



CITTA' DI CASTELMAGGIORE

## PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA-ECONOMICA

**Realizzazione Impianto Fotovoltaico della potenza di 40 kWp posto su tetto piano della Scuola dell'infanzia Mezzetti in Via della Costituzione, 54 – Castelmaggiore (BO)**

COMMITTENTE  
**COMUNE DI CASTELMAGGIORE (BO)**  
CIG: 9847015DD4

**Coordinamento attività e progettazione**  
**AESS Agenzia per l'Energia e lo Sviluppo Sostenibile**  
ing. Piergabriele Andreoli  
ing. Marco Costa  
ing. Giulia Prampolini

Documento firmato digitalmente ai sensi del Testo Unico DPR 445/2000 e del Dlg82/2005

**Progettazione impiantistica/relazioni  
tecniche/elaborati grafici ed economici**  
Restart Innovation SRLS  
**Ing. Francesco Specca**



## RELAZIONE SOSTENIBILITA' DELL'OPERA

Argomento	Elaborato	Data: Aprile 2024	Scala:
		aggiornamenti	

## Sommario

1	Sostenibilità dell'Opera .....	1
2	Caratteristiche e peculiarità della tecnologia fotovoltaica.....	2
	L'impatto ambientale:.....	2
	Il risparmio di combustibile: .....	3
	Tempo di ritorno dell'investimento energetico: .....	3
	Il degrado dei moduli: .....	4
	L'impatto sul territorio: .....	5
	Il fotovoltaico e l'architettura: .....	5

## 1 Sostenibilità dell'Opera

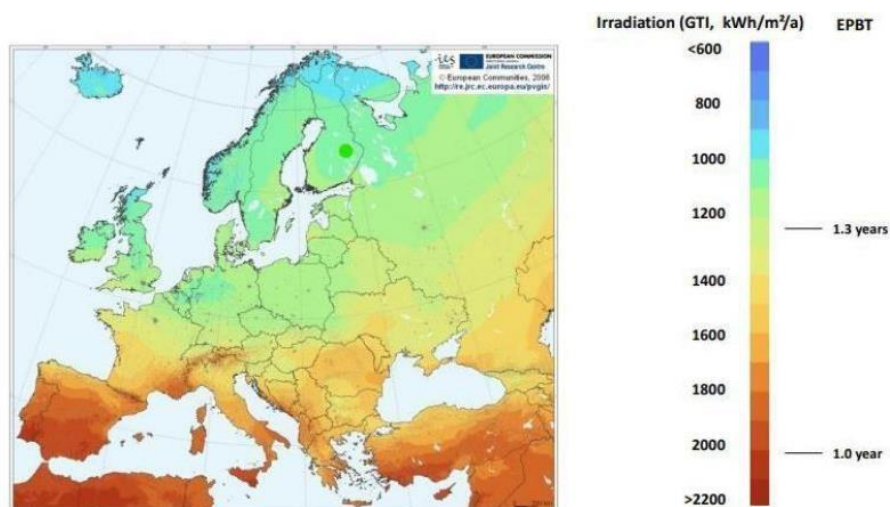
La presente relazione descrive la proposta di realizzazione di un impianto fotovoltaico nell'ambito di uno studio di fattibilità tecnico economica (PFTE). Nello specifico illustra la sostenibilità dell'opera di realizzazione di un impianto fotovoltaico con una potenza di picco di 40 kWp a servizio della Scuola dell'infanzia in Via della Costituzione, 54 nel Comune di Castelmaggiore (BO).

L'Opera di progetto consiste quindi nella nuova installazione di una fonte di energia Solare Fotovoltaica, previa sostituzione della copertura esistente realizzata in fibrocemento.

L'energia fotovoltaica è un tipo di energia non programmabile ma prevedibile attraverso statistiche di valori di irraggiamento e conseguente produzione di energia, nonché tramite le previsioni del tempo. Ricordiamo che la radiazione Solare che colpisce la Terra è di gran lunga maggiore dell'energia totale che utilizza oggi l'umanità per tutte le sue attività, dai trasporti all'utilizzo residenziale e industriale.

L'energia Solare è una fonte da considerare inesauribile e che va sfruttata quanto più possibile. L'Italia possiede un alto potenziale rispetto ad altri Paesi Europei ed è bene che si utilizzino le coperture esistenti per catturare l'energia a disposizione.

Di seguito grafico con i dati di irraggiamento europeo:



Dati: Lorenz Friedrich, Fraunhofer ISE. Immagine: Commissione europea del CCR. Grafico: PSE 2020 (scala modificata con dati aggiornati da Fraunhofer ISE)

---

La sostenibilità dell'opera è legata alla produzione di energia da fonti non fossili.

Bisogna tener conto che l'energia necessaria a produrre un pannello fotovoltaico oggi (il payback energetico), viene recuperata dopo 1-2 anni di produzione del pannello stesso ottenendo perciò un valore netto di produzione positivo elevato, data la durata media di 20-25 anni del modulo stesso. A questo si aggiunge il valore di autoproduzione e consumo diretto di energia senza perdite di rete che contribuisce a diminuire progressivamente la dipendenza da fonti energetiche non Nazionali.

Durante il funzionamento dell'impianto fotovoltaico non si ha emissione di inquinanti e questo rende la tecnologia pulita e in grado di evitare inquinamento. L'elettricità prodotta, oltre ai classici utilizzi di illuminazione e per elettrodomestici, può essere utilizzata per ulteriori servizi come riscaldamento acqua, aria e carica dei veicoli elettrici, aumentando il potenziale dell'edificio dotato dell'impianto circa usi energetici a 360 gradi.

I fattori positivi che la realizzazione dell'impianto determina sull'utenza sono: una minore dispersione nella rete di distribuzione, l'indipendenza dal gestore di rete ed un minore impatto sull'ambiente.

Tutti questi elementi, che saranno descritti nel capitolo successivo, fanno del fotovoltaico la soluzione più praticabile per la generazione elettrica distribuita in ambiente urbano.

---

## **2**      **Caratteristiche e peculiarità della tecnologia fotovoltaica**

---

### ***L'impatto ambientale:***

Gli impianti fotovoltaici, come già anticipato, non causano inquinamento ambientale poiché:

- dal punto di vista chimico, non producono emissioni, residui o scorie;
- dal punto di vista termico, le temperature massime in gioco non superano i 60 °C;
- dal punto di vista acustico, non producono rumori.

Inoltre la fonte fotovoltaica è l'unica che non richiede organi in movimento né circolazione di fluidi a temperature elevate o in pressione, e questo è un vantaggio tecnico determinante.

Si deve considerare che le emissioni complessive di CO<sub>2</sub> e di altri gas-serra durante tutto il ciclo di vita dell'impianto fotovoltaico (produzione dei componenti, trasporto, installazione, esercizio e rimozione) sono nettamente inferiori rispetto a quelle dei sistemi di generazione a combustibili fossili.

### ***Il risparmio di combustibile:***

Si può ragionevolmente valutare in 30 anni la vita utile di un impianto; questo significa che esso, supponendo un payback time pari a 5 anni ed una producibilità annua di 1.300 kWh/kW, nell'arco della sua vita efficace produrrà mediamente:

$$1.300 \cdot (30-5) = 32.500 \text{ kWh per ogni kW installato.}$$

Dato che per ogni kWh elettrico al contatore dell'utente occorre bruciare circa 0,25 kg di combustibili fossili, risulta che ogni kW di fotovoltaico installato produrrà durante la sua vita quanto le centrali convenzionali producono "bruciando":

$$32.500 \cdot 0,25 = 8.000 \text{ kg di combustibili fossili.}$$

### ***Tempo di ritorno dell'investimento energetico:***

I sistemi fotovoltaici generano più energia durante tutto il periodo di vita rispetto a quella necessaria alla loro produzione, installazione e rimozione.

La valutazione energetica consiste nell'accumulare tutti gli input energetici durante ogni fase di realizzazione dei materiali necessari alla realizzazione e alla dismissione dell'impianto, per rapportarli alla generazione annuale di energia. Espressione più comune di questo bilancio è il "*tempo di ritorno dell'investimento energetico*" (TRIE).

Il TRIE, è un indicatore che è usato di frequente per valutare i bilanci di energia di sistemi di produzione energetici. Spesso Il TRIE è staticamente definito come l'energia di fabbricazione del sistema diviso la sua produzione energetica annua.

---

Con maggiore esattezza la formulazione richiede un calcolo di tutti gli input energetici considerandone il valore di energia primaria:

$$\text{Tempo di ritorno dell'investimento energetico} = \frac{\text{Energia per la produzione, trasporto, installazione, esercizio e rimozione}}{\text{Energia prodotta annuale}}$$

### ***Il degrado dei moduli:***

Sono state effettuate delle misure (da parte di ENEA) volte a verificare il decadimento delle prestazioni di lotti di moduli fotovoltaici al silicio monocristallino, esposti da oltre 25 anni alla radiazione solare.

Questo ha permesso di fare considerazioni sul tempo di vita dei moduli fotovoltaici.

Questa stima, solitamente, viene effettuata in laboratorio mediante una serie di test che sottopongono i moduli a stress ambientali particolarmente gravosi, tipicamente cicli termici accelerati in ambienti ad elevato grado di umidità, estrapolando, poi, i risultati ottenuti al fine di prevedere il comportamento dei moduli nelle reali condizioni operative.

Vengono di seguito riassunti i risultati delle misure effettuate.

Il degrado in termini di efficienza, riferita a quella misurata all'accettazione dei moduli, è stato dell'8,4% negli ultimi 22 anni. Il tasso annuo di degradazione è in pratica costante durante tutti i 22 anni e risulta pari a circa lo 0,4% per anno. Per ciò che concerne i difetti riscontrati sui moduli fotovoltaici, alcuni di questi presentano fessurazioni sul tedlar posteriore (a copertura del back d'alluminio), altri, appartenenti ad una serie diversa dello stesso modello di modulo, hanno il foglio di tedlar quasi completamente distaccato. Va, comunque, detto che i difetti sul tedlar non hanno prodotto conseguenze negative sulla prestazione dei moduli fotovoltaici, infatti non è stata notata alcuna significativa degradazione di efficienza, essendo questa in linea con quella media misurata.

Lo stesso discorso vale per quei moduli che appaiono ingialliti o che mostrano le griglie di raccolta delle cariche parzialmente arrugginite. Le scatole di giunzione sono apparse in ottime condizioni, solo su una era entrata acqua, probabilmente per un cattivo serraggio fatto in precedenza.

Dal campione di 59 moduli testati nello studio, solo uno è risultato interrotto (tale modulo aveva comunque fornito un valore di efficienza inferiore alla media); il tasso di “mortalità” dei moduli è risultato pari a circa 1,7%.

### ***L'impatto sul territorio:***

Per rendersi conto delle potenzialità energetiche e dell'impegno di territorio legati ad una centrale di potenza, si consideri che l'area occupata da un sistema fotovoltaico di potenza pari a 1.000 kW (cioè 1 MW, che produce circa 1.300 MWh/anno e che rappresenta, all'incirca, la potenza sufficiente a soddisfare le esigenze elettriche di 650 famiglie) è di circa 1,5 ettari, dove l'impegno di territorio è dovuto per il 50% alle aree occupate dai moduli e dalle parti del sistema, per l'altro 50% alle “aree di rispetto”, di fatto libere, ma necessarie per evitare l'ombreggiamento.

A fronte della richiesta di energia elettrica consumata in Italia (dell'ordine dei 300 milioni di MWh) sarebbe necessario un impegno di territorio pari a 3.400 km<sup>2</sup>.

Tale impegno di territorio, sebbene enorme, costituisce solo un sesto dei terreni marginali in Italia (20.000 km<sup>2</sup>). Inoltre occorre ricordare che gli impianti non richiedono per la loro installazione opere fisse e che possono essere installati o integrati nelle strutture edilizie esistenti.

### ***Il fotovoltaico e l'architettura:***

La più recente categoria di applicazioni della tecnologia fotovoltaica è quella dei sistemi integrati negli edifici. L'inserimento dei moduli fotovoltaici nei tetti e nelle facciate risponde alla natura distribuita della fonte solare.

La possibilità di integrare i moduli fotovoltaici nelle architetture e di trasformarli in componenti edili ha notevolmente ampliato gli orizzonti del fotovoltaico. Il variegato mondo della casistica dell'integrazione fotovoltaica può essere suddiviso in due categorie, quella dell'integrazione negli edifici e quella nelle infrastrutture urbane. Fra le tipologie integrate negli edifici si evidenziano le coperture (piane, inclinate, curve, a risega), le facciate (verticali, inclinate, a risega) i frangisole (fissi, mobili), i lucernai, gli elementi di rivestimento e le balaustre.

Le principali tipologie integrate nelle infrastrutture urbane riguardano le pensiline (per auto o di attesa) le grandi coperture, le tettoie, i tabelloni informativi e le barriere antirumore.