



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

FLORE

Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

Fotovoltaico nelle coperture

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

Original Citation:

Fotovoltaico nelle coperture / L.Ceccherini Nelli. - In: COSTRUIRE IN LATERIZIO. - ISSN 0394-1590. - STAMPA. - 138:(2010), pp. 16-20.

Availability:

The webpage <https://hdl.handle.net/2158/656071> of the repository was last updated on 2018-03-26T20:11:57Z

Terms of use:

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

Publisher copyright claim:

La data sopra indicata si riferisce all'ultimo aggiornamento della scheda del Repository FloRe - The above-mentioned date refers to the last update of the record in the Institutional Repository FloRe

(Article begins on next page)

Fotovoltaico integrato e soluzioni innovative

Il grande sviluppo dell'energia solare fotovoltaica sta interessando in modo significativo anche l'Italia. Si tratta di un incremento non solo di tipo quantitativo, ma anche qualitativo, grazie soprattutto alla disponibilità di soluzioni molto avanzate, sia a livello tecnologico che architettonico.

L'accresciuta sensibilità nei confronti di un più razionale uso delle risorse energetiche e la grande attenzione nei confronti dell'ambiente hanno portato alla nascita di una "cultura energetica" che ha finito per influenzare anche il settore edile. L'edificio non è più concepito come un elemento passivo, molto dispendioso dal punto dei consumi necessari per assicurarne funzionalità e comfort, bensì come strumento di produzione diretta di energia, per soddisfare le richieste in termini di autosufficienza. Per questo, la progettazione dei nuovi edifici "energeticamente intelligenti" viene eseguita sempre più secondo criteri bioclimatici e con l'integrazione di sistemi per la generazione di energia rinnovabile.

Oltre alle comuni realizzazioni di coperture fotovoltaiche, costituite da moduli solari di tipo standard, sempre più frequenti sono gli impianti di captazione dell'energia solare integrati negli edifici, che rappresentano finalmente il giusto modo di produrre energia "alternativa", coinvolgendo, inevitabilmente, nel cambiamento non solo i progettisti, e gli studi di architettura e ingegneria, ma anche enti pubblici, aziende e singoli cittadini.

Oggi giorno, facciate, tetti o altri tipi di coperture fotovoltaiche consentono di disporre di quantità anche ragguardevoli di energia elettrica da fonte rinnovabile, con conseguenti risparmi economici e, nello stesso tempo, testimoniano, in modo anche evidente, una sempre più diffusa "sensibilità ambientale". Non è infatti un caso che questi sistemi vengano spesso installati nei palazzi degli uffici di società che vedono nel fotovoltaico un ottimo mezzo per "elevare" l'immagine dell'azienda.



Eden Park. Centro per la sostenibilità, UK.

cui insiste sono ovviamente già coperti. Nel caso di tipologie di integrazione legate anche a soluzioni bioclimatiche, come i sistemi di ombreggiamento e le facciate ventilate, un componente costruttivo per la captazione fotovoltaica può anche incidere direttamente sulla riduzione dei costi di gestione termica dell'edificio, ad esempio, per il raffrescamento artificiale.

Nel campo dell'integrazione architettonica dei sistemi fotovoltaici, negli ultimi anni si sta facendo strada una concezione evolutiva del loro impiego, finalizzata a recuperare, sotto forma di calore, la frazione di radiazione solare incidente sui moduli, ma non convertita in elettricità, da impiegare all'interno dei fabbricati. Si parla, allora, di sistemi ibridi fotovoltaici-termici, pensati per la cogenerazione di elettricità e calore da fonte solare.

Recenti studi e sperimentazioni, svolti con l'obiettivo di fornire una soluzione ottimale e simultanea a queste problematiche, hanno consentito recentemente di disporre di moduli ibridi (fotovoltaico e termico) con costi competitivi, in grado di essere utilizzati come sistemi integrati negli edifici, la cui applicazione dovrà essere studiata e progettata in modo tale da ottenere i maggiori vantaggi possibili. È proprio all'inizio, nella fase di progettazione, che è opportuno valutare attentamente se ci sono le condizioni favorevoli per la loro applicazione, quali le più adatte condizioni macro e microclimatiche, la presenza o meno di ostruzioni fisiche che possano ostacolare la radiazione solare. Il fotovoltaico dovrà quindi essere parte dell'idea iniziale del progetto e dovrà essere in grado di rispondere sia alle esigenze estetiche formali, sia a quelle più strettamente legate a funzioni e prestazioni dell'edificio.

È evidente come la sostituzione del materiale da costruzione con un prodotto dotato di caratteristiche fotovoltaiche consenta di dedurre il valore del primo dal costo totale dell'impianto di captazione.

Posizionamento

Le caratteristiche del sito influiranno sul progetto e determineranno in modo sostanziale dove e come inserire un sistema fotovoltaico nell'edificio. In aree urbane ad alta densità, particolare attenzione dovrà essere posta per evitare le ombre proiettate da edifici vicini sulla superficie dei moduli fotovoltaici, che portano inevitabilmente alla diminu-

Conto energia 2010

Il decreto relativo al cosiddetto "Conto Energia" ha notevolmente incentivato l'uso del fotovoltaico integrato, perché ha finalmente indirizzato committenti, tecnici e impiantisti a valutare questa particolare tecnologia non solo come un impianto ma anche come un vero e proprio componente da costruzione.

Secondo l'*International Solar Energy Society*, in Italia, entro il 2040, il fotovoltaico garantirà il 24% dell'energia globale. L'obiettivo del governo italiano è di arrivare nel 2016 a 3 mila megawatt prodotti (fonte Sole 24 ORE). Le previsioni per il futuro sono molto ottimistiche: nonostante la crisi economica e l'incertezza, si prevede che il mercato mondiale del fotovoltaico raggiungerà 22 GW entro il 2013.

Il 12 luglio 2010, la Conferenza Stato-Regioni ha approvato l'ultima bozza del "Conto Energia" che regolerà l'erogazione delle tariffe incentivanti per la produzione di energia elettrica da impianti fotovoltaici per il triennio 2011-2013. Il nuovo decreto entrerà in vigore il primo gennaio 2011 e varrà sino a tutto il 2013; in particolare, le linee guida per l'attuazione dell'Art. 12 del D.Lgs. 387/2003 riguarderanno le modalità per il rilascio dei permessi a costruire gli impianti a fonte rinnovabile in modo da fare chiarezza sui sistemi autorizzativi.

Tra le novità, rispetto al precedente decreto, è da segnalare la divisione degli impianti in diverse classi di potenza con incentivi decrescenti: da 1 a 3 kW, da 3 a 20 kW, da 20 a 200 kW, tra 200 e mille kW, da mille a 5 mila kW, oltre 5 mila kW.

Nel corso del 2011, sono previste tre variazioni di tariffe con un calo del 6% ogni quadrimestre; la diminuzione finale sarà del 18% rispetto ad oggi e scenderà ancora del 6% l'anno sia nel 2012 che nel 2013. La potenza complessiva incenti-



Impianto a celle colorate a Barcellona - Schott Solar Iberica (foto: I Hagemann).

zione dell'efficienza del sistema. È per questo motivo che sono le superfici più alte ad essere le più adatte ad ospitare i moduli, perché sono le meno soggette a questo tipo di inconvenienti. Anche negli impieghi su facciate verticali, orientate ad est ed ovest, i moduli fotovoltaici possono funzionare bene anche con angoli vicini ai 90°, con una resa pari a circa il 60% rispetto a quella ottimale assicurata da un orientamento a sud.

Tipologie di integrazione

Prima di iniziare la progettazione di un sistema fotovoltaico da integrare in un edificio, è molto importante analizzare ogni possibile soluzione di applicazione, determinandone l'impatto sull'intero bilancio energetico e l'efficienza energetica del complesso nel suo insieme. L'integrazione dei sistemi fotovoltaici in un organismo edilizio può essere classificata in due modi sostanzialmente diversi: nelle ristrutturazioni e negli edifici di nuova costruzione. Le diverse applicazioni dei sistemi fotovoltaici possono poi avvenire sulle facciate, sui tetti piani e inclinati, come elementi di protezione e controllo solare. Le tecnologie che consentono una buona integrazione dei sistemi fotovoltaici devono, inoltre, essere in grado di fornire risposte efficaci in termini di estetica, resistenza agli agenti atmosferici, tenuta al vento e facilità di manutenzione.

Ventilazione dei moduli

La temperatura dei moduli fotovoltaici dovrebbe essere tenuta sempre al di sotto di determinati valori in modo da ottimizzare l'efficienza. Ciò può essere fatto in diversi modi; ad esempio, assicurando una idonea ventilazione attraverso bocchette di aerazione, oppure utilizzando sistemi di ventilazione dell'edificio: per tale motivo, le facciate ventilate risultano molto idonee all'applicazione del fotovoltaico.

Riuso del calore prodotto dai moduli

Mentre nei periodi caldi dell'anno è necessario dissipare all'esterno il calore di ritorno dei pannelli fotovoltaici, questo invece può essere riutilizzato nelle stagioni fredde per riscaldare l'edificio.

A tale scopo, possono essere adottate diverse tecnologie, tra le quali l'uso di condotti di aerazione che spostano l'aria calda da una parte all'altra della costruzione; oppure il calore può essere impiegato per trasmissione diretta sull'involucro edilizio e reimesso nei sistemi di riscaldamento sia di tipo passivo che attivo.

Certi pannelli incorporano una serpentina di tubi collegata alle condutture di acqua calda: il calore prodotto dalle celle viene così ceduto all'acqua utilizzata per uso domestico, oppure viene impiegato per riscaldare gli ambienti in inverno. Si sfrutta così una quantità di energia che altrimenti andrebbe persa e, contemporaneamente, si abbassa la temperatura del modulo fotovoltaico aumentandone l'efficienza.

Elementi di rivestimento

In alcuni casi, l'integrazione del fotovoltaico in edilizia può essere ottenuta direttamente attraverso gli elementi di rivestimento dell'edificio. Il modulo fotovoltaico può essere utilizzato, ad esempio, in sostituzione di lastre in pietra naturale, o di componenti metallici, o di qualsiasi altro materiale impiegato all'esterno.

I moduli dovranno necessariamente poggiare sulla stessa sottostruttura concepita per il sostegno del rivestimento e, possibilmente, avere le stesse dimensioni e le stesse caratteristiche di resistenza meccanica e agli agenti atmosferici. Questo tipo di intervento prevede di utilizzare ampie superfici sulla facciata sud. Al fine di ottenere la migliore integrazione architettonica possibile dei sistemi fotovoltaici negli edifici e ridurre al minimo la manutenzione degli impianti, è necessario utilizzare materiali facili da mantenere e resistenti ad ambienti chimicamente aggressivi.

vabile, che ora è di 1.200 MW, arriverà a 3 mila. Inoltre, si aggiungeranno altri 200 MW per il fotovoltaico a concentrazione e 300 MW per gli impianti integrati con caratteristiche innovative. Nel nuovo decreto non è più presente la definizione degli impianti "non integrati", "parzialmente integrati" ed "integrati": ora le categorie si dividono in "altri impianti" e "impianti realizzati su edifici". Vengono individuati anche dei premi del 5% in base alle aree in cui sorge l'impianto (discariche, cave, ex aree industriali, siti da bonificare) e se installato in sostituzione di coperture in "eternit".

Altre novità del nuovo "Conto Energia" sono, innanzitutto, all'art. 3, ove vengono fissati gli obiettivi ed i limiti massimi di potenza elettrica cumulativa incentivabile. In particolare, l'obiettivo di potenza fotovoltaica cumulata da installare entro il 2020 viene stabilito in 8.000 MW (attualmente è poco superiore a 1.000 MW), mentre viene fissato un tetto di 3.000 MW di potenza fotovoltaica incentivabile, a cui si possono sommare:

- 200 MW per impianti integrati;
- 150 MW per gli impianti a concentrazione (cioè che concentrano la radiazione solare su celle fotovoltaiche).

Intervallo di potenza kW	A		B		C	
	realizzati in data successiva al 21/12/2010 ed entro il 30/04/2011		realizzati in data successiva al 30/04/2011 ed entro il 31/08/2011		realizzati in data successiva al 31/08/2011 ed entro il 31/12/2011	
	realizzati sugli edifici	altri impianti	realizzati sugli edifici	altri impianti	realizzati sugli edifici	altri impianti
	€/kWh					
1 ≤ P ≤ 3	0,401	0,358	0,390	0,345	0,380	0,333
3 < P ≤ 20	0,372	0,334	0,357	0,319	0,342	0,304
20 < P ≤ 200	0,353	0,315	0,338	0,300	0,323	0,285
200 < P ≤ 1.000	0,348	0,304	0,331	0,285	0,314	0,266
P > 1.000	0,337	0,298	0,316	0,277	0,295	0,257

Fasce di potenza e tariffe incentivanti in funzione del periodo di realizzazione dell'impianto.

In pratica, per un impianto di piccole dimensioni posto coprire la copertura di potenza compresa tra 1-3 kW, si ha una riduzione della tariffa di



Tegole fotovoltaiche in "cotto": ciascun elemento alloggia dalle 3 alle 4 celle in silicio poli o monocristallino.

Coperture in laterizio con fotovoltaico integrato

La diffusione dei sistemi fotovoltaici, che permettono di ricavare energia dal sole per alimentare la rete elettrica, si scontra sempre più spesso con una particolarità del patrimonio edilizio italiano: oltre il 40% del territorio è, infatti, sottoposto a vincoli storico/paesaggistici. Ciò richiede, pertanto, la necessità di individuare modalità d'intervento in grado di conciliare l'impiego dei "tetti in laterizio" con l'inserimento dei moduli fotovoltaici.

La ricerca di nuove ed efficaci soluzioni per l'integrazione architettonica e la mitigazione dell'impatto paesaggistico hanno favorito lo sviluppo delle così dette "tegole fotovoltaiche", impianti solari trasformati in elementi architettonici innovativi, che possono sostituire i tradizionali sistemi di copertura, permettendo la totale integrazione del fotovoltaico negli edifici. L'idea di integrare delle celle fotovoltaiche sulla superficie dell'elemento costituente il manto della copertura, anziché assemblarle in un unico pannello da sistemare sovrapposto alla falda, è una tra le soluzioni più innovative proposte recentemente dal mercato. Le tegole fotovoltaiche si differenziano dai più comuni impianti a pannelli totalmente integrati per il fatto di essere sistemi composti da moduli di captazione che riprendono il *design* delle tegole tradizionali (coppi, tegole, marsigliesi, ecc.), tanto che non si percepiscono a distanza e trasformano il tetto dell'edificio in un generatore di energia elettrica senza modificarlo nell'aspetto estetico.

Le tegole fotovoltaiche sono state sviluppate e prodotte già a partire dagli inizi degli anni '90, quando è cresciuta l'attenzione al *design* degli impianti fotovoltaici; ma è solo negli ultimi tempi che la loro diffusione si è fatta più incisiva. Attualmente, sono disponibili diverse tipologie di tegole fotovoltaiche a film sottile e con celle in silicio mono o policristallino che si distinguono in base alla conformazione e alla tecnologia utilizzate per la loro produzione: sono per lo più tegole in "cotto" con la morfologia tipica dell'elemento tradizionale, su cui vengono installate delle celle solari.

Alcuni di questi prodotti hanno forma più quadrata rispetto a quelli tradizionali, per consentire di avere una superficie di appoggio delle celle solari più ampia possibile. L'impasto è di tipo ceramico atomizzato, per avere una maggiore resistenza agli urti ed assorbire una minore quantità di acqua e di calore. Le tegole "solari" si montano come una normale tegola garantendo un manto di copertura molto stabile; nella maggior parte dei casi, è possibile ottenere circa 1 kWp con una superficie di circa 10-20 m².

A tale riguardo, nella costruzione o ristrutturazione del tetto va prevista un'adeguata canalizzazione necessaria per raggruppare il cablaggio tra le diverse celle e tra queste l'inverter (o quadro di interfaccia). Le tegole sono facilmente intercambiabili ed anche le cellule fotovoltaiche possono essere sostituite, nel tempo, con elementi a rendimento superiore. Il campo di applicazione per questa tipologia di tegole è generalmente valido per tutti i tipi di tetti, ma bisogna avere una cura particolare nella valutazione delle ombre e nel corretto cablaggio dei diodi fra le "stringhe" di tegole collegate in serie.

Requisiti di installazione delle tegole "solari"

Per un corretto funzionamento del prodotto sono necessarie una buona inclinazione della falda e una giusta esposizione dell'edificio. Le singole tegole sono elettricamente collegate tra loro in parallelo, costituendo un unico grande pannello solare. Ciascuna tegola "solare" è in grado di funzionare autonomamente dalle altre vicine, grazie ad un diodo di *bypass*: se una tegola si guasta, tutte le altre continuano comunque a produrre energia.

Queste soluzioni consentono una facile installazione in quanto adottano un sistema di unione ad innesto che non richiede attacchi meccanici sul tetto; non sono necessarie tecniche particolari per la messa in opera: le tegole "solari" si incastrano esattamente come le tegole convenzionali e si inseriscono nelle coperture esistenti senza dover intervenire sulla statica del tetto, sull'aspetto o sulla forma; per la posa non c'è bisogno di elettricisti, che interverranno in un secondo momento per il collegamento dell'impianto agli inverter.

Se l'edificio non è sottoposto a vincoli, non è necessario alcun particolare permesso per l'installazione di questo tipo di copertura, mentre se l'edificio è soggetto a tutela si dovrà richiedere l'autorizzazione alle autorità competenti.

A fine ciclo vita, le tegole in "cotto", dopo essere state separate dalle celle fotovoltaiche e dai connettori elettrici, sono riciclabili al 100%.

Soluzioni tecnologiche avanzate

Grazie al grande sviluppo del settore fotovoltaico, sono stati messi in produzione componenti innovativi per una migliore ed efficiente integrazione architettonica, utilizzando sia film sottili che stratificazioni poli e monocristalline.

Tegole fotovoltaiche e facciate "multifunzionali" costituiscono oggi un grande ambito di sperimentazione che consentirà ai progettisti di integrare il fotovoltaico, sempre più facilmente con una elevata valenza architettonica.

A livello tecnologico, l'impiego del film sottile sopperirà alla scarsità di silicio ed avrà una grande espansione per le alte prestazioni, il costo contenuto, la duttilità nell'uso e la varietà cromatica ottenibile.

circa il 10%, passando da 0,422 a 0,380 €/kWh. Maggiore è invece la riduzione per gli impianti di potenza superiore: infatti, per un impianto a terra da 1 MW (o più grande) la tariffa incentivante passa da 0,346 a 0,257 €/kWh, con una riduzione complessiva di circa il 25,7%.

Diversamente, per gli impianti integrati con caratteristiche innovative (definiti come impianti che utilizzano moduli e componenti speciali, sviluppati specificamente per sostituire elementi architettonici, e che rispondono ai requisiti costruttivi e alle modalità di installazione indicate nell'allegato A del decreto), la tariffa incentivante fino al 31/12/2011 risulta così articolata: intervallo di potenza $1 \leq P \leq 20$ kW, tariffa 0,44 €/kWh; $20 \leq P \leq 200$ kW, tariffa 0,4 €/kWh; $P > 200$ kW, tariffa 0,37 €/kWh.

Per gli anni successivi al 2011, la tariffa verrà ulteriormente decurtata del 2% all'anno, con arrotondamento alla terza cifra decimale.

Nel caso di impianti a concentrazione (potenza nominale non inferiore a 1 kW e non superiore a 5 MW; conformi alle caratteristiche previste dall'allegato 1 al decreto; realizzati con componenti di nuova costruzione o comunque non già impiegati in altri impianti; collegati alla rete elettrica o a piccole reti isolate, in modo che ogni singolo impianto fotovoltaico sia costituito da un unico punto di connessione alla rete), le tariffe incentivanti sono le seguenti: intervallo di potenza $1 \leq P \leq 200$ kW, tariffa 0,32 €/kWh; $P > 200$ kW, tariffa 0,28 €/kWh.

Ricerca e applicazione

Il centro di ricerca "Abita" e gli uffici tecnici dell'Università degli Studi di Firenze si sono impegnati, negli ultimi anni, nell'integrazione architettonica del fotovoltaico, contribuendo alla realizzazione di diverse soluzioni integrate in edifici universitari ed altre opere pubbliche. L'idea è stata quella di creare nel Polo Scientifico di Sesto Fiorentino un'area con edifici che utilizzino fonti rinnovabili, integrando il fotovoltaico nell'architettura esi-

Facciate ventilate in laterizio con fotovoltaico integrato

Un altro importante ambito di integrazione del fotovoltaico è costituito dalle facciate ventilate in laterizio, che, alternate a rivestimenti in pannelli fotovoltaici, anche di tipo standard, possono dare luogo a soluzioni estetiche innovative ed al contempo particolarmente performanti per le prestazioni dei pannelli fotovoltaici, i quali necessitano di una buona ventilazione per il loro corretto funzionamento.

La facciata ventilata rappresenta, nel panorama della tecnica edilizia contemporanea, un sistema tecnologico innovativo di costruzione costituito da uno strato isolante (interno) applicato direttamente alla struttura portante di elevazione e da uno strato di rivestimento (esterno) vincolato all'edificio per mezzo di un'apposita struttura di ancoraggio. Tra isolante e rivestimento esiste un'intercapedine d'aria che, per "effetto camino", attiva un'efficace ventilazione naturale, con notevoli benefici per l'intero sistema.

Le tecniche oggi disponibili consentono di realizzare sistemi di facciata molto performanti in quanto in grado di assicurare:

- affidabilità della tenuta all'acqua;
- riduzione dei rischi di fessurazione e distacco, tipici dei rivestimenti applicati direttamente sul supporto murario;
- facilità di posa e di manutenzione;
- maggiore protezione della struttura muraria dall'azione degli agenti atmosferici;
- maggior comfort estivo ed invernale;
- significativo risparmio energetico;
- produzione di energia pulita.

In molti dei recenti interventi costruttivi, significativi risultati architettonici sono stati spesso raggiunti attraverso l'utilizzo di materiali tradizionali come il "cotto".

In linea generale, nelle facciate ventilate in laterizio, gli elementi dello strato protettivo, a contatto con l'esterno, vengono posizionati – ancorandoli meccanicamente alla struttura retrostante – ad una distanza minima di 3 cm dal tamponamento interno della costruzione (o dall'eventuale strato di isolamento) in modo da ottenere un'intercapedine con una lama d'aria in movimento capace di assicurare una ventilazione naturale. Nelle soluzioni che integrano il fotovoltaico nella facciata ventilata in "cotto", si adotta la stessa stratificazione già collaudata negli impieghi standard, composta da:

- supporto murario interno;
- intercapedine d'aria;
- sistema meccanico di ancoraggio;
- rivestimento esterno alternato tra elementi in laterizio e pannelli fotovoltaici fissati alla stessa struttura di ancoraggio.

Lo strato esterno, definito tecnicamente anche 'strato di tenuta', svolge così sia il ruolo funzionale di protezione degli elementi interni dagli agenti meteorici, sia quello rappresentativo e caratterizzante, sotto il profilo architettonico, dell'edificio.

I pannelli fotovoltaici, dunque, possono imprimere all'opera realizzata una connotazione più contemporanea ed energeticamente più efficiente, mantenendone inalterate le prestazioni tecnologiche.

Considerazioni conclusive

Il fotovoltaico completamente integrato nell'architettura degli edifici può rappresentare

una valida soluzione anche e soprattutto nei centri storici, dove l'impatto visivo assume maggiore importanza.

Se gran parte del mercato della produzione di energia da fonti rinnovabili oggi ruota attorno ai grandi interventi, non per questo il settore residenziale è relegato ad un ruolo secondario.

Grazie agli attuali sistemi di incentivazione ("conto energia") che premiano il piccolo impianto, i sistemi di captazione solare sulle coperture si rivelano molto interessanti, sia come ritorno economico per operatori e investitori, sia dal punto di vista ambientale e sociale: i vantaggi economici (e dunque anche i contributi pubblici degli incentivi) in questo segmento vengono ridistribuiti tra le famiglie che si dotano degli impianti, così che il fotovoltaico può dare il suo contributo energetico senza occupare territorio ma anzi, spesso, stimolando un'edilizia veramente innovativa.

stente, in modo da costituire un punto di attrazione e di formazione per operatori del settore e studenti che frequentano il polo universitario e, al contempo, risparmiare energia: circa 80.000 kWh anno. L'impianto fotovoltaico dell'edificio universitario "Aule e Biblioteca" di Sesto Fiorentino è un esempio interessante di integrazione, con frangisole che utilizzano moduli fotovoltaici standard, vetro-tedlar (20 kWp). L'impianto è stato co-finanziato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare attraverso il programma "Tetti fotovoltaici" e con il contributo europeo per la ricerca "PV Enlargement". Un'altra interessante realizzazione è quella dell'edificio "residenze universitarie" di via del Mezzetta a Firenze che utilizza moduli fotovoltaici in film sottile integrati nella copertura metallica (22 kWp) per una produzione annua di circa 27.000 kWh anno. Nei laboratori di Fisica a Sesto Fiorentino, l'integrazione architettonica del fotovoltaico è stata realizzata sul fronte sud: una struttura posta davanti alla facciata alloggia moduli fotovoltaici vetro-tedlar; il sistema ombreggia con i frangisole fotovoltaici l'edificio contribuendo alla produzione di energia, migliorando il comfort termico e riducendo il surriscaldamento dei mesi estivi (50 kWp). Questo impianto, come il precedente, è stato co-finanziato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare nell'ambito del programma "Misura 3 – Impianti fotovoltaici di alto pregio architettonico/paesaggistico ed elevata replicabilità negli edifici pubblici". Sempre a Firenze, la serra fotovoltaica del nuovo ospedale pediatrico Meyer è stata realizzata con moduli fotovoltaici vetro-vetro ed intercapedine d'aria posti su superficie curva con diverse densità di celle fotovoltaiche (31 kWp), produttività 40.000 kWh anno (impianto co-finanziato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con il programma di incentivazione "Alta valenza architettonica").



Azienda elettrica a Pirnanses, Germania (foto: I Hagemann). La stessa struttura della facciata ventilata in "cotto" supporta i moduli fotovoltaici di tipo standard, che garantiscono una buona tenuta agli agenti atmosferici, continuità dello strato ventilazione e produttività di energia.