

Volt Corleone S.r.l.

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE NEL COMUNE DI CORLEONE (PA) E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE UBICATE ANCHE NEI COMUNI DI MEZZOJUSO, CAMPOFELICE DI FITALIA E CIMINNA (PA)



Via Degli Arredatori, 8
70026 Modugno (BA) - Italy
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361

Azienda con Sistema di Gestione Certificato
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
UNI ISO 45001:2018

Tecnico

ing. Danilo POMPONIO

Collaborazioni

ing. Milena MIGLIONICO
ing. Giulia CARELLA
ing. Valentina SAMMARTINO
ing. Alessia NASCENTE
ing. Roberta ALBANESE
ing. Marco D'ARCANGELO
ing. Alessia DECARO
ing. Tommaso MANCINI
ing. Fabio MASTROSERIO
ing. Martino LAPENNA
ing. Roberto CALO'
per. Ind. Lambert FANELLI
pianif. terr. Antonio SANTANDREA

Responsabile Commessa

ing. Danilo POMPONIO

ELABORATO		TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA		
C02		DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI	23027	D		
			CODICE ELABORATO			
			DC23027D-C02			
REVISIONE		Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)	SOSTITUISCE	SOSTITUITO DA		
00			-	-		
			NOME FILE	PAGINE		
			DC23027D-C02.doc	22 + copertina		
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato	
00	09/08/23	Emissione	Lapenna	Mancini	Pomponio	
01						
02						
03						
04						
05						
06						

INDICE

1. OGGETTO	3
2. DATI DI PROGETTO	4
3. CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	5
3.1 Caratteristiche generali della centrale fotovoltaica	5
3.2 Moduli fotovoltaici	5
3.3 Gruppo di conversione CC/CA (Inverter).....	6
3.4 Cabine di trasformazione (CTR)	8
3.5 Layout impianto	8
4. OPERE CIVILI	9
4.1 Caratteristiche generali.....	9
4.2 Strutture portamoduli.....	9
4.3 Recinzione perimetrale	10
4.4 Piazzale, strade di accesso e viabilità di servizio.....	10
4.5 Cavidotti	11
5. OPERE DI ELETTTRIFICAZIONE.....	12
5.1 Cavi elettrici	12
5.1.1 Scelta del tipo di cavi BT	12
5.1.2 Scelta del tipo di cavi AT	13
5.1.3 Rete ad alta tensione di raccolta	13
5.1.4 Posa dei cavi AT	13
5.1.5 Temperatura di posa	14
5.1.6 Segnalazione della presenza dei cavi	14
5.1.7 Prova di isolamento dei cavi AT.....	14
5.2 Impianti di sicurezza.....	14
6. CABINE	15
6.1 Cabine di trasformazione.....	15
6.1.1 Impianti elettrici cabina di trasformazione	15
6.1.2 Impianto di terra cabina di trasformazione	16
6.2 Cabina di raccolta utente (MTR).....	17
6.2.1 RTU della cabina utente e dell'impianto AT di consegna.....	17
6.2.2 SCADA18	
6.2.1 Apparecchiature di misura.....	18
6.2.2 Protezione di interfaccia	18
7. SICUREZZA DELL'IMPIANTO.....	19
7.1 Protezione da corto circuiti sul lato c.c. dell'impianto	19
7.2 Protezione da contatti accidentali lato c.c.....	19
7.3 Protezione dalle fulminazioni	19
7.4 Sicurezze sul lato c.a. dell'impianto.....	20
7.5 Impianto di messa a terra	20
8. CRITERI DI COSTRUZIONE	21



8.1 Esecuzione degli scavi.....	21
8.2 Esecuzione di pozzetti e camerette.....	21
8.3 Esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni a AT	21
8.4 Messa a terra dei rivestimenti metallici	22

1. OGGETTO

Il presente Disciplinare Descrittivo e Prestazionale degli Elementi Tecnici è relativo al progetto di realizzazione di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica della potenza nominale DC di 39.085,20 kWp e potenza AC ai fini della connessione (a $\cos\phi=1$) pari a 34.650,00 kW da realizzarsi nei comuni di Corleone (PA) e delle relative opere di connessione da realizzarsi anche nei comuni di Mezzojuso (PA), Campofelice di Fitalia (PA) e Ciminna (PA).

L'impianto si collegherà in antenna a 36 kV su una nuova stazione elettrica (SE) di trasformazione 150/36 kV della RTN, da inserire in entra - esce alle due linee RTN a 150 kV RTN "Ciminna - Casuzze" e "Ciminna - Cappuccini".

Si fa presente che la futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione 150/36 kV della RTN, da inserire in entra - esce alle due linee RTN a 150 kV RTN "Ciminna - Casuzze" e "Ciminna - Cappuccini", alla quale l'impianto agrivoltaico si collegherà **non fa parte del progetto**.

Il progetto prevede, pertanto:

- la realizzazione dell'impianto agrivoltaico;
- la realizzazione del cavidotto AT di connessione alla futura SE.



2. DATI DI PROGETTO

PERSONA FISICA/GIURIDICA	
Richiedente	Volt Corleone S.r.l.
SITO	
Ubicazione	Corleone (PA)
Uso	Terreno agricolo
Dati catastali	Comune di Corleone, Fogli 42-43
Disponibilità di superficie per moduli	circa 55 ha
Inclinazione superficie	Collinare
Fenomeni di ombreggiamento	Assenza di ombreggiamenti rilevanti
Dati relativi al vento	Circolare 4/7/1996
Carico neve	Circolare 4/7/1996
Condizioni ambientali speciali	NO
DATI TECNICI	
Potenza nominale dell'impianto	39.085,20 MWp
Range di tensione in corrente continua in ingresso al gruppo di conversione	<1500 V
Tensione in corrente alternata in uscita al gruppo di conversione	<1000 V
Tipo di intervento richiesto: <ul style="list-style-type: none"> • Nuovo impianto • Trasformazione • Ampliamento 	SI NO NO
Dati del collegamento elettrico <ul style="list-style-type: none"> • Descrizione della rete di collegamento • Tensione nominale (Un) • Vincoli della Società responsabile della rete di trasmissione nazionale da rispettare 	AT neutro isolato Trasporto 36.000 V Specifiche TERNA
Misura dell'energia	Contatore proprio e UTF sulla AT per la misura della produzione (eventualmente anche sulla BT)
Punto di Consegna	Nuova stazione elettrica (SE) di trasformazione 150/36 kV della RTN, da inserire in entrata - esce alle due linee RTN a 150 kV RTN "Ciminna - Casuzze" e "Ciminna - Cappuccini"

3. CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

3.1 Caratteristiche generali della centrale fotovoltaica

Il progetto del presente impianto (cfr. DW23027D-P01) prevede l'utilizzo di moduli fotovoltaici montati su strutture mobili tipo tracker. Questa tecnologia consente, attraverso la variazione dell'orientamento dei moduli, di mantenere la superficie captante sempre perpendicolare ai raggi solari, mediante l'utilizzo di un'apposita struttura che, ruotando sul suo asse Nord-Sud, ne consente la movimentazione giornaliera da Est a Ovest, coprendo un angolo sotteso tra $\pm 30^\circ$.

La superficie occupata dall'impianto si svilupperà su diverse aree distinte, di diverse dimensioni e forme irregolari; a causa dell'atipicità di tale configurazione, l'ottimizzazione del numero di moduli, e quindi delle stringhe installabili, prevede l'installazione di 210 inverter di stringa aventi di potenza 165 kW (a $\cos\varphi=1$) settati in modo che la potenza AC in uscita non superi il valore autorizzato. La tipologia di struttura utilizzata sarà costituita da una stringa di 30 moduli.

3.2 Moduli fotovoltaici

Le celle fotovoltaiche di cui si compone ogni modulo sono protette verso l'esterno da un vetro temprato ad altissima trasparenza e da un foglio di tedlar, il tutto incapsulato sotto vuoto ad alta temperatura tra due fogli di EVA (Ethylene / Vinyl / Acetate). La scatola di giunzione, avente grado di protezione IP68, contiene i diodi di by-pass che garantiscono la protezione delle celle dal fenomeno di hot spot.

Come riportato nell'allegato 1 del Decreto Ministeriale del 19 febbraio 2007 tutti i componenti dell'impianto, oltre ad essere provati e verificati in laboratori accreditati in conformità alle norme UNI CEI EN ISO/IEC 17025, devono osservare le seguenti condizioni:

$$P_{cc} > 0.85 P_{nom} \cdot \frac{I}{I_{stc}}$$

$$P_{ca} > 0.9 P_{cc}$$

(quest'ultima condizione deve essere verificata per $P_{ca} > 90\%$ della potenza di targa del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata).

Dove:

P_{cc} = Potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico con precisione migliore del $\pm 2\%$;

P_{nom} = Potenza nominale del generatore fotovoltaico;

I = Irraggiamento in W / m^2 misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del $\pm 3\%$;

I_{stc} = $1000 W / m^2$, è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;

P_{ca} = Potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, con precisione migliore del $\pm 2\%$.

In particolare verranno adottati criteri di selezione dei moduli per garantire la migliore uniformità delle loro prestazioni elettriche e quindi ottimizzare il rendimento delle stringhe; verranno inoltre utilizzati componenti selezionati e cavi di sezioni adeguate a ridurre le perdite sul lato in corrente continua.

In generale verranno esaminate con i fornitori dei componenti tutte le caratteristiche dei componenti stessi che hanno impatto con il rendimento del sistema, verranno individuati tutti gli accorgimenti volti a migliorarlo e verranno adottate le misure conseguenti.

Va considerato poi un decremento nel tempo dell'efficienza dei moduli dovuta al degrado dei componenti o all'insorgere di problemi di laminazione; sulla base di risultati sperimentali ottenuti da enti europei di ricerca (JRC di Ispra, LEEE-TiSo) si è valutata una perdita della producibilità massima del 10% al ventesimo anno di vita dell'impianto ed una perdita media del 5% nell'arco dei 20 anni di vita dell'impianto, con un'equivalente riduzione dell'energia prodotta.

3.3 Gruppo di conversione CC/CA (Inverter)

Gli inverter che saranno utilizzati sono inverter trifase di stringa del tipo Kaco 165 TL3 dell'azienda costruttrice KAKO o similari di potenza in uscita pari a 165 kW, opportunamente limitati in modo tale da non superare la potenza autorizzata, di cui di seguito è riportata la scheda tecnica. Saranno utilizzati n. 210 inverter dislocati all'interno dell'area d'impianto.

Technical Data

DC input data	155 TL3	165 TL3
Max. recommended PV generator power	232 500 W	247 500 W
MPP range	875 – 1 300 V	960 – 1 300 V
Operating range	875 – 1 450 V	960 – 1 450 V
Rated DC voltage / start voltage	900 V / 1 000 V	1000 V / 1 100 V
Max. no-load voltage	1 500 V	1 500 V
Max. input current	183 A	183 A
Max. short circuit current I _{sc,max}	300 A	300 A
Number of MPP tracker	1	1
Connection per tracker	1 - 2	1 - 2
AC output data		
Rated output	155 000 VA	165 000 VA
Max. power	155 000 VA	165 000 VA
Line voltage	600 V (3P+PE)	660 V (3P+PE)
Voltage range (Ph-Ph)	480 – 690 V	480 – 760 V
Rated frequency (range)	50 Hz / 60 Hz (45 – 65 Hz)	50 Hz / 60 Hz (45 – 65 Hz)
Rated current	3 x 149.5 A	3 x 144.5 A
Max. current	3 x 152.0 A	3 x 152.0 A
Reactive power / cos phi		0 – 100% S _{nom} / 0,30 ind. – 0,30 cap.
Max. total harmonic distortion (THD)	≤ 3 %	≤ 3 %
Number of grid phases	3	3
General data		
Max. efficiency	99.1 %	99.1 %
Europ. efficiency	98.9 %	99.0 %
CEC efficiency	98.9 %	99.0 %
Standby consumption	< 10 W	< 10 W
Circuitry topology	transformerless	transformerless
Mechanical data		
Display	LEDs	LEDs
Control units	webserver, supports mobile devices	webserver, supports mobile devices
Interfaces	Ethernet (Modbus TCP, Sunspec), RS485	(KACO-protocol), USB, optional: 4-DI
Fault signalling relay	potential-free NOC max. 30 V / 1 A	potential-free NOC max. 30 V / 1 A
DC connection	cable lug, max. 240 mm ² (0.372 in ²) Cu or Al	
AC connection	cable lug, max. 240 mm ² (0.372 in ²) Cu or Al	
Ambient temperature	-25 °C – +60 °C ¹⁾	-25 °C – +60 °C ¹⁾
Humidity	0 – 100 %	0 – 100 %
Max. installation elevation (above MSL)	3 000 m	3 000 m
Min. distance from coast	500 m	500 m
Cooling	temperature controlled fan	temperature controlled fan
Protection class	IP66 / NEMA 4X	IP66 / NEMA 4X
Noise emission	59.2 db (A)	59.2 db (A)
H x W x D	719 x 699 x 460 mm	719 x 699 x 460 mm
Weight	78.2 kg	78.2 kg
Certifications		
Safety	IEC 62109-1/-2, EN 61000-6-1/-2/-4, EN 61000-3-11/-12, EN 55011 group 1, class A EN 62920 Emission class A / Immunity class A UL62109-1, UL1741, CSA-C22.2 No.107.1, CSA-C22.2 No.62109-1, CSA-C22.2 No.62109-2	
Grid connection rule	overview see homepage / download area	

¹⁾ Power derating at high ambient temperatures

Versions	S	XL
Number of DC inputs	1 - 2	1 - 2
DC switch	-	✓
DC SPD	Type 1 + 2	Type 1 + 2
AC SPD	○	○
RS485 interface SPD	○	○
Ethernet interface SPD	○	○
PID Set	○	○

standard = ✓ upgradeable = ○

Figura 1: Scheda tecnica convertitore Kaco 165 TL3

Le caratteristiche elettriche degli inverter sono tali da accordarsi perfettamente a quelle dei rispettivi generatori fotovoltaici per il range di temperature dei moduli considerati (da -10°C a 70°C). L'inverter è idoneo per l'installazione in ambiente esterno (IP66).

A tal proposito, si fa presente che l'inverter verrà scelto in funzione delle tecnologie disponibili sul mercato europeo al momento della costruzione, e quindi, poiché la tecnologia fotovoltaica è in

rapido sviluppo, si presume che dal momento della progettazione definitiva alla realizzazione, tali tecnologie potrebbero cambiare; pertanto gli inverter che verranno presi in considerazione saranno ovviamente quelli di ultima generazione.

L'inverter sarà certificato CE e munito di opportuna certificazione sia sui rendimenti che sulla compatibilità elettromagnetica.

3.4 Cabine di trasformazione (CTR)

Le cabine di trasformazione saranno realizzate in cemento armato vibrato (c.a.v.) complete di vasca di fondazione del medesimo materiale e posate su magroni di sottofondazione, assemblate con quadri di bassa tensione, trasformatore AT/BT e quadri di alta tensione.

All'interno della cabina, avverrà l'elevazione di tensione a 36.000 V in corrente alternata, così da poter convogliare l'energia prodotta dal campo fotovoltaico verso la cabina di raccolta per poi essere ceduta nel punto di connessione indicato da Terna.

3.5 Layout impianto

Il progetto del presente impianto (cfr. DW23027D-P01) prevede l'utilizzo di moduli fotovoltaici montati su strutture mobili tipo tracker. Questa tecnologia consente, attraverso la variazione dell'orientamento dei moduli, di mantenere la superficie captante sempre perpendicolare ai raggi solari, mediante l'utilizzo di un'apposita struttura che, ruotando sul suo asse Nord-Sud, ne consente la movimentazione giornaliera da Est a Ovest, coprendo un angolo sotteso tra $\pm 30^\circ$.

Si tratta di una struttura a pali infissi direttamente nel terreno o realizzata con la tecnica del predrilling, completamente adattabile alle dimensioni del pannello fotovoltaico, alle condizioni geotecniche del sito ed alla quantità di spazio di installazione disponibile.

La struttura di supporto sarà realizzata in acciaio da costruzione zincato a caldo e sarà progettata secondo gli Eurocodici. Potrà essere installata su diverse fondazioni: pali infissi o pali trivellati qualora necessario.

Tutte le strutture potranno essere riciclate, successivamente alla loro dismissione, sul mercato del ferro.

L'area a disposizione per l'installazione dell'impianto permette l'installazione dei pannelli fotovoltaici realizzando un layout del generatore fotovoltaico che eviti l'ombreggiamento dei moduli tra file parallele e da parte di ostacoli perimetrici. La superficie disponibile e la struttura portamoduli permette di orientare i pannelli est-ovest, condizione che massimizza l'energia producibile.

Attraverso idonee linee interrate i moduli fotovoltaici si congiungeranno alle cabine di trasformazione.

4. OPERE CIVILI

4.1 Caratteristiche generali

Tutti i materiali dovranno possedere la marcatura CE, dove applicabile.

Le strutture non avranno bisogno di opere in calcestruzzo per le fondazioni, a meno che in fase esecutiva si rendesse necessario per porzioni di aree. I pali delle strutture saranno direttamente infissi nel terreno o, eventualmente mediante la tecnica del predrilling.

Il piano di imposta delle strutture di fondazione delle cabine sarà regolarizzato mediante uno strato di calcestruzzo magro, spesso almeno 15 cm, di resistenza caratteristica non inferiore a $R_{ck} 15 \text{ N/mm}^2$ su cui verrà adagiata la vasca di fondazione prefabbricata.

4.2 Strutture portamoduli

Le strutture di sostegno per il presente progetto saranno ad inseguitore solare monoassiale, definito Tracker (cfr. DW23026D-P06).

Le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici, sono in generale, costituite da telai tridimensionali costituiti da profili metallici bullonati e assemblati per adattarsi alle dimensioni dei pannelli e all'inclinazione voluta delle vele fotovoltaiche.

Solitamente i telai tridimensionali, si infiggono direttamente nel terreno, compatibilmente con le caratteristiche geotecniche del sito, ma non si esclude l'utilizzo di cordoli o plintini di fondazione in cemento, da valutare e calcolare in fase esecutiva, in seguito allo studio e ai risultati dei sondaggi geognostici che dovranno essere eseguiti.

Le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici sono realizzate assemblando profili metallici in acciaio zincato a caldo. Nella maggior parte dei casi si tratta di profili piegati a sagoma C o L o Ω di tipo S235JR, anche se negli ultimi anni si è introdotto anche l'utilizzo di profili in alluminio sagomati, o scatolati a più camere. L'uso di profili d'alluminio è comunque consigliato nelle zone in prossimità delle coste (dove l'ambiente salino favorisce l'erosione dell'acciaio) e nel caso di modeste installazioni (visto che le prestazioni meccaniche sono decisamente inferiori rispetto ai profili in acciaio di pari sezione ed i costi notevolmente superiori).

In fase esecutiva verrà svolta una campagna geologica per la caratterizzazione esatta del terreno di fondazione, completa di provini di terreno estratti dal terreno tramite carotatrice e verranno svolte alcune prove sismiche e MASW, necessarie per determinare la caratterizzazione sismica della zona e la stratigrafia del terreno. I dati geotecnici e i coefficienti caratterizzanti la tipologia di terreno studiata serviranno per effettuare il calcolo strutturale e le verifiche geotecniche, quindi per determinare la tipologia (pali direttamente infissi o con la tecnica del predrilling) e la dimensione. In sede di progettazione esecutiva si valuterà la necessità di operare tramite

fondazioni tradizionali in cemento, il cui uso comunque sarà da limitare il più possibile perché aumentano i costi e le difficoltà di dismissione.

L'utilizzo della tecnologia più opportuna deve essere verificato in fase esecutiva, anche a seguito dello studio dei risultati dei sondaggi geognostici che, obbligatoriamente, dovranno essere eseguiti. Qualora i sistemi di ancoraggio non dovessero raggiungere i valori di portanza richiesti, tali da resistere, con opportuni coefficienti di sicurezza alle azioni sopra menzionate, sarà utilizzata la tipologia di fondazione realizzata con la tecnica del predrilling.

4.3 Recinzione perimetrale

L'area dell'impianto agrivoltaico sarà completamente recintata e dotata di videosorveglianza, sistema antintursione e illuminazione degli ingressi e delle cabine.

La recinzione (cfr. DW23026D-P07) sarà realizzata in rete a maglia metallica di altezza pari a 2,00 mt, disterà dal suolo circa 5 cm, e sarà fissata al terreno con pali verticali di supporto, a sezione circolare, distanti gli uni dagli altri 2,5 m ed infissi direttamente nel terreno (o, se necessario, mediante tecnica di predrilling); i pali angolari, e quelli centrali di ogni lato, saranno dotati, per un maggior sostegno della recinzione, ognuno di due pali obliqui.

L'accesso ad ogni area sarà garantito attraverso un cancello a doppia anta a battente di larghezza pari a 5,0 mt, idoneo al passaggio dei mezzi pesanti realizzato in acciaio e sorretto da pilastri in scatolare metallico.

4.4 Piazzale, strade di accesso e viabilità di servizio

La circolazione dei mezzi all'interno dell'area di impianto, sarà garantita dalla presenza di una apposita viabilità interna da realizzarsi in modo da garantire l'accesso alle cabine elettriche, di larghezza pari a 4,0 mt, per la cui esecuzione sarà effettuato con uno sbancamento di 40 cm, ed il successivo riempimento con un pacchetto stradale così formato:

- un primo strato, di spessore pari a 20 cm, realizzato con massiciata di pietrame di pezzatura variabile tra 4 e 7 cm;
- un secondo strato, di spessore pari a 15 cm, realizzato con pietrisco di pezzatura variabile tra 2,5 e 3 cm;
- un terzo strato, di livellamento, di spessore pari a 5 cm, realizzato con misto stabilizzato.

L'ubicazione della centrale fotovoltaica adiacente le strade provinciali e comunali permetterà un facile trasporto in sito dei materiali per la costruzione e realizzazione della stessa.

L'impianto agrivoltaico di cui alla presente relazione tecnico-descrittiva, risulta ben servito dalla viabilità pubblica principale, costituita dalla S.P. 82, a cavallo della quale l'impianto si sviluppa, e dalla quale si diramano varie strade private sterrate che portano ai vari lotti dell'impianto

agrivoltaico. Saranno realizzati solo brevi tratti di strada per l'accesso al sito di larghezza pari a 4,0 mt.

4.5 Cavidotti

Per la realizzazione dei cavidotti, saranno eseguiti scavi di profondità variabile tra 75 cm e 160 cm. Gli scavi avranno una larghezza variabile in funzione dei cavidotti da porre in opera. Si procederà quindi con:

- scavo a sezione ristretta;
- posizionamento allettamenti in sabbia di cava lavata;
- posa dei cavi BT in corrugati
- posa dei cavi AT a trifoglio, e tubi per i cavi di segnale;
- riempimento con sabbia di cava lavata;
- posa di uno o più nastri segnalatori;
- rinterro con materiale arido proveniente dagli scavi, opportunamente vagliato se necessario, preventivamente approvato dalla D.L.;
- eventuale ripristino della pavimentazione stradale nel caso di attraversamenti di strade asfaltate e brecciate.

Sia i cavi BT che quelli AT saranno interrati all'interno di corrugati. Il rinterro dei cavidotti, a seguito della posa degli stessi, che deve avvenire su un letto di sabbia su fondo perfettamente spianato e privo di sassi e spuntoni di roccia, sarà eseguito per strati successivi di circa 20-30 cm accuratamente costipati. Lo strato terminale di riempimento degli scavi realizzati sulla pubblica viabilità, invece, sarà realizzato con il medesimo pacchetto stradale esistente, in modo da ripristinare la pavimentazione alla situazione originaria.

5. OPERE DI ELETRIFICAZIONE

Tutti i materiali impiegati nella realizzazione dei lavori dovranno essere conformi alle prescrizioni indicate nella presente specifica tecnica, nelle norme CEI, alle dimensioni unificate secondo le tabelle UNEL e provvisti del marchio IMQ (quando ammessi al regime del marchio) e marchio CE. Essi dovranno essere nuovi di costruzione e dovranno inoltre essere scelti per qualità e provenienza di primarie case costruttrici e fra quanto di meglio il mercato sia in grado di fornire. Particolare attenzione dovrà essere posta nella scelta delle apparecchiature in considerazione anche della continuità del servizio e della facilità di manutenzione.

5.1 Cavi elettrici

5.1.1 *Scelta del tipo di cavi BT*

Per il collegamento tra i moduli fotovoltaici e tra i moduli e gli string box saranno utilizzati cavi del tipo **H1Z2Z2-K** o similare¹, costituito da conduttore in rame stagnato, formazione flessibile, classe 5, isolati in mescola speciale reticolata HT-PVI (LS0H), guaina in mescola speciale reticolata HT-PVG (LS0H), conforme alle norme CEI EN 50618, CEI EN 60332-1-2, CEI EN 50525-1, CEI EN 61034-2, CEI EN 50289-4-17 (A), CEI EN 50396, CEI EN 60216-1/2, CEI EN 50575:2014+A1:2016; conforme ai requisiti previsti dalla Normativa Europea Prodotti da Costruzione (CPR UE 305/11), classe di reazione al fuoco "Eca", tensione di esercizio 1,0/1,0 kV in c.a. e 1,5/1,5 kV in c.c., tensione massima di esercizio 1,8 kV in c.c..

Per il collegamento tra gli string box gli inveter centralizzati presenti all'interno delle cabine di conversione e trasformazione, dovranno essere impiegati cavi del tipo **ARG16R16** o similare¹, di sezione pari a 185, 240 e 300 mm².

Il suddetto cavo è costituito da conduttore in alluminio, corda rigida compatta, classe 2, isolati in Gomma di qualità G16, che conferisce al cavo elevate caratteristiche elettriche, meccaniche e termiche, riempitivo termoplastico penetrante tra le anime (solo nei cavi multipolari), guaina in PVC speciale di qualità R16, conforme alle norme CEI 20-13, IEC 60502-1, CEI UNEL 35318, EN 50575:2014+A1:2016, conforme ai requisiti previsti dalla Normativa Europea Prodotti da Costruzione (CPR UE 305/11), classe di reazione al fuoco "Cca-s3,d1,a3", tensione di esercizio 0,6/1 kV in c.a. e 1,5 kV in c.c., tensione massima di esercizio 1,2 kV in c.a. e 1,8 kV in c.c..

¹ Per quanto riguarda i cavi non "CPR", se immessi sul mercato dopo il 01/07/2017, dovranno essere sostituiti con cavi "CPR" corrispondenti, qualora disponibili sul mercato prima dell'esecuzione dell'impianto (**D.lgs n 106 del 16/06/2017**)

5.1.2 Scelta del tipo di cavi AT

I cavi elettrici saranno posati all'interno di tubazioni interrato; i conduttori saranno a corda rigida compatta in alluminio, disposti a trifoglio. Il conduttore sarà a corda rotonda compatta di alluminio, isolamento in XLPE, adatto ad una temperatura di esercizio massima continuativa del conduttore pari a 90 °C, schermo a fili di rame con sovrapposizione di una guaina in alluminio saldato e guaina esterna in PE grafitato, qualità ST7, con livello di isolamento verso terra e tra le fasi pari a $U_0/U=26/45$ kV. Lo schermo metallico è dimensionato per sopportare la corrente di corto circuito per la durata specificata. Il rivestimento esterno del cavo ha la funzione di proteggere la guaina metallica dalla corrosione. Lo strato di grafite è necessario per effettuare le prove elettriche dopo la posa, in accordo a quanto previsto dalla norma IEC 62067. Con funzione di segnalazione, poco sopra le tubazioni, sarà posato un nastro di segnalazione in PVC. All'interno della trincea è prevista l'installazione di tubi PEHD Ø 50 mm entro i quali saranno posati i cavi di Fibra Ottica, oltre eventualmente ad un cavo unipolare in rame con guaina in PVC a protezione del cavo AT.

5.1.3 Rete ad alta tensione di raccolta

La rete elettrica a 36 kV interrata assicurerà il collegamento fra le cabine di trasformazione e fra queste e la cabina di raccolta utenti per poi raggiungere la SE Terna.

La rete AT di raccolta ha schema radiale ed è costituita da linee in cavo interrato collegate in entra-esce attraverso le cabine di trasformazione, determinando sei linee che convergeranno verso la cabina di raccolta.

Dalla cabina di raccolta partirà una linea che, con un percorso interrato, provvederà al trasporto dell'intera energia prodotta dal parco fotovoltaico fino all'ingresso del quadro elettrico di raccolta, nella stazione TERNA.

I percorsi delle linee, illustrati negli elaborati grafici, potranno essere meglio definiti in fase costruttiva. Pertanto si possono identificare due sezioni della rete AT:

- la rete di raccolta dell'energia prodotta dai 5 sottocampi presenti, costituiti da linee che collegano i quadri AT delle cabine di trasformazione in configurazione entra-esce che confluiranno nella cabina di raccolta
- la rete di vettoriamento che collega la cabina di raccolta utenti alla stazione di connessione.

5.1.4 Posa dei cavi AT

I cavi, posati all'interno di tubazioni interrato, saranno con disposizione a "trifoglio", ad una profondità 1,2 o 1,5 m (quota piano di posa) su di un letto di sabbia dello spessore di 10 cm circa. I cavi saranno ricoperti sempre di sabbia. Con funzione di segnalazione, poco sopra le tubazioni sarà posato un nastro di segnalazione in PVC. All'interno della trincea è prevista l'installazione di

L'impiego di pozzetti o camerette dovrà essere limitato ai casi di reale necessità, ad esempio per facilitare la posa dei cavi lungo un percorso tortuoso o per la ispezionabilità dei giunti.

5.1.5 *Temperatura di posa*

Durante le operazioni di installazione la temperatura dei cavi, per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venir piegati o raddrizzati, non deve essere inferiore a quanto specificato dal produttore del cavo.

5.1.6 *Segnalazione della presenza dei cavi*

Al fine di evitare danneggiamenti nel caso di scavo da parte di terzi, lungo il percorso dei cavi dovrà essere posato sotto la pavimentazione un nastro di segnalazione in polietilene.

Nell'attraversamento di aree private fino all'imbocco delle strade pubbliche dovrà essere segnalata la presenza dell'elettrodotto interrato posizionando l'opportuna segnaletica.

5.1.7 *Prova di isolamento dei cavi AT*

Successivamente alle operazioni di posa e comunque prima della messa in servizio, l'isolamento dei cavi a AT, dei giunti e dei terminali, sarà verificato attraverso opportune misurazioni secondo le CEI 11-17. La tensione di prova dell'isolamento in corrente continua dovrà essere pari a quattro volte la tensione nominale stellata.

5.2 *Impianti di sicurezza*

Gli impianti di videosorveglianza ed antintrusione saranno installati lungo il perimetro dell'area della centrale fotovoltaica, garantendo la copertura totale dei confini delimitati dalla recinzione.

I dispositivi di videosorveglianza saranno scelti in fase esecutiva in funzione della tecnologia disponibile (telecamere fisse, dome, apparecchiatura di videoregistrazione, ecc.).

I dispositivi di antintrusione saranno scelti in fase esecutiva in funzione della tecnologia disponibile (contatti reed, barriere a infrarossi, sensori a microonde, ecc.).

Gli impianti suddetti verranno alimentati dallo scomparto dedicato presente nelle cabine di trasformazione.

Non si prevede l'installazione di illuminazione esterna se non quella in prossimità delle cabine.



6. CABINE

6.1 Cabine di trasformazione

Le cabine di trasformazione saranno realizzate in cemento armato vibrato (c.a.v.) complete di vasca di fondazione del medesimo materiale e posate su magroni di sottofondazione, assemblate con quadri di bassa tensione, trasformatore AT/BT e quadri di alta tensione. Le cabine avranno dimensioni esterne pari a 12,00 x 3,00 x 2,95 m (lung. x larg. x alt.). Le cabine saranno suddivise in locali distinti tali da contenere l'apparecchiatura di seguito elencata:

- quadri di parallelo inverter (QGBT);
- trasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari;
- trasformatori AT/BT (36/0,66 kV);
- quadro di alta tensione (36 kV).

All'interno della cabina, avverrà l'elevazione di tensione a 36.000 V in corrente alternata, così da poter convogliare l'energia prodotta dal campo fotovoltaico verso la cabina di raccolta per poi essere ceduta nel punto di connessione indicato da Terna.

Per ulteriori dettagli tecnici si faccia riferimento agli elaborati grafici allegati.

Tutte le parti attive del generatore fotovoltaico saranno isolate da terra, mentre le masse metalliche saranno collegate all'impianto di terra di protezione; a protezione dei contatti indiretti, in ottemperanza alla norma CEI 64-8/4, l'impianto disporrà di un dispositivo di controllo dell'isolamento che indicherà il verificarsi del primo guasto a terra, interrompendo il circuito e quindi il servizio. La protezione contro i contatti diretti sarà assicurata mediante isolamento delle parti attive o con l'utilizzo di involucri e barriere; in ogni caso il contatto verrà impedito in modo totale. L'impianto sarà realizzato con grado di protezione complessivo IP65 minimo. La protezione contro i contatti indiretti nella sezione bassa tensione, in corrente alternata alla frequenza di rete, si attuerà mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione, soddisfacendo la prescrizione:

$$R_t \times I_d \leq 50 \text{ V}$$

Ove:

- R_t è la resistenza del dispersore al quale sono collegate le masse
- I_d è la corrente di 1° guasto
- 50 V è il valore di tensione verso massa.

6.1.1 Impianti elettrici cabina di trasformazione

L'impianto elettrico, del tipo sfilabile, sarà realizzato con cavi unipolari di tipo antifiamma, con tubo in materiale isolante incorporato nel calcestruzzo e deve consentire la connessione di tutti gli apparati necessari per il funzionamento della cabina. In particolare:

- n.1 quadro di bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari;

- lampade di illuminazione;
- l'alimentazione di ognuna delle lampade di illuminazione è realizzata con cavi unipolari o multipolari di sezione idonea;
- prese a spina alimentate due cavi unipolari o multipolari di sezione idonea.

Tutti i componenti dell'impianto saranno contrassegnati con un marchio attestante la conformità alle norme e l'intero impianto elettrico sarà corredato da dichiarazione di conformità come da DM 22 gennaio 2008, n.37.

6.1.2 *Impianto di terra cabina di trasformazione*

Particolare cura è stata posta nel progettare la maglia di terra afferente alla cabina di trasformazione, rispettando rigorosamente la normativa, in particolare la norma CEI 99-3 e CEI 99-5 che dettano le prescrizioni da seguire per realizzare un impianto di terra a regola d'arte, in modo da attenersi a quanto segue:

- Avere sufficiente resistenza meccanica ed alla corrosione;
- Essere in grado di sopportare da un punto di vista termico le correnti di guasto prevedibili;
- Evitare danni ai componenti elettrici;
- Garantire la sicurezza delle persone contro le tensioni presenti sull'impianto di terra per effetto delle elevate correnti di guasto a terra.

L'impianto di dispersione per la messa a terra sarà realizzato mediante anello di rame nudo avente sezione pari a 50 mm², interrato alla profondità di almeno 80 cm dal piano di calpestio, integrato da n. 4 picchetti in acciaio di sezione minima 50 mm² a lunghezza 1,6 m, installati uno per ogni angolo in opportuni pozzetti prefabbricati.

Le giunzioni tra i conduttori costituenti la maglia di dispersione e tra questi ultimi e i conduttori di terra saranno realizzate mediante morsetti a compressione in rame.

Il collegamento del conduttore di terra alle strutture metalliche sarà realizzato mediante capicorda a compressione diritti, in rame stagnato con bullone in acciaio zincato.

L'efficienza di tale impianto verrà verificata attraverso apposita misura della resistenza di terra ed eventualmente delle tensioni di passo e di contatto.

Il collegamento interno-esterno della rete di terra sarà realizzato con connettori in acciaio inox.

L'impianto di dispersione, attraverso conduttori di terra, fa capo a collettori posti all'interno dei locali, attraverso i quali si effettua il collegamento a terra tutte le masse presenti nel locale, nonché tutti gli schermi dei cavi entrati ed uscenti.

Tutti gli inserti metallici previsti saranno connessi elettricamente all'armatura del manufatto.



6.2 Cabina di raccolta utente (MTR)

La cabina di raccolta è il punto di raccolta dei cavidotti provenienti dall'impianto per consentire il trasporto dell'intera energia prodotta dal campo fotovoltaico fino al punto di consegna della rete di trasmissione nazionale e riceve l'energia prodotta dal campo, convertita dagli inverter ed elevata nelle cabine di trasformazione, attraverso la rete di raccolta a 36 kV.

Il progetto della cabina di raccolta prevede che sia l'entrata che l'uscita dei cavi AT (36 kV) avvenga mediante posa interrata al fine di garantire il raccordo con la stazione RTN.

La cabina di raccolta sarà costituita da un prefabbricato, realizzato in cemento armato vibrato, posato su un magrone di sottofondazione in cemento, di dimensioni pari a 32,00 x 5,00 m (lung. x larg.) e altezza pari a 2,95 m suddiviso in vari locali che a seconda dell'utilizzo ospiteranno i quadri AT, gli impianti BT e di controllo, gli apparecchi di misura, ecc. Inoltre sarà installata, in apposita area recintata, una reattanza shunt per permettere l'eventuale rifasamento delle correnti reattive.

L'impianto di terra sarà costituito, conformemente alle prescrizioni della Norma CEI EN 50522 ed alle prescrizioni della Guida CEI 99-5, da una maglia di terra realizzata con conduttori nudi in rame elettrolitico di sezione pari a 50 mm², interrati ad una profondità di almeno 0,8 m. Per le connessioni agli armadi verranno impiegati conduttori di sezione pari a 50 mm². La scelta finale deriverà dai calcoli effettuati in fase di progettazione esecutiva.

All'interno della cabina troverà posto quanto necessario per il monitoraggio dell'impianto fotovoltaico ed in particolare saranno installati i seguenti dispositivi:

- Workstation;
- Armadio rack per il monitoraggio;
- Quadro elettrico BT;
- Trasformatore dei servizi ausiliari.

6.2.1 *RTU della cabina utente e dell'impianto AT di consegna*

Tale sistema deve rispondere alle specifiche TERNA S.p.A. Le caratteristiche degli apparati periferici RTU devono essere tali da rispondere ai requisiti di affidabilità e disponibilità richiesti e possono variare in funzione della rilevanza dell'impianto.

La RTU dovrà svolgere i seguenti compiti:

- Interrogazione delle protezioni della sottostazione, per l'acquisizione di segnali e misure attraverso le linee di comunicazione;
- Comando della sezione AT della cabina di raccolta;
- Acquisizione di segnali generali di tutta la rete elettrica;
- Trasmettere a TERNA S.p.A. i dati richiesti dal Regolamento di Esercizio, secondo i criteri e le specifiche dei documenti Terna.

La RTU sarà comandabile in locale dalla sottostazione tramite un quadro sinottico che riporterà lo stato degli organi di manovra di tutta la rete AT, i comandi, gli allarmi, le misure delle grandezze elettriche.

6.2.2 SCADA

Il sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) deve essere modulare e configurabile secondo le necessità e configurazione basata su PC locale con WebServer per l'accesso remoto.

La struttura delle pagine video del sistema SCADA deve includere:

- Schema generale di impianto;
- Pagina allarmi con finestra di pre-view;
- Schemi dettagliati di stallo.

Lo SCADA dovrà acquisire, gestire e archiviare ogni informazione significativa per l'esercizio e la manutenzione, nonché i tracciati oscillografici generati dalle protezioni.

6.2.1 Apparecchiature di misura

La misura dell'energia avverrà:

- sul lato AT (36 kV) in cabina utente (con apparecchiature ridondanti);
- eventualmente sul lato BT in corrispondenza dei servizi ausiliari in sottostazione.

La cabina utente sarà conforme alle prescrizioni della normativa, TERNA e alle norme CEI già citate. Tutti i componenti sono stati dimensionati in base ai calcoli effettuati sulla producibilità massima dell'impianto fotovoltaico, con i dovuti margini di sicurezza, e in base ai criteri generali di sicurezza elettrica.

6.2.2 Protezione di interfaccia

Tale protezione ha lo scopo di separare i gruppi di generazione dalla rete di trasmissione in caso di malfunzionamento della rete.

Sarà realizzata tramite rilevatori di minima e massima tensione, minima e massima frequenza, minima tensione omopolare. La protezione agirà sugli interruttori delle linee in partenza verso i gruppi di generazione.

7. SICUREZZA DELL'IMPIANTO

7.1 Protezione da corto circuiti sul lato c.c. dell'impianto

Gli impianti FV sono realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di un determinato numero di moduli FV, a loro volta realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di celle FV inglobate e sigillate in un unico pannello d'insieme. Pertanto gli impianti FV di qualsiasi dimensione conservano le caratteristiche elettriche della singola cella, semplicemente a livelli di tensione e correnti superiori, a seconda del numero di celle connesse in serie (per ottenere tensioni maggiori) oppure in parallelo (per ottenere correnti maggiori).

Negli impianti fotovoltaici la corrente di corto circuito dell'impianto non può superare la somma delle correnti di corto circuito delle singole stringhe.

Essendo le stringhe composte da una serie di generatori di corrente (i moduli fotovoltaici) la loro corrente di corto circuito è di poco superiore alla corrente nominale e questo conferisce una certa sicurezza intrinseca alle stringhe stesse.

7.2 Protezione da contatti accidentali lato c.c.

Le tensioni continue sono particolarmente pericolose per la vita. Il contatto accidentale con una tensione di oltre 500 V. c.c., valore certamente superato dalle stringhe, può avere conseguenze letali. Per ridurre il rischio di contatti pericolosi il campo fotovoltaico, lato corrente continua, è assimilabile ad un sistema IT cioè flottante da terra. La separazione galvanica tra il lato corrente continua e il lato corrente alternata è garantita dalla presenza del trasformatore AT/BT.

In tal modo affinché un contatto accidentale sia realmente pericoloso occorre che si entri in contatto contemporaneamente con entrambe le polarità del campo. Il contatto accidentale con una sola delle polarità non ha praticamente conseguenze, a meno che una delle polarità del campo non sia casualmente a contatto con la massa.

Per prevenire tale eventualità gli inverter sono muniti di un opportuno dispositivo di rivelazione degli squilibri verso massa, che ne provoca l'immediato spegnimento e l'emissione di una segnalazione di allarme.

7.3 Protezione dalle fulminazioni

Un campo fotovoltaico correttamente collegato a massa, non altera in alcun modo l'indice ceramico della località di montaggio, e quindi la probabilità di essere colpito da un fulmine.

I moduli fotovoltaici sono in alto grado insensibili alle sovratensioni atmosferiche, che invece possono risultare pericolose per le apparecchiature elettroniche di condizionamento della potenza. Per ridurre i danni dovuti ad eventuali sovratensioni i quadri di parallelo sottocampi sono muniti di varistori su entrambe le polarità dei cavi d'uscita.

In caso di sovratensioni i varistori collegano una od entrambe le polarità dei cavi a massa e provocano l'immediato spegnimento degli inverter e l'emissione di un segnale d'allarme.

7.4 Sicurezze sul lato c.a. dell'impianto

La limitazione delle correnti del campo fotovoltaico comporta analoga limitazione anche nelle correnti in uscita dagli inverter.

Eventi di corto circuito sul lato alternata dell'impianto sono tuttavia pericolosi perché possono provocare ritorni da rete di intensità non limitata.

A protezione sono presenti interruttori AT in SF6 con protezioni generali di massima corrente e protezioni contro i guasti a terra.

7.5 Impianto di messa a terra

All'interno del campo fotovoltaico sarà realizzata una rete di terra costituita da dispersori in corda di rame nudo della sezione minima di 50 mm², interrati ad una profondità di almeno 0,8 m. A tale rete saranno collegate tutte le strutture metalliche di supporto dei moduli e la recinzione. L'impianto di terra dovrà essere conforme alle prescrizioni della norma CEI 99-3 e dimensionato sulla base della corrente di guasto a terra sulla rete AT di alimentazione e del tempo di eliminazione del guasto a terra da parte delle protezioni.

L'efficienza di tale impianto verrà verificata attraverso apposita misura della resistenza di terra ed eventualmente delle tensioni di passo e di contatto.

8. CRITERI DI COSTRUZIONE

8.1 Esecuzione degli scavi

Per i cavi interrati la Norma CEI 11-17 prescrive che le minime profondità di posa fra il piano di appoggio del cavo e la superficie del suolo sono rispettivamente di:

- 0,5 m per cavi con tensione fino a 1000 V;
- 0,8 m per cavi con tensione superiore a 1000 V e fino a 30 kV (su suolo privato tale profondità può essere ridotta a 0,6 m);
- 1,2 m per cavi con tensione superiore a 30 kV (su suolo privato tale profondità può essere ridotta a 1,0 m).

In caso di attraversamenti sia longitudinali che trasversali di strade pubbliche con occupazione della carreggiata saranno rispettate le prescrizioni del regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada (D.P.R. 16.12.1992, n. 495, art. 66, comma 3) e, se emanate, le disposizioni dell'Ente proprietario della strada, pertanto la profondità minima misurata dal piano viabile di rotolamento non sarà inferiore a 1 m.

In base alle precedenti considerazioni, si giustificano le sezioni adottate per gli scavi, rappresentate nelle Tavole allegate. Le sezioni di scavo includono oltre ai cavi ad AT, anche altre tubazioni opzionali per il passaggio di eventuali cavi a BT o di segnale che dovessero rendersi necessarie, su richiesta del Committente, per il monitoraggio e la corda di terra.

Canalizzazioni ad altezza ridotta su strada pubblica sono ammesse soltanto previo accordo con l'Ente proprietario della strada ed a seguito di comprovate necessità di eseguire incroci e/o parallelismi con altri servizi che non possano essere realizzati aumentando la profondità di posa dei cavi.

8.2 Esecuzione di pozzetti e camerette

Per la costruzione ed il dimensionamento di pozzetti e camerette occorre tenere presente che:

- si devono potere introdurre ed estrarre i cavi senza recare danneggiamenti alle guaine;
- il percorso dei cavi all'interno deve potersi svolgere ordinatamente rispettando i raggi di curvatura.

8.3 Esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni a AT

L'esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni su cavi ad AT deve avvenire con la massima accuratezza, seguendo le indicazioni contenute in ciascuna confezione. In particolare occorre:

- prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della chiusura e l'eventuale presenza di umidità;
- non interrompere mai il montaggio del giunto o terminale;
- utilizzare esclusivamente i materiali contenuti nella confezione.



8.4 Messa a terra dei rivestimenti metallici

Ai sensi della CEI 11-17, gli schermi dei cavi AT saranno sempre atterrati alle estremità di ogni linea e possibilmente in corrispondenza dei giunti a distanze non superiori ai 5 km. È vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti dell'impianto.
