



Facciata solare del Centro Polis:
quali costi e benefici in termini
economici?

Premessa

Negli ultimi anni in Svizzera sono stati realizzati sempre più edifici nei quali vengono integrati sistemi fotovoltaici in facciata, come vero e proprio materiale di rivestimento dell'architettura. Questo è il caso del Centro Polis a Pregassona, ma anche di numerosi altri stabili sparsi sul territorio elvetico. Tuttavia, è ancora diffuso un certo senso di diffidenza nei confronti dei sistemi fotovoltaici integrati nell'involucro edilizio, soprattutto da chi ha sempre visto il fotovoltaico come un pannello relegato a massimizzare la produzione di energia elettrica, piuttosto che come un elemento architettonico e funzionale dell'edificio che ha anche la proprietà (rivoluzionaria) di produrre energia. L'investimento iniziale è uno degli argomenti spesso dibattuti e che trova varie aspettative tra gli investitori, a volte erroneamente mutate da sistemi solari convenzionali.

Una prima considerazione è senza dubbio legata al fatto che una soluzione fotovoltaica integrata negli edifici (BIPV), a differenza di qualunque soluzione tradizionale di rivestimento energeticamente "non attiva", genera energia e ricavi economici dovuti a:

- | | |
|----|--|
| a) | mancato costo per l'acquisto dell'energia elettrica; |
| b) | immissione in rete dell'energia fotovoltaica in eccesso; |
| c) | risparmio dovuto alla multifunzionalità del prodotto stesso, considerato come una compensazione del costo del materiale standard che va a sostituire (un pannello FV standard normalmente è aggiunto, un sistema BIPV al tempo stesso funziona da rivestimento). |

Inoltre, gli impianti integrati in facciata, nonostante un rendimento specifico minore (rapporto tra l'energia generata e la potenza FV installata minore rispetto ad una superficie idealmente orientata) permettono di ottenere una produzione elettrica dal profilo orario più regolare durante il giorno, evitando picchi di produzione nelle ore centrali. Questo permette tipicamente di ottimizzare il profilo di produzione energetica, assecondando in maniera più efficace quello del fabbisogno dell'edificio e migliorando di conseguenza l'autoconsumo. La minore energia prodotta per unità di superficie è dunque solitamente valorizzata con un maggiore autoconsumo e dunque di maggior valore economico. Nelle seguenti pagine verranno presentati i principali risultati emersi dall'analisi economica eseguita per il sistema fotovoltaico del Centro Polis e, più nel dettaglio, per una sua facciata di riferimento (Figura 1). Sarà identificato un costo specifico dell'involucro costruttivo e verranno definite le prospettive economiche che ne derivano con uno sguardo all'intero ciclo di vita del sistema. I risultati presentati forniscono un metodo per il calcolo dell'economicità di sistemi BIPV applicata ad un caso studio reale.

Nell'interpretazione dei risultati va chiaramente considerata la condizione di edificio pilota-sperimentale assunto dal Centro Polis, tra cui gli aspetti non ottimali dovuti all'ombreggiamento esteso e all'orientamento variabile delle superfici ed i relativi costi di sviluppo che non garantiscono livelli economici paragonabili a sistemi BIPV convenzionali di mercato.

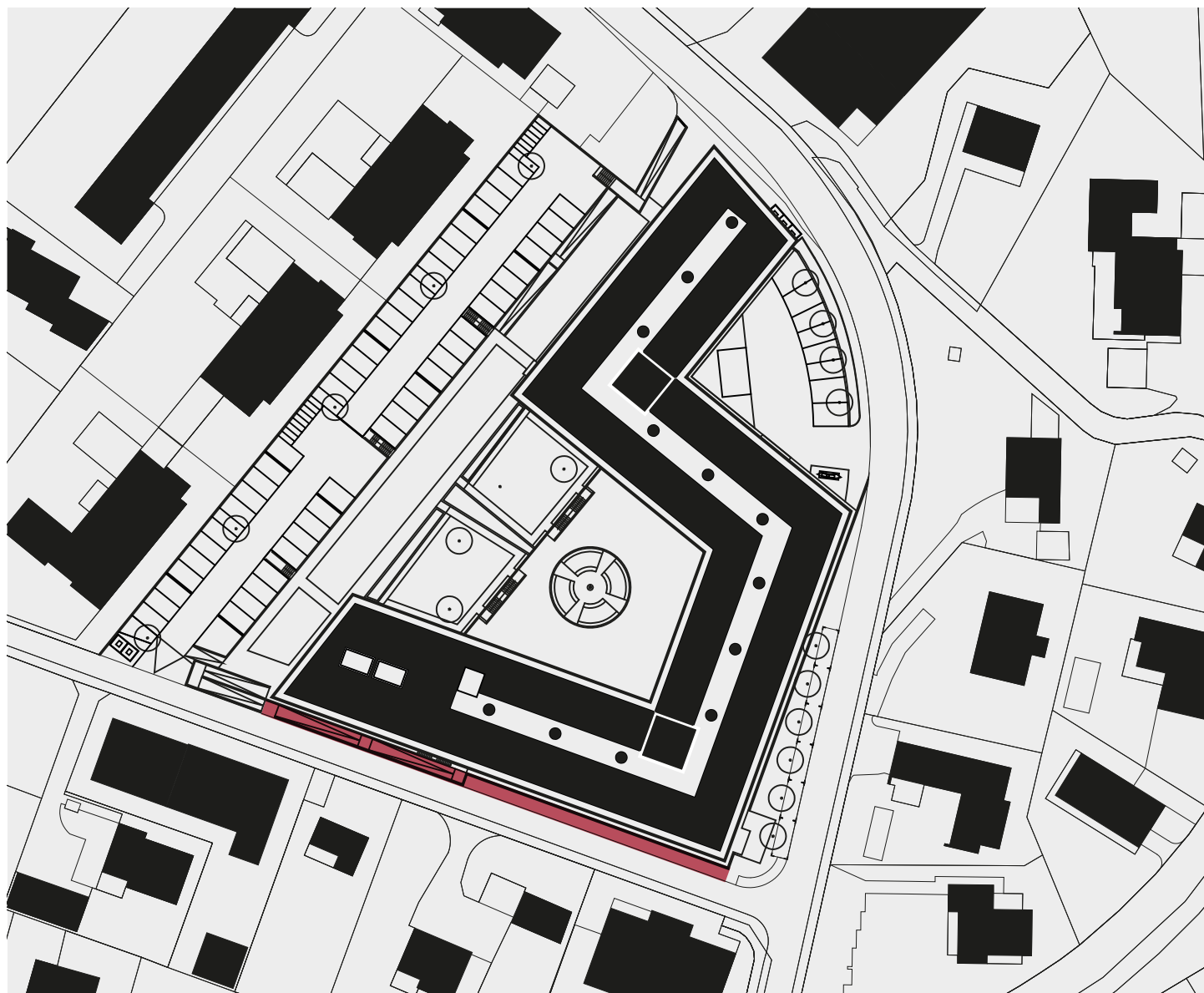


Figura 1 Planimetria del Centro Polis, in evidenza la facciata 1 orientata a sud.

Glossario

BIPV	fotovoltaico integrato nell'edificio (building integrated photovoltaics)	Extra costo BIPV (investimento iniziale)	differenza tra i costi sostenuti per la realizzazione di un sistema BIPV (chiavi in mano) e quello di un sistema analogo convenzionale "energeticamente non attivo"
Autoconsumo	rapporto tra l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico che viene utilizzata e la totalità dell'energia prodotta dall'impianto stesso	VAN	valore attuale netto
Autarchia	rapporto tra l'energia fotovoltaica autoconsumata ed il fabbisogno energetico totale dell'edificio	FV	fotovoltaico

Metodo dell'extra costo per la quantificazione dell'investimento iniziale BIPV

Il metodo dell'extra costo, ampiamente discusso nel "BIPV Status Report 2020" (1) e nel rapporto "Integrierte Solaranlagen" (2), è riconosciuto in letteratura come la procedura più idonea per determinare e calcolare i benefici economici di un sistema BIPV, in quanto permette di quantificare il valore reale dell'investimento iniziale. Il metodo dell'extra costo si basa anzitutto sulla scomposizione dei costi (cosa si nasconde dietro il CHF/m²), identificando il costo di riferimento per ogni elemento dell'involucro edilizio necessario per costruire e mettere in funzione un sistema di involucro BIPV, includendo, ad esempio, materiale, logistica e manodopera ma anche permessi, installazioni elettriche e manutenzione. L'extra costo esprime dunque direttamente, in termini economici, la caratteristica di multifunzionalità dei sistemi BIPV. Questi sistemi non solo producono energia elettrica ma sostituiscono le funzioni di sistemi convenzionali simili, come ad esempio la protezione da eventi atmosferici o la coibentazione termica. Pertanto, i sistemi BIPV sostituiscono le soluzioni convenzionali dell'involucro edilizio e compensano il costo ad esse collegato.

Definiti i costi del sistema BIPV, occorre identificare quelli della soluzione convenzionale simile che verrebbe utilizzata in alternativa al sistema BIPV pianificato/realizzato. L'accuratezza dei dati risulta essere fondamentale per sfruttare appieno le potenzialità di questo metodo. Nella Figura 2 è mostrata una rappresentazione grafica di come viene definito l'extra costo di un sistema BIPV.

I costi di tutti gli elementi necessari per rendere attiva (fotovoltaica) la facciata del Centro Polis sono stati confrontati con i costi di un sistema analogo di facciata non fotovoltaica. Nel caso specifico è stato confrontato il costo della facciata ventilata del Centro Polis rivestita con moduli fotovoltaici colorati vetro/vetro (per ulteriori dettagli si rimanda allo showcase di riferimento¹) con il costo di una facciata ventilata rivestita da moduli tradizionali non fotovoltaici del tipo fibrocemento.

È da notare che si è optato per una delle opzioni di rivestimento sul mercato meno costosa in quanto il progetto originario del Polis già considerava l'impiego di pannelli in fibrocemento. Nel caso il calcolo dell'extra costo fosse eseguito per un rivestimento di facciata più pregiato, e quindi "qualitativamente" più vicino ad una soluzione di fotovoltaico integrato, come per esempio dei vetri colorati oppure un rivestimento in pietra, l'extra costo BIPV sarebbe sicuramente inferiore di almeno un 25%.

1 solarchitecture.ch/polis/

Definizione dell'extra costo rispetto ad una facciata ventilata con moduli in fibrocemento

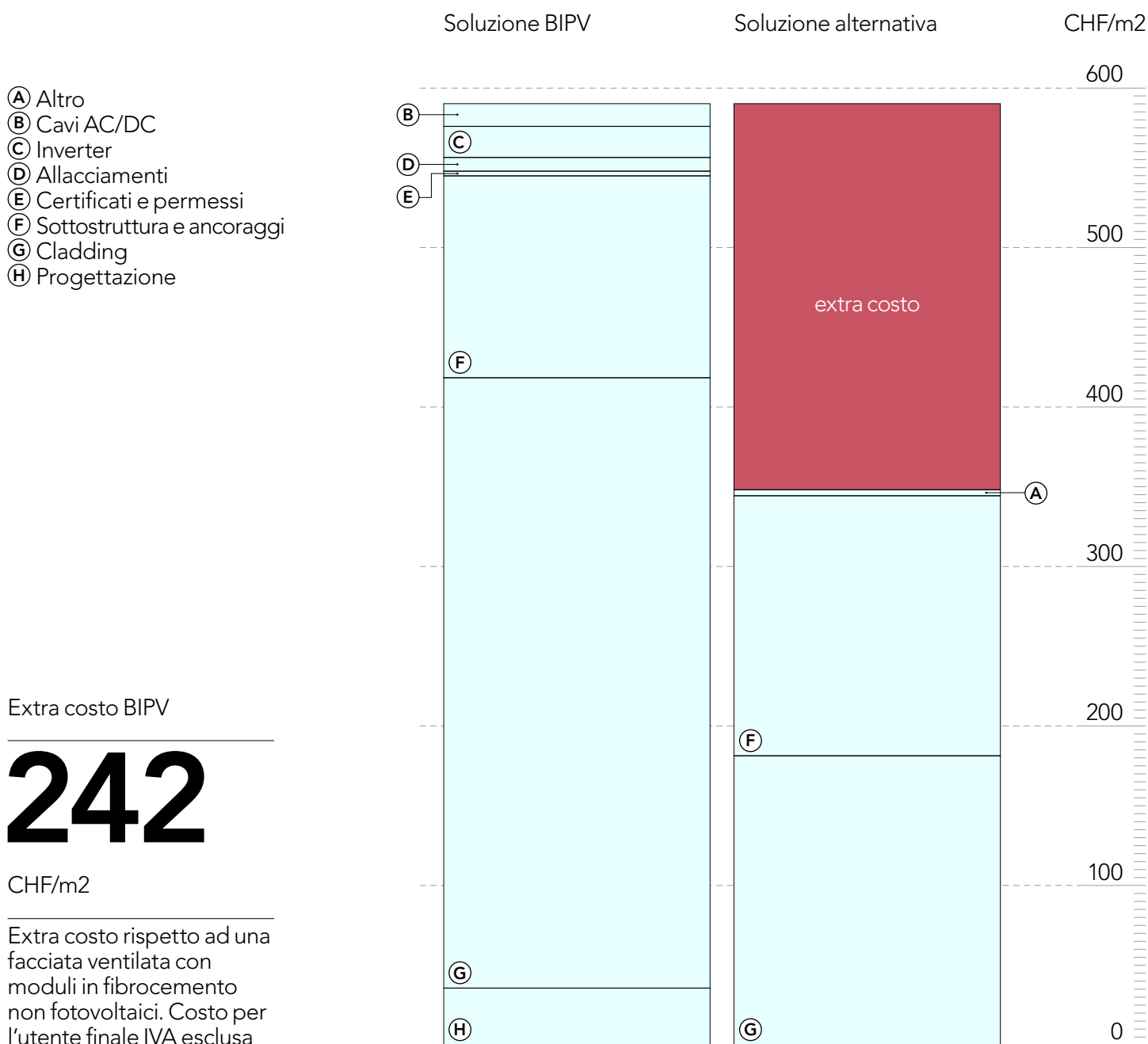


Figura 2 Definizione dell'extra costo rispetto ad una facciata ventilata con moduli in fibrocemento non fotovoltaici (fonte: SUPSI)

Benefici economici del sistema BIPV

Definito il valore dell'extra costo del sistema BIPV rispetto ad un sistema tradizionale di riferimento sono stati stabiliti i principali parametri di calcolo:

1	Energia prodotta: 21'463 kWh/anno;
2	Quota di energia autoconsumata ed immessa in rete: 100% e 0% ² ;
3	Tariffa dell'energia prelevata dalla rete elettrica: 0.26 CHF/kWh iva esclusa ³ ;
4	Perdita di potenza del sistema fotovoltaico: 2% il primo anno e poi 0.6%/anno;
5	Manutenzione dell'impianto fotovoltaico e sostituzione dell'inverter: costo per l'intero progetto proporzionato rispetto alla sola facciata a sud.
6	Parametri finanziari come: tasso di sconto al 4%.

Il guadagno economico derivante da un sistema BIPV è stato definito applicando il metodo del valore attuale netto (VAN) all'anno 30, stabilito come la durata di vita di un sistema fotovoltaico, e identificando un periodo di ritorno dell'investimento, che rappresenta il tempo minimo necessario per ammortizzare i costi di investimento del sistema. Nei seguenti paragrafi, a titolo esemplificativo, viene mostrata l'analisi economica disaggregata per una facciata orientata a sud del Centro Polis. Nella Figura 3 è mostrata la produzione energetica mensile stimata della facciata, che corrisponde a circa 21'000 kWh/anno a fronte di una resa specifica di 850 kWh/kWp.

2 L'autoconsumo, ovvero l'energia elettrica prodotta e consumata in loco, è stato stimato pari al 100%. Questo dato varia in base al fabbisogno elettrico dell'edificio e dalle abitudini delle utenze.

3 Queste cifre si riferiscono alle condizioni 2023 del fornitore di energia elettrica. La tariffa di acquisto dell'energia prodotta nel 2022 dall'impianto fotovoltaico è fissata a 0.22471 CHF/kWh IVA esclusa, non considerata in quanto l'autoconsumo è pari al 100% e l'energia immessa in rete nulla.

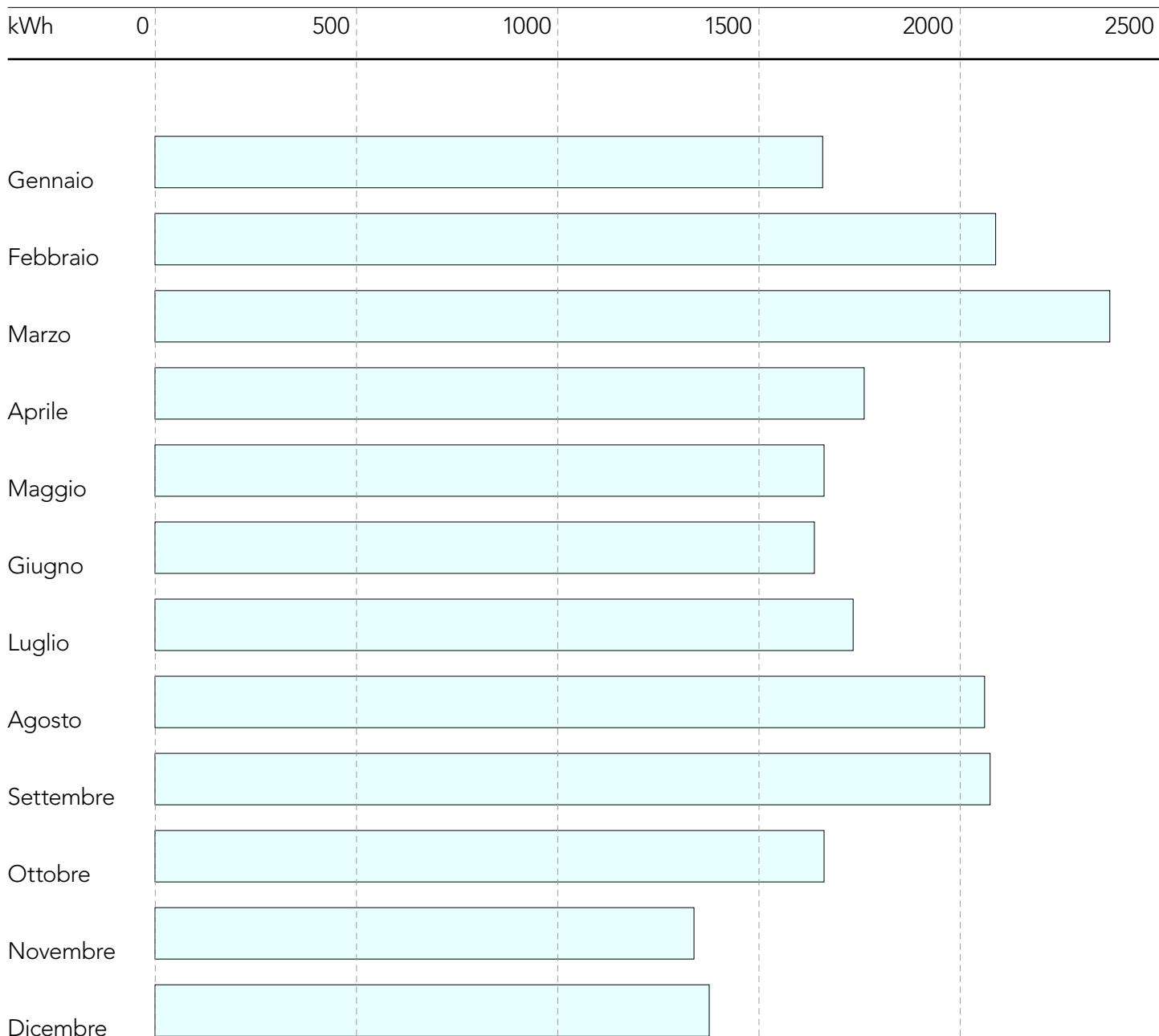


Figura 3 Produzione energetica mensile stimata della facciata orientata a sud del Centro Polis (fonte: SUPSI)

Per l'analisi economica è stato considerato l'extra costo rispetto ad un rivestimento in moduli in fibrocemento non fotovoltaici, pari a 242 CHF/m². Nella Tabella 1 sono mostrati i risultati dell'analisi economica per la facciata a sud.

Specifiche	Ubicazione	Lugano		
	Sistema tecnologico	Facciata ventilata		
	Angolo di orientamento	Sud		
	Azimut	90	°	
	Superficie	237	m ²	
	Potenza nominale dell'impianto	25.5	kWp	
	Produzione energetica	21'463	kWh	Il primo anno
	Resa energetica annua specifica	842	kWh/kWp	
	Autoconsumo	100	%	
Investimento (IVA incl.)	Costo investimento (extra costo senza incentivi)	57'300	CHF	Costo all'anno 0 (IVA escl.)
	Costo manutenzione	700	CHF/anno	Il costo sarà maggiorato dell'inflazione ogni anno
	Costo sostituzione inverter	3'700	CHF	All'anno 15 il costo sarà maggiorato dell'inflazione
Ricavi (IVA escl.)	Incentivi fotovoltaico	15'300	CHF	Ricevuto all'anno 1 (2021)
	Tariffa elettricità prelevata dalla rete	0.26	CHF/kWh	Tariffa anno 2023
	Immissione in rete	0	CHF/anno	Il primo anno
	Risparmio sull'energia acquistata	5'469	CHF/anno	Il primo anno
Indicatori (riferiti al periodo di vita dell'impianto)	Valore attuale netto (VAN) in 30 anni	+32'000	CHF	
	Periodo ritorno investimento	12	anni	Tasso di sconto: 4%

Tab. 1 Analisi economica della facciata orientata a sud del Centro Polis. (fonte: SUPSI)

I risultati dell'analisi economica per la facciata sud mostrano un flusso di cassa globale (VAN) positivo generato durante la vita utile stimata del sistema BIPV. Ciò significa che un sistema di questo tipo risulta essere vantaggioso anche da un punto di vista economico.

Nella Figura 4 viene mostrato il flusso di cassa nel corso degli anni. Si può notare che all'anno 12 il flusso di cassa raggiunge un valore positivo, mentre all'anno 30, coincidente con il periodo di vita utile dell'impianto fotovoltaico, il flusso di cassa è di circa 32'000 CHF.

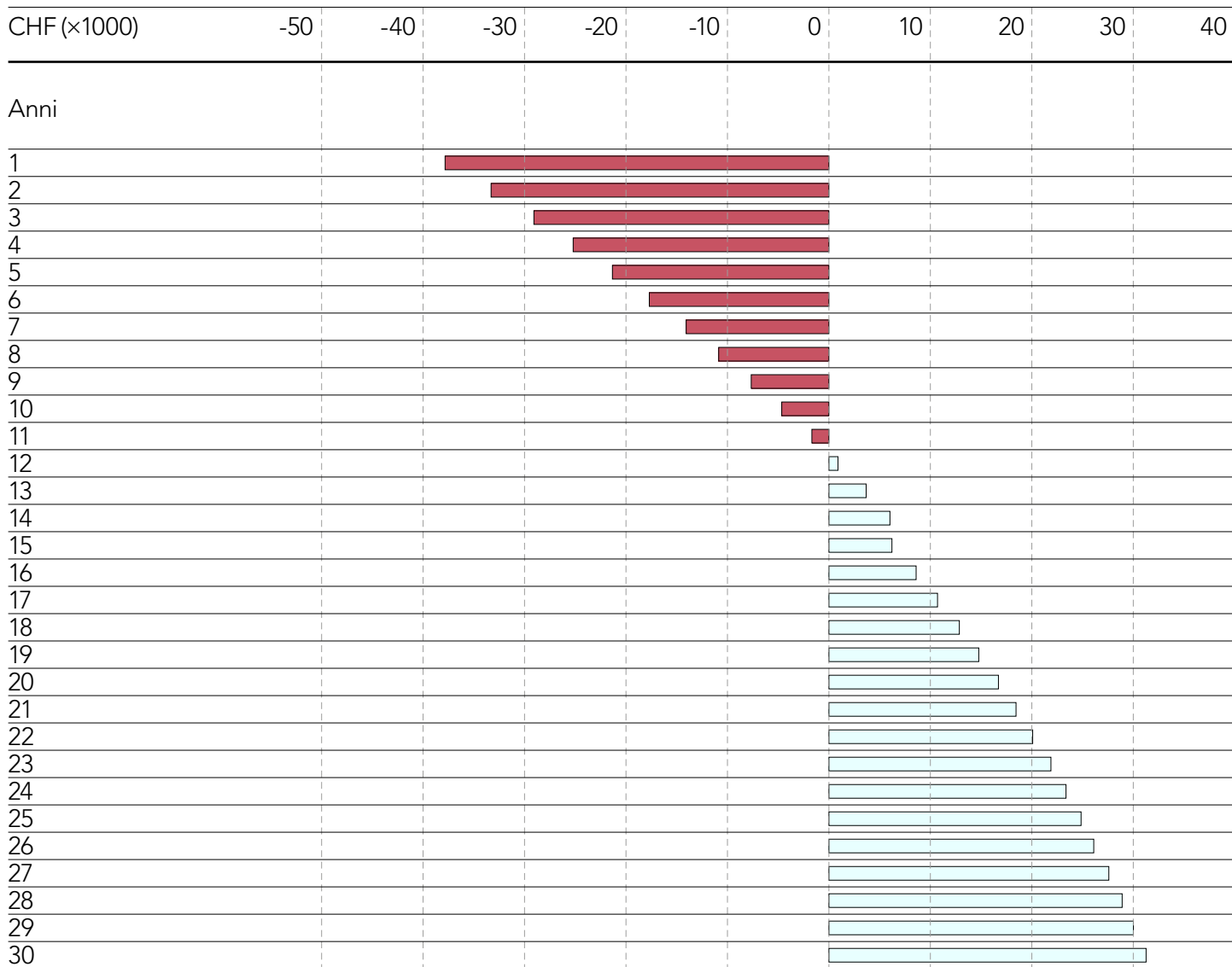


Figura 4 Flussi di cassa per il sistema BIPV (fonte: SUPSI)

Conclusioni

I moduli fotovoltaici rappresentano più del 50% del costo totale, mentre solo un 5% riguarda la parte elettrica che include l'inverter ed i cavi AC/DC. I costi indiretti, inclusi allacciamenti e certificati, incidono in minima parte sul totale (circa il 2% dei costi totali) in un impianto di questa taglia. Tuttavia, è interessante notare come il costo globale dell'involucro di facciata fotovoltaica, ricopra solo un 2% circa delle spese necessarie per la realizzazione dell'intero edificio. Il maggior costo per rendere fotovoltaiche le facciate del Polis è pari a ca. 180 CHF/m² se confrontato con un analogo rivestimento in vetro molto simile esteticamente, mentre a ca. 240 CHF/m² se confrontato con un sistema analogo in fibrocemento come inizialmente previsto dai progettisti.

La convenienza economica di un sistema fotovoltaico integrato, seppure tipicamente in condizioni non ottimali dovute all'ambiente costruito circostante, è naturalmente influenzata dalle condizioni d'irraggiamento delle varie superfici prese in considerazione. Un'analisi preliminare del contesto è quindi fondamentale per determinare le esposizioni più favorevoli e ridurre l'incidenza dell'ombreggiamento sui moduli. Aspetto che nel centro Polis, è particolarmente penalizzante per la presenza di ombre autoportate, di ombre arretrate dall'oggetto di copertura sull'intero perimetro e di ombre dovute agli edifici circostanti. Oltre al fatto che gran parte delle dieci facciate, orientate in maniera diversa, sono esposte in condizioni poco favorevoli.

Nonostante tali condizionamenti, l'analisi economica elaborata su una facciata orientata a sud mostra la buona competitività economica del sistema realizzato.

Il periodo di ritorno sull'investimento è infatti pari a 12 anni. Questo significa che dal 12esimo anno di vita, i costi d'investimento sono ammortizzati e si intraprende un effettivo guadagno economico nel resto del periodo di vita (oggi garantito per 25 anni ma dimostrato essere anche superiore). Un risultato unico, considerando che nessun'altra tecnologia di facciata è ad oggi in grado di produrre energia e quindi generare anche un beneficio economico.

Inoltre, altri parametri, oltre al costo, possono contribuire in modo significativo a migliorare la competitività.

I miglioramenti tecnologici guidano il mercato e hanno portato al miglioramento dell'efficienza dei moduli e alla maggiore durata di vita del sistema. Oltre a ciò, modelli di business innovativi, che valorizzano il consumo sul posto dell'energia elettrica prodotta dall'impianto BIPV, permettono di aumentarne la competitività.

Infine, anche l'immagine ecologica o l'estetica unica che il BIPV può dare ad un edificio, può influire sul valore di locazione. Inoltre il costo di vendita e il grado di occupazione di un edificio possono essere aumentati, contribuendo così positivamente, ma indirettamente, alla competitività del BIPV [cfr8].

Essendo il sole una fonte sostenibile, rinnovabile e inesauribile per la generazione di energia elettrica, non utilizzarlo sembra quasi contro-intuitivo, soprattutto considerando l'impatto sociale e ambientale di altre forme di generazione di energia. L'industria del fotovoltaico si sta rapidamente evolvendo così da rendere i prodotti FV sempre più efficienti, più accessibili, più sostenibili e più efficacemente integrati nel processo costruttivo e architettonico. Investire nella ricerca applicata, come nel caso del progetto del centro polifunzionale di Pregassona [cfr9], è estremamente importante per incorporare sempre più questa tecnologia nella vita di tutti i giorni.

Il team Involucro Innovativo della SUPSI è impegnato a livello Svizzero ed Europeo nel favorire l'uso del FV come sistema edilizio a costi competitivi, monitorando il mercato, la catena del valore e collaborando direttamente con i principali enti/istituzioni locali e internazionali, così come con i professionisti del settore per favorire la realizzazione di progetti concreti.

Riferimenti

-
- | | |
|-------|---|
| 1 | Corti P, Bonomo P, Frontini F, Macé P, Bosch E. Building Integrated Photovoltaics : A practical handbook for solar buildings' stakeholders Status Report [Internet]. 2020. Available from: www.solarchitecture.ch |
| <hr/> | |
| 2 | Renken C, Corti P, Bonomo P, Frontini F, Hekler A, Meier R. Integrierte Solaranlagen Handlungsanleitung zur energetischen und wirtschaftlichen Bewertung. 2020. |
| <hr/> | |
| 3 | Corti P, Capannolo L, Bonomo P, De Berardinis P, Frontini F. Comparative analysis of BIPV solutions to define energy and cost-effectiveness in a case study. 2020 |

Disclaimer

I dati riportati sono stati elaborati a solo fine di studio e si basano su valori forniti dai partner di progetto e su assunzioni riguardanti aspetti energetici ed economici, come specificati nel testo. Si raccomanda di considerare i risultati a solo fine orientativo e si precisa che non possono essere generalizzati alla tipologia, alla tecnologia o al segmento di mercato, essendo condizionati da aspetti specifici di progetto e di sito, né assunti come base per la gestione dell'immobile. Per maggiori informazioni isaac@supsi.ch

Autori
Paolo Corti
Isa Zanetti
Pierluigi Bonomo

Team Involucro Innovativo
BIPV- ISAAC SUPSI



Città di Lugano
www.lugano.ch

In collaborazione
con

Scuola universitaria professionale
della Svizzera italiana

SUPSI