

Fotovoltaico

Nuove soluzioni dal mercato per ottimizzare il rapporto costi/benefici

■ di Enrico Baresi, direttore generale Cautha Solutions S.r.l.

Il D.M. 19 febbraio 2007, cosiddetto "conto energia", ha introdotto un incentivo per l'installazione di impianti fotovoltaici, variabile in base alla potenza nominale e al loro livello di integrazione architettonica. Il mercato offre possibilità di scelta tra sistemi grid-connected, stand-alone e soluzioni sperimentali a base di gel fotovoltaico. Tuttavia questi impianti non sono ancora in grado di sostituire totalmente il fabbisogno di energia, pur utilizzando una fonte pulita, con eliminazione di CO₂ emessa.

Un impianto fotovoltaico è un impianto elettrico costituito da un campo fotovoltaico che raccoglie energia (generatore) dal sole utilizzando dei pannelli costituiti da moduli fotovoltaici, la cui efficienza dipende:

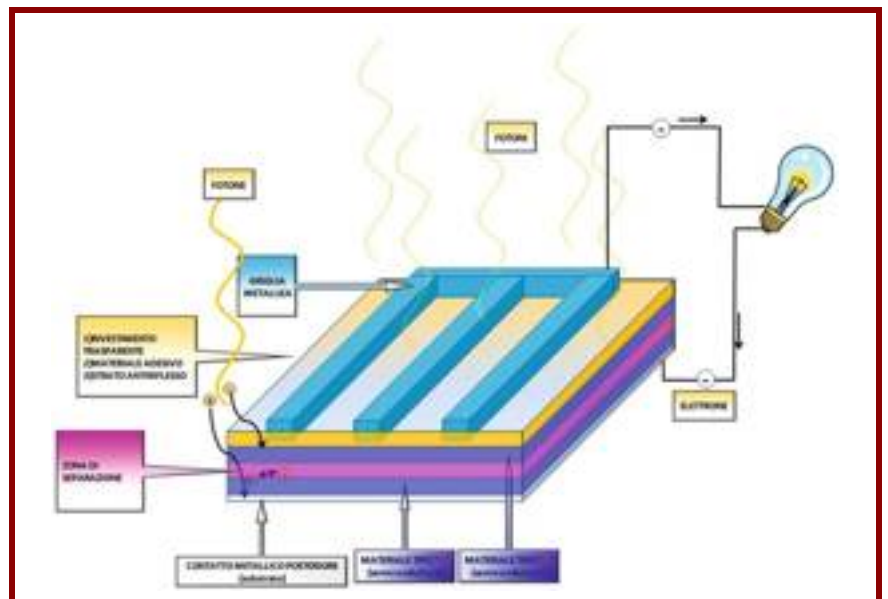
- dall'area geografica;
- dai materiali utilizzati;
- dalle dimensioni;
- dall'orientamento verso il sole.

I moduli agiscono trasformando l'energia fotovoltaica in energia elettrica utilizzabile sul posto. Questa energia può essere accumulata grazie alla presenza di **batterie** più o meno efficienti che ne garantiscono l'erogazione anche nelle ore notturne o nel caso di copertura dei raggi solari a causa di avverse condizioni atmosferiche.

Generatore fotovoltaico

Il generatore fotovoltaico è costituito da più celle in cui la radiazione solare viene convertita in energia elettrica.

Cella fotovoltaica. È costituita (figura 1) da materiale semiconduttore, quasi sempre silicio (molto abbondante in natura), dello spessore di circa 0,3 mm. Può essere di diverse forme e può avere una superficie compresa tra i 100 e i 225 cm². In particolare a parità di superficie, si avrà maggiore o minore energia pro-



▲ Figura 1 - Schema di una cella fotovoltaica

dotta a seconda del materiale di costruzione, delle modalità di fabbricazione e di esposizione.

La cella si comporta come una minuscola batteria e nelle condizioni tipiche dell'Italia (1 kW/m²), alla temperatura di 25 °C fornisce una corrente di 3A, con una tensione di 0,5V e una potenza pari a 1,5-1,7 Wp.

L'energia elettrica prodotta sarà

proporzionale all'energia solare incidente.

Il silicio viene "drogato" mediante l'inserimento su una "faccia" di atomi di boro (**drogaggio p**) e sull'altra faccia con piccole quantità di fosforo (**drogaggio n**).

Nella zona di contatto tra i due strati a diverso drogaggio si determina un campo elettrico; quando la cella è

esposta alla luce, si generano delle cariche elettriche e, se le due facce della cella sono collegate a un utilizzatore (tecnologia che utilizza l'energia prodotta), si avrà un flusso di elettroni sotto forma di corrente elettrica continua.

In *tabella 1* sono riportati alcuni esempi di celle, differenti in base al materiale di costruzione.

TABELLA 1

ESEMPI DI CELLE FOTOVOLTAICHE A SECONDA DEI MATERIALI DI CUI SONO COMPOSTE

Celle fotovoltaiche in silicio monocristallino:

Il silicio monocristallino è ottenuto a partire da cristalli di silicio di elevata purezza che, una volta fusi, vengono fatti solidificare a contatto con un seme di cristallo.

Durante il raffreddamento, il silicio gradualmente si solidifica nella forma di un lingotto cilindrico di monocristallo del diametro di 13 - 20 cm, con una lunghezza che può raggiungere i 200 cm.

In una fase successiva, il lingotto viene tagliato con speciali seghe a filo, in fettine dette *wafers* con spessore di 250 - 350 mm.

- Efficienza celle 24%
- Efficienza moduli 15-17%



Celle fotovoltaiche in silicio policristallino o multicristallino:

I costi di produzione sono inferiori a quello del silicio monocristallino: i cristalli si presentano ancora aggregati tra loro ma con forme e orientamenti differenti.

L'affinamento del processo produttivo delle celle di silicio policristallino consente di realizzare celle con prestazioni elettriche solo di poco inferiori rispetto a quelle di silicio monocristallino.

- Efficienza celle 18%
- Efficienza moduli 12-14%

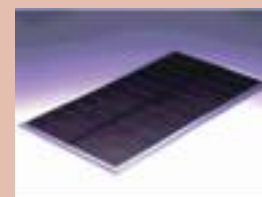


Celle fotovoltaiche in silicio amorfo:

A differenza della tecnologia cristallina nella quale il materiale semiconduttore si presenta solido, in questo caso la materia può essere ottenuta sottoforma di gas con il vantaggio di poter essere depositata in strati spessi pochi micron e su di una grande varietà di superfici di appoggio. Si possono così ottenere film di spessore totale pari a 1-2 millimetri, anche flessibili e leggerissimi.

La natura del silicio amorfo, che non presenta una struttura molecolare definita in cristalli, limita in parte la prestazione elettrica in termini di efficienza rispetto a quella del cristallino.

- Efficienza celle 12%
- Efficienza moduli 6-9%



Celle fotovoltaiche a film sottile:

Sono composte da strati di materiale semiconduttore (non sempre è presente il silicio) depositati generalmente come miscela di gas su supporti a basso costo come vetro, polimero, alluminio che danno consistenza fisica alla miscela.

La deposizione di un gas consente l'immediato beneficio di un utilizzo minore di materiale attivo: lo spessore si riduce da 300 micron delle celle cristalline a 4-5 micron di quella a film sottile. Inoltre, il processo produttivo dei film sottili consente una riduzione delle fasi di lavorazione che, a differenza del cristallino, possono essere anche automatizzate.

- Efficienza celle 13%
- Efficienza moduli 6-9%

Moduli fotovoltaici. I moduli fotovoltaici sono dispositivi costituiti da un insieme di celle fotovoltaiche. Hanno superfici che variano tra 0,5-1 m² e permettono l'accoppiamento con gli accumulatori da 12Vcc (figura 2).

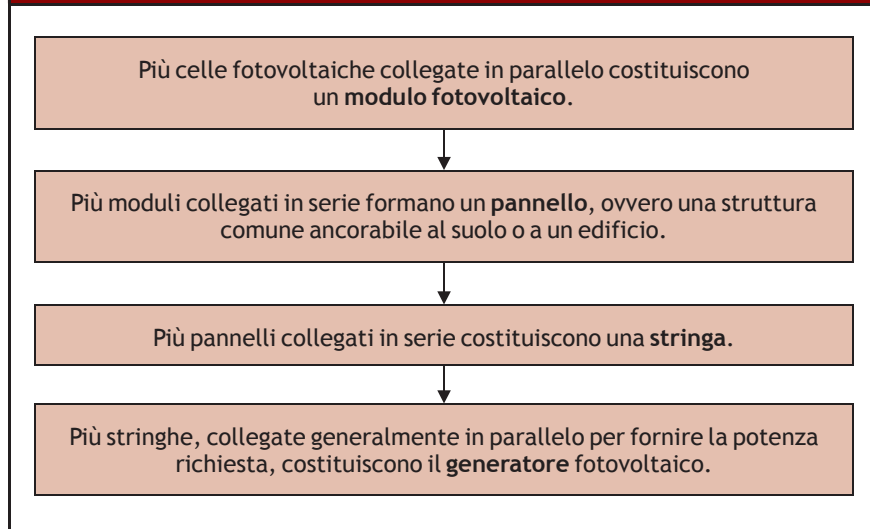
Il loro rendimento^[1] dipende sostanzialmente dai seguenti parametri:

- rendimento dei materiali elettrici;
- tolleranza di fabbricazione percentuale rispetto ai valori di targa;
- irraggiamento e relativa angolazione delle superfici di esposizione delle celle (dispositivo captante);
- temperatura di esercizio dei materiali;
- posizione geografica (latitudine e l'altitudine del sito);
- caratteristiche di assorbimento e riflessività del territorio circostante;
- loro pulizia;
- composizione dello spettro di luce.

Dalla singola cella fotovoltaica si ottiene il generatore secondo il seguente schema:

Questo implica che è possibile virtualmente ottenere energia sempre maggiore, collegando in parallelo più moduli tra loro. Il solo limite dimensionale rimane perciò lo spazio a disposizione per la loro installazione.

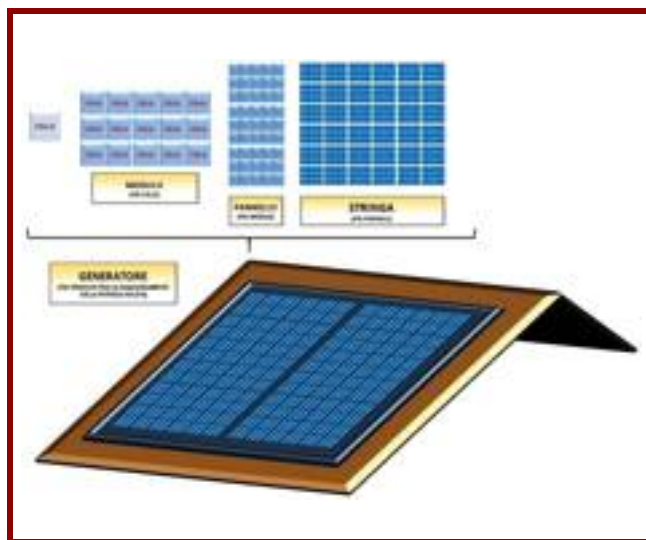
SCHEMA



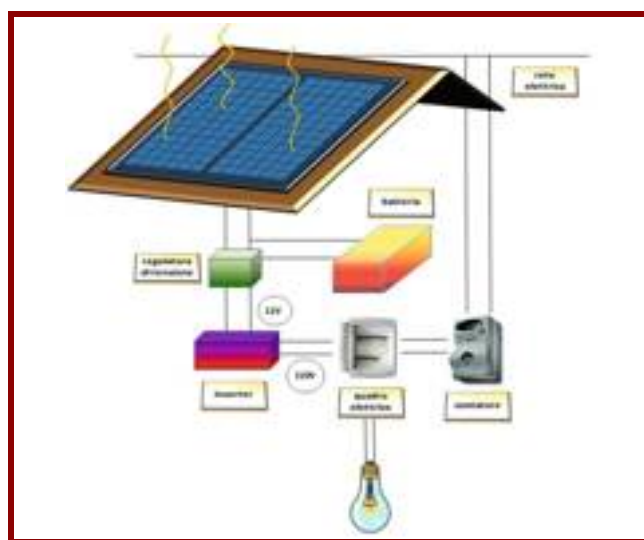
Generatore. Associando più stringhe si ottiene un **generatore fotovoltaico**, il sistema complessivo che converte l'energia solare in energia direttamente utilizzabile dalle fonti (utenze) che richiedono l'uso della corrente elettrica. Il funzionamento è illustrato nello schema in figura 3. È costituito da:

- un *inverter*, che trasforma la corrente continua prodotta dai moduli in corrente alternata;

- un trasformatore (generalmente dentro l'*inverter*);
- un sistema di rifasamento e filtraggio (generalmente dentro l'*inverter*) che garantisce la qualità della potenza in uscita;
- un quadro elettrico e contatore (se il generatore è collegato a una rete elettrica che garantisce la disponibilità di energia in caso di scarsa efficienza del sistema fotovoltaico) che contegna la quanti-



▲ Figura 2 - Schema di un generatore fotovoltaico



▲ Figura 3 - Funzionamento di un generatore fotovoltaico

[1] Il rendimento di un modulo fotovoltaico è dato dalla percentuale di energia captata e trasformata rispetto a quella totale giunta sulla superficie del modulo.

TABELLA 2

CAPACITÀ PRODUTTIVA DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO GRID-CONNECTED PER UNA POTENZA NOMINALE DI 1 kW_p (SUP DI 8m² SE SILICIO MONOCRISTALLINO E 10m² SE SILICIO POLICRISTALLINO)

Posizione geografica	Moduli in silicio monocristallino	Moduli in silicio policristallino	Energia utile per 1 kW _p installato
	kWh/(m ² anno)	kWh/(m ² anno)	kWh/(kW _p anno)
Nord Italia	150	130	1.080
Centro Italia	190	160	1.350
Sud Italia	210	180	1.500
*Esempio costi con impianto stand-alone		*Esempio costi con impianto grid-connected	
1 kW _p installato	Costa € 10.000+iva	1 kW _p installato	Costa € 7.000+iva
1 kWh en. prodotta	Costa € 0,6+iva	1 kWh en. prodotta	Costa € 0,34+iva
*I costi diminuiscono se esistono fonti di finanziamento a fondo perduto			

tà di energia fornita e quella rilasciata in rete.

La variazione di disponibilità di luce solare (che fa funzionare un generatore) dovuta al giorno-notte, i cicli delle stagioni e le condizioni meteorologiche influenzano la produzione di energia elettrica, che risulta quindi incostante. Questo obbliga a collegarsi comunque alla rete elettrica o a dotarsi di batterie che entrano in funzione in caso di necessità.

Efficienza. L'energia prodotta da un sistema fotovoltaico cresce da gennaio a luglio per diminuire nei mesi successivi. Inoltre, anche la posizione geografica influenza la produttività. Quindi, per quantificare l'efficienza di questo sistema di produzione di energia rinnovabile, bisogna considerare anche:

- l'investimento effettuato;
- i finanziamenti ricevuti;
- il costo della manutenzione;
- la durata dell'impianto;
- i kWh prodotti in un anno da quell'impianto specifico.

Confrontando gli ultimi dati forniti dall'*autorità per l'energia elettrica e il gas (AEEG)* nel 2008 (che stabilisce a € 17,187 il costo medio dell'energia elettrica) con quelli stimati dall'**Enea**, l'Ente per le

Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente, riportati nella *tabella 2* (per un pannello fotovoltaico di silicio policristallino installato in Italia centrale con costo di circa € 15.000 + iva e superficie di 16 m², per produrre 160 kWh all'anno, pari a € 0,34 + iva), si nota subito come, senza una forma che ne incentivi o riduca le spese di installazione, installare un pannello fotovoltaico non conviene.

Prestazioni nel tempo. I dati sulle prestazioni nel tempo dei pannelli di diverso materiale e caratteristiche vengono messi a disposizione (e aggiornati) dall'Enea, secondo quanto indicato dalle direttive del Ministero dell'Ambiente.

In generale i dati medi forniti dalle case produttrici, indicano come i moduli abbiano un'efficienza superiore all'80% per almeno 20-25 anni, con una perdita variabile da 0,4% a 1% (dovuta alla perdita di efficacia del materiale semiconduttore), per un periodo di vita media di 40 anni (anche superiore ma con perdita di efficienza sempre crescente).

A loro volta gli impianti fotovoltaici, a seconda che siano autonomi o collegati a una rete elettrica, vengono suddivisi in *stand-alone* o *grid-con-*

nected. A entrambi si aggiungono quindi dei componenti che si aggiungeranno al sistema.

Impianti *grid-connected*

I sistemi connessi alla rete elettrica vengono chiamati **grid-connected** e, nel caso l'energia prodotta non venga utilizzata, viene immessa parallelamente alla rete elettrica e contabilizzata con un contatore a due direzioni, in grado di gestire la corrente in entrata e quella in uscita (*figura 3*).

La connessione alla rete, così come i requisiti dei materiali richiesti e delle apparecchiature, viene regolato dalla normativa italiana. Anche la fornitura di energia proveniente dal fotovoltaico viene regolata dalla normativa nazionale, il cosiddetto **Conto Energia** (si veda il *box 1*).

Allo scopo di favorire l'installazione di queste soluzioni impiantistiche, ovviando all'eccessiva variazione estetica dell'edificio, sono stati realizzati moduli integrabili nella struttura dell'edificio fino a renderli addirittura parte della componentistica da utilizzare nella progettazione e realizzazione architettonica.

In *tabella 4* sono riportati alcuni esempi, suggeriti dall'Enea.

Impianti stand-alone

A differenza degli impianti *grid-connected*, questi impianti non sono collegati a una rete elettrica di distribuzione e sono caratterizzati da un **sistema di batterie** che garantisce l'erogazione di corrente anche quando, a causa della scarsa illuminazione o di avverse condizioni climatiche, l'efficienza dei pannelli si riduce drasticamente.

Tuttavia la corrente generata in questo caso è continua e non alternata: sarà l'*inverter* a trasformarla in corrente alternata, se richiesto dalle tecnologie collegate alla rete. Risulta notevole il vantaggio di utilizzare soluzioni impiantistiche simili nei casi in cui la necessità di corrente elettrica è incompatibile con la presenza fisica della stessa, specie in condizioni geografiche sfavorevoli che non permettono gli allacciamenti diretti.

Anche in questo caso, i sistemi possono essere installati come parti integranti degli edifici, o utilizzate per dare energia a utenze particolari:

- apparecchiature per il pompaggio dell'acqua;
- ripetitori radio;
- stazioni di rilevamento;
- apparecchi telefonici;
- apparecchi di refrigerazione;
- sistemi di illuminazione;
- segnaletica;
- impianti pubblicitari.

Sistemi alternativi

In ultima analisi, risulta utile conoscere i sistemi alternativi a quelli dei pannelli fotovoltaici, poiché puntare sempre su una sola soluzione risulta essere la scelta meno efficiente: la concorrenza e più strade permettono di ottimizzare il rapporto costi/benefici a tutto vantaggio degli utenti finali.

Tra questi sistemi sperimentali, che quindi non sono ancora pienamente sviluppati e su cui non sono presenti dei dati storici a causa della loro re-

BOX 1 CONOSCERE L'AUTORITÀ PER L'ENERGIA DERIVANTE DAL FOTOVOLTAICO

Conto energia fotovoltaico

Il meccanismo di incentivazione degli impianti fotovoltaici denominato Conto Energia, è stato introdotto in Italia dal decreto interministeriale 28 luglio 2005 ed è attualmente regolato dal decreto interministeriale 19 febbraio 2007. Il Conto Energia remunera, con apposite tariffe incentivanti, l'energia elettrica prodotta dagli impianti fotovoltaici per un periodo di 20 anni e prevede:

- la richiesta di concessione delle tariffe incentivanti dopo l'entrata in esercizio dell'impianto;
- un massimo di potenza incentivabile pari a 1200 MW più un periodo di moratoria di 14 mesi (24 mesi per i soggetti pubblici);
- la possibilità di realizzare impianti di qualsiasi taglia superiore a 1 kWp;
- tariffe che premiano maggiormente il grado di integrazione architettonica e l'uso efficiente dell'energia.

Il GSE è il soggetto attuatore che qualifica gli impianti fotovoltaici, eroga gli incentivi ed effettua attività di verifica

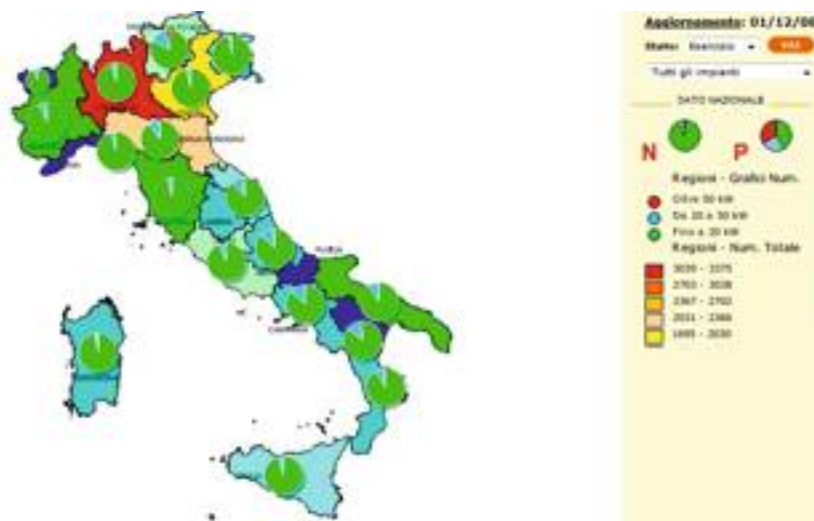


Figura 4 - Distribuzione degli impianti fotovoltaici in esercizio in Italia

Le tariffe riconosciute agli impianti in esercizio ai sensi del decreto 19 febbraio 2007, variabili in funzione della classe di potenza degli impianti e del livello di integrazione architettonica, sono indicate nella *tabella 3*.

Tabella 3 - Tariffe riconosciute agli impianti in esercizio ai sensi del decreto 19 febbraio 2007

Potenza dell'impianto	Non integrato (€/kWh)	Parzialmente integrato (€/kWh)	Integrato (€/kWh)
1 kW <= P <= 3 kW	0,40	0,44	0,49
3 kW < P <= 20 kW	0,38	0,42	0,46
P > 20 kW	0,36	0,40	0,44

cente realizzazione, uno promettente risulta essere quello che sfrutta il **gel fotovoltaico**. Il gel, sostituendo le classiche celle fotovoltaiche con im-

mediati vantaggi applicativi, di costi di produzione e di spazio, permette l'installazione sia su strutture già esistenti che su quelle di nuova costruzione.

Caratteristiche del gel fotovoltaico. Secondo i suoi inventori e i ricercatori che lo stanno sviluppando, si tratta di un gel trasparente (figura 7) a base liquida al cui interno viene innescata una struttura cristallina di silicio.

Per avere un confronto più diretto con i pannelli che usano le celle fotovoltaiche, in *tabella 5* sono riportate alcune caratteristiche del gel. Il confronto con altre soluzioni (*tabella 6*) evidenzia come sia inferiore il costo per la produzione del gel.

Vantaggi. Il gel sfrutta le proprietà di semiconduttore per produrre energia elettrica a partire dall'energia solare, come le celle che andrebbe a sostituire (in tutto o in parte, aumentandone l'efficacia come strato aggiuntivo su di esse).

I vantaggi principali vengono:

- dalla sua applicazione che avviene per iniezione all'interno delle vetrocamere (tipo doppi vetri); risulterebbe quindi maggiore la superficie di esposizione ai raggi solari e quindi maggiore la produzione di energia: una ottimizzazione dell'integrazione dei pannelli fotovoltaici alle strutture architettoniche degli edifici;
- dalla possibilità di utilizzarlo laddove la presenza dei pannelli risulta esteticamente o strutturalmente inutilizzabile;
- bassi costi di produzione.

In questo caso anche per il gel si parlerebbe di applicazione per un impianto *stand-alone* o *grid-connected*.



▲ Figura 6 - Gel Fotovoltaico

Moduli per facciata

I moduli per facciata sono composti di due lastre di vetro fra le quali sono interposte celle di silicio tenute insieme da fogli di resina. La dimensione di questi moduli può variare da 50x50cm a 210x350cm.

L'impiego di questi moduli fotovoltaici può essere di grande utilità come schermi frangisole o per ombreggiare ampie zone nel caso delle coperture.



Figura 5 - Pensilina Fotovoltaica

Sulla **durata** nel tempo ci sono buone prospettive anche se non ancora dati certi, essendo una tecnologia nuova e quindi non sperimentata ancora da molto tempo.

Punti deboli. Essendo la produttività del gel fotovoltaico solo del 50%, al momento questo sistema deve essere necessariamente connesso alla rete (*grid-connected*) elettrica con tutte le necessarie integrazioni necessarie per i pannelli standard. Pertanto questa tecnologia risulta essere un buon punto di partenza per ottenere risultati e applicazioni in molti più campi.

Applicazioni. Una delle applicazioni più interessanti è quella alle finestre/superfici trasparenti, possibile anche in strutture già esistenti posizionando il sistema di collegamento alla rete elettrica (*inverter*).

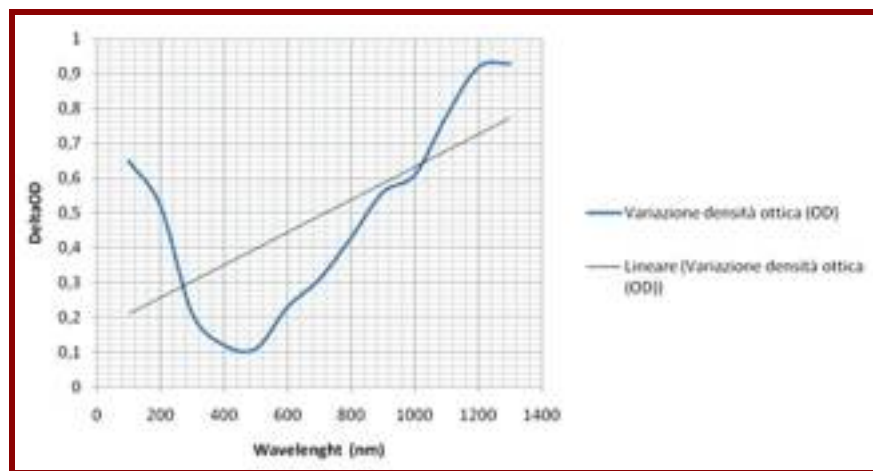
Questo permetterebbe di **beneficiare dei vantaggi**, soddisfacendone i requisiti (in particolare di trasparenza nell'integrazione alle strutture), ottenuti dall'applicazione del nuovo Conto Energia, riportato nel box 1.

La relativa tabella dell'*Allegato 3* del *Nuovo Conto Energia*, riportata nel box 2, chiarisce come siano numerose le potenziali applicazioni e relativi vantaggi del gel.

Le *figure 8, 9 e 10* illustrano alcune immagini di applicazioni e produzione del gel.

Prospettive

In entrambi i casi sia i pannelli fotovoltaici sia il gel fotovoltaico, al di là di materiali di produzione e relativi costi energetici, sono strumenti che



▲ Figura 7 - Diagramma che dimostra come, nello spettro del visibile (380-780 nm), il gel fotovoltaico (strato applicato di circa 8 mm) consenta di mantenere le superfici dei vetri trasparenti

TABELLA 5

CARATTERISTICHE DEL GEL FOTOVOLTAICO

Resa a Metro quadrato vetro singolo:	100 Watt/mq
Modalità d'installazione doppio vetro	per iniezione nella vetrocamera
Modalità d'installazione vetro singolo:	per colata/immersione
Garanzia	20 anni
Costi di produzione	da 1,50 euro a 2 euro al Watt
Prestazioni di picco con insolazione standard	(1000 w/m ²) 97 W/m ²
Densità specifica	1,25 g/cm ³
Tensione di uscita	1,1 – 4,5 V (a seconda dello spessore di installazione e della tipologia dei terminali elettrici)
Spessore standard di applicazione	3 – 12 mm
*% produttività nelle ore notturne	18% – 34%
*% sfruttamento delle ore diurne rispetto a un sistema fotovoltaico tradizionale (di un sistema integrato intelligente ad attivazione notturna)	200%
*Sviluppi Futuri	

TABELLA 6

CONFRONTO RENDIMENTI-COSTI TRA INSTALLAZIONE DEL GEL FOTOVOLTAICO E LE CELLE AL SILICIO PRESENTI SUL MERCATO

Materiale	Rendimento	Costo
Silicio Amorfo	$\eta = 10,3 \%$	5,6 €/w
Silicio Monocristallino	$\eta = 20,5 \%$	8,1 €/w
Film Sottile	$\eta = 9,6 \%$	4,5 €/w
Gel Fotovoltaico	$\eta = 9,7 \%$	1,9 €/w

BOX 2

TABELLA DELL'ALLEGATO 3 DEL NUOVO CONTO ENERGIA

Tipologie di interventi valide ai fini del riconoscimento dell'integrazione architettonica (art. 2, comma 1, lettera b3)	
Tipologia specifica 1	Sostituzione dei materiali di rivestimento di tetti, coperture, facciate di edifici e fabbricati con moduli fotovoltaici aventi la medesima inclinazione e funzionalità architettonica della superficie rivestita
Tipologia specifica 2	Pensiline, pergole e tettoie in cui la struttura di copertura sia costituita dai moduli fotovoltaici e dai relativi sistemi di supporto
Tipologia specifica 3	Porzioni della copertura di edifici in cui i moduli fotovoltaici sostituiscano il materiale trasparente o semitrasparente atto a permettere l'illuminamento naturale di uno o più vani interni
Tipologia specifica 4	Barriere acustiche in cui parte dei pannelli fonoassorbenti siano sostituiti da moduli fotovoltaici
Tipologia specifica 5	Elementi di illuminazione in cui la superficie esposta alla radiazione solare degli elementi riflettenti sia costituita da moduli fotovoltaici
Tipologia specifica 6	Frangisole i cui elementi strutturali siano costituiti dai moduli fotovoltaici e dai relativi sistemi di supporto
Tipologia specifica 7	Balaustre e parapetti in cui i moduli fotovoltaici sostituiscano gli elementi di rivestimento e copertura
Tipologia specifica 8	Finestre in cui i moduli fotovoltaici sostituiscano o integrino le superfici vetrate delle finestre stesse
Tipologia specifica 9	Persiane in cui i moduli fotovoltaici costituiscano gli elementi strutturali delle persiane
Tipologia specifica 10	Qualsiasi superficie descritta nelle tipologie precedenti sulla quale i moduli fotovoltaici costituiscano rivestimento o copertura aderente alla superficie stessa



▲ **Figura 8** - Geometria del progetto di applicazione del Gel Fotovoltaico

utilizzano una fonte energetica pulita, eliminando CO₂ emessa e consumo di notevoli quantità di combustibile fossile. Tuttavia queste fonti non sono ancora giunte alla loro massima efficienza. Inoltre non sono ancora in grado di sostituire totalmente il fabbisogno di energia. Se infatti per una famiglia normale possono arrivare a coprire metà o al massimo 2/3 del fabbisogno annuo, per il settore produttivo che richiede notevoli quantità di energia, le percentuali si abbassano ulteriormente. Questo perché i pannelli hanno una superficie ingombrante mentre gli spazi a disposizione per la

loro installazione non sono altrettanto soddisfacenti, arrivando a coprire il 20-30% del fabbisogno richiesto. Quindi finché questa condizione rimarrà immutata, il settore industriale non avrà mai un utilizzo elevato dei pannelli fotovoltaici. In base a una considerazione qualitativa dell'Enea: «Si può valutare in 30 anni la vita utile di un impianto (ma molto probabilmente essi dureranno molto di più); il che significa che un piccolo impianto da 1,5 kWp, in grado di coprire i due terzi del fabbisogno annuo di energia elettrica di una famiglia media italiana (2.500 kWh), produrrà, nell'arco



▲ **Figura 9** - Esempio di Applicazione del Gel fotovoltaico alle finestre



▲ **Figura 10** - Cella di produzione del Gel fotovoltaico

della sua vita efficace, quasi 60.000 kWh, con un risparmio di circa 14 tonnellate di combustibili fossili, evitando l'emissione di circa 40 tonnellate di CO₂».

Figure 1 - 2 - 3 su gentile concessione di Cautha Solutions Srl

Figura 4: da GSE (Gestore Servizi Elettrici)

Figure 5 - 6 - 7: da ENEA

Figure 8 - 9 - 10 - 11 - 12: da Esco Energy

Tabelle 1 - 2 - 4 a cura di ENEA

Dati in tabella 3 tratti da <http://www.gsel.it/attivita/ContoEnergiaF/servizi/Pagine/NuovoContoEnergia.aspx>

Tabelle 5 - 6 a cura di Esco Energy