

RELAZIONE DI CALCOLO, DI PROCESSO E DIMENSIONAMENTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO



PROGETTO DEFINITIVO

REALIZZAZIONE DI UN HUB DI RICERCA, SVILUPPO, PRODUZIONE, STOCCAGGIO, RICONVERSIONE E DISTRIBUZIONE DELL'IDROGENO, ALIMENTATO DA UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 8,982 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN SITO NEL COMUNE DI SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO), LOCALITÀ SAN MATTEO DELLA DECIMA.

Committente:

TOZZIgreen

Tozzi Green S.p.A.
Via Brigata Ebraica, 50
48123 Mezzano (RA)
P.IVA 02132890399
R.E.A. n. RA-174504
Tel. (+39) 0544 525311
pec: tozzi.re@legalmail.it
mail: info@tozzigreen.com
web: www.tozzigreen.com

Progettista:



ArchLivIng S.p.A.
Via Monsignor Maverna, 4
44122 Ferrara (FE)

Coordinamento di progetto:



ambiente s.p.a.
Via Frassina, 21, 54033
Carrara (MS)

0	30/09/2021	Ing. G. Grossi	Ing. G. Grossi	Ing. M. Altemura	Prima emissione
REV.	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
Codice elaborato: P.1.4		Titolo elaborato: Relazione di calcolo, di processo e dimensionamento impianto fotovoltaico			

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DATI GENERALI DELL'IMPIANTO	4
3. CONFIGURAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO	6
4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	7
4.1. Moduli fotovoltaici	7
4.2. Cabina di trasformazione	9
4.3. Inverter	10
4.4. Quadro di parallelo BT	12
4.5. Trasformatore BT/MT	12
4.6. Quadri di media tensione	12
4.7. Quadri servizi ausiliari e trasformatore BT/BT	12
4.8. UPS per servizi ausiliari	13
4.9. Sistema centralizzato di comunicazione	13
4.10. Cavi di potenza MT e BT	13
4.11. Sistema di terra	14
4.12. Sistema SCADA	14
4.13. Cavi di controllo e TLC	15
4.14. Sistema di monitoraggio ambientale.....	15
4.15. Sistema di sicurezza e anti-intrusione.....	16
4.16. Sistema antincendio	16
5. OPERE DI UTENZA E DI CONNESSIONE ALLA RETE ENTE DISTRIBUTORE ...	18
5.1. Premessa	18
5.2. Descrizione delle opere per la connessione	18
5.3. Elettrodotta in cavo MT interrato.....	18
5.4. Verifica sezione cavidotta.....	19
INDICE DELLE FIGURE	21

1. PREMESSA

La Società Tozzi Green S.p.A., specializzata in soluzioni, servizi e progetti per lo sviluppo d'impianti e per la generazione di energia da fonti rinnovabili, risulta soggetto Proponente di una iniziativa finalizzata alla realizzazione e messa in esercizio di un impianto fotovoltaico denominato "San Giovanni in Persiceto" di potenza pari a 8,982 MWp, in Località San Giovanni in Persiceto (BO).

La presente relazione tecnica descrive i criteri adottati e la normativa rispettata per la progettazione di un impianto di generazione fotovoltaica di potenza nominale pari a circa 8,982 MWp e un sistema di produzione ed accumulo di idrogeno.

2. DATI GENERALI DELL'IMPIANTO

L'area oggetto di intervento è ubicata nella pianura Padana in località San Matteo della Decima, nel comune di San Giovanni in Persiceto (BO). L'area è accessibile da una viabilità primaria (strada provinciale) e secondaria (strada vicinale) che ne consente l'accesso in diversi punti del perimetro.

L'impianto fotovoltaico denominato "San Giovanni in Persiceto" prevede che l'impianto fotovoltaico abbia una potenza elettrica pari a 8,982 MWp quale risultante dalla somma delle potenze elettriche di n. 2 sottocampi di potenza di 3,006 MWp e 5,976 MWp.

Il campo fotovoltaico è costituito da n. 14.970 moduli monocristallini di potenza unitaria pari a 600 W. L'energia prodotta dal campo fotovoltaico in corrente continua verrà convogliata e trasformata tramite n.33 inverter di campo. Gli inverter verranno poi convogliati su n.2 cabine di trasformazione (sottocampi) per l'innalzamento della tensione da 800V alla tensione di rete pari a 15kV.

Il progetto del sistema elettrico a 15 kV è stato elaborato con l'intento di assicurare una adeguata funzionalità e flessibilità di esercizio e di ridurre, nel contempo, le perdite dell'impianto entro valori accettabili.

L'impianto fotovoltaico verrà installato sui terreni nella disponibilità del Proponente. L'impianto si svilupperà su due lotti di terreno separati. Il lotto NORD è catastalmente individuato come segue:

Comune	Foglio	Particella
San Giovanni in Persiceto	21	1
San Giovanni in Persiceto	21	19
San Giovanni in Persiceto	21	20
San Giovanni in Persiceto	21	253
San Giovanni in Persiceto	22	1
San Giovanni in Persiceto	22	5
San Giovanni in Persiceto	22	11
San Giovanni in Persiceto	22	14
San Giovanni in Persiceto	22	15
San Giovanni in Persiceto	22	143
San Giovanni in Persiceto	22	147
San Giovanni in Persiceto	22	150
San Giovanni in Persiceto	22	152

Il lotto SUD è catastalmente individuato come segue:

Comune	Foglio	Particella
San Giovanni in Persiceto	21	411
San Giovanni in Persiceto	21	414

Come si evince dalle tavole allegate (layout generale impianto) la cabina di ricezione dell'ente distributore (e-distribuzione) sarà costruita all'interno dei terreni di proprietà e si garantirà il libero accesso al distributore a tale manufatto.

Le opere di utente per la connessione sono costituite da:

- Cavidotto in MT dalla CP di San Giovanni in Persiceto alla cabina di ricezione,
- Una cabina di sezionamento da realizzare circa a metà del percorso dell'cavidotto di cui al punto precedente (secondo specifica tecnica e-distribuzione),
- Cavidotto in MT dalla cabina di ricezione alla cabina esistente di e-distribuzione di via delle Viole in San Matteo della Decima,
- Una cabina di ricezione ai margini dell'impianto fotovoltaico (secondo specifica tecnica e-distribuzione).

L'impianto fotovoltaico oggetto del presente progetto è destinato a produrre energia elettrica; esso sarà collegato alla rete elettrica di distribuzione presso la CP di San Giovanni in Persiceto (BO). L'impianto in progetto produce energia elettrica in BT su più linee in uscita agli inverter di stringa, le linee vengono convogliate verso appositi quadri nei locali di cabina, dove avverrà poi la trasformazione BT/MT.

3. CONFIGURAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'impianto fotovoltaico oggetto del presente progetto è destinato a produrre energia elettrica; esso sarà collegato alla rete elettrica di distribuzione presso la CP di San Giovanni in Persiceto (BO). L'impianto in progetto produce energia elettrica in BT su più linee in uscita agli inverter di stringa, le linee vengono convogliate verso appositi quadri nei locali di cabina, dove avverrà poi la trasformazione BT/MT.

La linea in MT in uscita dai trasformatori BT/MT di ciascuna cabina verrà, quindi, vettoriata verso la cabina generale di impianto (affiancata alla cabina di ricezione dell'ente distributore), dove avverranno le misure e la partenza verso il punto di consegna nella rete di distribuzione, presso la nuova cabina di ricezione.

L'impianto fotovoltaico in oggetto avrà una potenza nominale pari a 8,982 MWp, quale risultante dalla somma delle potenze elettriche di n.2 sottocampi di potenza pari a 3,006MWp e 5,976 MWp, pari al prodotto tra il numero totale dei moduli da utilizzare e la potenza nominale del singolo modulo: $14.970 \text{ moduli} \times 600 \text{ W/modulo} = 8,982 \text{ MWp}$.

I moduli fotovoltaici saranno installati su apposite strutture metalliche infisse nel terreno tramite la tecnica del battipalo. Tali strutture saranno collegate all'impianto generale di messa a terra dell'impianto.

L'impianto sarà costituito da n.499 stringhe ciascuna formata da n.30 pannelli collegati in serie.

Il sezionamento e la protezione delle stringhe saranno realizzati mediante quadri elettrici di campo opportunamente accessoriati.

Il gruppo di conversione da corrente continua a corrente alternata dell'energia elettrica prodotta sarà costituito complessivamente da n. 33 inverter di potenza massima pari a 250kVA. A ciascun inverter afferisce una quota-parte del generatore fotovoltaico (circa 15 stringhe).

Gli inverter sono raggruppati assieme tramite due cabine di trasformazione (cabina A e B) opportunamente dislocate all'interno dell'area di proprietà del committente. Ogni cabina ospiterà il quadro di Bassa Tensione di parallelo e misura dell'energia elettrica di ogni sottocampo, il trasformatore innalzatore 0,8/15kV, il quadro MT di distribuzione.

Le "cabine di trasformazione" saranno in muratura e dotate di adeguato impianto di terra. Le cabine sono dislocate all'interno del campo fotovoltaico in maniera da ottimizzare le perdite elettriche sui vari elementi costituenti l'impianto di generazione e trasformazione.

4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

4.1. Moduli fotovoltaici

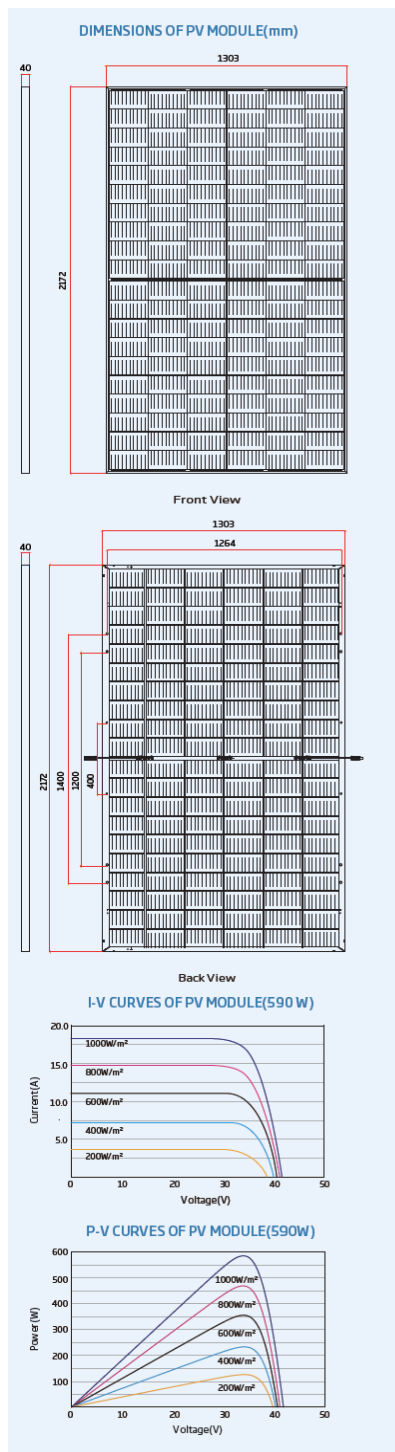
I moduli previsti dal presente progetto sono tutti della medesima tipologia e taglia. Si tratta dei moduli in silicio monocristallino la cui potenza di picco è pari a 600 Wp. Il numero di moduli che compongono una stringa è pari a 30, per cui la tensione della stringa risulta essere variabile dai 1329 V alla temperatura di 0°C fino ai 1141 V alla temperatura di 60°C (temperature limite di progetto).

Di seguito si riportano i principali dati tecnici estratti dai datasheet.

- 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 IP55);
- 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 di potenza 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;
- La discesa dei cavi in percorsi interrati sarà protetta meccanicamente mediante installazione in tubi metallici o plastici con adeguata resistenza.

I cavi saranno interrati in tubi corrugati a doppia parete, interrotti da appositi pozzetti, allo scopo di consentire la sfilabilità dei cavi.

RELAZIONE DI CALCOLO, DI PROCESSO E DIMENSIONAMENTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{max} (Wp)*	580	585	590	595	600
Power Tolerance- P_{max} (W)	0 ~ +5				
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	33.8	34.0	34.2	34.4	34.6
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	17.16	17.21	17.25	17.30	17.34
Open Circuit Voltage- V_{oc} (V)	40.9	41.1	41.3	41.5	41.7
Short Circuit Current- I_{sc} (A)	18.21	18.26	18.31	18.36	18.42
Module Efficiency η_m (%)	20.5	20.7	20.8	21.0	21.2

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.
*Measuring tolerance: ±3%.

Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)

Total Equivalent power - P_{max} (Wp)	621	626	631	637	642
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	33.8	34.0	34.2	34.4	34.6
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	18.36	18.41	18.46	18.51	18.55
Open Circuit Voltage- V_{oc} (V)	40.9	41.1	41.3	41.5	41.7
Short Circuit Current- I_{sc} (A)	19.48	19.54	19.59	19.65	19.71
Irradiance ratio (rear/front)	10%				

Power Bifaciality: 70±5%.

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power- P_{max} (Wp)	439	443	447	451	454
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	31.5	31.7	31.9	32.0	32.2
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	13.93	13.97	14.01	14.06	14.10
Open Circuit Voltage- V_{oc} (V)	38.5	38.7	38.9	39.1	39.3
Short Circuit Current- I_{sc} (A)	14.68	14.72	14.76	14.80	14.84

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	120 cells
Module Dimensions	2172×1303×40 mm (85.51×51.30×1.57 inches)
Weight	35.3 kg (77.8 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	40mm(1.57 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches) Landscape: 2050/2050 mm(80.71/80.71 inches)
Connector	MC4 EV02/ TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P_{max}	- 0.34%/°C
Temperature Coefficient of V_{oc}	- 0.25%/°C
Temperature Coefficient of I_{sc}	0.04%/°C

(Do not connect Fuse in Combiner Box with two or more strings in parallel connection)

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
30 year Power Warranty
2% first year degradation
0.45% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	35 A

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per 40' container: 448 pieces

Figura 1. Dati tecnici modulo fotovoltaico

I moduli previsti in progetto sono del tipo "monofacciali", con vetro da 2,0 mm.

Coerentemente con la definizione delle stringhe, le strutture di supporto sono state progettate in modo tale da garantire l'installazione dei moduli appartenenti ad una stringa tutti sulla stessa

struttura, al fine di facilitare le operazioni di installazione e di manutenzione ordinaria. Per i dettagli della struttura di sostegno si rimanda al paragrafo relativo.

4.2. Cabina di trasformazione

Gli inverter saranno installati in campo nelle vicinanze delle relative stringhe di pannelli. L'inverter ha la funzione di trasformare l'energia prodotta in corrente continua dai pannelli, in energia in corrente alternata.

L'energia prodotta dagli inverter in corrente alternata sarà "trasportata" tramite appositi cavi in cabina di trasformazione.

I cavi provenienti dagli inverter saranno collegati al quadro generale di bassa tensione di cabina.

Il quadro di bassa tensione a sua volta alimenta il trasformatore innalzatore che ha la funzione di adeguare la tensione al livello della rete di distribuzione in Media Tensione (15kV - MT).

Il trasformatore elevatore sarà a sua volta connesso ad un quadro di Media Tensione che svolge la funzione di protezione ed interfacciamento verso la cabina di consegna dell'ente distributore.

Le cabine saranno realizzate in muratura e saranno dotate di locali separati per le apparecchiature di Media Tensione, Bassa Tensione e Controllo.

Tutte le apparecchiature saranno posate su un basamento in calcestruzzo di adeguate dimensioni, ove saranno stati predisposti gli opportuni cavedi e tubazioni per il passaggio dei cavi di potenza e segnale.

Le cabine saranno equipaggiate del relativo impianto elettrico completo di cavi di alimentazione, di illuminazione, di prese elettriche di servizio, dell'impianto di messa a terra adeguatamente dimensionato e quanto necessario al perfetto funzionamento delle apparecchiature. Saranno inoltre presenti le protezioni di sicurezza e il sistema centralizzato di comunicazione con interfacce in rame e fibra ottica.

Tutte le componenti esterne saranno dotate di tutti quegli accorgimenti atti a garantire la massima protezione in condizioni climatiche quale che sia l'ambiente di installazione.

Per una completa accessibilità ai vari comparti, saranno adottati tutti quei provvedimenti in modo che tutti i dispositivi installati siano immediatamente accessibili, rendendo più agevole l'ispezione, la manutenzione e la riparazione.

Le cabine saranno dotate di adeguato sistema di raffreddamento quale aria condizionata per i locali MT, BT e controllo e ventilazione per i locali trasformatori.

4.3. Inverter

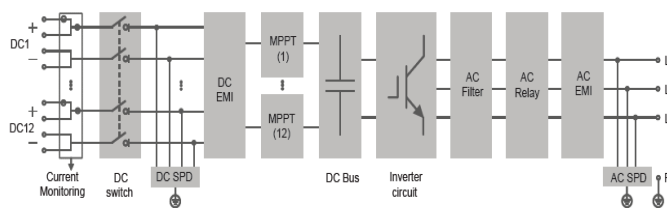
In progetto sono previste n.33 inverter con potenza nominale di 250kVA/cad.



Figura 2. Inverter

Ciascun inverter è dotato di 12 MPPT per una ottimale conversione dell'energia elettrica.
Di seguito si riportano i dati tecnici.

CIRCUIT DIAGRAM



EFFICIENCY CURVE

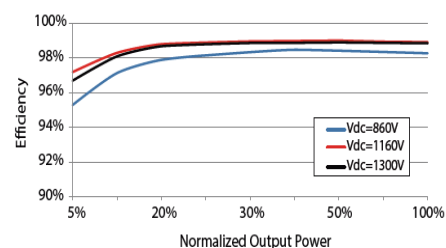


Figura 3. Dati tecnici inverter - 1

Input (DC)	
Max. PV input voltage	1500 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	500 V / 500 V
Nominal PV input voltage	1160 V
MPP voltage range	500 V – 1500 V
MPP voltage range for nominal power	860 V – 1300 V
No. of independent MPP inputs	12
Max. number of input connector per MPPT	2
Max. PV input current	30 A * 12
Max. DC short-circuit current	50 A * 12
Output (AC)	
AC output power	250 kVA @ 30 °C / 225 kVA @ 40 °C / 200 kVA @ 50 °C
Max. AC output current	180.5 A
Nominal AC voltage	3 / PE, 800 V
AC voltage range	680 – 880V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % In
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Feed-in phases / connection phases	3 / 3
Efficiency	
Max. efficiency	99.0 %
European efficiency	98.8 %
Protection	
DC reverse connection protection	Yes
AC short circuit protection	Yes
Leakage current protection	Yes
Grid monitoring	Yes
Ground fault monitoring	Yes
DC switch	Yes
AC switch	No
PV String current monitoring	Yes
Q at night function	Yes
Anti-PID and PID recovery function	Yes
Overvoltage protection	DC Type II / AC Type II
General Data	
Dimensions (W*H*D)	1051 * 660 * 363 mm
Weight	99kg
Isolation method	Transformerless
Ingress protection rating	IP66
Night power consumption	< 2 W
Operating ambient temperature range	-30 to 60 °C
Allowable relative humidity range (non-condensing)	0 – 100 %
Cooling method	Smart forced air cooling
Max. operating altitude	5000 m (> 4000 m derating)
Display	LED, Bluetooth+App
Communication	RS485 / PLC
DC connection type	MC4-Evo2 (Max. 6 mm ² , optional 10mm ²)
AC connection type	OT/DT terminal (Max. 300 mm ²)
Compliance	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, EN 50549-1/2, UNE 206007-1:2013, P.O.12.3, UTE C15-712-1:2013
Grid Support	Q at night function, LVRT, HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control

Figura 4. Dati tecnici inverter – 2

4.4. Quadro di parallelo BT

Presso ciascuna cabina di trasformazione sarà installato un quadro di parallelo in bassa tensione per protezione dell'interconnessione tra gli inverter e il trasformatore elevatore.

Il quadro consentirà il sezionamento delle singole sezioni di impianto afferenti al trasformatore e le necessarie protezioni delle linee elettriche.

Inoltre, sarà collegato a tale quadro il contatore M2 per la contabilizzazione dell'energia prodotta dal relativo sottocampo.

4.5. Trasformatore BT/MT

Nelle cabine di trasformazione saranno installati trasformatori BT/MT ad olio 0,8/15kV di potenza pari a 3150 kVA o superiore.

Tutti i trasformatori saranno del tipo ad olio, sigillati ermeticamente, installati su apposita vasca raccolta oli, idonei per l'installazione in interno ed esterno.

I trasformatori avranno una tensione di corto circuito (Vcc) tale da limitare la corrente di corto circuito sul lato BT e conseguentemente sul lato MT come richiesto dalla CEI0-16.

Sarà predisposto un sistema di inserzione temporizzata per i trasformatori in modo da evitare l'inserzione di tutti i trasformatori contemporaneamente e rispettare le prescrizioni della CEI0-16.

4.6. Quadri di media tensione

All'interno della cabina di ricezione utente sarà alloggiato il quadro principale di Media Tensione sul quale di troveranno i dispositivi DG (Dispositivo Generale) e DDI (Dispositivo DI Interfaccia) necessari, secondo CEI0-16, all'interfacciamento dell'impianto utente verso la rete del distributore. Oltre a tali apparecchiature sarà presente la protezione per il trasformatore di alimentazione del generatore di idrogeno, distributore di idrogeno e HUB di ricerca.

All'interno delle cabine di trasformazione del parco fotovoltaico verrà posizionato un quadro di media tensione, composto dai seguenti scomparti:

- n.1 unità di arrivo (sezionatore di linea e sez. di terra);
- n.1 unità di protezione trafo (sezionatore di linea, interruttore e sez. di terra);
- n.1 unità di partenza (sezionatore di linea, interruttore e sez. di terra)
- n.1 unità di protezione trasformatore ausiliario

L'unità di partenza e quella del trasformatore ausiliario non saranno presenti nella cabina B in quanto terminale.

Il quadro avrà tensione nominale di 24kV, corrente nominale di 630A e corrente di corto circuito di 20kA/1s.

4.7. Quadri servizi ausiliari e trasformatore BT/BT

La cabina di trasformazione sarà dotata anche di un sottoquadro per l'alimentazione dei servizi ausiliari di cabina quali: illuminazione, FM, condizionamento, etc ...

Tale quadro sarà alimentato da un trasformatore BT/BT 0,8/0,4kV collegato al quadro di parallelo dell'inverter (cabina B) o da un trasformatore 15/0,4kV alimentato dalla rete MT (cabina A). Tale trasformatore sarà di tipo a secco e contenuto in apposito contenitore con grado di protezione minimo pari a IP21.

4.8. UPS per servizi ausiliari

Verrà installato presso all'interno della cabina di trasformazione un UPS per l'alimentazione dei servizi ausiliari presenti. Il sistema UPS è dotato di DSP microprocessor control. Il sistema è costituito da un UPS base, al quale viene collegato una battery back di espansione, per garantire la necessaria copertura in termini di autonomia dei servizi ausiliari di base.

4.9. Sistema centralizzato di comunicazione

Presso ciascuna cabina di trasformazione verrà installata la componentistica elettronica necessaria a consentire il controllo delle apparecchiature principali, quali inverter, misuratori, sistemi di ventilazione, sensori ambientali, etc

4.10. Cavi di potenza MT e BT

Il presente progetto prevede la realizzazione di una rete di cavidotti in MT per la connessione delle cabine di impianto a partire dal punto di consegna.

Analogamente, sarà realizzata una rete di cavidotti in BT per il collegamento degli inverter di campo alle cabine di trasformazione.

Il progetto, inoltre, prevede differenti modalità di posa per i cavi (MT, BT, segnale), a seconda che si faccia riferimento alle aree interne all'impianto o piuttosto ai collegamenti esterni all'impianto. Tutti i cavi saranno idonei alle tipologie di posa e conformi alle normative vigenti, con particolare riferimento alle norme CEI e alla direttiva cavi CPR.

In generale, per tutte le linee elettriche in MT interne al parco fotovoltaico si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, senza ulteriori protezioni meccaniche, ad una profondità di 0,8-1,0 m dal piano di calpestio.

Per le linee MT facenti parte delle opere di connessione si prevede una posa interrata entro tubazione protettiva, la profondità di posa sarà 1,2m dal piano di calpestio.

In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno modificate in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 e dagli eventuali regolamenti vigenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa.

La trincea all'interno della quale saranno collocati i cavi avrà profondità non inferiore a 1,20 m e larghezza compresa tra 0,50 m per una terna e 1,20 m per tre terne.

Le modalità di esecuzione dei cavidotti saranno le seguenti:

- scavo a sezione obbligata;

- posa dei conduttori, fibre ottiche e corda di terra; particolare attenzione sarà fatta per l'interramento di quest'ultima che dovrà essere ricoperta da uno strato di terreno vegetale di spessore non inferiore a 20 cm;
- reinterro parziale con terreno di scavo;
- posa di nastro segnalatore del tracciato;
- reinterro con terreno di scavo;
- posa di eventuali cippi di segnalazione (dove richiesti).

4.11. Sistema di terra

Il sistema di terra del parco fotovoltaico è costituito da una maglia di terra che si estende lungo tutta l'area dell'impianto fotovoltaico, consistente in un dispersore orizzontale in corda di rame di sezione pari a 50 mm². A tale maglia verranno collegate, in più punti, le strutture metalliche di sostegno dei moduli fotovoltaici nonché le altre masse presenti presso l'impianto.

Ad essa verranno collegati gli impianti di terra delle singole cabine di campo e delle cabine generali di impianto, consistenti in uno o più anelli concentrici intorno alle cabine, in corda di rame di sezione pari a 95 mm² e dispersori verticali a croce di lunghezza pari a 2,5 m posti ai vertici della maglia, collegati in più punti alle armature delle fondazioni delle cabine.

La maglia complessiva che si viene così a creare consente di ottenere un valore di resistenza di terra tale da garantire un sufficiente margine di sicurezza, adeguato alla normativa vigente. Particolare attenzione verrà prestata agli attraversamenti lungo il tracciato del cavidotto.

Per evitare, infatti, che in caso di guasto si possa verificare il trasferimento di potenziali dannosi agli elementi sensibili circostanti, quali altri sotto-servizi, acquedotti, tubazioni metalliche, ecc. ecc., verrà utilizzato in corrispondenza di tutti gli attraversamenti, da 5 m prima e fino a 5 m dopo il punto di interferenza, un cavo Giallo/Verde di diametro 95 mm² del tipo FG16(O)R, opportunamente giuntato al conduttore di rame nudo, tale da garantire una resistenza pari a quella della corda di rame nudo da 50 mm².

4.12. Sistema SCADA

Presso l'impianto fotovoltaico verrà realizzato un sistema di telecontrollo che consentirà la piena e completa gestione dell'impianto fotovoltaico in progetto.

Il sistema consentirà l'acquisizione di tutti i principali parametri elettrici provenienti dal campo, quali:

- tensioni e correnti di stringa;
- stato scaricatori/interruttori stringa;
- tensioni e correnti in ingresso/uscita agli inverter;
- tensioni e correnti in ingresso/uscita ai trasformatori BT/MT;
- stato interruttori quadri BT e quadri MT;
- principali grandezze elettriche (potenza attiva, reattiva, cosφ, etc.);

- principali grandezze fisiche (temperature di esercizio, etc.)

4.13. Cavi di controllo e TLC

Per le connessioni dei dispositivi di monitoraggio e di security verranno utilizzati prevalentemente tre tipologie di cavo:

- Cavi in rame multipolari twistati e non (cavi bus);
- Cavi Ethernet (min CAT6);
- Cavi in fibra ottica.

I primi due verranno utilizzati per consentire la comunicazione su brevi distanze data la loro versatilità, mentre la fibra verrà utilizzata per superare il limite fisico della distanza di trasmissione dei cavi in rame, quindi per comunicazione su grandi distanze e nel caso in cui sia necessaria una elevata banda passante come nel caso dell'invio di dati.

I cavi previsti sono rispondenti alla normativa CEI EN 60794-3 e saranno equipaggiati con fibre ottiche di tipo monomodale rispondenti alla normativa ITU3T G.652. I cavi previsti sono idonei per posa in esterno entro tubi, con guaina interna in polietilene del tipo a bassa densità e guaina esterna in polietilene ad alta densità, protezione antiroditori costituita da filati di vetro, impermeabili (water blocking), totalmente dielettrici.

I cavi sono dotati di guaina esterna del tipo LSZH termoplastica allo scopo di rispettare le norme specifiche che ne rendono possibile il loro utilizzo anche in ambienti interni. Ogni cavo sarà contraddistinto da una sigla di identificazione prevista dalle vigenti norme CEI.

4.14. Sistema di monitoraggio ambientale

Nell'ambito del presente progetto si prevede l'installazione di un opportuno sistema di monitoraggio ambientale al fine di garantire l'acquisizione dei parametri ambientali e climatici presenti sul campo fotovoltaico. In particolare, il sistema in oggetto permetterà la rilevazione di dati climatici e di dati di irraggiamento. I dati monitorati verranno, quindi, gestiti e archiviati da un sistema di monitoraggio SCADA. Il sistema di monitoraggio ambientale da installare è composto da:

- stazioni di rilevazione meteo;
- sistema di rilevazione dati di irraggiamento (componente diretta, diffusa e globale);
- sistema di rilevazione temperatura moduli;
- n. 2 albedometri;
- dispositivi di comunicazione;
- dispositivi di interfaccia;
- dispositivi di memorizzazione.

Pertanto, tramite il sistema installato, i valori climatici e di irraggiamento del campo FTV puntualmente misurati saranno trasmessi al sistema SCADA al fine di permettere la valutazione della producibilità del sistema di produzione FTV. Il sistema nel suo complesso garantisce ottime capacità di precisione di misura, robusta insensibilità ai disturbi, capacità di autodiagnosi e autotuning.

Quindi, al fine di poter eseguire una corretta stima della producibilità dell'impianto, si prevede un sistema che assicurerà la valutazione puntuale dei valori di irraggiamento e insolazione presenti sul campo oltre a tutti i valori climatici. I dati ambientali ricavati, uniti ai dati di targa dell'impianto, saranno utilizzati in conformità a quanto previsto dalla norma IEC 61724 e norme CEI 82-25 per la valutazione delle performance d'impianto.

4.15. Sistema di sicurezza e anti-intrusione

Il sistema di sicurezza e anti intrusione ha lo scopo di preservare l'integrità dell'impianto contro atti criminosi mediante deterrenza e monitoraggio delle aree interessate.

Il sistema previsto in progetto si basa sull'utilizzo di differenti tipologie di sorveglianza/deterrenza per scongiurare eventuali atti dolosi nei confronti dei sistemi e apparati installati presso l'impianto fotovoltaico.

La prima misura che verrà attuata per garantire la sicurezza dell'impianto contro intrusioni non autorizzate è quella di impedire o rilevare qualsiasi tentativo di accesso dall'esterno installando un sistema di anti intrusione perimetrale.

4.16. Sistema antincendio

Il sistema antincendio da realizzarsi nell'ambito del presente progetto è conforme a quanto prescritto dal D.P.R. n. 151 del 1 agosto 2011 "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 49 comma 4- quater, decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122", lettera 1324 del 7 febbraio 2012 - Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici; lettera di chiarimenti diramata in data 4 maggio 2012 dalla Direzione centrale per la prevenzione e la sicurezza tecnica del corpo dei Vigili del Fuoco.

In via generale l'installazione dell'impianto fotovoltaico, in funzione delle caratteristiche elettriche/costruttive e/o delle relative modalità di posa in opera, non comporterà per il sito un aggravio del preesistente livello di rischio di incendio. In tal senso si precisa che non esistono:

- interferenze con sistema di trasporto di prodotti combustibili;
- rischi di propagazione delle fiamme verso fabbricati poiché gli stessi sono collocati a distanza di sicurezza.

Inoltre, è stato valutato il pericolo di elettrocuzione cui può essere esposto l'operatore dei Vigili del Fuoco per la presenza di elementi circuitali in tensione. Si evidenzia che, sia in fase di cantiere che in fase di O&M dell'impianto, si dovranno rispettare anche tutti i requisiti richiesti ai sensi del D.Lgs 81/2008.

Al fine di ridurre al minimo il rischio di propagazione di un incendio dai generatori fotovoltaici agli ambienti sottostanti, gli impianti saranno installati su strutture incombustibili (Classe 0 secondo il DM 26/06/1984 oppure Classe A1 secondo il DM 10/03/2005).

Sono previsti sistemi ad estintore in ogni cabina presente e alcuni estintori aggiuntivi per eventuali focolai esterni alle cabine (sterpaglia, erba secca, ecc.). L'area in cui è ubicato il generatore fotovoltaico ed i suoi accessori non sarà accessibile se non agli addetti alle manutenzioni che dovranno essere adeguatamente formati/informati sui rischi e sulle specifiche procedure operative da seguire per effettuare ogni manovra in sicurezza, e forniti degli adeguati DPI. I dispositivi di sezionamento di emergenza dovranno essere individuati con la segnaletica di sicurezza di cui al titolo V del D.Lgs.81/08.

5. OPERE DI UTENZA E DI CONNESSIONE ALLA RETE ENTE DISTRIBUTORE

5.1. Premessa

A seguito di apposita richiesta di connessione, la TOZZI Green S.p.A. ha ottenuto da e-distribuzione S.p.a., e successivamente accettato la Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG). Tale soluzione prevede che l'impianto fotovoltaico sarà collegato alla cabina di ricezione presente all'interno del campo fotovoltaico ed accessibile da strada pubblica.

Inoltre, dovrà essere posato un cavidotto MT dalla cabina di ricezione fino alla Cp di San Giovanni in Persiceto oltre che un altro cavidotto fino alla cabina MT esistente di via delle Viole di San Matteo della Decima. Nel tratto di cavidotto fino alla CP di San Giovanni in Persiceto è prevista una cabina di sezionamento della linea MT.

5.2. Descrizione delle opere per la connessione

Le opere di connessione consistono nei seguenti punti:

- Realizzazione stallo MT nei locali della CP "San Giovanni in Persiceto". Tale opera consiste nell'installazione di una nuova cella del quadro MT esistente.
- Posa di un cavidotto MT dalla cabina di ricezione fino alla Cp di San Giovanni in Persiceto;
- Posa di un cavidotto fino alla cabina MT esistente di via delle Viole di San Matteo della Decima;
- Realizzazione di una cabina di sezionamento nel tratto di cavidotto fino alla CP di San Giovanni in Persiceto;
- Realizzazione della cabina di ricezione.

Il cavo MT sarà in alluminio ed avrà sezione pari a 300mmq. Tale cavo sarà idoneo per posa direttamente interrata o all'interno di tubazione.

Per il dettaglio del percorso e i tipici di posa del cavidotto fare riferimento ai relativi elaborati grafici.

5.3. Elettrodotta in cavo MT interrato

L'impianto di produzione sarà collegato alla nuova cabina di ricezione da realizzare presso l'impianto stesso.

Tale cabina è poi collegata alla rete di distribuzione (cabina esistente di via delle Viole) ed alla CP di San Giovanni in Persiceto.

Sarà necessario per cui realizzare un cavidotto per effettuare tali collegamenti.

In particolare, il cavidotto interrato in MT a 15 kV avrà una lunghezza pari a circa 9000 metri (collegamento alla CP) e 850m (collegamento alla cabina di via delle Viole). Il progetto elettrico dell'elettrodotta è stato elaborato:

- considerando il tipo di collegamento e la lunghezza della tratta;
- tenendo conto dei dati di resistività termica, di densità e umidità del terreno e di tutti gli altri parametri chimico – fisici disponibili da impiegare nel calcolo delle portate;

- indicazioni dell'ente distributore per le dimensioni del cavidotto.

Il cavidotto sarà posato lungo il percorso indicato da e-distribuzione nella relativa specifica tecnica ricevuta da TozziGreen.

Tale percorso viene individuato nella planimetria di dettaglio "Corografia cavidotto e tipici sezioni" dove vengono inoltre evidenziate le varie modalità di posa del cavidotto.

La soluzione tecnica di e-distributore prevede un primo collegamento alla CP (Cabina Primaria) di San Giovanni in Persiceto passando attraverso la strada SS255 per poi spostarsi su via Samoggi Vecchia. Si passa poi lungo via Levratica e via Tassinara. Infine, si accede alla CP attraverso via Puglia.

È previsto anche un secondo collegamento via cavo alla cabina MT di via delle Viole di San Matteo della Decima passando attraverso via Cento e via delle Viole.

La terna di cavi costituente il cavidotto sarà posata all'interno di una tubazione a doppia parete con resistenza di 450N/m. Tale tubazione sarà posata su un letto di sabbia e di seguito ricoperta con altra sabbia.

Il cavidotto sarà posato ad una profondità di circa 1,2m e quindi superiore ad 1,0m dal piano campagna come richiesto dall'attuale normativa. Il cavidotto sarà segnalato apponendo nello scavo, durante il rinterro, apposito nastro monitor riportante l'indicazione "pericolo cavo in tensione".

Si precisa inoltre che in fase di progettazione esecutiva e comunque prima dell'avvio dei lavori di scavo e posa dei cavi, verranno svolte, lungo il tracciato autorizzato, indagini geo-radar finalizzate all'individuazione di eventuali manufatti, tubazioni e sottoservizi esistenti e alla predisposizione di eventuali infrastrutture di attraversamento.

5.4. Verifica sezione cavidotto

Il cavidotto, indicato da e-distribuzione per il collegamento alla CP di San Giovanni in Persiceto ed alla cabina a giorno di San Matteo della Decima (via delle Viole), ha sezione pari a 240mmq.

Il cavo utilizzato sarà tipo ARP1H5E o ARE4H5E o similare adatta per la posa interrata come da specifica di e-distribuzione.

Il cavo ha conduttore e schermo in alluminio mentre l'isolamento è in elastomero o XLPE con guaina esterna in PE.

La portata del cavo è calcolata tramite la seguente formula:

$$I_z = K_r * K_p * K_c * K_t * I_n$$

dove:

- I_n è la portata del cavo interrato in condizioni nominali
- K_r è il fattore di riduzione dovuto alla resistività termica del terreno
- K_p è il fattore di riduzione dovuto alla profondità di posa
- K_c è il fattore di riduzione dovuto alla vicinanza di altre condutture attive

- K_t è il fattore di riduzione dovuto al tipo di posa (es. interrato in tubo, direttamente interrato, etc ...)

Si considera una posa interrata ad una profondità di 1,2m. Si considera inoltre una resistività termica del terreno di 1Km/W (terreno sabbioso con contenuto di umidità medio).

La potenza massima di impianto è pari a 8750kW a cui corrisponde un corrente massima di impianto è 337A@cosfi=1 (I_b).

Da catalogo dei maggiori produttori di cavi la portata nominale di un cavo con sezione di 240mmq con posa direttamente interrata, ad una profondità di 1m e resistività termica del terreno di 1Km/W, è pari a 447A.

Inoltre, di seguito i fattori di riduzione considerati:

- $K_r=1$ (resistività termica del terreno)
- $K_p=0,98$ (posa alla profondità di 1,2m)
- $K_c=1$ (altre condutture)
- $K_t=0,82$ (posa entro tubazione interrata)

Ne deriva una portata del cavo pari a:

$$I_z=447*1*0.98*1*0,82=359A$$

Dai calcoli sopra ne deriva che $I_z>I_b$ e quindi la conduttura è correttamente dimensionata.

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.	Dati tecnici modulo fotovoltaico	8
Figura 2.	Inverter.....	10
Figura 3.	Dati tecnici inverter - 1	10
Figura 4.	Dati tecnici inverter – 2.....	11