



PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN
IMPIANTO AGROVOLTAICO DENOMINATO

"HUGO"

SITO NEL COMUNE DI
RAGUSA (RG)
C.DA IMPERATORE, SNC

RELAZIONE SPECIALISTICA IMPIANTO ELETTRICO

COMMITTENTE:

CML S.R.L.

Corso Buenos Aires 54 - 20124
Milano (MI)

IL TECNICO

Crucillà Vincenzo

CODICE:

CRRELTEC002A0

REVISIONE:

00

DATA ELABORATO:

19/07/2023



Indice delle Tabelle

| | |
|--|----|
| Tabella 1 - Dati del Committente | 5 |
| Tabella 2 - Dati relativi alla località di installazione | 6 |
| Tabella 3 - Irraggiamento solare annuo e producibilità..... | 9 |
| Tabella 4 - Dati caratteristici dei moduli fotovoltaici tipo | 10 |
| Tabella 5 - Dati caratteristici dei gruppi di conversione (inverter) | 12 |
| Tabella 6 - Numero inverter e stringhe | 14 |
| Tabella 7 - Numero e tipologie cabine previste..... | 15 |

Sommario

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | DEFINIZIONI | 3 |
| 2. | DATI GENERALI DI IMPIANTO | 5 |
| 3. | SITO DI INSTALLAZIONE | 6 |
| 4. | DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO | 6 |
| 5. | IRRAGGIAMENTO SUL PIANO DEI MODULI | 6 |
| 6. | DIMENSIONAMENTO E PRODUCIBILITÀ | 7 |
| 7. | MODULI FOTOVOLTAICI..... | 10 |
| 8. | GRUPPO DI CONVERSIONE..... | 11 |
| 9. | STRUTTURE DI SUPPORTO DEI MODULI | 13 |
| 10. | QUADRI ELETTRICI | 13 |
| 11. | CABINE | 15 |
| 11.1. | CABINE DI TRASFORMAZIONE..... | 16 |
| 11.2. | CABINE DI SERVIZI, O&M e MAGAZZINO RICAMBI..... | 17 |
| 11.3. | CABINE DI RACCOLTA | 17 |
| 12. | IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE..... | 18 |
| 13. | CAVI ELETTRICI E CABLAGGI | 18 |
| 14. | SISTEMA DI MONITORAGGIO (SCADA)..... | 19 |
| 15. | IMPIANTO DI MESSA A TERRA | 20 |
| 16. | RIFERIMENTI NORMATIVI | 20 |



1. DEFINIZIONI

- **Cabina di trasformazione:** locale tecnico contenente i dispositivi di protezione e di manovra e le apparecchiature destinate alla trasformazione di tensione da bt ad MT dell'energia proveniente da tutti gli inverter appartenenti al sottocampo.
- **Cabina servizi:** adibita a locale tecnico per i sistemi videosorveglianza, di monitoraggio e controllo dello specifico sottocampo.
- **Cabina di raccolta:** locale destinato a contenere le apparecchiature necessarie per raccogliere tutte le linee MT provenienti dalle cabine di trasformazione appartenenti ad un campo.
- **Campo:** insieme di sottocampi che afferiscono ad una unica cabina di raccolta.
- **Dispositivo generale (DG):** apparecchiatura di protezione, manovra e sezionamento la cui apertura (comandata dal Sistema di Protezione Generale) assicura la separazione dell'intero impianto dell'Utente dalla rete del Distributore.

Nel caso di impianto che presenti un'unica linea di alimentazione (immediatamente a valle del cavo di collegamento) il DG è unico. In caso di più linee di alimentazione (immediatamente a valle del cavo di collegamento) il DG può essere costituito da due DGL.

- **Dispositivo generale (DGL):** apparecchiatura di protezione, manovra e sezionamento la cui apertura (comandata da un opportuno sistema di protezione) assicura la separazione di una delle due linee dell'impianto dell'Utente dalla rete del Distributore.
- **Impianto di rete per la connessione:** porzione di impianto per la connessione di competenza del Distributore compresa tra il punto di inserimento sulla rete esistente e il punto di connessione. L'impianto di rete presso l'utenza, qualora presente, è parte integrante dell'impianto di rete per la connessione.
- **Impianto di rete presso l'utenza:** porzione di impianto di rete per la connessione adiacente all'impianto di utenza per la connessione, installata su aree (in locali) messe a disposizione dall'Utente, tipicamente al confine tra la proprietà dell'Utente medesimo e il suolo pubblico. Il punto di connessione è individuato al confine tra l'impianto di rete presso l'utenza e l'impianto di utenza per la connessione.
- **Impianto di utenza (o di Utente):** impianto di produzione o impianto utilizzatore, nella disponibilità dell'Utente.
- **Impianto di utenza per la connessione:** porzione di impianto per la connessione la cui realizzazione, gestione, esercizio e manutenzione rimangono di competenza dell'Utente.
- **Impianto per la connessione:** insieme degli impianti realizzati a partire dal punto di inserimento sulla rete esistente, necessari per la connessione alla rete di un impianto di Utente. L'impianto per la connessione è costituito dall'impianto di rete per la connessione e dall'impianto di utenza per la connessione.
- **Impianto utilizzatore:** insieme del macchinario, dei circuiti, delle apparecchiature destinate all'utilizzo di energia elettrica.



- **Protezione Generale (PG):** insieme di protezioni utilizzate per la rilevazione di guasti interni all'impianto dell'utente. La PG è richiesta a tutti gli impianti di utente e agisce sul DG, con la finalità di provocare la separazione dell'impianto dell'utente dalla rete del Distributore in caso di guasti interni all'impianto stesso, in modo selettivo con le protezioni presenti sulla rete di distribuzione.
- **Punto di confine:** punto tra la rete e l'impianto di Utente per la connessione, dove avviene la separazione di proprietà tra rete e Utente.
- **Punto di Connessione (PdC):** confine fisico tra due reti nella titolarità e/o gestione di due soggetti diversi attraverso cui avviene lo scambio fisico di energia. Il punto di connessione è individuato al confine tra l'impianto di rete per la connessione e l'impianto di utenza.
- **Punto di immissione:** punto di immissione come definito ai sensi dell'articolo 4, comma 4.7 del TIME. Ciò si ha in caso di fornitura a produttori con solo servizi ausiliari (senza carico proprio).
- **Punto di inserimento:** punto della rete di distribuzione nell'assetto preesistente alla connessione al quale l'impianto di utente è connesso attraverso l'impianto di connessione.
- **Punto di prelievo:** punto di prelievo come definito ai sensi dell'articolo 4, comma 4.7 del TIME. Ciò si ha in caso di fornitura a Utenti passivi, oppure a Utenti attivi con carico proprio, diverso dai servizi ausiliari.
- **Rete** (rete di distribuzione, rete di distribuzione pubblica): rete elettrica AT o MT alla quale possono collegarsi gli Utenti, gestita da un'impresa distributrice.
- **Rete AAT:** sistema a tensione nominale tra le fasi oltre 150 kV.
- **Rete AT:** sistema a tensione nominale tra le fasi superiore a 35 kV fino a 150 kV compreso.
- **Rete di distribuzione BT:** rete con obbligo di connessione di terzi diversa dalla RTN, con tensione nominale tra le fasi superiore a 50 V fino a 1 kV compreso se in c.a. o superiore a 120 V fino a 1,5 kV compreso se in c.c..
- **Rete di distribuzione MT:** rete con obbligo di connessione di terzi diversa dalla RTN (decreto 25 giugno 2000), con tensione nominale tra le fasi superiore a 1 kV se in c.a. o superiore a 1,5 kV se in c.c. fino a 35 kV compreso.
- **SE:** Stazione elettrica.
- **SSE:** Sottostazione elettrica.
- **Sistema di storage:** insieme di dispositivi ed apparecchiature di gestione e controllo funzionale ad assorbire e rilasciare energia elettrica, previsto per funzionare in maniera continuativa in parallelo con la rete o in grado di comportare un'alterazione dei profili di scambio con la rete elettrica (immissione e/o prelievo).
- **Sottocampo:** porzione di impianto fotovoltaico che afferisce ad una unica cabina di trasformazione.
- **Impianto Agrovoltaico:** impianto fotovoltaico che consente di preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione, garantendo, al contempo, una buona produzione energetica da fonti rinnovabili.
- **Impianto Agrovoltaico Avanzato:** impianto agrovoltaico che:



- adotta soluzioni innovative con montaggio dei moduli sollevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche eventualmente consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione;
- prevede la contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto dell'installazione fotovoltaica sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture, la continuità delle attività delle aziende agricole interessate, il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.

2. DATI GENERALI DI IMPIANTO

La presente relazione tecnica ha per oggetto la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica dell'energia solare, avente una potenza di picco pari a circa **9,82 MWp**. L'impianto sarà del tipo **Agrovoltaico Avanzato**.

La soluzione prevede che l'impianto sarà allacciato alla rete di Distribuzione tramite realizzazione di una nuova cabina di consegna collegata in antenna da cabina primaria AT/MT S.C. CAMERINA. La linea MT dovrà essere equipaggiata con cavo ottico dielettrico costituito da n. 24 fibre ottiche rispondenti alle caratteristiche previste dalla norma ITU-T/G.652 comprensiva di certificati di collaudo rispondente alla tabella di unificazione ENEL DISTRIBUZIONE DCFO02.

| COMMITTENTE | |
|--------------|--|
| Committente: | CML S.R.L. |
| Indirizzo: | Corso Buenos Aires, 54 - 20124 Milano (MI) |
| Partita IVA: | 01773790884 |
| PEC | cml@gigapec.it |

Tabella 1 - Dati del Committente



3. SITO DI INSTALLAZIONE

L'impianto "HUGO" verrà realizzato su terreni appartenenti al territorio del Comune di Ragusa, ricadenti in area agricola. I moduli fotovoltaici saranno fissati al suolo per mezzo di strutture di supporto intelaiate in acciaio zincato ad inseguimento mono-assiale con asse di rotazione in direzione nord-sud. Di seguito si riportano le coordinate del punto centrale dell'impianto:

| DATI RELATIVI ALLA LOCALITÀ DI INSTALLAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO "HUGO" | |
|---|------------------|
| Località: | Ragusa (RG) |
| Latitudine: | 36° 51' 03.18" N |
| Longitudine: | 14° 31' 07.12" E |
| Altitudine: | 88 m s.l.m. |

Tabella 2 - Dati relativi alla località di installazione

4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'intero impianto Agrovoltaico è composto da circa 17.082 moduli fotovoltaici in silicio policristallino da 575 Wp cadauno distribuiti su una superficie di circa 18 Ha e da circa 55 inverter centralizzati da 175 kW/cad.. La potenza in immissione sarà pari a circa 9,82 MWp. L'impianto è di tipo "grid-connected" in modalità trifase, collegato alla rete di distribuzione MT 20 kV, mediante realizzazione di una nuova cabina di consegna collegata in antenna da cabina primaria AT/MT S.C. CAMERINA.

5. IRRAGGIAMENTO SUL PIANO DEI MODULI

La valutazione della risorsa solare disponibile è stata effettuata utilizzando il database PVGIS. PVGIS si basa sull'utilizzo di un database di radiazione solare ricavato da dati climatologici normalizzati su base europea e disponibili all'interno dell'European Solar Radiation Atlas. L'algoritmo del modello stima l'irradianza/irradiazione globale (diretta, diffusa e riflessa), in assenza ed in presenza di fenomeni meteorologici reali (pioggia, nebbia, nuvole, etc...), su superfici orizzontali o inclinate. L'irradiazione giornaliera totale (Wh/m²) è calcolata attraverso l'integrazione dei valori dell'irradianza calcolata ad intervalli regolari di tempo durante l'arco della giornata considerando l'ombreggiamento causato dai rilievi locali (colline e montagne)



come da modello digitale del terreno prendendo come riferimento la località che dispone dei dati storici di radiazione solare nelle immediate vicinanze delle area nell'ambito comunale di Ragusa.

Il campo Agrovoltaico sarà esposto con asse di rotazione dei tracker in direzione Nord-Sud e le strutture ad inseguimento sarà esposto con un'inclinazione (tilt) variabile tra -5% e + 15%, in funzione della pendenza del terreno che si presenta tuttavia già pressoché pianeggiante.

6. DIMENSIONAMENTO E PRODUCIBILITÀ

Ai fini della valutazione della producibilità di un impianto Agrovoltaico, bisogna sottolineare che tale dato è soggetto a perdite di diversa natura che è necessario considerare ai fini della produzione complessiva. Tali perdite sono riassumibili nelle seguenti categorie:

- **perdite per riflessione**, generate da una quota parte di radiazione luminosa riflessa dal vetro posto a protezione delle celle; la riflessione riduce quindi la potenza radiante effettivamente captata dai moduli ed utilizzata per la conversione fotovoltaica. Sulla base dell'esperienza, tale perdita in percentuale varia fra l'1% ed il 3%;
- **perdite per ombreggiamento**, sia prodotto da ostacoli esterni (costruzioni, vegetazione) sia prodotta dalle file di moduli del campo poste in successione. Anche l'ombreggiamento riduce la potenza radiante effettivamente captata dai moduli ed utilizzata per la conversione fotovoltaica, tale riduzione è stata stimata dalla scrivente, sulla base delle distanze fra le file di moduli, intorno all' 2%;
- **perdite per sporcamento**, sono dovute a depositi di pulviscolo e calcare sulle superfici captanti e sono dipendenti dunque dal sito di installazione, dalle condizioni meteorologiche e dall'inclinazione dei moduli stessi. Per moduli fotovoltaici installati con un inclinazione superiore a 20° installati in siti ubicati in aree normali, come per il sito considerato, tali perdite possono essere dell'ordine dell'1%;
- **riduzione di potenza dovuta allo scostamento delle condizioni reali di funzionamento** dei moduli fotovoltaici dalle condizioni STC ("Standard Test Conditions": 1.000 W/m² per l'irraggiamento solare, 1.5 per l'Air Mass, 25 °C per la temperatura dei moduli). L'incremento della temperatura delle celle, evento normale durante il ciclo di funzionamento, ha come effetto una perdita di potenza generabile dal modulo: la tensione delle celle decresce con l'aumentare della temperatura, mentre non si registrano variazioni significative della corrente. L'ammontare di tale perdite



varia tra il 4% ed il 7%. La relazione utilizzata per effettuare una stima delle perdite di rendimento dovute alla temperatura è la seguente:

$$P_{TLOSS} = \left[T_{amb} - 25 + (NOCT - 20) \frac{I}{800} \right] \frac{G}{100}$$

Dove:

I è l'irraggiamento misurato sul piano dei moduli in [W/m²]; G è il coefficiente di temperatura per la potenza; T_{amb} è la temperatura dell'aria esterna;

- **perdite di potenza per mismatching**, causate dal collegamento in serie di più moduli fotovoltaici con caratteristiche elettriche non perfettamente identiche. La disomogeneità del comportamento elettrico delle celle è causato sia dal processo di produzione industriale che dalle differenti condizioni operative (temperatura ed irraggiamento). In un sistema con moduli in serie, il valore della corrente di stringa è limitato dal modulo che eroga la corrente più bassa; in un sistema con moduli in parallelo, la tensione di stringa è limitata dal modulo che eroga la tensione più bassa. Un valore attendibile per questo tipo di perdite può variare fra il 2% ed il 3%. Si sottolinea che tali perdite potrebbero essere ridotte in fase di installazione andando a collegare moduli in serie con caratteristiche elettriche simili fra loro, sulla base del flash report dei moduli fotovoltaici fornito dal costruttore degli stessi e che si raccomanda di richiedere;
- **perdite di potenza lungo le tratte in CC**, causate dalla dissipazione di energia elettrica in calore per effetto Joule nei cavi, sui diodi di blocco e sulle resistenze di contatto degli interruttori. Dipendono dalla lunghezza dei cavi e dalla sezione. È bene in fase progettuale limitare tali perdite fra il 2% ed il 3%, compatibilmente con valutazioni di carattere economico (costo dei cavi);
- **perdite di potenza nel sistema di conversione**, sono dovute all'efficienza dell'inverter ed alle perdite del trasformatore. Tali perdite possono essere stimate uguali ad $1 - \eta_{euro}$, dove η_{euro} è il rendimento europeo dell'inverter. Nel caso dell'impianto considerato si stima un valore pari al 3%;
- **Perdite per livello di irraggiamento** sono dovute alle ore di inattività dell'inverter che si originano per irraggiamento troppo basso sul piano dei moduli, ad esempio alle prime ore del mattino, alla sera o in momenti di nuvolosità particolarmente intensa, quando l'energia irraggiata sul piano dei moduli genera un voltaggio troppo basso e



non compreso nel range di funzionamento dell'apparato di conversione. Tali perdite variano fra il 2% ed il 5% in base anche alla latitudine del sito;

In letteratura si definisce solitamente il Performance Ratio (PR) dell'impianto come il rapporto tra l'energia teoricamente producibile dai moduli solari in condizioni standard STC e l'energia effettivamente consegnata in rete.

Il calcolo della producibilità dell'impianto, suddiviso nelle sue sotto-aree, è stato effettuato mediante il software di simulazione PV GIS, partendo dai dati climatici di irraggiamento e temperatura ambiente forniti dal data base PVGIS.

Si riporta a seguire una tabella riassuntiva con i dati di irraggiamento, producibilità e performance, relativa a ciascuna delle sotto-aree di impianto.

| CAMPO | P [kW] | Irraggiamento sul piano dei moduli [kWh/m ²] | PR [%] | Heq [kWh/ kWp] | E_Grid [MWh/anno] |
|-------|-----------|---|-----------|-------------------|----------------------|
| HUGO | 9.822,15 | 2.580 | 84,2 | 2.172 | 21.720 |

Tabella 3 – Irraggiamento solare annuo e producibilità

La quantità di energia elettrica producibile è calcolata sulla base dei dati radiometrici forniti dal database PV-GIS (SARAH 2) e utilizzando i metodi di calcolo illustrati nella norma UNI 8477-1.

La potenza del generatore fotovoltaico è calcolata secondo la seguente formula:

$$P = P_{\text{MODULO}} * N^{\circ} \text{ MODULI}$$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1 kW/m² a 25°C di temperatura) si calcola come:

$$E = P * \text{IRR} / 1000 * \text{PR}$$

Dove:

Irr = Irraggiamento medio annuo

PR = Performance Ratio



7. MODULI FOTOVOLTAICI

Il generatore fotovoltaico è composto da moduli tipo **Astroenergy**, modello tipo **ASTRO N5 CHSM72N(DSG)/F-BH Bifacial Series (182) 560-580 W** in silicio cristallino o equivalenti. Tali moduli saranno certificati IEC 61215 e IEC 61730, Application Class A ed avranno tensione massima fino a 1500V. I moduli saranno provvisti di una garanzia di almeno anni 12 per difetti di fabbricazione e di una garanzia sulla diminuzione nel tempo della potenza in uscita di tipo lineare su 30 anni. I moduli Astroenergy hanno una tolleranza sulla potenza positiva.

| CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO | |
|---|------------------------------------|
| Tipo di installazione: | Impianto installato a terra |
| Tipo di installazione: | Tracker mono-assiale asse Nord-Sud |
| Inclinazione (tilt): | -5°/+15° (tracker) |
| Numero di moduli totali: | 17.082 |
| Angolo di rotazione: | -60°/+60° (tracker) |
| Numero inverter totali: | 55 |
| Potenza generatore FV: | 9,82 MWp |
| Superficie complessiva moduli: | 44.127 m ² |

| DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI TIPO | |
|----------------------------------|---|
| Costruttore: | Astroenergy |
| Sigla: | ASTRO N5 CHSM72N(DSG)/F-BH Bifacial Series (182) 560-580 W |
| Tecnologia costruttiva: | Silicio cristallino |
| CARATTERISTICHE ELETTRICHE | |
| Potenza massima: | 575 W |
| Rendimento: | 22,30 % |
| Tensione nominale: | 42,94 V |
| Tensione a vuoto: | 51,10 V |
| Corrente nominale: | 13,39 A |
| Corrente di corto circuito: | 14.19 A |
| DIMENSIONI TIPICHE | |
| Dimensioni: | 2.278 mm x 1.134 mm |
| Peso: | 32,10 kg |

Tabella 4 - Dati caratteristici dei moduli fotovoltaici tipo

La connessione fra i moduli avverrà con cavi (in classe di isolamento II) terminati all'interno

delle cassette di terminazione dei moduli (grado di protezione IP65).

I connettori dovranno essere realizzati con materiali resistenti a raggi UV ed in modo tale da garantire, come gli altri componenti dell'impianto, una vita utile di almeno 25 anni.

I cavi di energia saranno dimensionati in maniera tale da contenere la caduta di tensione entro il valore massimo del 2% e le perdite entro il massimo dell'1%.

La corrente massima (portata) ammissibile, per periodi prolungati, di qualsiasi conduttore sarà calcolata in modo tale che la massima temperatura di funzionamento non superi il valore appropriato, per ciascun tipo di isolante, indicato nella Tab. 52D della Norma CEI 64-8/5.

Nel caso in cui i cavi vadano in percorsi interrati, la discesa dei cavi sarà protetta meccanicamente mediante installazione in tubi.

Le vie cavi saranno interrate e costituite da tubi corrugati, interrotti da appositi pozzetti, allo scopo di consentire la sfilabilità dei cavi.

8. GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter) di stringa Fimer da 175 kW ciascuno. Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo Agrovoltaiico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- ❑ Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- ❑ Ingresso lato CC da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- ❑ Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.



- ❑ Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- ❑ Conformità marchio CE.
- ❑ Grado di protezione adeguato all'ubicazione per esterno (IP65).
- ❑ Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- ❑ Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- ❑ Efficienza massima ≥ 90 % al 70% della potenza nominale.

| DATI COSTRUTTIVI DEGLI INVERTER TIPO | |
|---|-----------------|
| Costruttore | Fimer |
| Sigla | PVS 175 TL |
| Numero di MPPT indipendenti | 12 |
| Ingressi per inverter utilizzati | 24 (2 per MMPT) |
| CARATTERISTICHE ELETTRICHE TIPO LATO DC | |
| Massima corrente per MPPT | 22 A |
| Tensione massima | 850-1.350 V |
| Range di tensione inseguitore | 22 A |
| CARATTERISTICHE ELETTRICHE LATO AC | |
| Potenza nominale in uscita | 175 kW (@40°) |
| Tensione nominale di uscita | 800 V |
| Corrente massima in uscita | 135 A |
| Frequenza in uscita | 50 Hz |
| Rendimento Massimo | >98,70 % |
| Rendimento Europeo | >98,4 % |
| DIMENSIONAMENTO TIPO | |
| Tensione di stringa $V_{oc@-10^{\circ}C}$ | 1.445 V |
| Numero di moduli per stringa | 26 |

Tabella 5 - Dati caratteristici dei gruppi di conversione (inverter)

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

Limiti in tensione

Tensione minima V_n a 70 °C maggiore di V_{mpp} min.

Tensione massima V_n a +10 °C inferiore a V_{mpp} max.

Tensione a vuoto V_o a +10 °C inferiore alla tensione max. dell'inverter (1500,0 V)

Limiti in corrente

Corrente di corto circuito inferiore alla corrente massima inverter

Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza compreso tra 80,00% e il 130,00%

9. STRUTTURE DI SUPPORTO DEI MODULI

Le strutture di supporto ad inseguimento sono modulari e realizzate in modo da ospitare n. 26 o 13 moduli disposti a singolo modulo in configurazione "portrait". Ciascuna vela in questo caso ospiterebbe pertanto n. 1 o 1/2 stringa del campo fotovoltaico. Le vele saranno disposte in file parallele, con inclinazione (tilt) variabile tra -5 % e + 15%, in funzione della pendenza del terreno. Le vele saranno distanziate lungo l'asse est-ovest con interasse di 4,50 m, in modo da minimizzare gli ombreggiamenti reciproci. L'altezza massima della vela sarà inferiore o uguale a 4,70 m. L'altezza massima sarà raggiunta in ogni caso dal bordo esterno solo nelle prime ore del mattino o nelle ore serali per catturare i raggi del sole ad inizio e fine giornata, quando la struttura sarà ruotata del suo angolo massimo pari a 60°.

Gli ancoraggi della struttura saranno praticati avendo cura di verificarne la compatibilità con il terreno, dal punto di vista sia statico che dinamico, e dovranno resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 120 km/h.

10. QUADRI ELETTRICI

I collegamenti elettrici in campo prevedono un'organizzazione del tipo serie / parallelo secondo lo schema di seguito riportato.



Le stringhe sono composte da 24 moduli in serie. Le stringhe sono collegate direttamente agli inverter, quindi non saranno presenti dei quadri di campo.

L'impianto Agrovoltaiico sarà così costituito da:

| DENOMINAZIONE CAMPO | POTENZA | N. INVERTER | STRINGHE DA 26 MODULI |
|---------------------|-------------|-------------|-----------------------|
| HUGO | 9.822,15 kW | 55 | 657 stringhe |

Tabella 6 – Numero inverter e stringhe

❑ Quadri di parallelo lato corrente alternata

Le varie uscite degli inverter saranno collegate in parallelo all'interno di un quadro di parallelo BT (QPBT), installato presso ciascuna delle cabine elettriche di trasformazione. Il quadro sarà conforme alla norma CEI EN 60439-1 per linee di potenza idoneo a contenere:

- il dispositivo di parallelo quadro, di tipo scatolato, con funzione di protezione da sovracorrenti e sezionamento della linea in bassa tensione a valle del trasformatore BT/MT;
- la centralina termometrica del trasformatore BT/MT;

Sarà inoltre installato un quadro di bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari (QSA) e un gruppo soccorritore UPS. Il quadro dei servizi ausiliari conterrà i dispositivi di protezione e sezionamento di tipo modulare per la protezione e sezionamento delle linee di alimentazione dei servizi ausiliari (condizionatori, illuminazione, circuiti prese, circuiti ausiliari quadri elettrici, ecc...), nonché dell'UPS.

Il QPBT sarà costituito delle seguenti parti (in accordo alla Norma CEI 11-20 per impianti fotovoltaici operanti in parallelo alla rete MT del Distributore), da valle a monte:

- Dispositivi del generatore fotovoltaico: sono gli interruttori del quadro che collegano il QPCA alle uscite degli inverter. Sono interruttori automatici con sganciatori magnetotermici che intervengono per guasto interno al sistema fotovoltaico. L'interruttore interviene su tutte le fasi interessate e sul neutro.
- Contatore dell'energia prodotta dal campo fotovoltaico: esso sarà installato a monte dei dispositivi del generatore fotovoltaico di cui al precedente punto. Tale contatore sarà destinato alla misura dell'energia elettrica prodotta e sarà in grado di rilevare e registrare l'energia elettrica immessa in rete. Il sistema di misura sarà conforme alle norme CEI. Il sistema di misura sarà idoneo a consentire la telelettura dell'energia elettrica prodotta da parte del Distributore. Esso sarà, inoltre, posizionato in un posto



facilmente accessibile per la sua lettura.

L'uscita del quadro QPBT sarà connessa tramite l'interruttore BT di alimentazione del QPCA al primario del trasformatore MT/BT.

Il trasformatore sarà trifase con gli avvolgimenti inglobati sotto vuoto in resina epossidica e con raffreddamento in aria naturale. Il trasformatore deve essere progettato e costruito per rispondere alle Norme CEI Italiane ed IEC internazionali in vigore alla data della sua costruzione.

□ **Quadro Media Tensione**

Il quadro media tensione (QMT sarà del tipo a prova d'arco interno IAC (Internal Air Classified) conforme alla norma CEI 17-6 Ed. VI:

- a tre scomparti: partenza linea, arrivo linea e protezione trasformatore, per cabine di dorsale;
- a due scomparti: partenza linea e protezione trasformatore per cabine terminali.

Il quadro conterrà i dispositivi di interruzione e protezione trasformatore e le unità di protezione linea con i relativi TA, TO e TV con caratteristiche elettriche minime di tensione di isolamento pari a 35 kV, corrente di corto circuito 16 kA e portata nominale sbarre 630 A.

11. CABINE

Si prevede l'utilizzo di cabine di trasformazione, cabine per servizi e cabine di raccolta, meglio descritte nei paragrafi seguenti.

Nello specifico si prevede di utilizzare un numero differente di cabine, in funzione alla potenza installata, come meglio riepilogato nella tabella seguente:

| CAMPO | N. CABINE DI TRASFORMAZIONE | N. CABINE PER SERVIZI | N. CABINE DI RACCOLTA | N. CABINE O&M | N. CABINE RICAMBI | N. CABINE CONSEGNA | VOLUMETRIA [MC] |
|-------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| HUGO | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 645 |
| | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 645 |

Tabella 7 – Numero e tipologie cabine previste



11.1. CABINE DI TRASFORMAZIONE

Ogni cabina di trasformazione, in grado di gestire la potenza ad essa confluyente, sarà costituita da:

- Locale 1 contenente:
 - quadro di parallelo bassa tensione (QPBT);
 - quadro di alimentazione dei servizi ausiliari (QSA);
 - il gruppo UPS;
- Locale 2 contenente:
 - trasformatore BT/MT;
- Locale 3 contenente:
 - quadro di media tensione (QMT).

Le cabine saranno di tipo prefabbricato mono-blocco in struttura metallica autoportante o di tipo prefabbricato in cemento armato, conforme alla norma CEI EN 62271-202 con dimensioni esterne 6,058 m x 2,896 m x 2,438 m.

I passaggi previsti per il transito delle persone, saranno larghi almeno 80 cm, al netto di eventuali sporgenze. La cabina sarà posta su fondazione prefabbricata tipo vasca avente altezza esterna di 60 cm (interna di 50 cm) e dotata di fori di diametro 18 cm a frattura prestabilita in modo da consentire l'ingresso e l'uscita dei cavi MT/BT nei quattro lati. La vasca, che fungerà da vano per i cavi, sarà accessibile da apposita botola posta sul pavimento dei vari locali. Il calore prodotto dal trasformatore e dai quadri, sarà smaltito tramite ventilazione naturale per mezzo di griglie di areazione (122x52 cm) in vetroresina e da aspiratori ad asse verticale comandati in temperatura.

Infine sarà realizzato un impianto di messa a terra tramite dispersore orizzontale ad anello in corda di rame nuda sez. 50 mmq e da n. 6 dispersori verticali in acciaio zincato con profilo a croce 50x50x5 mm di lunghezza 2,5 m.

Saranno installati all'interno delle cabine:

- accessori antinfortunistici: estintore a polvere, lampada di emergenza ricaricabile, guanti isolanti, pedana isolante, cartelli ammonitori vari, schema elettrico di cabina.



11.2. CABINE DI SERVIZI, O&M e MAGAZZINO RICAMBI

Ogni cabina servizi, sarà adibita a locale tecnico per i sistemi videosorveglianza, di monitoraggio e controllo.

Le cabine saranno di tipo prefabbricato mono-blocco in struttura metallica autoportante o di tipo prefabbricato in cemento armato, conforme alla norma CEI EN 62271-202 con dimensioni esterne 6,058 m x 2,896 m x 2,438 m.

I passaggi previsti per il transito delle persone, saranno larghi almeno 80 cm, al netto di eventuali sporgenze. La cabina sarà posta su fondazione prefabbricata tipo vasca avente altezza esterna di 60 cm (interna di 50 cm) e dotata di fori di diametro 18 cm a frattura prestabilita in modo da consentire l'ingresso e l'uscita dei cavi MT/BT nei quattro lati. La vasca, che fungerà da vano per i cavi, sarà accessibile da apposita botola posta sul pavimento dei vari locali. Il calore prodotto dal trasformatore e dai quadri, sarà smaltito tramite ventilazione naturale per mezzo di griglie di areazione (122x52 cm) in vetroresina e da aspiratori ad asse verticale comandati in temperatura.

Infine sarà realizzato un impianto di messa a terra tramite dispersore orizzontale ad anello in corda di rame nuda sez. 50 mmq e da n. 6 dispersori verticali in acciaio zincato con profilo a croce 50x50x5 mm di lunghezza 2,5 m.

Saranno installati all'interno delle cabine:

- o accessori antinfortunistici: estintore a polvere, lampada di emergenza ricaricabile, guanti isolanti, pedana isolante, cartelli ammonitori vari, schema elettrico di cabina.

11.3. CABINE DI RACCOLTA

Ogni campo prevede una cabina di raccolta, dove confluiscono in ingresso tutte le uscite in MT delle cabine di trasformazione del campo stesso, mentre l'uscita della cabina di raccolta di ogni campo verrà collegata alla sotto stazione elettrica di utente.

In base alla posizione del campo è possibile che l'uscita della cabina di raccolta venga collegata direttamente alla sotto stazione corrispondente, oppure in entra-esce con altre cabine di raccolta intermedie, in ogni caso in ogni cabina sarà presente almeno un dispositivo di sezionamento.

Le cabine saranno di tipo prefabbricato mono-blocco in struttura metallica autoportante o di



tipo prefabbricato in cemento armato, conforme alla norma CEI EN 62271-202 con dimensioni esterne 12,1 m x 3 m x 2,4 m.

I passaggi previsti per il transito delle persone, saranno larghi almeno 80 cm, al netto di eventuali sporgenze. La cabina sarà posta su fondazione prefabbricata tipo vasca avente altezza esterna di 60 cm (interna di 50 cm) e dotata di fori di diametro 18 cm a frattura prestabilita in modo da consentire l'ingresso e l'uscita dei cavi MT/BT nei quattro lati. La vasca, che fungerà da vano per i cavi, sarà accessibile da apposita botola posta sul pavimento dei vari locali. Il calore prodotto dal trasformatore e dai quadri, sarà smaltito tramite ventilazione naturale per mezzo di griglie di areazione (122x52 cm) in vetroresina e da aspiratori ad asse verticale comandati in temperatura.

Infine sarà realizzato un impianto di messa a terra tramite dispersore orizzontale ad anello in corda di rame nuda sez. 50 mmq e da n. 6 dispersori verticali in acciaio zincato con profilo a croce 50x50x5 mm di lunghezza 2,5 m.

Saranno installati all'interno delle cabine:

- o accessori antinfortunistici: estintore a polvere, lampada di emergenza ricaricabile, guanti isolanti, pedana isolante, cartelli ammonitori vari, schema elettrico di cabina.

12. IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE

L'impianto sarà allacciato alla rete di Distribuzione tramite realizzazione di una nuova cabina di consegna collegata in antenna da cabina primaria AT/MT S.C. CAMERINA. Previsto potenziamento suddetta cabina primaria mediante la posa di un nuovo TR da 40 MVA - la linea sarà connessa al nuovo QM sotteso al terzo di nuovo TR da implementare nella Cp identificato Sbarra Gialla. La linea MT dovrà essere equipaggiata con cavo ottico dielettrico costituito da n. 24 fibre ottiche rispondenti alle caratteristiche previste dalla norma ITU-T/G.652 comprensiva di certificati di collaudo rispondente alla tabella di unificazione ENEL DISTRIBUZIONE DCFO02.

13. CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

Il cablaggio elettrico di bassa tensione avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:



- ❑ Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- ❑ Tipo <CV11> se in esterno o FG16R16 se in cavidotti su percorsi interrati
- ❑ Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- ❑ Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- ❑ Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- ❑ Conduttore di fase: grigio / marrone
- ❑ Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo "+" e del negativo con "-"

I cavi di MT, tratto Trasformatore-QMT saranno cavi unipolari del tipo RG16H1R12 18/30 kV. Per i tratti Cabina Terminale - Cabina Dorsale – Sottostazione Elettrica lato MT saranno costituiti da terna di cavi intrecciati ad elica con conduttori in alluminio isolati in gomma polietilene XLPE con schermo metallico continuo in alluminio sotto guaina di PVC di colore rosso del tipo ARE4H1RX 18/30 kV. I cavi saranno posati all'interno di tubo corrugato in PVC con resistenza allo schiacciamento min 450N ad una profondità minima di 1 m, misurata dal piano di campagna, tramite scavo a sezione obbligata.

14. SISTEMA DI MONITORAGGIO (SCADA)

L'impianto sarà provvisto di un sistema di supervisione la cui finalità principale sarà quella di acquisire sia in hardwired che in seriale i dati provenienti dai campi e dai diversi quadri collocati nelle cabine di trasformazione e raccolta. Inoltre saranno acquisiti direttamente i dati seriali delle apparecchiature dotate di comunicazione mediante protocollo ModBus RTU (centraline, inverter, trafo, contatori fiscali etc...). L'architettura del sistema terrà conto di possibili e future integrazioni che saranno realizzabili mediante opportune modifiche/aggiunte software e hardware.

Tutti i dati acquisiti verranno visualizzati su pagine di sinottico a cui l'operatore può collegarsi, navigando tra le pagine video e visualizzando i valori delle grandezze più significative. Le



misure interessanti saranno archiviate su PC locale e saranno consultabili sia localmente che da remoto.

I principali dati oggetto di monitoraggio saranno i seguenti:

- Energia prodotta da ciascuna campo;
- parametri elettrici di ciascun inverter (potenza in uscita, tensioni e correnti, temperatura etc.);
- valori di irraggiamento misurato dai piranometri installati su ciascun campo (tre per ciascun campo, di cui uno in posizione orizzontale, e due posizionati sulle strutture di supporto con la stessa inclinazione dei moduli);
- valori della temperatura ambiente e della temperatura dei moduli fotovoltaici;

Il sistema di monitoraggio permette anche di monitorare e gestire i segnali di allarme provenienti dal campo fotovoltaico in caso di intervento dei sistemi di protezione presenti all'interno di ciascuna cabina di trasformazione o in caso di mancanza di comunicazione con i singoli apparati (inverter, sensori etc.).

15. IMPIANTO DI MESSA A TERRA

Sarà prevista l'installazione di un impianto di dispersione opportunamente dimensionato a servizio delle cabine di trasformazione e sala quadri, mentre i pannelli e le loro cornici metalliche saranno messi a terra direttamente mediante la struttura di sostegno ed il sistema di ancoraggio al suolo. Quindi fatta eccezione per i pannelli, tutte le parti metalliche degli impianti e delle macchine saranno collegate all'impianto di terra tramite conduttori installati con le seguenti caratteristiche:

- corda di rame nuda o isolata posta entro passerelle porta-cavo e/o entro tubazioni interrate;
- collegamenti equipotenziali in corda di rame isolata flessibile e capicorda stagnati.

16. RIFERIMENTI NORMATIVI

La normativa e le leggi di riferimento da rispettare per la progettazione e realizzazione degli impianti fotovoltaici sono:

- Codice di Rete di Terna e relativi Allegati;
- CEI 0-16 e s.m.i.: Regola tecnica di riferimento per la connessione (RTC) di utenti attivi e passivi



alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica;

- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- CEI EN 60904-1(CEI 82-1): Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente;
- CEI EN 60904-2 (CEI 82-2): Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;
- CEI EN 60904-3 (CEI 82-3): Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;
- CEI EN 61727 (CEI 82-9): Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete;
- CEI EN 61215 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;
- CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;
- CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
- CEI EN 62093 (CEI 82-24): Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali;
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti -Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso ≤ 16 A per fase);
- CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni;
- CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) serie composta da:
 - ❑ CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1): Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS);
 - ❑ CEI EN 60439-2 (CEI 17-13/2): Prescrizioni particolari per i condotti sbarre;
 - ❑ CEI EN 60439-3 (CEI 17-13/3): Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso - Quadri di distribuzione (ASD);
- CEI EN 60445 (CEI 16-2): Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata;
- CEI 20-107/2-21: Cavi energia con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 2-21:



Cavi per applicazioni generali - Cavi flessibili con isolamento reticolato elastomerico;

- CEI 20-107/2-22: Cavi energia con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 2-22: Cavi per applicazioni generali - Cavi cordati ad alta flessibilità con isolamento reticolato elastomerico;
- CEI 20-107/2-31: Cavi energia con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 2-22: Cavi per applicazioni generali - Cavi unipolari senza guaina con isolamento termoplastico in PVC;
- CEI EN 62305 (CEI 81-10): Protezione contro i fulmini serie composta da:
 - ❑ CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1): Principi generali;
 - ❑ CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2): Valutazione del rischio;
 - ❑ CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3): Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone;
 - ❑ CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4): Impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture;
- CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;
- CEI EN 61724 (CEI 82-15): Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- CEI 13-4: Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica
- CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2);
- EN 50470-1 ed EN 50470-3 in corso di recepimento nazionale presso CEI;
- CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3);
- CEI 64-8, parte 7, sezione 712: Sistemi fotovoltaici solari (PV) di alimentazione