

**COMUNE DI PETTINEO**  
**CITTÀ METROPOLITANA DI MESSINA**

LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE DELL'EDILIZIA RESIDENZIALE PUBBLICA, CON MIGLIORAMENTO SISMICO ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEGLI EDIFICI, CON CONTESTUALE RIQUALIFICAZIONE DEGLI SPAZI PUBBLICI ADIACENTI DI CONTRADA CREDENZA

**PROGETTO ESECUTIVO**

**4**

Il Progettista Ingegnere  
Basilio Calantoni



VISTO  
Il responsabile del Procedimento



**ALLEGATI**

**RELAZIONE, CALCOLO E SCHEMA  
DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO**

CODICE PROGETTO	CODICE ELABORATO	REVISIONE				
			DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

# **INDICE**

NORMATIVA E LEGGI DI RIFERIMENTO	Pag. 2
DIMENSIONAMENTO, PRESTAZIONI E GARANZIE	Pag. 3
ANALISI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	Pag. 4
• Sito di installazione	Pag. 5
• Descrizione dell'impianto	Pag. 5
• Radiazione solare e analisi delle ombre	Pag. 6
SPECIFICHE TECNICHE DEI COMPONENTI	Pag. 7
• Generatore fotovoltaico	Pag. 7
• Strutture di sostegno dei moduli	Pag. 8
• Gruppo di conversione	Pag. 8
• Quadri elettrici	Pag. 9
• Cavi elettrici e di cablaggio	Pag. 9
• Sistema di controllo e monitoraggio (SCM)	Pag. 10
IMPIANTO DI MESSA A TERRA (MAT)	Pag. 10
DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO	Pag. 10
VERIFICA TECNICO-FUNZIONALE	Pag. 12
IMPIANTI FOTOVOLTAICI ED IMPATTO AMBIENTALE	Pag. 12
• Varie	Pag. 12
• Conclusioni	Pag. 13
• Modalità di funzionamento	Pag. 14
• Modalità di manutenzione	Pag. 14
• Modalità dopo intervento del dispositivo di protezione interfaccia	Pag. 14

Allegati: Schema unifilare ed assetti di esercizio

## NORMATIVA E LEGGI DI RIFERIMENTO

La normativa e le leggi di riferimento adoperate per la progettazione e l'installazione degli impianti fotovoltaici sono:

- norme CEI/IEC per la parte elettrica convenzionale;
- norme CEI/IEC e/o JRC/ESTI per i moduli fotovoltaici; in particolare, la CEI EN 61215 per moduli al silicio cristallino e la CEI EN 61646 per moduli a film sottile;
- conformità al marchio CE per i moduli fotovoltaici e per il convertitore c.c./c.a.;
- UNI 10349, o Atlante Europeo della Radiazione Solare, per il dimensionamento del campo fotovoltaico;
- UNI/ISO per le strutture meccaniche di supporto e di ancoraggio dei moduli fotovoltaici.
- CEI 82-25 "...dimensionamento di impianti fotovoltaici....."

Si richiamano, inoltre, le norme EN 60439-1 e IEC 439 per quanto riguarda i quadri elettrici, le norme CEI 110-31 e le CEI 110-28 per il contenuto di armoniche e i disturbi indotti sulla rete dal convertitore c.c./c.a., le norme CEI 110-1, le CEI 110-6 e le CEI 110-8 per la compatibilità elettromagnetica (EMC) e la limitazione delle emissioni in RF.

Circa la sicurezza e la prevenzione degli infortuni, si ricorda:

- il DPR 547/55 e il D.Lgs. 626/94 e successive modificazioni e integrazioni, per la sicurezza e la prevenzione degli infortuni sul lavoro;
- la legge 46/90 e DPR 447/91 (regolamento di attuazione della legge 46/90) e successive modificazioni e integrazioni, per la sicurezza elettrica.

Per quanto riguarda il collegamento alla rete e l'esercizio dell'impianto, le scelte progettuali devono essere conformi alle seguenti normative e leggi:

- norma CEI 11-20 per il collegamento alla rete pubblica, con particolare riferimento al paragrafo 5.1 (IV edizione, agosto 2000);
- legge 133/99, articolo 10, comma 7, per gli aspetti fiscali: il comma prevede che l'esercizio di impianti da fonti rinnovabili di potenza non superiore a 20 kW, anche collegati alla rete, non è soggetto agli obblighi della denuncia di officina elettrica per il rilascio della licenza di esercizio e che l'energia consumata, sia autoprodotta che ricevuta in conto scambio, non è sottoposta all'imposta erariale e alle relative addizionali;
- deliberazione n. 224/00 dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas del 6 dicembre 2000, per gli aspetti tariffari: l'utente può optare per il regime di scambio dell'energia elettrica con il distributore.

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamati, si considerano applicabili.

## DIMENSIONAMENTO, PRESTAZIONI E GARANZIE

La quantità di energia elettrica producibile è stato calcolato sulla base dei dati radiometrici di cui alla norma UNI 10349 (o dell'Atlante Europeo della Radiazione Solare) e utilizzando i metodi di calcolo illustrati nella norma UNI 8477-1.

L' impianto è stato progettato perché rispetti le seguenti condizioni:

$$P_{cc} > 0,85 * P_{nom} * I / I_{STC}$$

In cui:

$P_{cc}$  è la potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del  $\pm 2\%$ ;

$P_{nom}$  è la potenza nominale del generatore fotovoltaico;

$I$  è l'irraggiamento espresso in  $W/m^2$  misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del  $\pm 3\%$ ;

$I_{STC}$  pari a  $1000 W/m^2$  è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;

Tale condizione sarà verificata per  $I > 600 W/m^2$ .

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

In cui:

$P_{ca}$  è la potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione con precisione migliore del  $\pm 2\%$ ;

Tale condizione sarà verificata per  $P_{ca} > 90\%$  della potenza di targa del gruppo di conversione.

Non sono state montate stringhe non perfettamente identiche tra loro per esposizione, e/o marca, e/o modello, e/o numero dei moduli impiegati. Ciascun modulo, infine, è dotato di diodo di by-pass.

Sarà, inoltre, sempre rilevabile l'energia prodotta (cumulata) e le relative ore di funzionamento.

## ANALISI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza di picco pari a 3000 Wp.

### ***Dati relativi al committente***

Committente:	COMUNE DI PETTINEO
Indirizzo:	PETTINEO (ME)

### ***Località di realizzazione dell'intervento***

Struttura:	CASE POPOLARI
Indirizzo:	VIA CREDENZA
Destinazione d'uso dell'immobile:	CIVILE ABITAZIONE
Potenza	3,00 kWp

### ***Dati relativi al posizionamento del generatore FV***

Posizionamento del generatore FV:	Installazione su copertura a falda
Angolo di azimut del generatore FV:	70° rispetto al sud geografico
Angolo di tilt del generatore FV:	15° rispetto al piano orizzontale
Fattore di albedo:	Superfici scure di edifici (mattoni scuri, vernici scure)
Fattore di riduzione delle ombre $K_{\text{ombre}}$ :	95%

## **SITO DI INSTALLAZIONE**

Il campo fotovoltaico è esposto, con un orientamento azimutale a 70,00° rispetto al sud ed ha un'inclinazione rispetto all'orizzontale di 15° (tilt).

Tale esposizione è la più idonea al fine di massimizzare l'energia producibile. L'impianto è installato in un edificio non soggetto a vincoli paesaggistici.

E' stato scelto un fattore di riduzione delle ombre del 95%, garantendo così che le perdite di energia derivanti da fenomeni di ombreggiamento non siano superiori al 5% su base annua.

## **DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO**

L'impianto fotovoltaico è costituito da 10 moduli divisi in 1 stringa.

Il numero di convertitori statici è pari a 1.

### **DESCRIZIONE DELLE STRINGHE**

Inverter 1 :

Stringa1: MPPT1: 10 moduli

## **RADIAZIONE SOLARE E ANALISI DELLE OMBRE**

La valutazione della risorsa solare disponibile è stata effettuata prendendo come riferimento la località che, secondo la Norma UNI 10349, dispone dei dati storici di radiazione solare.

E' stato scelto un fattore di riduzione delle ombre del 95%.

### **Irraggiamento solare medio a Pettineo**

**in base alla norma UNI 10349 e calcolato su moduli esposti a 0,00° rispetto al Sud ed inclinati rispetto all'orizzontale di 3°**

**Fattore di albedo scelto: Superfici scure di edifici (mattoni scuri, vernici scure)**

<b>MESE</b>	<b>Totale giornaliero (kWh/mq)</b>	<b>Totale mensile (kWh/mq)</b>
<b>Gen.</b>	<b>2.67</b>	<b>82.9</b>
<b>Feb</b>	<b>3.47</b>	<b>97.2</b>
<b>Mar</b>	<b>4.78</b>	<b>148</b>
<b>Apr</b>	<b>6.00</b>	<b>180</b>
<b>Mag</b>	<b>6.69</b>	<b>208</b>
<b>Giu</b>	<b>7.05</b>	<b>211</b>
<b>Lug</b>	<b>7.23</b>	<b>224</b>
<b>Ago</b>	<b>6.58</b>	<b>204</b>
<b>Set</b>	<b>5.63</b>	<b>169</b>
<b>Ott</b>	<b>4.34</b>	<b>134</b>
<b>Nov</b>	<b>2.97</b>	<b>89.2</b>
<b>Dic</b>	<b>2.37</b>	<b>73.6</b>
<b>TOTALE ANNUALE</b>		<b>1820</b>

## SPECIFICHE TECNICHE DEI COMPONENTI

### GENERATORE FOTOVOLTAICO

Il generatore fotovoltaico è composto di moduli del tipo "POLY 300 WP" con una vita utile stimata di oltre 20 anni senza degrado significativo delle prestazioni.

Le altre caratteristiche del generatore fotovoltaico sono:

Numero moduli:	10
Potenza nominale	300 Wp
Celle:	Silicio monocristallino alta efficienza
Tensione circuito aperto $V_{oc}$	38,97 V
Corrente di corto circuito $I_{sc}$	9,41 A
Tensione $V_{MP}$	31,67 V
Corrente $I_{MP}$	8,84 A
Grado di efficienza:	> 16,8 A
Dimensioni:	1665 mm x 991 mm

La **potenza complessiva** è di  $10 \times 300 \text{ Wp} = 3,00 \text{ kWp}$ .

Configurazione:

Numero di stringhe (per inverter)	1
Numero di moduli per stringa	MPPT1: 1x10
Tensione $V_{MP}$ a 25°C	MPPT1: 447V
Corrente $I_{MP}$ a 25°C	MPPT1: 7,47A
Superficie complessiva moduli	$1665 \text{ mm} \times 991 \text{ mm} \times 10 = 16,50 \text{ m}^2$ .

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

I moduli saranno sono di diodi di by-pass. Ogni stringa di moduli è munita di diodo di blocco per isolare ogni stringa dalle altre in caso di accidentali ombreggiamenti, guasti etc.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è protetta mediante appositi scaricatori di sovratensione, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

## STRUTTURE DI SOSTEGNO DEI MODULI

Il piano dei moduli è inclinato rispetto all'orizzontale di 15 ° (tilt) e ha un orientamento azimutale a 70 ° rispetto al sud. I moduli sono montati al livello del piano di copertura in modalità integrata architettonicamente. Il sistema è stato progettato per resistere a raffiche di vento di velocità minima di 120 km/h. I moduli sono montati parallelamente al tetto a falda secondo i dettami del D.L. 19/2/2007.

## GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto dal convertitore statico (Inverter). **1 x 3 kwp**

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico 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 non connesso a terra; Inverter senza trasformatore di isolamento.
- 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 in prossimità del campo fotovoltaico (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.

Il gruppo di conversione è composto da n° 3 inverter tipo "PVI 7.0-IT" .

Le caratteristiche tecniche dell'inverter scelto sono le seguenti:

Potenza ingresso / uscita max:	2,8 / 3,0 kWp
Tensioni in ingresso consentite:	900 Vdc
Corrente massima in ingresso:	18 A + 18 A
Efficienza MAX:	98,00%
Numero MPPT	1
Trasformatore di isolamento	NO

## QUADRI ELETTRICI

- **Quadro lato corrente continua**

E' prevista la possibilità di sezionare i circuiti di stringa dall'inverter.

- **Quadro di parallelo lato corrente alternata**

Si prevede di installare un quadro di parallelo sul lato AC, con interruttore magnetotermico e differenziale, a valle del misuratore dell'energia prodotta .

## CAVI ELETTRICI E DI CABLAGGIO

Il cablaggio elettrico è realizzato per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame in ragione di 1,5A x 1 mmq
- Tipo FS17 se in esterno o in cavidotti su percorsi interrati
- tipo H07Z1 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, grado d'isolamento di 4 kV.

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

- Conduttori di protezione:
- Conduttore di neutro:
- Conduttore di fase:
- Conduttore per circuiti in C.C.:

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.

Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

### **SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)**

Il sistema di controllo e monitoraggio del sistema permette di conoscere, in ogni istante, i parametri caratteristici dell'impianto: (Tensione, corrente, potenza, energia prodotta etc..)

### **IMPIANTO DI MESSA A TERRA (MAT)**

Il campo fotovoltaico NON è connesso a terra (sistema IT) . Le stringhe sono, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni. Non è prevista, come da norma CEI 0-16, il trasformatore di isolamento.

La struttura di sostegno è collegata all'impianto di terra già esistente dell'edificio.

### **DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO**

In base alle norme UNI 8477-1 e UNI 10349, l'irraggiamento calcolato su moduli esposti a 70° rispetto al Sud ed inclinati rispetto all'orizzontale di 15° con un fattore di albedo scelto: Superfici scure di edifici (mattoni scuri, vernici scure) risulta essere pari a 1820 kWh/m².

La potenza alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m<sup>2</sup> a 25°C di temperatura) risulta essere:

$$P_{STC} = P_{MODULO} \times N^{\circ}_{MODULI} = 300 \times 10 = 3,00 \text{ kWp}$$

Considerando un'efficienza del B.O.S. (Balance of system) del 85%, che tiene conto delle perdite dovute a diversi fattori quali: maggiori temperature, superfici dei moduli polverose, differenze di rendimento tra i moduli, perdite dovute al sistema di conversione la potenza sul lato c.a. sarà uguale a:

$$P_{CA} = P_{STC} \times 85\% = 2,55 \text{ kWp}$$

L'energia producibile su base annua dal sistema fotovoltaico è data da:

$$E \text{ [kWh/anno]} = (I \times A \times K_{\text{ombre}} \times R_{\text{MODULI}} \times R_{\text{BOS}})$$

In cui:

- I = irraggiamento medio annuo = 1820 kWh/m<sup>2</sup>
- A = superficie totale dei moduli = 16,50 m<sup>2</sup>
- K<sub>ombre</sub> = Fattore di riduzione delle ombre = 95%.
- R<sub>MODULI</sub> = rendimento di conversione dei moduli = 17,4%
- R<sub>BOS</sub> = rendimento del B.O.S. = 85%

Pertanto, applicando la formula abbiamo:

$$E = (1820 \times 16,50 \times 95\% \times 17,4\% \times 85\%) = 4.219,37 \text{ kWh/anno}$$

Il valore di 4.219,36 kWh/anno è l'energia che il sistema fotovoltaico produrrà in un anno, se non vi sono interruzioni nel servizio.

I misuratori di energia previsti dalle norme sono due:

- un misuratore dell'energia prodotta dal sistema fotovoltaico.
- un contatore di energia di scambio, con visualizzazione della quantità di energia ceduta alla rete elettrica esterna. Entrambi i contatori saranno installati a cura del Distributore di Energia Elettrica

## VERIFICA TECNICO-FUNZIONALE

Sono state effettuate le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;
  
- $P_{cc} > 0,85 * P_{nom} * I / I_{STC}$ ;
- $P_{ca} > 0,9 * P_{cc}$ .

## IMPIANTI FOTOVOLTAICI ED IMPATTO AMBIENTALE

La produzione di energia elettrica per conversione fotovoltaica dell'energia solare non causa immissione di sostanze inquinanti nell'atmosfera ed ogni kWh prodotto con fonte fotovoltaica consente di evitare l'emissione nell'atmosfera di 0,53 kg di CO<sub>2</sub> per kWh prodotto per anno (gas responsabile dell'effetto serra, prodotto con la tradizionale produzione termoelettrica che, in Italia, rappresenta l'80% circa della generazione elettrica nazionale).

L'impianto utilizza moduli fotovoltaici con buon rendimento (17,4%), valore senza uguali per moduli commerciali, in modo da ridurre la superficie occupante. Inoltre, essendo integrato architettonicamente riduce l'impatto visivo.

### VARIE

Dovrà essere applicata, in fase di lavori, la seguente cartellonistica :

- QUADRO ELETTRICO GENERALE
- PERICOLO
- NON ESEGUIRE LAVORI PRIMA D' AVER TOLTO LA TENSIONE
- QUADRO ELETTRICO
- NON USARE ACQUA PER SPEGNERE INCENDI

## CONCLUSIONI

Dovranno essere emessi e rilasciati dall'installatore i seguenti documenti:

- manuale di uso e manutenzione, inclusivo della pianificazione consigliata degli interventi di manutenzione;
- dichiarazione attestante le verifiche effettuate e il relativo esito;
- dichiarazione di conformità ai sensi della legge 46/90, articolo 1, lettera a;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità alla norma CEI EN 61215, per moduli al silicio cristallino, e alla CEI EN 61646 per moduli a film sottile;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità del convertitore c.c./c.a. alle norme vigenti e, in particolare, alle CEI 11-20 qualora venga impiegato il dispositivo di interfaccia interno al convertitore stesso;
- certificati di garanzia relativi alle apparecchiature installate;
- garanzia sull'intero impianto e sulle relative prestazioni di funzionamento.

## POSSIBILI ASSETTI DI ESERCIZIO DELL' IMPIANTO

Nota: L' inverter utilizzato non è in grado di sostenere autonomamente la rete

### MODALITA' FUNZIONAMENTO:

Dispositivi di Protezione del Generatore	DPG 1-10:	chiuso
Dispositivo di interfaccia	DI:	chiuso
Dispositivo di Protezione Linea PV	DPLV:	chiuso

### MODALITA' MANUTENZIONE:

Dispositivi di Protezione del Generatore	DPG 1-10:	aperto
Dispositivo di interfaccia	DI:	x
Dispositivo di Protezione Linea PV	DPLV:	aperto

### MODALITA' DOPO INTERVENTO DEL DISPOSITIVO DI PROTEZIONE INTERFACCIA:

Dispositivi di Protezione del Generatore	DPG 1-10:	chiuso
Dispositivo di interfaccia	DI:	aperto
Dispositivo di Protezione Linea PV	DPLV:	chiuso



## SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE

Connessione monofase in BT, dispositivo di interfaccia integrato nel convertitore c.c./c.a.  
(non vi sono carichi privilegiati alimentati ad isola)

## CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO

MODULI: 300  $W_p$

INVERTER: 3,00 kW

COMPOSIZIONE SOTTOSISTEMA: 1 X 10 MOD.

POTENZA: 3,00 kW

## DATI GENERALI

COMMITTENTE: Comune di PETTINEO

TECNICO: Arch. Elmo G.

TAVOLA: schema unifilare dell'impianto

## DATI IMPIANTO

LOCALITA': VIA CREDENZA ALLOGGI

POTENZA: 3,00 kW

## ASSETTI ESERCIZIO POSSIBILI

### ASSETTO 1

Dispositivo generale e di interfaccia chiusi.  
I carichi dell'impianto sono alimentati dalla rete ENEL e dal generatore fotovoltaico

### ASSETTO 2

Dispositivo generale chiuso e di interfaccia aperto.  
I carichi dell'impianto sono alimentati solamente dalla rete ENEL (caso di evento anomalo sul generatore fotovoltaico o di mancata produzione).

### ASSETTO 3

Dispositivo generale e di interfaccia aperti.  
I carichi dell'impianto non sono alimentati (caso di mancanza di alimentazione sulla rete ENEL).

