

SETTEMBRE 2019

Progetto Impianto Fotovoltaico
SCUOLA PRIMARIA COMUNE DI FLERO

Via Aldo Moro 111 – Flero (BS)

Progetto per l'installazione di Impianto Fotovoltaico sulla scuola elementare e sostituzione Fari al centro sportivo

PROGETTO ESECUTIVO

PIANO DI MANUTENZIONE –

Realizzazione nuovo impianto

fotovoltaico da 19,53 kWp

dott. ing. Tebaldini Matteo

C.R.ESCO soc. coop. soc.



REGIONE LOMBARDIA
Provincia di Brescia
Comune di Flero

COMMITTENTE:
COMUNE DI FLERO
Piazza Quattro Novembre n. 4
25020 Flero (BS)

CIG ZF72956BEA



| Rev. | Data | Redatto da | Controllato da | Approvato da |
|--|-----------|--------------|----------------|---------------|
| 01 | Set. 2019 | Tebaldini M. | Gerardini M. | Montanari. S. |
| | | | | |
| COMMESSA: 317_EN COMUNE DI FLERO FARI CAMPO DA CALCIO E FTV SCUOLA | | | | |

Elaborazione: C.R.ESCO soc. coop. soc.



INDICE

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1. | OGGETTO | 4 |
| 2. | FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA | 4 |
| 3. | PRIMA DELL'AVVIO DELL'IMPIANTO | 4 |
| 4. | DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO | 5 |
| 5. | MESSA IN FUNZIONE DELL'IMPIANTO | 6 |
| 6. | VERIFICHE DELL'AVVIO DELL'IMPIANTO | 6 |
| 7. | DISATTIVAZIONE DELL'IMPIANTO | 7 |
| 8. | VERIFICHE | 7 |
| 9. | MANUTENZIONE | 8 |
| 10. | RIPARAZIONE | 9 |
| 11. | TEST DI VERIFICA DI UNA STRINGA DI PANNELLI | 10 |
| 12. | SISTEMA DI MONITORAGGIO | 11 |
| 13. | PIANIFICAZIONE INTERVENTI MANUTENTIVI | 12 |

1. OGGETTO

Lo scopo del presente Manuale di uso e manutenzione è quello di fornire le indicazioni tecniche e le informazioni minime indispensabili per poter consentire a personale esperto di impianti elettrici di poter operare in sicurezza sull'impianto fotovoltaico. L'impianto possiede una potenza nominale di **19,53 kWp**; è destinato a operare in parallelo alla rete elettrica di distribuzione. La connessione alla rete elettrica avviene a valle del dispositivo generale dell'utente.

L'impianto funzionerà in parallelo alla rete di distribuzione dell'energia elettrica di bassa tensione e provvederà a coprire parzialmente il fabbisogno energetico dell'utenza servita.

2. FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA

Il sistema ha un funzionamento completamente automatico e non richiede ausilio per il regolare esercizio.

Durante le prime ore della giornata, quando è raggiunta una soglia minima di irraggiamento sul piano dei moduli, il sistema inizia automaticamente a convertire l'energia solare in energia elettrica.

Durante l'intera giornata l'impianto fotovoltaico è in grado produrre energia elettrica secondo la disponibilità di irraggiamento solare.

Il gruppo inverter è in grado di operare sempre alla massima efficienza, inseguendo sempre i punti di massima potenza che il campo fotovoltaico offre.

3. PRIMA DELL'AVVIO DELL'IMPIANTO

Il personale addetto alla gestione e manutenzione degli impianti prima di operare su di essi deve aver preso conoscenza delle informazioni tecniche relative all'impianto ed ai suoi componenti fondamentali, previa visione del "PROGETTO ESECUTIVO COME COSTRUITO" inoltre deve trattarsi di personale addestrato ed abilitato ad operare su impianti elettrici.

Tale personale deve essere fornito delle chiavi necessarie per l'apertura del quadro di parallelo/interfaccia e del quadro di ricovero degli inverter qualora non fossero accessibili a vista.

Partendo dallo stato in cui l'impianto non è in servizio (esempio nel caso di primo avviamento dell'impianto), accertarsi che tutti gli organi di interruzione dell'impianto siano in uno stato di OFF (aperti). Per la messa in servizio dell'impianto occorre seguire le seguenti istruzioni nella relativa sequenza.

4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto è formato da un campo fotovoltaico posizionato **sulla copertura dell'edificio**, conservandone orientamento ed inclinazione.

Il campo è suddiviso 3 stringhe connesse ad unico inverter come descritto in **Errore. L'origine riferimento on è stata trovata.:**

| STRINGA | NUMERO MODULI | ORIENT. | INCLINAZIONE TILT | POTENZA | INVERTER |
|---------|---------------|---------------|-------------------|----------|--------------------------|
| 1 | 22 | SUD 14° OVEST | 15° | 6.93 kWp | Fronius Symo 20.0-3-M |
| 2 | 22 | SUD 14° OVEST | 15° | 6.93 kWp | |
| 3 | 18 | SUD 14° OVEST | 15° | 5.67 kWp | |

Tabella 1– Configurazione delle stringhe dell'impianto FTV

Il quadro di campo ha anche il compito di sezionare il generatore fotovoltaico per permettere la manutenzione o la messa in servizio. Il quadro di campo contiene anche parte delle protezioni elettriche dell'impianto.

Tutta l'energia prodotta dalla stringa, cioè dal campo fotovoltaico, viene convogliata nei cavi posti lungo la struttura, per andare a finire nel gruppo di conversione elettrica ("inverter"). Gli inverter sono situati sulla base dell'edificio sotto apposita tettoia protettiva.

L'inverter è la parte elettronica dell'impianto, esso manipola l'energia prodotta dal campo fotovoltaico per adattarla alla rete elettrica; contemporaneamente registra tutte le principali caratteristiche elettriche dell'impianto. Dal gruppo di conversione (inverter) l'energia elettrica prodotta viene immessa nella rete elettrica attraverso il quadro di parallelo, o quadro di interfaccia.

Il quadro di interfaccia contiene gli strumenti di misura e tutte le protezioni da eventuali anomalie della rete elettrica dove viene immessa l'energia.

5. MESSA IN FUNZIONE DELL'IMPIANTO

Nel quadro di campo (QUADRO CC) posto alla base dell'edificio a fianco della nicchia che contiene il Contatore di fornitura dell'energia elettrica si deve:

- Chiudere i gruppi porta-fusibili delle relative stringhe.
- Posizionare su ON l'interruttore rotativo dell'inverter.
 - Accensione della spia di Stand-by presente sull'inverter.
 - L'inverter è in attesa del sincronismo della rete elettrica.

Nel quadro inverter (QUADRO CA) posto alla base dell'edificio a fianco della nicchia che contiene il Contatore di fornitura dell'energia elettrica si deve:

- Chiudere gli interruttori magnetotermici "Dispositivi inverter".

Nel quadro generale fotovoltaico (QUADRO CA FOTOVOLTAICO) posto alla base dell'edificio a fianco della nicchia che contiene il Contatore di fornitura dell'energia elettrica si deve:

- Chiudere l'interruttore magnetotermico differenziale "Generale fotovoltaico".
- Chiudere il sezionatore "Generale quadro CA FTV".
- Chiudere tutti i portafusibili presenti nel quadro.
- Chiudere l'interruttore magnetotermico differenziale "Ausiliari".
- Accendere il dispositivo UPS.
- Chiudere l'interruttore magnetotermico "Generale inverter".
 - L' inverter si sincronizza alla rete elettrica (tempo 5 minuti).
 - La spia dell'inverter diventa verde ed inizia a produrre energia elettrica.

6. VERIFICHE DELL'AVVIO DELL'IMPIANTO

Se la giornata risulta soleggiata sul display dell'inverter è possibile leggere la potenza istantanea che viene immessa nella rete elettrica. Per una verifica dettagliata dell'impianto esplorare il menù sul display dell'inverter. Sul display è possibile leggere tutte le caratteristiche elettriche sia del campo fotovoltaico sia della rete dove viene immessa l'energia elettrica.

Per i dettagli sul menù dell'inverter fare riferimento al manuale di istruzioni relativo. Ricordare che i valori elettrici visualizzati sul display dell'inverter sono soggetti a fluttuazioni dovute all'irraggiamento solare e alla temperatura ambiente.

Le continue fluttuazioni della potenza generata dall'inverter è un'indicazione positiva. L'inverter cerca continuamente di migliorare il punto di lavoro elettrico, ottimizzando sempre la resa energetica.

Verificato il corretto funzionamento dell'inverter si possono richiudere tutti i quadri di ricovero. Nel caso si fossero riscontrate delle anomalie effettuare le operazioni riportate nei paragrafi successivi "Verifiche, manutenzione e riparazione".

Dal quadro di parallelo/interfaccia si possono controllare attraverso il contatore ed il contatore i valori di energia immessa in rete e le ore di funzionamento dell'impianto dal momento del primo avvio.

7. DISATTIVAZIONE DELL'IMPIANTO

Per disattivare l'impianto seguire i passi al paragrafo 5, procedendo in ordine invertito, naturalmente aprendo i vari interruttori.

8. VERIFICHE

Le prove devono essere effettuate da personale esperto, si ricorda che i livelli di tensione a circuito aperto raggiungono valori prossimi a 900 V in corrente continua.

Per effettuare le normali verifiche di funzionamento basta verificare lo stato delle misure visualizzate dal display presente sull'inverter. In particolare si deve verificare:

- Accensione della spia "ALIMENTAZIONE"
- Valori di tensione di rete rilevabili dal DISPLAY intorno ai 230 V
- Stato di ON dell'interruttore generale
- Ove presenti chiusura dei sezionatori con fusibili
- Verificare se i vari strumenti indicatori si comportano in maniera ragionevole

Occorre sempre tener presente che i valori derivanti dal campo fotovoltaico dipendono in modo determinante dalle condizioni atmosferiche, in particolar modo dal soleggiamento dei moduli fotovoltaici.

Nel caso in cui si riscontrasse un basso livello di potenza attiva e di corrente immessa in rete o addirittura una loro assenza, nonostante le buone condizioni atmosferiche, si rende necessaria una verifica sull'inverter e sul quadro di parallelo/interfaccia.

Occorre dotarsi delle chiavi adatte all'apertura del quadro di parallelo/interfaccia e del eventuale quadro di ricovero inverter. Occorre inoltre munirsi di un multimetro digitale che consenta di effettuare misure di tensione e corrente in continua.

Per quanto riguarda le verifiche sullo stato dell'inverter rilevabili dai LED e dal display si rimanda al manuale uso e manutenzione dell'inverter.

Nel caso lo stato dei LED rilevasse una assenza della rete all'ingresso dell'inverter verificare lo stato degli interruttori presenti nel quadro di parallelo/interfaccia.

Nel caso le grandezze visualizzate dal display degli inverter evidenziassero una potenza non adeguata del campo fotovoltaico verificare lo stato dei fusibili presenti nei quadri di campo vicino al campo fotovoltaico.

Verificato lo stato di efficienza dei fusibili, misurare il livello di tensione delle stringhe in arrivo al quadro di campo corrispondente (fare attenzione che la misura del multimetro utilizzato sia predisposta per una tensione in continua).

Verificata un'assenza di tensione controllare lo stato delle connessioni verso la stringa e successivamente lo stato delle connessioni tra i singoli moduli

Nel caso si verificasse la continuità del circuito di connessione delle stringhe, il problema risiede probabilmente in qualche modulo. Occorre quindi verificare i valori di tensione presenti ai morsetti dei diversi moduli fotovoltaici.

9. MANUTENZIONE

Ispezione visiva

Occorre effettuare una ispezione visiva del sistema, per verificare:

- Che la struttura dei pannelli sia ben solida ed assicurata alla superficie di appoggio
- Che i pannelli non siano sporchi
- Che non ci siano state manomissioni

- Che tutti i cofani siano chiusi
- Che non ci siano danni evidenti
- Che la struttura non sia stata colpita da scariche atmosferiche
- Che il sistema sia regolarmente in funzione

Pulizia dei pannelli fotovoltaici

I pannelli fotovoltaici raccolgono polvere e sporczia, ma data la relativa inclinazione possono considerarsi autopulenti.

Una sottile patina di pulviscolo è ammissibile e non comporta eccessive perdite di efficienza. Nel caso che i pannelli fossero eccessivamente sporchi di polvere, fanghiglia, escrementi di uccelli o vi si siano depositate foglie, è necessario pulirli con abbondante acqua utilizzando attrezzi classici per la pulizia delle automobili.

Pulizia dei quadri e dell'inverter

Verificare lo stato di pulizia dei quadri e dell'inverter, utilizzando la stessa attenzione che si ha per le apparecchiature elettroniche come i PC.

10. RIPARAZIONE

Le prove devono essere effettuate da personale esperto, si ricorda che i livelli di tensione a circuito aperto raggiungono valori prossimi a 900 V in corrente continua.

Se possibile operare nelle ore di minimo soleggiamento (sono consigliate le ore serali).

I sistemi fotovoltaici non avendo parti meccaniche hanno un grado di affidabilità elevato e pertanto il rischio di avaria è minimo. Le eventuali riparazioni vanno effettuate dopo aver ben individuato la causa della avaria o del malfunzionamento.

Sostituzione fusibili nei quadri di campo

Una volta individuato un fusibile anomalo, bisogna estrarlo dal suo alloggiamento, dopo aver aperto la parte sezionabile. Verificare se il fusibile è effettivamente bruciato, facendo una prova di continuità con il multimetro. Sostituire il fusibile con uno uguale e chiudere il sezionatore. Verificare se il sistema riprende a funzionare regolarmente. In caso contrario individuare un'altra eventuale causa di avaria.

Sostituzione inverter

Se si dovesse verificare il fuori servizio di un inverter, seguire attentamente le informazioni riportate nel manuale dell'inverter, in ogni caso contattare sempre l'assistenza.

Sostituzione pannelli fotovoltaici

Nel caso in cui si riscontrassero danni ai pannelli fotovoltaici bisogna sostituire immediatamente quelli danneggiati. Il sistema fotovoltaico è in grado di funzionare parzialmente anche in caso di pannelli avariati, naturalmente con una capacità energetica inferiore. Per guasti gravi è consigliabile disattivare l'impianto e contattare il personale competente. Bisogna tener presente che non è possibile riparare un pannello rotto (non avvicinarsi al punto di rottura perché potrebbe essere sede di scintille elettriche). Per la sostituzione dei moduli danneggiati è possibile sezionare la parte dell'impianto che presenta anomalie senza fermare l'intero impianto. Prima di scollegare il modulo guasto aprire i fusibili del quadro di campo relativo. Sostituire il modulo fotovoltaico con uno identico e riconnetterlo elettricamente facendo la massima attenzione alle polarità delle connessioni.

Eventuali moduli equivalenti possono essere sostituiti solo dopo aver ricevuto conferma dall'ufficio tecnico che ha progettato l'impianto.

Sostituzione dei collegamenti elettrici

Nel caso che i collegamenti elettrici risultassero danneggiati da cause meccaniche, elettriche o dall'attacco dei roditori, bisogna disconnettere immediatamente l'intero impianto o la parte dell'impianto guasta. Successivamente verificare che ciò non abbia provocato danno alle apparecchiature.

La sostituzione dei cavi di collegamento va fatta dopo aver disattivato l'impianto e controllando che non ci sia tensione sul cavo danneggiato. Utilizzare esclusivamente cavo di caratteristiche equivalenti a quello danneggiato.

11. TEST DI VERIFICA DI UNA STRINGA DI PANNELLI

Viene proposto di seguito (Figura 1) lo schema di intervento da seguire per verificare lo stato di una stringa di moduli fotovoltaici.

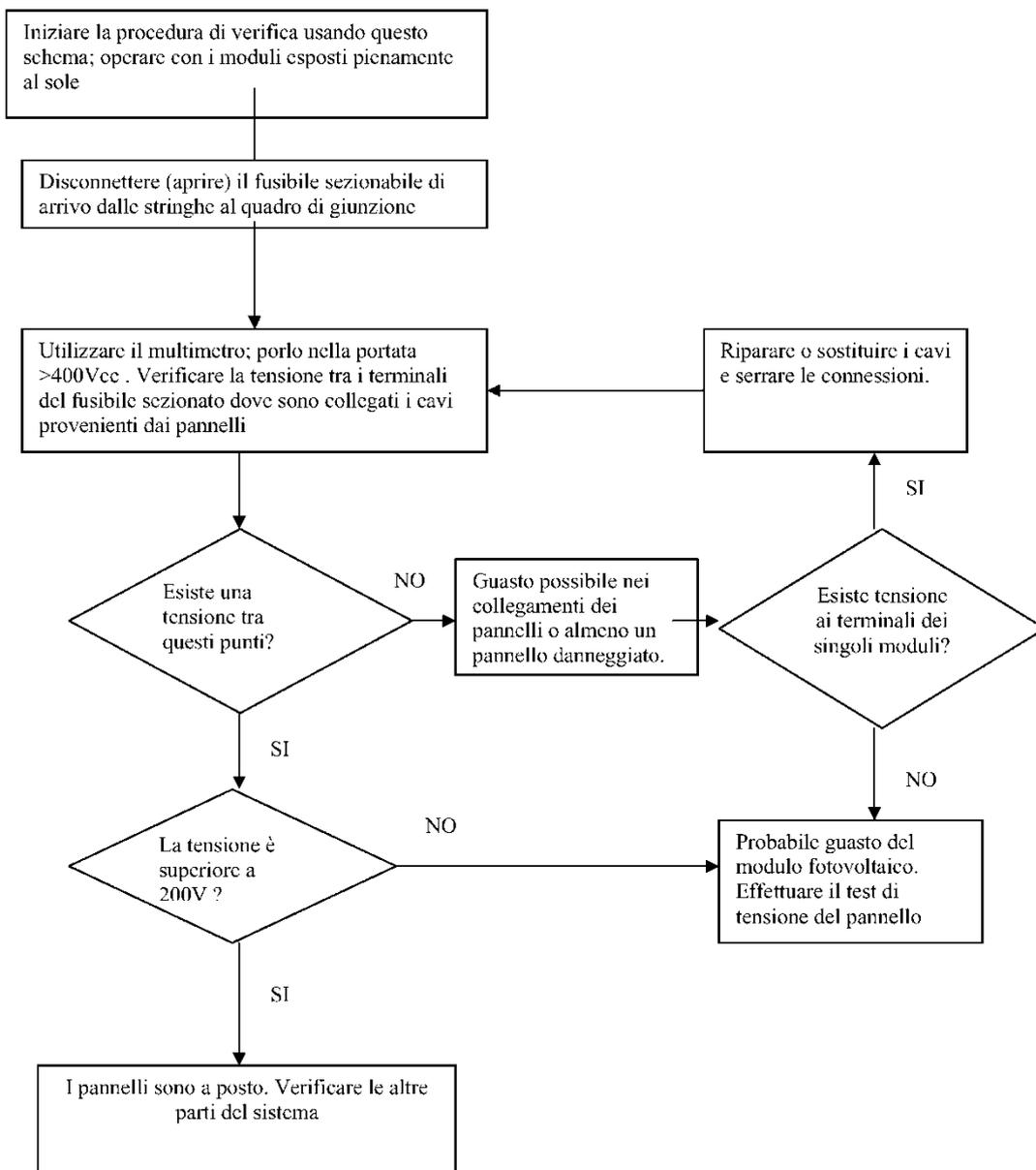


Figura 1 – Schematizzazione test di verifica stringa moduli fotovoltaici.

12. SISTEMA DI MONITORAGGIO

L’inverter installato è dotato di datalogger integrato, il quale consente di effettuare la registrazione continua dei dati di funzionamento degli inverter e la trasmissione degli stessi tramite connessione internet ad un apposito portale web (solitamente messo a disposizione direttamente dalla ditta costruttrice stessa). La connessione ad internet del datalogger può avvenire tramite rete wifi o tramite cavo LAN a seconda dei casi.

I dati registrati dal datalogger pertanto possono essere consultati nei seguenti modi:

- Accedendo via web tramite notebook al portale di cui sopra;
- Utilizzando via web l'apposita app per smartphone e tablet scaricabile dal portale;
- Inserendo un dispositivo di archiviazione esterna nella porta USB presente sul datalogger ed eseguendo il download dei dati storici.

Seguire le indicazioni riportate nel Manuale uso e manutenzione dell'inverter.

13. PIANIFICAZIONE INTERVENTI MANUTENTIVI

Una delle particolarità degli impianti fotovoltaici è la minima manutenzione richiesta da tutte le apparecchiature che li costituiscono. Nonostante ciò è buona regola seguire i seguenti consigli per avere un funzionamento e un rendimento ottimale di tutto l'impianto:

- Verifica dell'integrità e pulizia dei moduli fotovoltaici.
- Verifica dello stato di tutte le apparecchiature elettriche (inverter, quadri elettrici e dispositivi vari).
- Verifica del regolare funzionamento dell'impianto tramite il sistema di monitoraggio di cui al paragrafo precedente.

Per qualsiasi tipo di problema relativo al malfunzionamento dell'impianto contattare il fornitore.

Quadro delle operazioni di manutenzione programmata

In relazione ai differenti comportamenti dei componenti tecnologici di un sistema edilizio, il programma di manutenzione risulterà composto da un insieme di strategie manutentive, quali:

- strategia preventiva o programmata, da applicarsi nei casi in cui è possibile individuare la frequenza del guasto con una certa precisione, oppure per gli elementi che indipendentemente dallo stato di degrado richiedono una periodicità di controllo fissa, dettata da prescrizioni di norme o di contratto (ad esempio gli impianti di riscaldamento);
- strategia predittiva o secondo condizione, consiste nell'effettuazione di operazioni ispettive (e/o di regolare assistenza) pre-programmate e che hanno luogo in tempi periodicamente prestabiliti, allo scopo di conservare le caratteristiche funzionali e operative degli impianti e/o delle infrastrutture, per intervenire solo al momento di assoluta necessità; il programma dovrà definire la periodicità dell'ispezione finalizzata a individuare il guasto o l'imminenza del guasto, con associati i relativi parametri da misurare (viene utilizzata per la revisione e controllo periodico degli impianti);

- strategia a rottura o a guasto avvenuto, da applicarsi ai componenti per i quali non è possibile prevedere né la periodicità del guasto né la periodicità dell'ispezione, ma solo la procedura e l'operatore che dovrà eseguire l'intervento una volta che se ne manifesta la necessità;
- strategia di opportunità, viene definita in relazione alla discrezionalità dell'operatore che gestisce il programma di manutenzione, il quale coglierà l'occasione dell'esecuzione di determinati interventi manutentivi per effettuare monitoraggi, diagnosi e interventi su altri componenti legati da relazioni di sistema, perseguendo delle economie di scala.

Tutte le strategie manutentive definite tendono a realizzare la manutenzione, ma ognuna di esse si caratterizza per un secondo fine complementare, che si può così sintetizzare:

- la strategia a guasto, tende a minimizzare il costo complessivo di manutenzione e gestione dell'immobile;
- la strategia preventiva (programmata), tende a garantire l'efficienza;
- la strategia secondo condizione (predittiva), tende ad intervenire nel momento di effettiva necessità;
- la strategia di opportunità, tende a sfruttare la concomitanza ottimizzando i costi.

Gli obiettivi complementari costituiscono le varianti con cui occorre valutare le scelte tra le possibili strategie manutentive, per le quali si deve considerare che l'approccio ottimale consiste nella costruzione, con il programma di manutenzione, di un mix opportuno di strategie manutentive, considerando in particolare la difficoltà di applicazione delle strategie preventive e secondo condizione. Difficoltà imputabili alla necessità di conoscere preventivamente le durabilità e affidabilità dei componenti edilizi ed impiantistici a cui associare le relative cadenze temporali degli interventi manutentivi. Conoscenze che in edilizia presentano ampi margini di imprevedibilità di comportamento o di impossibilità per motivi legislativi.

Nel caso degli impianti elettrici le differenze sono sostanziali rispetto a un sistema edilizio e lo sono ancora di più nel caso di un sistema fotovoltaico.

Infatti non esistono parti in movimento che possono deteriorarsi durante il funzionamento, la durata dei pannelli fotovoltaici è oltre i 30 anni senza richiesta di nessun tipo di manutenzione, l'impianto elettrico è limitato ad alcune linee di alimentazione e interruttori.

Gli interventi invece richiesti sono atti a determinare e quindi mantenere lo stato di efficienza a livello ottimale in modo da ottenere la massima resa dal sistema fotovoltaico.

Nella seguente Tabella 2 si cerca di individuare i vari tipi di intervento, la relativa scelta strategica e la cadenza temporale.

| COMPONENTI | TIPO DI VERIFICA DA EFFETTUARE | PERIODICITA' |
|---|--------------------------------|----------------------------------|
| STRUTTURA DI SOSTEGNO | | |
| Verifica ancoraggi dei dispositivi di sostegno alla copertura | PREVENTIVA | BIENNALE |
| Verifica ancoraggi dei moduli ai dispositivi di sostegno | PREVENTIVA | BIENNALE |
| Verifica di tutte le parti imbullonate o avvitate | PREVENTIVA | BIENNALE |
| PANNELLI FOTOVOLTAICI | | |
| Verificare l'integrità del vetro che incapsula le celle | PREVENTIVA | ANNUALE |
| Verificare l'integrità della scatola di giunzione | PREVENTIVA | TRIENNALE |
| Verificare le giunzioni di ogni pannello | PREVENTIVA | TRIENNALE |
| Verificare le giunzioni della stringa | PREVENTIVA | TRIENNALE |
| Pulizia della superficie dei moduli | PREVENTIVA | ANNUALE (PRIMAVERA) |
| LINEE ELETTRICHE LATO CONTINUA | | |
| Verifica dello stato dell'isolamento | PREVENTIVA | TRIENNALE |
| QUADRI ELETTRICI | | |
| Verifica di tutti i morsetti a vite | PREVENTIVA | BIENNALE |
| Verifica interruttori differenziali | PREVENTIVA | ANNUALE (Tasto di prova mensile) |
| Verifica altri tipi di interruttori/sezionatori/contattori | PREVENTIVA | ANNUALE |
| Verifica UPS | PREVENTIVA | SEMESTRALE |
| Verifica scaricatori di sovratensioni | PREVENTIVA | SEMESTRALE |
| Verifica ossidazioni | PREVENTIVA | BIENNALE |
| Verifica annerimenti per surriscaldamento | PREVENTIVA | BIENNALE |
| Verifica isolamento (prova) | PREVENTIVA | TRIENNALE |
| Verifica protezione di interfaccia | PREVENTIVA | TRIENNALE |
| Verifica altre centraline elettroniche | PREVENTIVA | TRIENNALE |
| IMPIANTO DI TERRA | | |
| Verifica continuità delle masse | PREVENTIVA | BIENNALE |
| Prova strumentale | PREVENTIVA | BIENNALE |
| LINEE ELETTRICHE LATO ALTERNATA | | |
| Verifica dello stato dell'isolamento | PREVENTIVA | TRIENNALE |

Tabella 2 – Interventi di manutenzione ordinaria da prevedere

Le operazioni di verifica dovranno essere eseguite in conformità alle norme CEI. L'elenco sopra riportato è puramente indicativo e verrà aggiornato e completato dalla ditta appaltatrice alla fine dei lavori.

Inoltre per assicurarsi che il sistema stia funzionando in modo ottimale è bene fare le operazioni elementari di cui alla seguente Tabella 3, le quali possono essere svolte anche da personale non qualificato.

| Componente dell'impianto da controllare | Frequenza dei controlli | Note/Operazioni |
|--|--------------------------------|-----------------------------|
| Spie inverter | settimanale | Luce verde fissa = OK |
| Contatore energia prodotta | mensile | Registrare i valori |
| Contatore energia scambiata | mensile | Registrare i valori |
| Grandezze monitorate dall' inverter | mensile | Registrare i valori |
| Monitoraggio via web/via app | giornaliera/settimanale | Impianto in produzione = OK |

Tabella 3 – Controlli elementari eseguibili sull'impianto