono composte dal seguente numero di moduli:

- cava α: 17.192 moduli con potenza nominale di 635 Wp, per un totale di 10,91692 MWp.
- cava β: 17.556 moduli con potenza nominale di 635 Wp, per un totale di 11,14806 MWp.

La potenza di picco (P_{tot}) dell'impianto fotovoltaico in corrente continua definita come la somma delle potenze dei singoli moduli che li compongono misurate in condizioni standard, (radiazione 1 kW/m², 25°C) risulta pari a:

$$P_{tot\ \alpha} = P_{mod} \times N_{mod} = 635 \times 17.192 = 10.916,92\text{ kWp.}$$

$$P_{tot\ \beta} = P_{mod} \times N_{mod} = 635 \times 17.556 = 11.148,06\text{ kWp.}$$

La potenza fornita in rete elettrica (P_{ca}) tiene conto delle perdite del sistema dovute al discostarsi dalle condizioni standard ed alle perdite per la trasformazione della corrente continua in corrente alternata.

La potenza in immissione prevista ai fini della connessione di ciascun impianto in media tensione 20 kV è di 9.280 kW come da preventivo di connessione. La potenza prodotta dal sistema di conversione è rispettivamente di:

- cava α: 8.960 kWp.
- cava β: 9.120 kWp.

3.1 SCHEDE TECNICHE RIASSUNTIVE

Di seguito una scheda tecnica contenente i dati significativi degli impianti fotovoltaici:

Tabella 1 | Descrizione dell'impianto cava α:

DATI GENERALI	Soggetto responsabile	Cava Alfa s.r.l.
	Ubicazione dell'impianto	Roma (RM)
	Latitudine	41.833787°
	Longitudine	12.388870°
	Altitudine s.l.m.	37 m
	Inclinazione piano moduli	0
	Orientamento piano moduli	4 gradi (rispetto a sud)
	Zona di vento	3
GENERATORE FOTOVOLTAICO	Potenza nominale	10,91692MWp
	Tensione di stringa alla massima potenza, V _{mp}	501,2 V

Progetto dell'impianto fotovoltaico su cava della potenza di 10.916,92 kWp + 11.148,06 kWp in via Portuense n.881 nel Comune di Roma.

	Tensione (di stringa) massima di circuito aperto, Voc	596,4 V
	N° moduli totale	17.192
MODULI FOTOVOLTAICI	Potenza nominale, Pn	635 Wp
	Tensione alla massima potenza, Vmp	35,8 V
	Tensione massima di circuito aperto, Voc	42,6 V
	Corrente alla massima potenza, Im	17,74 A
	Corrente massima di corto circuito, Isc	18,76 A
	Tipo celle fotovoltaiche	monocristalline
STRUTTURE DI SOSTEGNO	Materiale	Acciaio zincato e acciaio inossidabile
	Posizionamento	Terreno
	Integrazione architettonica dei moduli	No
INVERTER	Potenza di picco	88,8 kVA
	Potenza nominale d'uscita	80 kW
	Corrente CC max per stringa	25 A
	Tensione d'ingresso	200 – 1000 V
	Tensione d'uscita	400 Vac
	Rendimento europeo	98,5 %
TRASFORMATORE	Potenza	2500 kVA - 500 kVA
	Rapporto di trasformazione	0,4/20 kV
	Gruppo di connessione	Dy11
	Tipo di raffreddamento	ONAN

Tabella 2| Descrizione dell'impianto cava β:

DATI GENERALI	Soggetto responsabile	Cava Alfa s.r.l.
	Ubicazione dell'impianto	Roma (RM)
	Latitudine	41.837854°
	Longitudine	12.392472°
	Altitudine s.l.m.	45 m
	Inclinazione piano moduli	0
	Orientamento piano moduli	4 gradi (rispetto a sud)
	Zona di vento	3
GENERATORE FOTOVOLTAICO	Potenza nominale	11,14806MWp
	Tensione di stringa alla massima potenza, Vmp	501,2 V
	Tensione (di stringa) massima di circuito aperto, Voc	596,4 V
	N° moduli totale	17.556
MODULI FOTOVOLTAICI	Potenza nominale, Pn	635 Wp
	Tensione alla massima potenza, Vmp	35,8 V
	Tensione massima di circuito aperto, Voc	42,6 V
	Corrente alla massima potenza, Im	17,74 A
	Corrente massima di corto circuito, Isc	18,76 A
	Tipo celle fotovoltaiche	monocristalline

PROJETTO engineering s.r.l.
società d'ingegneria

RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

Direttore Tecnico: ING. LEONARDO FILOTICO
Cap. Soc. 119.000,00 € Codice Fiscale: 02658050733
Partita Iva : 02658050733
Sede Legale: Via dei Mille 5, 74024 Manduria - Taranto
Sede Operativa: Z.I. Lotto 31, 74020 San Marzano di San Giuseppe - Taranto
Tel099 9574694 fax 099 2222834 mob. 3491735914



SR EN ISO 9001:2015
Certificate No. 0204



SR EN ISO 14001:2015
Certificate No. E145



SR EN ISO 45001:2018
Certificate No. 04597

Progetto dell'impianto fotovoltaico su cava della potenza di 10.916,92 kWp + 11.148,06 kWp in via Portuense n.881 nel Comune di Roma.

STRUTTURE DI SOSTEGNO	Materiale	Acciaio zincato e acciaio inossidabile
	Posizionamento	Terreno
	Integrazione architettonica dei moduli	No

INVERTER	Potenza di picco	88,8 kVA
	Potenza nominale d'uscita	80 kW
	Corrente CC max per stringa	25 A
	Tensione d'ingresso	200 – 1000 V
	Tensione d'uscita	400 Vac
	Rendimento europeo	98,5 %

TRASFORMATORE	Potenza	2500 kVA
	Rapporto di trasformazione	0,4/20 kV
	Gruppo di connessione	Dy11
	Tipo di raffreddamento	ONAN

3.2 CONFIGURAZIONE SOTTOCAMPI

Gli impianti saranno suddivisi in sottocampi come riportato di seguito:

Tabella 3 | Configurazione sottocampicava α :

SOTTOCAMPO	POTENZA DC (W)	N. MODULI	N. STRINGHE	N. INVERTER	POTENZA AC (kW)	N. CAB. DI TRASF. / POTENZA TRASF. (kVA)
A.1	2738120	4312	308	28	2240	1 / 2.500
A.2	2720340	4284	306	28	2240	1 / 2.500
A.3	2738120	4312	308	28	2240	1 / 2.500
A.4	2720340	4284	306	28	2240	1 / 2.500

Tabella 4 | Configurazione sottocampicava β :

SOTTOCAMPO	POTENZA DC (W)	N. MODULI	N. STRINGHE	N. INVERTER	POTENZA AC (kW)	N. CAB. DI TRASF. / POTENZA TRASF. (kVA)
B.1	2738120	4312	308	28	2240	1 / 2.500
B.2	2640330	4158	297	27	2160	1 / 2.500
B.3	2640330	4158	297	27	2160	1 / 2.500
B.4	2640330	4158	297	27	2160	1 / 2.500
B.5	488950	770	55	5	400	1 / 500

PROJETTO engineering s.r.l.
società d'ingegneria

RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI IMPIANTI

Direttore Tecnico: ING. LEONARDO FILOTICO
Cap. Soc. 119.000,00 € Codice Fiscale: 02658050733
Partita Iva : 02658050733
Sede Legale: Via dei Mille 5, 74024 Manduria - Taranto
Sede Operativa: Z.I. Lotto 31, 74020 San Marzano di San Giuseppe - Taranto
Tel099 9574694 fax 099 2222834 mob. 3491735914



SR EN ISO 9001:2015
Certificate No. 0204



SR EN ISO 14001:2015
Certificate No. E145



SR EN ISO 45001:2018
Certificate No. 04597

Progetto dell'impianto fotovoltaico su cava della potenza di 10.916,92 kWp + 11.148,06 kWp in via Portuense n.881 nel Comune di Roma.

Le stringhe che costituiscono il generatore fotovoltaico sono state ottenute collegando in serie 14 moduli. Tale configurazione consente di riscontrare che in corrispondenza di valori minimi di temperatura esterna e dei valori massimi di temperatura raggiungibili dai moduli fotovoltaici siano sempre verificate le seguenti disuguaglianze:

$$V_{mp,min} \geq V_{invMPPT,min}$$

$$V_{mp,max} \leq V_{invMPPT,max}$$

$$V_{OC,max} \leq V_{inv,max}$$

Nelle quali $V_{invMPPT,min}$ e $V_{invMPPT,max}$ rappresentano rispettivamente i valori di minimo e di massimo della finestra di tensione utile per la ricerca del punto di massima potenza dell'inverter, mentre la V_{invmax} è il massimo valore di tensione c.c. ammissibile ai morsetti dell'inverter.

Con riferimento alle caratteristiche tecniche dell'inverter e considerando la variazione della tensione a circuito aperto di ogni modulo in dipendenza della variazione della temperatura, risulta che le disuguaglianze sono rispettate e pertanto si può concludere che vi è compatibilità tra le stringhe dei moduli e i tipi di inverter adottati.

Tabella 5 | Caratteristiche delle stringhe

DESCRIZIONE	UNITA' DI MISURA	VALORE
N° moduli per stringa	n°	14
Iscmax	A	18,76
Imp	A	17,74
Vocmax	V	596,4
Vmp T 25°C	V	501,2
Potenza STC	kWp	8,89

4 DIMENSIONAMENTO CAVI

4.1 PORTATA DEI CAVI IN REGIME PERMANENTE

Le sezioni dei cavi per i collegamenti saranno tali da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti ad effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati e in condizioni ordinarie di esercizio.

La verifica per sovraccarico sarà eseguita utilizzando le relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

Per soddisfare tali condizioni è necessario dimensionare i cavi in base alla corrente nominale della protezione a monte.

Dalla corrente I_b viene scelta la corrente nominale della protezione a monte e con questa si procede alla scelta della sezione dei cavi. La scelta viene fatta in base alla tabella che riporta la corrente ammissibile I_z in funzione del tipo di isolamento del cavo che si vuole utilizzare, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi.

4.2 COLORE DISTINTIVO DEI CAVI

I conduttori impiegati nell'esecuzione degli impianti saranno contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL.

In particolare, i conduttori di neutro e protezione dovranno essere contraddistinti rispettivamente con il colore blu chiaro e con il bicolore giallo-verde. Per i circuiti in C.C. chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-".

4.3 CARATTERISTICHE DEI CAVI UTILIZZATI

4.3.1 Cavo solare per il collegamento dei moduli e delle stringhe

Per la connessione dei moduli a formare le stringhe e delle stringhe stesse sarà utilizzato un cavo flessibile stagnato per collegamenti di impianti fotovoltaici con isolante e guaina realizzati con mescola elastomerica senza alogeni non propagante la fiamma. L'isolante e la guaina con mescola LS0H (LowSmoke Zero Halogen) sono realizzate in gomma reticolata di qualità rispettivamente G21 e M21 (PV 1800 Vcc). L'isolante è applicato attorno ad ogni conduttore per estrusione e avrà adatte caratteristiche meccaniche entro i limiti di

Progetto dell'impianto fotovoltaico su cava della potenza di 10.916,92 kWp + 11.148,06 kWp in via Portuense n.881 nel Comune di Roma.

temperatura ai quali può essere esposto nell'uso. La guaina è applicata attorno all'isolante in modo da costituire un involucro chiuso e potersi distinguere dall'isolante stesso; è ammesso che la guaina non si possa separare dall'isolante. Tale guaina è adatta per cavi in installazioni con temperature minime di utilizzo previste fino a -40°C.

Il conduttore sarà costituito da corda flessibile in rame stagnato e deve essere conforme alla classe 5 della Norma CEI 20-29(EN 60028) vigente. Il cavo fornito avrà le seguenti caratteristiche minime:

Tabella 6 | Caratteristiche tecniche cavo FG21M21

CARATTERISTICHE CAVO CC	
Tensione massima AC (V)	1200
Tensione massima DC (V)	1800
Temperatura massima di esercizio (°C)	90
Temperatura minima di esercizio (°C)	- 40
Temperatura minima di posa (°C)	- 40
Temperatura massima di cortocircuito (°C)	250
Sforzo massimo di trazione (N/mm ²)	15

4.3.2 Cavo BT di potenza, segnalazione, misura e controllo

I collegamenti in BT, realizzati con cavi non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi in caso di incendio (CEI 20-22/2, 20-37, 20-38, 20-35, 20-38/1, 20-22/3, 20-27/1), presentano le seguenti caratteristiche:

- tensione nominale (U0/U) 0,6/1 kV;
- temperatura 40 °C;
- sezione minima ammessa 1,5 mm² ;
- sezione ≥ 4 mm² per collegamenti voltmetrici e amperometrici (qualora la distanza è >100 m prevedere sezioni ≥ 10 mm²);
- sezione $\geq 2,5$ mm² per cavi di comando;
- materiale isolante in gomma EPR ad alto modulo, G7.

Nei punti di connessione alle morsettiere delle apparecchiature e dei quadri, i conduttori ed i cavi BT saranno immediatamente identificabili rispettivamente mediante perlinatura e numerazione del cavo con sigla dell'apparecchiatura di provenienza.

La posa dei collegamenti in BT sarà realizzata in conformità alle norme CEI 11-17.

Progetto dell'impianto fotovoltaico su cava della potenza di 10.916,92 kWp + 11.148,06 kWp in via Portuense n.881 nel Comune di Roma.

Tabella 7 | Caratteristiche tecniche cavo BT di potenza, segnalazione, misura e controllo

CARATTERISTICHE CAVO BT	
Tensione di esercizio U _o /U (kV)	0,6/1
Resistenza di isolamento (MΩxkm)	≥ 5.000
Prova di tensione cond./cond. (V r.m.s.)	4000
Temperatura massima di esercizio (°C)	90
Temperatura minima di installazione (°C)	0
Temperatura max di corto circuito (°C)	250
Sforzo massimo di trazione (N/mm ²)	50
Raggio minimo di curvatura	4xD (D=Diametro esterno)
Requisiti normativi	UNEL 35370 UNEL 35369

4.3.3 Cavo di distribuzione energia a 20 kV

I collegamenti saranno realizzati mediante cavi ad isolamento solido non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi in caso di incendio (CEI 20-22/2, 20-37, 20-38, 20-35, 20-38/1, 20-22/3, 20-27/1). In modo particolare verrà studiata e curata la migliore condizione di posa dei cavi di energia, al fine di equilibrare la distribuzione delle correnti nelle singole fasi. Nella posa saranno rispettate le prescrizioni del costruttore, con il fine di mantenere i coefficienti di correzione delle portate di corrente prossimi all'unità.

I tratti di elettrodotto interrato che collegano l'impianto di produzione sarà costituito da terne di cavi unipolari realizzati con conduttore in alluminio, isolante in XLPE, schermatura in alluminio e guaina esterna in polietilene.

Ciascuna terna avrà le seguenti caratteristiche:

Tabella 8 | Caratteristiche tecniche cavo ARE4H5EX

CARATTERISTICHE CAVO ARE4H5EX	
Tensione di esercizio U _o /U - U _m (kV)	18/30 - 36
Frequenza nominale (Hz)	50
Temperatura massima di servizio (°C)	90
Temperatura minima di posa (°C)	- 20
Temperatura massima di cortocircuito (°C)	250
Sforzo massimo di trazione (N/mm ²)	50
Raggio minimo di curvatura	1,5x15xD (D=Diametro esterno)

4.4 VERIFICA DELLA CADUTA DI TENSIONE

Il dimensionamento delle condutture elettriche deve essere tale da mantenere, in condizioni normalidi esercizio, la caduta di tensione tra l'origine dell'impianto utilizzatore e qualunque apparecchio utilizzatore entro i limiti ammessi e definiti.

La caduta di tensione in linea è calcolata con la seguente formula:

$$\Delta V = K \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

nella quale:

- L = lunghezza della linea espressa in km
- I = corrente di impiego espressa in A
- R = resistenza (a 90°) della linea in Ω/km
- X = reattanza della linea in Ω/km
- $\cos \varphi$ = fattore di potenza (nei calcoli è stato considerato $\cos \varphi = 0,9$)
- K = 1,732 per linee trifase.

In percentuale si ha:

$$\Delta V\% = (\Delta V/V_n) \times 100$$

dove:

- V = caduta di tensione;
- V_n = tensione nominale della linea.

Relativamente alla caduta di tensione sulle linee in esame, è buona prassi limitarne il valore totale a valori inferiori al 4% per le linee BT e al 3% per le linee MT.

Una eccessiva caduta di tensione determina elevate perdite di energia attraverso i cavi pregiudicando l'efficienza dell'impianto fotovoltaico.

Se un cavo di determinata sezione, calcolata secondo i criteri di dimensionamento espressi, soddisfa le verifiche, si ritiene idoneo all'impiego nelle condizioni di posa specificate e per l'alimentazione dell'utenza in esame.

Per la sezione in bassa tensione si riporta di seguito il dimensionamento di un tratto tipico di collegamento degli inverter alla cabina di trasformazione con lunghezza massima di 230 m e del trasformatore dei servizi ausiliari:

Progetto dell'impianto fotovoltaico su cava della potenza di 10.916,92 kWp + 11.148,06 kWp in via Portuense n.881 nel Comune di Roma.

Tabella 9 | Caduta di tensione cavi BT

TRATTO DA	A	LUNGHEZZA (m)	FORMAZIONE	TIPO	R (Ω/km)	X (Ω/km)	Ib (A)	Iz (A)	ΔV (V)	ΔV (%)
S.l._x.x.x	C.T._x.x	230	3x95	Cu	0,241	0,0762	128	149	12,80	3,20
Trasf. Aux	Quadro BT Aux	10	3x70	Cu	0,334	0,0751	161	189	0,93	0,23

Il collegamento delle cabine di trasformazione alle cabine di raccolta e delle cabine di consegna alla cabina primaria sarà realizzato con cavi di energia del valore di tensione massima di esercizio di 20 kV. I cavi saranno di tipo ARE4H5EX con conduttore in alluminio per la connessione delle cabine di trasformazione e di raccolta, invece per la connessione delle cabine di consegna alla cabina primaria l'elettrodotta sarà costituito da cavo interrato RG7H1M1X 3x1x150 mm² con conduttore in rame. Si riporta di seguito il dimensionamento dei cavi di energia:

Tabella 10 | Caduta di tensione dei cavi di energia a 20 kV cava α

TRATTO DA	A	LUNGHEZZA (m)	FORMAZIONE	TIPO	R (Ω/km)	X (Ω/km)	Ib (A)	Iz (A)	ΔV (V)	ΔV (%)
TRC_A.1	MVC_A.1	963	3x1x50	Al	0,822	0,141	72	168	96,02	0,48
TRC_A.2	MVC_A.1	614	3x1x50	Al	0,822	0,141	72	168	61,22	0,31
TRC_A.3	MVC_A.1	257	3x1x50	Al	0,822	0,141	72	168	25,63	0,13
TRC_A.4	MVC_A.1	167	3x1x50	Al	0,822	0,141	72	168	16,65	0,08
MVC_A.1	cabina di consegna/utente	1268	3x1x150	Cu	0,166	0,110	287	332	124,56	0,62
cabina di consegna/utente	cabina primaria	4837	3x1x150	Cu	0,166	0,110	287	332	475,16	2,38

Tabella 11 | Caduta di tensione dei cavi di energia a 20 kV cava β

TRATTO DA	A	LUNGHEZZA (m)	FORMAZIONE	TIPO	R (Ω/km)	X (Ω/km)	Ib (A)	Iz (A)	ΔV (V)	ΔV (%)
TRC_B.1	MVC_B.1	325	3x1x50	Al	0,822	0,141	85	168	38,19	0,19
TRC_B.2	MVC_B.1	192	3x1x50	Al	0,822	0,141	69	168	18,46	0,09
TRC_B.3	MVC_B.1	185	3x1x50	Al	0,822	0,141	69	168	17,79	0,09
TRC_B.4	MVC_B.1	780	3x1x50	Al	0,822	0,141	69	168	75,00	0,37
TRC_B.5	TRC_B.1	36	3x1x50	Al	0,822	0,141	13	168	0,64	0,0032
MVC_B.1	cabina di consegna/utente	1160	3x1x150	Cu	0,166	0,110	293	332	115,99	0,58
cabina di consegna/utente	cabina primaria	4837	3x1x150	Cu	0,166	0,110	293	332	483,65	2,42

4.5 MODALITA' DI POSA

La tipologia di installazione prevede la posa in trincea, con disposizione dei cavi a trifoglio. I cavi saranno posati ad una profondità minima di -1,2 m (quota piano di posa), su di uno strato di sabbia o di cemento magro dello spessore di cm. 10 ca.

I cavi, protetti da tubazioni in PVC ϕ 160-200 mm serie pesante, saranno ricoperti sempre con il medesimo tipo di sabbia o cemento, per uno strato di cm.20, sopra il quale sarà posata una lastra di protezione in C.A. La restante parte della trincea sarà riempita con materiale di risulta e/o di riporto, di idonee caratteristiche. Nel caso di passaggio su strada, i ripristini della stessa (sottofondo, binder, tappetino, ecc.) saranno realizzati in conformità a quanto indicato nelle prescrizioni degli enti proprietari della strada. I cavi saranno segnalati mediante rete in P.V.C. rosso, da collocare al di sopra delle lastre di protezione. Ulteriore segnalazione sarà realizzata mediante la posa di nastro monitore da posizionare a circa metà altezza della trincea. Insieme al cavo di energia sarà posato un cavo di terra 1x 50 mm² CU. All'interno della trincea è prevista l'installazione di n°1 Tritubo \varnothing 75 mm entro il quale potranno essere posati cavi a Fibra Ottica e/o cavi telefonici/segnalamento.

La realizzazione del cavidotto è suddivisibile in tre fasi principali:

- esecuzione degli scavi per l'alloggiamento del cavo;
- stenditura e posa del cavo;
- reinterro dello scavo fino a piano campagna.

La trincea di posa del cavo si estende progressivamente sull'intera lunghezza del percorso. Durante la realizzazione delle opere, il riempimento verrà effettuato con materiale inerte di idonee caratteristiche.

5 IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra da realizzare deve soddisfare le disposizioni imposte dalla normativa CEI vigente in materia; in particolare, si ricorda che l'impianto di terra è costituito dall'intero sistema di conduttori, giunzioni, dispersori al fine di assicurare alla corrente di guasto un ritorno verso terra, attraverso una bassa impedenza.

5.1 CONDUTTORI EQUIPOTENZIALI

I conduttori di terra dovranno essere realizzati con conduttori in rame isolato avente sezioni minime, come di riportato di seguito, e dovranno garantire la resistenza meccanica e alla corrosione dei conduttori di terra:

- collegamento piastrine di derivazione 95 mm²;
- collegamento quadri elettrici 95 mm² (n° 2 conduttori derivati dalla sbarra di terra);
- apparecchiature mobili 16 mm²;
- quadri e/o centralini luce 16 mm²;
- rack, tralicci, cancelli, recinzioni, incastellature metalliche 50 mm² (punti di attacco uno ogni 20 metri);
- ponticelli di continuità (protezione scariche atmosferiche) 70 mm²;
- trasformatori di potenza 185 mm² (n°3 punti di connessione);
- quadri di media 70 mm² (n°2 punti di connessione);
- altri quadri bassa tensione ed inverter 70 mm² (n°2 punti di connessione);
- sezione del conduttore di protezione uguale a quella del conduttore di fase aventi sezione inferiore a 16 mm² e conduttore di protezione facente parte dello stesso cavo o infilato nello stesso tubo del conduttore di fase;
- sezione del conduttore di protezione pari a 16 mm² per conduttore di fase maggiore di 16 mm² e minore o uguale a 35 mm² e conduttore di protezione facente parte dello stesso cavo o infilato nello stesso tubo del conduttore di fase;
- sezione del conduttore di protezione pari a metà della sezione del conduttore di fase maggiore a 35 mm²;
- la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della conduttura di alimentazione non deve essere in ogni caso inferiore a 2,5 mm² se è prevista una protezione meccanica; 4 mm² se non è prevista una protezione meccanica.

Inoltre l'impianto di terra garantirà la protezione di impianti ed apparecchiature contro l'elettricità statica. Oltre ai requisiti precedentemente indicati sarà garantita la funzionalità della messa a terra di funzionamento, legata ad apparecchiature o ad interventi di manutenzione che si dovessero venire a creare. L'impianto di

Progetto dell'impianto fotovoltaico su cava della potenza di 10.916,92 kWp + 11.148,06 kWp in via Portuense n.881 nel Comune di Roma.

terra dovrà resistere anche alle sollecitazioni meccaniche ed alla corrosione; particolare cura sarà posta nella realizzazione delle connessioni e delle saldature tra le varie parti dell'impianto di terra, al fine di garantire l'adeguata continuità metallica dell'intero impianto di terra.



SR EN ISO 9001:2015
Certificate No. 0204



SR EN ISO 14001:2015
Certificate No. E145



SR EN ISO 45001:2018
Certificate No. 04597