

Relazione tecnica – Impianto fotovoltaico

Oggetto	Interventi di riqualificazione dell'area mercatale progetto Green Community Valchiusella "di acqua e di pietra" Intervento D.1: Parco fluviale del Chiusella, interventi sul territorio del Comune di Valchiusa – Copertura area mercatale
CUP	B13G23000250006
Comune	Valchiusa (TO)
Indirizzo	Largo Gillio, 1 – Valchiusa (TO)
Richiedenti	<u>Amministrazione Comunale di Valchiusa,</u> con sede presso Largo Gillio, 1, 10089 Valchiusa (TO) C.F. 93048770015 – P.Iva 12034490016 Sindaco pro tempore: <i>Maurilio Vercellio Gaido</i> , nato a Ivrea (TO) il 27/01/1981

1. Premessa

Con l'intervento in esame il Comune di Valchiusa intende procedere alla realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile sulla nuova copertura dell'area mercatale in località Vico Canavese. Tale impianto risulterà connesso alla rete elettrica di distribuzione con punto di consegna BT 400V e accederà alla convenzione GSE maggiormente conveniente per l'amministrazione comunale, in funzione dell'andamento dei prezzi unitari corrisposti dal Gestore dei Servizi Energetici per l'energia immessa in rete. L'impianto aderirà comunque a una Comunità Energetica Rinnovabile (CER).

Il ricorso a tale tecnologia nasce dall'esigenza di coniugare:

- la produzione di energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti;
- la compatibilità con esigenze architettoniche e di tutela ambientale;
- il sensibile beneficio economico per le casse dell'amministrazione comunale.

2. Normativa di riferimento

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, come prescritto dalle normative vigenti ed in particolare dal D.M. 22 gennaio 2008, n. 37. Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono essere in accordo con le norme di legge vigenti ed in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni di autorità locali, comprese quelle dei VV.F.;
- alle prescrizioni del gestore della rete;
- al D. Lgs n° 81 del 09/04/2008 e s.m.i.;
- al D. M. n° 37 del 22/01/2008;
- alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano): CEI 11-20; CEI EN 61727; CEI EN 62093; CEI EN 61000-3-2; CEI EN 60555-1; CEI EN 60439-1-2-3; CEI EN 60445; CEI EN 60529; CEI EN 60099-1; CEI 20-19; CEI 20-20; CEI 64-8; CEI EN 61439-1/2; CEI EN 62305; CEI EN 60904-1/2; CEI EN 61727; CEI EN 61215; CEI 20-19; CEI 20-20; CEI EN 61724; CEI 82/25; CEI 0-21:V2/V3-2026, CEI 64-8.

3. Sito di installazione e componenti dell'impianto

Il campo fotovoltaico risulterà installato sul manto di copertura di nuova realizzazione che sarà edificato presso l'area mercatale di Vico Canavese. La struttura portante è ben descritta dalle tavole progettuali e dalle relazioni tecniche redatte dall'arch. Federico Aime, che fanno parte integrante del presente progetto complessivo di realizzazione delle opere.

Il manto di copertura è realizzato con lamiera metallica in acciaio zincato preverniciato.

La copertura dispone di due ampie falde aventi inclinazione rispetto al piano orizzontale di circa 15° e sostanzialmente prive di ostacoli significativi, al netto del sistema anticaduta predisposto in ottemperanza alla normativa vigente.

Date le caratteristiche geometriche della copertura, la posa dei moduli fotovoltaici risulterà interessare unicamente la falda esposta in direzione sud-ovest e perseguirà una soluzione complanare al manto di copertura. Parimenti la modalità di posa deve garantire la piena impermeabilità della copertura, escludendo pertanto il percolamento di acque meteoriche nell'area sottostante. Tale condizione è di fondamentale importanza in ottica futura, per evitare ammaloramenti complessivi dello stabile.

La tettoia di nuova costruzione è aperta sui quattro lati e non ospita alcuna attività produttiva. Il suo utilizzo è saltuario e legato all'attività mercatale settimanale che viene svolta dai commercianti ambulanti. Il resto della settimana l'area è adibita a parcheggio di autovetture private. Tale configurazione fa sì che l'impianto non ricada nel campo di applicazione delle normative in termini di prevenzione del rischio incendi. In ragione dell'opzione futura di utilizzo dell'area anche per lo svolgimento di sagre e feste patronali, si è tuttavia ritenuto opportuno condurre la progettazione prevedendo l'implementazione del circuito di sgancio in emergenza, con sezionamento delle linee in corrente continua ed in corrente alternata.

I componenti dell'impianto fotovoltaico collegato in parallelo con la rete sono:

- Moduli fotovoltaici con celle in silicio monocristallino
- Strutture di appoggio e sostegno dei moduli fotovoltaici
- Quadri elettrici di sezionamento in emergenza lato corrente continua
- Convertitore CC/CA (Inverter)
- Quadri elettrici di manovra e protezione
- Cavi elettrici e cablaggio
- Canalizzazioni
- Gruppi di misura dell'energia prodotta (M2) e scambiata con la rete (M1)

3.1 Moduli Fotovoltaici in silicio monocristallino

Il campo fotovoltaico sarà composto da 110 moduli in silicio monocristallino di potenza nominale unitaria pari a 450 W, per una potenza nominale complessiva pari a 49,50 kWp. Nel caso di difficoltà nel reperimento sul mercato fotovoltaico di tale specifico prodotto, in relazione alla veloce evoluzione dei moduli disponibili in commercio, sarà mandatorio il rispetto della potenza nominale totale dell'impianto.

Caratteristiche mandatorie dei moduli fotovoltaici saranno:

- Celle in silicio monocristallino con almeno 5 bus bar
- Potenza nominale 450 W con tolleranza esclusivamente positiva
- Garanzia di almeno 12 anni contro i difetti di fabbricazione e almeno 25 anni sulle prestazioni
- Resistenza a carico di prova statico frontale non inferiore a 5400 Pa
- Elevata resistenza al PID
- Tensione di esercizio massima non inferiore a 1000 V
- Certificazione ISO 9001, ISO 14001 e ISO 17025
- Certificazione IEC 61215
- Conformità CE
- Certificazione in classe 1 di resistenza al fuoco

3.2 Strutture di appoggio e sostegno dei moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici saranno installati in copertura tramite sistema di fissaggio specifico per applicazioni fotovoltaiche su tetti inclinati con manto in lamiera grecata metallica. Tale sistema è composto da:

- Profili metallici longitudinali in alluminio, collegabili tra loro tramite specifici elementi di giunzione e ancorati alla copertura tramite rivetti a tenuta ermetica o viti autofilettanti dotate di apposite guarnizioni
- Morsetti di ancoraggio in alluminio anodizzato per il corretto fissaggio dei moduli fotovoltaici, comprensivi di boccole filettate in acciaio inox

Ogni variante di prodotto che dovesse rendersi eventualmente necessaria in ragione delle difficoltà di reperimento dei materiali nell'attuale congiuntura del mercato dovrà essere preliminarmente approvata dalla Direzione Lavori, per garantire il rispetto dei parametri fondamentali per la verifica statica della soluzione in ragione delle caratteristiche della copertura.

3.3 Quadri elettrici di sezionamento in emergenza lato corrente continua

In prossimità del punto di discesa delle linee elettriche in corrente continua, sarà installato apposito quadro elettrico di sezionamento in emergenza QDC, necessario per garantire il distacco in caso di azionamento manuale del pulsante di sgancio.

Tale quadro avrà grado di protezione non inferiore a IP65, andrà ad operare il sezionamento delle stringhe fotovoltaiche, non prevedendo alcun punto di parallelo tra le stesse, e conterrà per ogni circuito elettrico un interruttore automatico motorizzato di taglia fino a 40 A in DC in grado di aprirsi in caso di mancanza di tensione in corrente alternata e di richiudersi automaticamente al ritorno della stessa.

3.4 Convertitore CC/CA (Inverter)

Il gruppo di conversione sarà posizionato sulla parete muraria di nuova costruzione all'uopo realizzata in prossimità del pilastro di nord-est della struttura portante, in posizione protetta dalle intemperie. Tale

soluzione consente inoltre di limitare l'esposizione diretta ai raggi solari dell'inverter, condizione ottimale per escludere un surriscaldamento e per garantire maggiore una vita utile della macchina.

L'inverter avrà queste caratteristiche:

- Presenza di quattro inseguitori di potenza indipendenti (MPPT), ognuno dei quali con almeno due ingressi separati in corrente continua
- Ampio range di tensione degli MPPT per il funzionamento a pieno carico
- Tensione massima in ingresso lato corrente continua non inferiore a 1000 V
- Dotazione a bordo macchina delle protezioni contro le sovratensioni lato corrente continua e corrente alternata
- Dotazione a bordo macchina di organi per il sezionamento lato corrente continua
- Tensione di uscita BT Trifase 400V
- Potenza nominale CA non inferiore a 50 kW
- Predisposto per il monitoraggio da remoto, senza la necessità di datalogger esterni aggiuntivi
- Garanzia di almeno 5 anni contro i difetti di fabbricazione
- Grado di protezione ambientale non inferiore a IP65
- Assenza di trasformatore di isolamento
- Conforme CEI 0-21

3.5 Quadri elettrici di manovra e protezione

Sulla parete di installazione dell'inverter, a breve distanza dal medesimo, sarà installato il quadro elettrico di manovra e protezione in corrente alternata QGFV, con grado di protezione almeno IP65, portella cieca e apertura con serratura a chiave, che ospiterà al proprio interno:

- Dispositivo Di Generatore (DDG): interruttore magnetotermico 4 poli, 100A curva C, potere di interruzione 16 kA con blocco differenziale di tipo A, I_{dn} 1A e con bobina di sgancio a lancio di corrente per implementare la funzione di rincalzo ai sensi della norma CEI 0-21
- Dispositivo di Interfaccia (DDI): contattore 4 poli 160A (AC-3) NA con bobina AC 230V con contatto ausiliario di stato per implementare la funzione di feedback allo SPI
- Sistema di Protezione di Interfaccia (SPI) conforme CEI 0-21 con relative protezioni implementate lungo le linee di alimentazione e dei riferimenti voltmetrici. La linea di alimentazione sarà inoltre dotata di UPS a supercondensatori del tipo online
- Dispositivo Generale di Linea e generale di quadro: sezionatore 4 poli di taglia 100A
- Scaricatore di sovratensione lato corrente alternata (SPD) tipo II, I_n = 20 kA con opportune protezioni implementate lungo la linea di alimentazione tramite fusibili 125A di taglia 22x58 tipo rapido

In prossimità del punto di fornitura sarà infine realizzato un nuovo quadro generale di bassa tensione QGBT, con grado di protezione almeno IP65, portella cieca e apertura con serratura a chiave, contenente:

- Dispositivo Generale della Linea Attiva (DGA): interruttore magnetotermico 4 poli, 100A curva C, potere di interruzione 16 kA con blocco differenziale di tipo A, I_{dn} 1A e con bobina di sgancio a lancio di corrente per implementare lo sgancio in emergenza
- Dispositivo Generale della Linea Passiva (DGP): interruttore magnetotermico 4 poli, 32A curva C, potere di interruzione 16 kA con blocco differenziale di tipo A, I_{dn} 0,3A

- Interruttore magnetotermico 2 poli, 10A curva C, potere di interruzione 16 kA a protezione dei circuiti di sgancio in emergenza
- Dispositivo Generale (DG): interruttore magnetotermico 4 poli, 100A curva C, potere di interruzione 25 kA

3.6 Cavi elettrici e cablaggio

Il collegamento dei moduli all'inverter in corrente continua sarà realizzato con cavi H1Z2Z2-K (cavo unipolare flessibile stagnato con isolamento e guaina realizzati con miscela elastomerica senza alogeni non propagante la fiamma) di sezione 6 mmq, resistenti ai raggi UV rispondenti alla normativa CPR di colorazione rossa e nera. Le linee elettriche in corrente alternata dall'inverter al quadro elettrico e dallo stesso al contatore di misura saranno realizzate con cavo in rame FG16R16 di sezione pari a 35 mmq (fasi) e 25 mmq (neutro), dimensionato per c.d.t inferiori al 3%, sulla potenza del generatore fotovoltaico e coordinato con l'interruttore DDG installato all'interno del quadro stesso.

Le connessioni in corrente alternata secondarie (alimentazione SPI tramite linea ausiliari, circuito di emergenza) saranno invece realizzate con cavo in rame FG16OR16 di sezione inferiore (2x2,5) mmq.

Per maggiori dettagli si rimanda allo schema elettrico allegato.

3.7 Canalizzazioni

I cavi lato corrente continua utilizzati per il collegamento tra le stringhe del campo elettrico fotovoltaico e l'inverter saranno posti in opera all'interno di canalizzazione metallica dedicata di sezione non inferiore a 100x50 mm, realizzata con lamiera in acciaio zincato a caldo (sono compresi le giunzioni, le curve, i coperchi, la presa di terra e le testate). La canalizzazione sarà fissata al manto di copertura con modalità analoghe a quelle già espresse in precedenza nel paragrafo 3.2.

La discesa avverrà lungo il fronte est, in corrispondenza del muro di fissaggio degli inverter e dei quadri elettrici. Nel percorso di discesa si procederà con l'ancoraggio della canalizzazione ai pilastri portanti della struttura del fabbricato, avendo cura di staffarla lungo la porzione est del suddetto pilastro.

La linea in corrente alternata sarà realizzata principalmente entro cavidotto interrato già all'uopo predisposto.

3.8 Gruppi di misura dell'energia prodotta (M2) e scambiata con la rete (M1)

Per la contabilizzazione dell'energia elettrica prodotta e scambiata con la rete sarà richiesto il servizio di misura direttamente al Distributore di Rete.

Entrambi i gruppi di misura saranno alloggiati entro armadio stradale in vetroresina di nuova fornitura.

4. Prescrizioni V.V.F.

L'impianto fotovoltaico sorge in area non cui insiste una attività soggetta a certificazione incendi.

Non si applicano quindi le prescrizioni antincendio previste in tali casi.

Ad ogni modo, stante la possibile applicazione pubblica dell'area, si ritiene necessario garantire il rispetto quantomeno di alcune specifiche prescrizioni:

- Impiego di moduli fotovoltaici classificati in classe 1 di reazione al fuoco
- Implementazione del circuito di sgancio in emergenza, azionabile tramite pulsante che sarà installato in zona segnalata e facilmente accessibile
- Apposizione di cartellonistica conforme al D.Lgs. 81/2008 all'ingresso dell'area e nei tratti caratterizzati dalla presenza di circuiti in corrente continua



5. Criteri di protezione

L'impianto fotovoltaico descritto nella presente relazione è progettato al fine di assicurare:

- la protezione di persone e beni contro pericoli e danni derivanti dal suo utilizzo;
- il suo corretto funzionamento per l'uso previsto.

Sono quindi state adottate le seguenti misure di protezione, relativa alla protezione dai contatti diretti, indiretti, dalle sovracorrenti ed al sezionamento.

5.1 Misure di protezione contro i contatti diretti

Protezione totale contro i pericoli derivanti da contatti con parti in tensione, realizzata in conformità al cap. 412 della Norma CEI 64-8 mediante:

- Isolamento delle parti attive, rimovibile solo mediante distruzione ed in grado di resistere a tutte le sollecitazioni meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali può essere sottoposto nel normale esercizio;
- Involucri idonei ad assicurare complessivamente il grado di protezione IP XXB (parti in tensione non raggiungibili dal filo di prova) e, sulle superfici orizzontali superiori a portata di mano, il grado di protezione IP XXD (parti in tensione non raggiungibili dal filo di prova)

A tal fine saranno impiegati cavi a doppio isolamento (o cavi a semplice isolamento posati entro canalizzazioni in materiale isolante) e le connessioni verranno racchiuse entro apposite cassette con coperchio apribile mediante attrezzo.

5.2 Misure di protezione contro i contatti indiretti lato AC

Protezione contro i pericoli risultanti dal contatto con parti conduttrici che possono andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale, realizzata sul lato a 400 V AC dell'impianto mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione secondo il paragrafo 413.1 della norma CEI 64.8, collegando all'impianto generale di terra tutte le masse presenti negli ambienti considerati ed impiegando interruttori automatici, il

tutto coordinato in modo da soddisfare la condizione di cui all'art. 413.1.4.2. della norma CEI stessa. Per quanto riguarda la protezione dei contatti indiretti sul lato corrente alternata, tutti i dispositivi elettrici connessi e quindi anche degli inverter ed i componenti del quadro di interfaccia, fanno parte dello stesso sistema elettrico classificabile come TN-S.

Quindi la protezione contro i contatti indiretti è assicurata dai seguenti accorgimenti:

- collegamento al conduttore di protezione PE delle masse interne ed estranee dell'impianto;
- utilizzo di dispositivi di protezione a corrente differenziale di tipo "A".
- disconnessione automatica del circuito in accordo alla norma CEI 64-8/4

Il coordinamento della protezione dai contatti indiretti avviene tramite la verifica in ogni punto dell'impianto della seguente disequazione:

$$Z_s \cdot I_A \leq U_0$$

dove:

- Z_s è l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto e il conduttore di protezione tra il guasto e la sorgente (in ohm);
- I_A è la corrente di intervento in Ampère del dispositivo di protezione entro il tempo definito nella tabella seguente (in funzione della tensione nominale U_0) per i circuiti terminali con correnti superiori a 32A, se si usa un interruttore differenziale I_A è la corrente differenziale nominale di intervento;
- U_0 è la tensione nominale verso terra in CA o in CC.

	50V < U_0 ≤ 120V		130V < U_0 ≤ 230V		230V < U_0 ≤ 400V		U_0 > 400V	
	S		S		S		S	
Sistema	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.
TN	0.8	Nota 1	0.4	5	0.2	0.4	0.1	0.1

NOTA 1 Per le tensioni che sono entro la banda di tolleranza precisata nella Norma CEI 8-6 si applicano i tempi di interruzione corrispondenti alla tensione nominale.

NOTA 2 Per valori di tensione intermedi, si sceglie il valore prossimo superiore della Tabella 4.

NOTA 3 L'interruzione può essere richiesta per ragioni diverse da quelle relative alla protezione contro i contatti elettrici.

NOTA 4 Quando la prescrizione citata sia soddisfatta mediante l'uso di dispositivi di protezione a corrente differenziale, i tempi di interruzione della presente Tabella si riferiscono a correnti di guasto differenziali presunte significativamente più elevate della corrente differenziale nominale dell'interruttore differenziale [tipicamente $5 I_{\Delta n}$].

5.3 Misure di protezione contro i contatti indiretti lato CC

Gli stessi accorgimenti sopra descritti sono efficaci anche per quanto riguarda la protezione dei contatti indiretti sul lato corrente continua, che è stato progettato in classe II di isolamento. La norma CEI 64-8 proibisce la messa a terra dei moduli fotovoltaici e delle strutture se i cavi e i moduli fotovoltaici sono in classe di isolamento II.

L'inverter senza trasformatore utilizzato è dotato di sistema misura della resistenza di isolamento in fase di avvio e di un sistema di misura della corrente verso terra durante il normale funzionamento.

5.4 Protezione dalle sovracorrenti

Protezione contro il riscaldamento anomalo degli isolanti dei cavi e contro gli sforzi elettromeccanici prodotti nei conduttori e nelle connessioni causati da correnti di sovraccarico o di cortocircuito, realizzata mediante dispositivi unici di interruzione (interruttori magnetotermici o fusibili) installati all'origine di ciascuna conduttura ed aventi caratteristiche tali da interrompere automaticamente l'alimentazione in occasione di un sovraccarico o di un cortocircuito, secondo quanto prescritto nel Cap. 43 e nella sez. 473 della Norma CEI 64-8 facendo riferimento alle tabelle CEI-UNEL relative alla portata dei Cavi in regime permanente.

Le sezioni dei cavi per i vari collegamenti sono state scelte in modo da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolanti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati in condizioni normali di funzionamento. Tutti gli interruttori automatici magnetotermici e magnetotermici differenziali di tipo "A" previsti a monte di ogni conduttura, sul lato in corrente alternata, sono dimensionati in modo da proteggere i cavi sia dal sovraccarico, che dal cortocircuito.

Secondo la normativa CEI 64-8 le caratteristiche di funzionamento del dispositivo di protezione delle condutture elettriche dai sovraccarichi devono rispondere alle seguenti due condizioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \text{ ed } I_f \leq 1,45 \cdot I_z$$

dove:

- I_b è la corrente di impiego;
- I_n è la corrente nominale dell'interruttore;
- I_z è la portata del cavo;
- I_f è la corrente convenzionale di sicuro funzionamento.

Per la parte in corrente continua del sistema non si prevede la protezione dai sovraccarichi in quanto la massima corrente erogabile dal campo fotovoltaico nel punto di massima potenza è approssimabile, come valore, alla massima corrente che il campo è in grado di erogare (corrente di corto-circuito). È quindi condizione sufficiente alla verifica della protezione dal sovraccarico che

$$I_b \leq I_z$$

dove I_b corrisponde alla massima corrente erogabile dal campo fotovoltaico mentre I_z è la corrente in regime permanente della conduttura elettrica.

Per quanto riguarda il corto circuito nella sezione di impianto in corrente continua la protezione è assicurata dalla caratteristica di generazione tensione-corrente dei moduli fotovoltaici che limitano la corrente di cortocircuito ad un valore noto e di poco superiore alla corrente massima erogabile al punto di funzionamento alla massima potenza, con cui sono state dimensionate le condutture elettriche.

Per gli impianti in corrente alternata occorre proteggere le condutture elettriche dalle correnti di corto-circuito provenienti dalla rete. Bisognerà quindi verificare la condizione che:

$$I_{kMax} \leq P.d.i.$$

$$I^2 t \leq K^2 S^2$$

dove:

- I_{kMax} = Corrente di cortocircuito massima
- P.d.i. = Potere di interruzione apparecchiatura di protezione
- $I^2 t$ = integrale di Joule per la durata del corto circuito in $A^2 \cdot s$ cioè lasciata transitare nel cavo dalla corrente di corto-circuito.
- K = costante dei cavi;

- S = sezione del conduttore di protezione in mm².

In definitiva, analizzando le curve di intervento del dispositivo di protezione scelto, le sezioni dei cavi adottate, e le correnti di corto-circuito presunte nel punto di consegna dell'energia dovrà verificarsi che in condizioni di corto-circuito l'energia lasciata transitare dal dispositivo di protezione, prima dell'intervento, non danneggi la condotta elettrica interessata.

5.5 Caduta di tensione

$$\Delta V = K \times I_b \times L \times (R_l \cos \varphi + X_l \sin \varphi)$$

dove

- I_b = corrente di impiego I_b o corrente di taratura I_n espressa in A
- R_l = resistenza (alla TR) della linea in W/km
- X_l = reattanza della linea in W/km
- $K = 2$ per linee monofasi - 1,73 per linee trifasi
- L = lunghezza della linea

5.6 Temperatura a Regime

Il conduttore attraversato da corrente dissipa energia che si traduce in un aumento della temperatura del cavo. La temperatura viene calcolata come di seguito indicato:

$$T_R = T_Z \times n^2 - T_A (n^2 - 1)$$

dove

- T_R = temperatura a regime espressa in °C
- T_Z = temperatura massima di esercizio relativa alla portata espressa in °C
- T_A = temperatura ambiente espressa in °C
- n = rapporto tra la corrente d'impiego I_b e la portata I_z del cavo.