

La tecnologia fotovoltaica sta vivendo, in questi ultimi anni, un momento di grande favore da parte del pubblico, soprattutto in relazione alla sua integrabilità nell'involucro edilizio. Questo successo si registra a livello internazionale, in Paesi all'avanguardia nelle attività di ricerca ed applicazione connesse allo sviluppo sostenibile (USA, Giappone, Germania, Olanda, ecc.), ma anche, finalmente, in Italia. Naturalmente si tratta ancora di un mercato di nicchia, ma le cifre riguardanti la crescita progressiva del numero di realizzazioni dimostrano come si possa parlare a pieno titolo di una delle principali fonti di energia pulita a cui si attingerà nell'immediato futuro.

L'unico fattore critico ascrivibile attualmente al fotovoltaico, ad onor del vero, è rappresentato ancora dalla sua scarsa convenienza dal punto di vista strettamente economico. Se da una parte l'energia elettrica generata dalle celle solari ha un impatto sull'ambiente irrisorio rispetto a quella prodotta da combustibili fossili (con emissioni di CO₂, associate al kilowattora prodotto, che si attestano su di un rapporto di 1 a 20 a favore del solare), dall'altra i costi si dimostrano ancora relativamente alti. Produrre elettricità dal sole comporta una spesa superiore, all'incirca, di 3 volte rispetto all'impiego delle tecnologie energetiche convenzionali. In queste valutazioni, però, non vengono mai inclusi i costi ambientali evitati, che, se tenuti nella giusta considerazione, riequilibrano sensibilmente la relazione. Si deve notare, inoltre, che proprio la crescente diffusione delle installazioni ha innescato un circolo virtuoso di ampliamento del mercato e di sviluppo di economie di scala, che si traduce, a sua volta, in una costante diminuzione dei prezzi dei

Fotovoltaico-termico

Sistemi ibridi

Il TIS realizzato al Centro Ricerche FIAT di Orbassano è il primo esempio italiano di integrazione edilizia dei sistemi ibridi fotovoltaico-termici. A prezzi contenuti

Niccolò Aste*

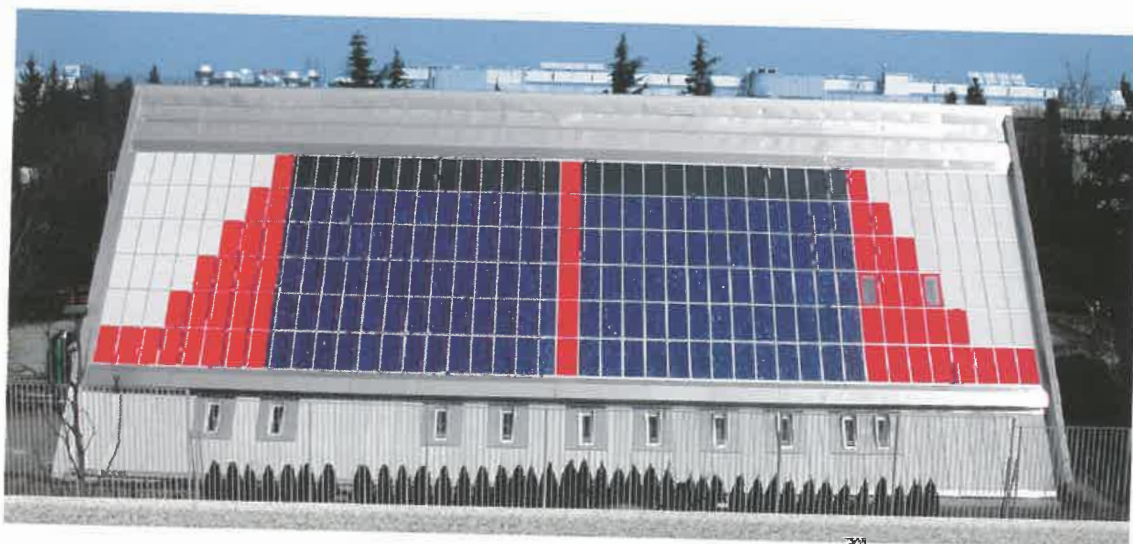
componenti. Le stime più attendibili indicano al 2010 la data in cui si raggiungerà la piena competitività.

Tecnologia ibrida fotovoltaico-termica

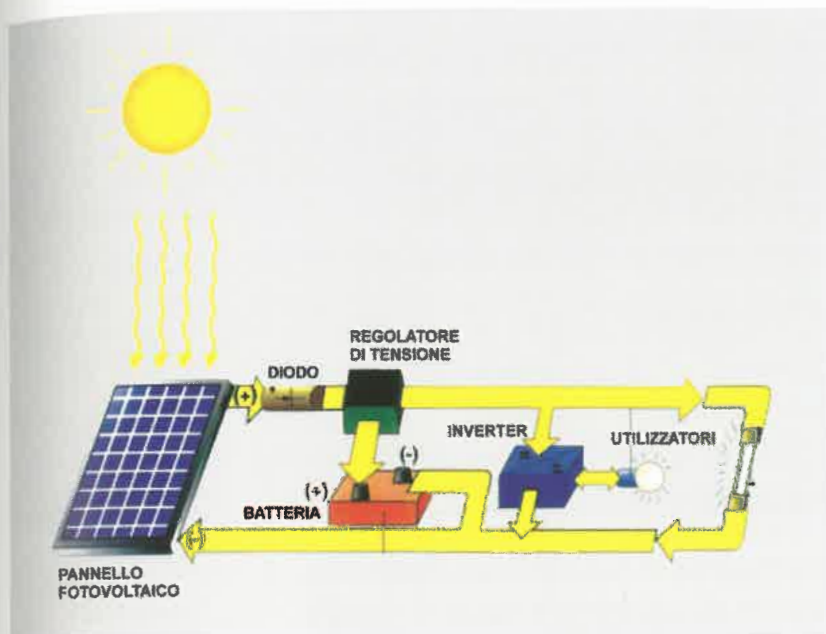
Gli obiettivi su cui si stanno attualmente impegnando il mondo della ricerca e quello dell'industria sono, dunque, lo sviluppo di tecniche di produzione più economiche e la messa a punto di componenti dotati di maggior efficienza. In quest'ambito, un'evoluzione del fotovoltaico estremamente interessante è rappresentata dai sistemi ibridi fotovoltaico-termici.

Un comune modulo fotovoltaico converte in elettricità una quota della radiazione solare intercettata pari a circa il 15%, mentre la

Prospetto sud dell'edificio del Centro Ricerche Fiat di Orbassano. In evidenza la facciata ibrida fotovoltaico-termica.



**Architetto, ricercatore del Dipartimento di Energetica e docente di Fisica Tecnica Ambientale presso la Facoltà di Architettura e di Ingegneria del Politecnico di Milano.*



Schema di un impianto fotovoltaico.

restante frazione viene dispersa sotto forma di calore. Oltre a rappresentare quello che si potrebbe definire uno spreco energetico, questo fattore può essere anche causa di alcuni inconvenienti, come l'alterazione del microclima locale in prossimità delle superfici captanti, il surriscaldamento della porzione di involucro edilizio interessata dall'installazione solare o la perdita di efficienza da parte dei moduli stessi. Una cella fotovoltaica diminuisce le proprie prestazioni, infatti, in maniera lineare con il crescere della sua temperatura operativa. In parole povere: a parità di caratteristiche, un pannello "freddo" rende di più di uno "caldo".

A partire dagli anni '90, queste criticità sono state affrontate congiuntamente attraverso l'introduzione del concetto di tecnologia ibrida fotovoltaico-termica. Abbinando i principi delle due tecnologie solari più diffuse, infatti, si è giunti alla messa a punto di sistemi in grado di cogenerare elettricità e calore per conversione diretta della radiazione incidente. Il principio di base è piuttosto semplice: si tratta di raffreddare le celle trasferendo l'energia termica da esse assorbita ad un fluido (allo stato liquido o gassoso) che ne premetta l'utilizzo successivo. Esistono, attualmente, due soluzioni analoghe ma alternative: l'una più semplice, volta al recupero dell'energia termica tramite ventilazione naturale o forzata delle celle, l'altra basata sull'impiego di fluido termovettore liquido. I relativi componenti si presentano come collettori, ad aria o ad acqua, in cui la piastra assorbente è sostituita da un laminato fotovoltaico. Nei sistemi ibridi ad aria il sandwich fotovol-

taico può essere posizionato secondo differenti configurazioni (come superficie di chiusura esterna oppure all'interno di un'intercapedine). Nel collettore viene fatta fluire dell'aria, prelevata dall'ambiente esterno oppure di ricircolo da quello interno, che raffredda le celle e trasferisce parte del calore da esse prodotto all'interno dell'edificio (tipicamente per scopi di climatizzazione ambientale) o la disperde verso l'esterno.

Nei sistemi ad acqua, l'intercapedine di ventilazione viene sostituita da una serpentina o da una serie di tubicini in cui scorre il liquido. Tra le due ipotesi, la prima sembra godere attualmente di maggior successo, sia dal punto di vista sperimentale che da quello applicativo, per le maggiori efficienze riscontrabili ed i costi più contenuti. L'impiego dell'aria consente, inoltre, di ottenere buone prestazioni soprattutto in campo edilizio, in cui il fluido può essere utilizzato a temperature relativamente basse. A differenza dell'acqua, il basso calore specifico dell'aria le permette di raggiungere un'ideale temperatura operativa senza richiedere una temperatura dell'assorbitore (e quindi delle celle fotovoltaiche) troppo elevata.

Il sistema TIS

Il sistema TIS (Tetto Integrale Solarizzato) nasce con lo scopo di trasferire i risultati delle ricerche e sperimentazioni effettuate presso il Politecnico di Milano sui sistemi fotovoltaici ed ibridi in un componente edilizio commerciale. Nel 2000, infatti, l'azienda SeccoSistemi S.p.A. ha affidato al dipartimento di Energetica un contratto di consulenza per lo sviluppo di un sistema di integrazione per moduli fotovoltaici nell'involucro edilizio che si distinguesse per il carattere innovativo e la praticità nell'impiego.

Il sistema in oggetto è stato studiato, progettato, testato e messo a punto per rispondere a tutta una serie di requisiti giudicati fondamentali.

Innanzitutto, l'idea di base è stata quella di creare un organismo tecnologico di interfaccia, atto a consentire l'inserimento dei pannelli solari in facciata o copertura inclinata e fungere, contemporaneamente, da manto di chiusura esterna. Le tecnologie d'integrazione più diffuse, infatti, permettono la sovrapposizione dei moduli all'involucro edilizio, ma non costituiscono i componenti tradizionali

Il progetto aveva come scopo, al contrario, la realizzazione di un unico sistema, in grado di assolvere sia alle funzioni energetiche che a quelle di impermeabilizzazione e coibentazione dell'edificio.

In secondo luogo, il concetto doveva essere incentrato sulla configurazione ibrida ad aria, e quindi sulla possibilità di retroventilare i laminati fotovoltaici e di recuperare l'energia termica, rendendola disponibile per l'utenza servita.

Un altro punto importante è consistito nella necessità di mettere a punto una struttura che agevolasse la messa in opera e le fasi di manutenzione dell'impianto, fattori generalmente critici nelle installazioni solari, vista la complessità dei componenti in gioco.

Si voleva realizzare, infine, un sistema pratico e flessibile, che consentisse la compresenza di pannelli ibridi, ma anche di collettori termici tradizionali ad aria o ad acqua e di elementi di chiusura non energetici, in modo da poter essere impiegato su tutto l'involucro e non, come avviene per prodotti analoghi, solo nelle parti interessate dall'installazione solare.

Su queste basi e dalle relative considerazioni si è sviluppato, dunque, il TIS, che si presenta come un sistema di rivestimento modulare a scacchiera, in cui, a scelta, è possibile inserire i vari tipi di pannello, al fine di ottenere le dimensioni e le configurazioni impiantistiche più adatte allo specifico caso applicativo.

Scendendo nel dettaglio, il sistema è dotato di una struttura principale di supporto a montanti in alluminio, che viene fissata all'involucro sottostante (muratura perimetrale o soletta di copertura) tramite tasselli chimici o altri sistemi di ancoraggio, in relazione ai casi specifici. I montanti sono dotati superiormente di un meccanismo a pressione atto a consentire l'alloggiamento di laminati fotovoltaici (moduli ibridi), di lastre di vetro (moduli termici), oppure di pannelli in lamiera (moduli ciechi) in maniera tale da garantire il taglio termico ed una perfetta tenuta all'acqua piovana ed alle infiltrazioni meteoriche in genere. All'interno della struttura viene inserito uno strato di coibentazione, posto a contatto con la soletta sottostante, realizzato tramite pannelli scatolari in lamiera, contenenti materiale isolante atto a resistere ad alte temperature (>90 °C), predisposti per l'inserimento tra i montanti in

apposite guide. Questi elementi garantiscono l'isolamento termico della porzione di edificio rivestita e dei moduli nelle differenti tipologie e sono connessi tra loro tramite giunzioni maschio-femmina, in modo da creare un secondo strato di sicurezza di tenuta all'acqua rispetto a possibili infiltrazioni provenienti dall'esterno o dovute a condensa.

Tra la chiusura superiore e la coibentazione inferiore si crea un'intercapedine di 10 cm di spessore, scandita in tanti canali dai montanti, in cui avviene la ventilazione della facciata o della copertura.

I collettori ibridi vengono realizzati tramite l'inserimento di laminati fotovoltaici nella struttura d'integrazione, in qualità di chiusura esterna. Per massimizzare lo scambio radiativo tra laminato fotovoltaico e scatolato di coibentazione, e migliorare, quindi, lo scambio convettivo verso l'aria, la lamiera superiore dello scatolato viene rivestita con uno strato di vernice ad elevato coefficiente di assorbimento nella banda del lontano infrarosso.

Per i moduli ad aria esclusivamente termici, la chiusura esterna viene realizzata con una lastra di vetro singolo temprato ad alto coefficiente di trasmissione nell'intero spettro della radiazione solare. All'interno, sopra lo scatolato, si applica una piastra assorbente in lamiera grecata di rame con trattamento superficiale selettivo basso emissivo a base di ossido di titanio.

Nei collettori ad acqua la piastra assorbente, piana, viene dotata di una rete di circolazione per il riscaldamento del liquido e la circolazione dell'aria nell'intercapedine (che influirebbe negativamente sul trasferimento termico) viene bloccata tramite l'inserimento di setti trasversali in plastica termoresistente.

I moduli ciechi, infine, impiegano come chiusura delle lastre di lamiera irrigidite tramite piegatura ai bordi.

La circolazione dell'aria nel sistema viene assicurata tramite l'installazione, a monte ed a valle del sistema modulare, di canalizzazioni di mandata e di ripresa, che realizzano, con le intercapedini formatesi tra i montanti, un sistema di distribuzione a pettine.

La facciata ibrida del Centro Ricerche Fiat ad Orbassano

La facciata ibrida fotovoltaico-termica del Centro Ricerche FIAT di Orbassano (TO),

Il Progetto

Responsabile scientifico:

prof. F. Butera,
dipartimento BEST,
Politecnico di Milano

Responsabile progetto Ecomensa:

ing. R. Bracco, Centro
Ricerche Fiat

Sviluppo Tetto Integrale Solarizzato:

dipartimento di
Energetica, Politecnico
di Milano

Produzione e installazione TIS:

SeccoSistemi S.p.A.,
Preganziol (TV)

Progettazione facciata ibrida:

prof. ing. G. Chiesa,
arch. N. Aste

Project team:

ing. M. Beccali, arch. V. Finzi,
ing. M. Maistrello,
arch. L. Tagliabue, arch.
S. Verneau, arch. F. Verri

Direzione lavori specialistica:

arch. N. Aste, arch. V. Finzi

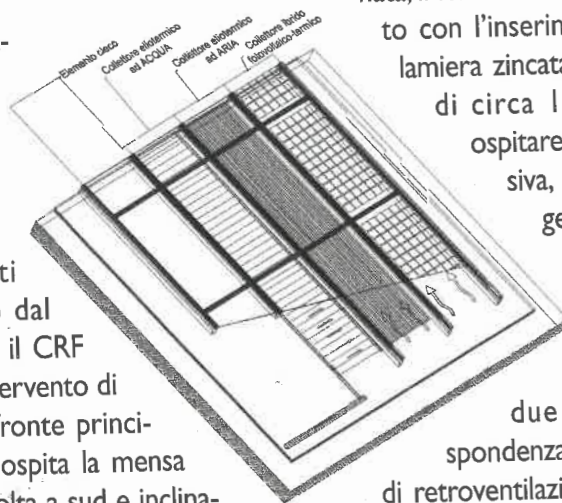


In alto: installazione dei moduli fotovoltaici.

Sotto: completamento della facciata.

A destra: schema del pannello ibrido.

rappresenta la prima realizzazione commerciale del sistema TIS. Nel 2001, in occasione del primo bando regionale di finanziamento relativo al Programma Tetti Fotovoltaici promosso dal Ministero dell'Ambiente, il CRF ha commissionato un intervento di retrofit energetico sul fronte principale del fabbricato che ospita la mensa aziendale. La facciata, rivolta a sud e inclinata di 53° rispetto all'orizzontale, era stata pensata già in principio per lo sfruttamento dell'energia solare ed infatti ospitava un vecchio impianto eliotermico ad acqua, costituito da pannelli di grandi dimensioni applicati sulla parete-soletta ed ormai in disuso. Con questa realizzazione si è voluta recuperare l'originaria filosofia di edificio solare, arricchendola tramite l'applicazione di una tecnologia particolarmente innovativa. L'intervento è consistito nella rimozione del vecchio impianto e nella realizzazione di un



rivestimento continuo a parete ventilata con il sistema TIS, capace di produrre energia solare e di migliorare le caratteristiche termiche dell'involucro.

Il rivestimento solarizzato occupa la fascia centrale della parete inclinata per una estensione totale di circa 426 m^2 (comprese le finiture cieche). Si tratta, in sostanza, di un generatore ibrido fotovoltaico-termico, composto principalmente da 130 moduli contenenti celle in silicio policristallino, installati sulla facciata in modo da creare delle batterie (o fasce canalizzate) parallele dotate di intercapedini continue retroventilate. Gli elementi fotovoltaici producono energia elettrica, mentre l'aria circolante all'interno del sistema consente di recuperare la frazione termica della radiazione incidente e di raffreddare le celle, incrementandone l'efficienza di conversione. Il completamento superiore delle batterie ibride è stato effettuato con moduli eliotermici ad aria, che consentono il postriscaldamento del fluido termovettore in uscita allo scopo di aumentarne ulteriormente la temperatura.

Nelle zone non interessate dall'installazione dei pannelli solari, e cioè nelle parti laterali e nella fascia di mezzera della superficie inclinata, il rivestimento è stato completa-

to con l'inserimento di pannelli in lamiera zincata, per una superficie di circa 150 m^2 , che potrà ospitare, in una fase successiva, un ampliamento del generatore fotovoltaico.

In sostituzione di due dei moduli di finitura, infine, sono state inserite due finestre, in corrispondenza delle quali il sistema di retroventilazione è stato adattato con la creazione di circuiti aeraulici di bypass. Tutti i moduli, fotovoltaici, termici e ciechi sono dotati di intercapedine di ventilazione e di pannelli scolarari di isolamento termico alla base. L'aria circolante all'interno della facciata ventilata viene raccolta dall'esterno tramite una canalizzazione dotata di griglie poste alla base delle stringhe e poi, attraverso quest'ultime, viene convogliata nel canale superiore per essere riutilizzata all'interno dell'edificio a scopo di climatizzazione.