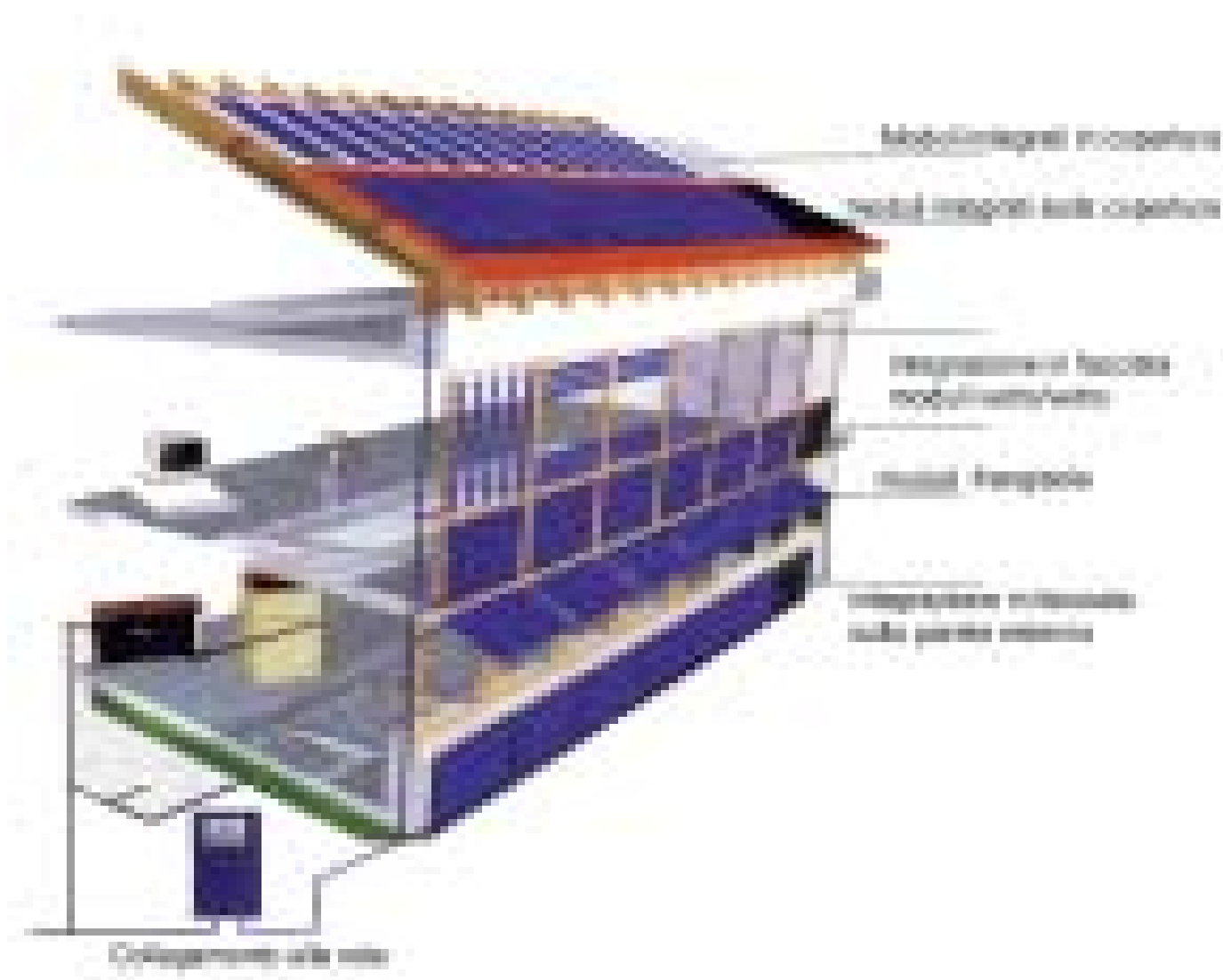


Parte Quarta

Formulazione di un repertorio tipologico

La tecnologia fotovoltaica integrata negli edifici, non solo presenta i requisiti di qualità propri dei materiali da costruzione (resistenza meccanica, impermeabilità, isolamento termico e acustico, schermatura e protezione dal fuoco), ma offrono notevoli soluzioni con un'alta valenza architettonica, grazie anche alla loro versatilità e modularità.

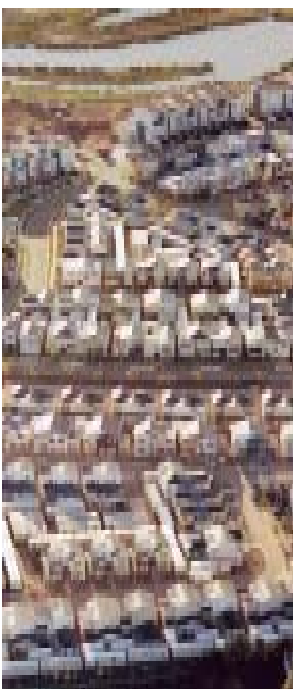


Introduzione

In questo capitolo verrà trattato l'argomento più importante di questo studio, "l'integrazione dei sistemi FV negli edifici" e attraverso questa trattazione, desunta da una serie di esempi (analizzati nelle appendici) e dallo studio di componenti innovativi, sarà formulato un repertorio tipologico descritto da disegni ed esempi.



Amersfoort, Olanda.
1,3 MW



Tetti solari in un villaggio in Israele

4.1. Integrazione dei sistemi FV come valida soluzione energetica nelle aree urbane e nella riqualificazione urbana come risorsa a basso impatto ambientale.

L'integrazione fotovoltaica negli edifici permette di produrre energia elettrica nei centri urbani senza destinare parte del territorio alle centrali elettriche, evitando così ulteriori fattori di inquinamento.

Circa un quarto del fabbisogno energetico delle aree urbane può essere potenzialmente soddisfatto tramite l'installazione di sistemi fotovoltaici integrati negli edifici più idonei. Inoltre, questa capacità può ancora crescere in futuro, con il miglioramento dell'efficienza delle celle FV.

In tutta Europa si stima un rilevante potenziale per l'integrazione del fotovoltaico negli edifici, se nei paesi del Sud il potenziale è rappresentato dalla forte presenza di radiazione solare, nei paesi del Nord la maggiore superficie edificata disponibile compensa il minor livello di radiazione solare.

La valutazione del potenziale diventa valido strumento di pianificazione che può essere usato in accordo con le strategie per uno sviluppo sostenibile, come ad esempio l'Agenda 21 locale. Questo implica però che si valutino tre aspetti fondamentali: la disponibilità di radiazione solare, l'efficienza dei sistemi e la superficie degli edifici a disposizione.

4.1.1. Problematiche di ordine generale

La sostituzione del materiale da costruzione con un prodotto FV consente di dedurre il valore del primo dal costo totale dell'impianto FV.

Gli esempi analizzati come casi studio (nel capitolo 5 e nelle appendici) hanno lo scopo di fornire, le conoscenze di base indispensabili per affrontare la progettazione dei sistemi fotovoltaici integrati all'edilizia. L'idea di integrare il FV nell'edilizia ci porta, come primo risultato, a considerare l'impianto da un punto di vista completamente diverso:

- ▶ se l'impianto è parte integrante dell'edificio, i costi della sua struttura di supporto e del terreno su cui insiste sono già coperti;
- ▶ nel caso di tipologie di integrazione legate anche a soluzioni bioclimatiche, come gli elementi di ombreggiamento e le facciate ventilate, un componente costruttivo FV può anche incidere direttamente sulla riduzione dei costi di gestione termica dell'edificio, ad esempio sul raffrescamento artificiale;
- ▶ esiste un beneficio economico particolarmente interessante legato al FV in generale all'interno degli edifici, in particolar modo di quelli commerciali, il consumo della maggior parte dell'energia richiesta avviene durante il giorno, quando que-

sta e più costosa;

- ▶ l'energia prodotta dal FV e utilizzata nell'edificio fa risparmiare al proprietario i costi di picco dell'equivalente elettricità acquistata dall'ente erogatore. Inoltre l'elettricità prodotta in eccedenza potrà essere ceduta dal proprietario, all'ente erogatore e riacquistata, all'occorrenza, in fasce più economiche, come quelle serali e notturne;
- ▶ esiste infine una componente "sociale" che caratterizza questo nuovo modo di produrre energia: i generatori FV convenzionali sono di consuetudine di proprietà di enti erogatori che vendono elettricità ai loro clienti. Il FV integrato alla costruzione, invece, appartiene al proprietario dell'edificio. L'energia prodotta è integralmente di sua proprietà e sarà in buona parte utilizzata direttamente dalle sue utenze.

In tal modo si creano i presupposti per un nuovo concetto di produzione locale di energia, una sorta di distribuzione capillare del sistema produttivo composto da medi, piccoli e piccolissimi generatori FV strettamente integrati negli elementi edilizi e nelle infrastrutture urbane.

4.1.2. Considerazioni progettuali

L'inserimento della tecnologia FV trova non facile applicazione nei processi progettuali e nella mentalità di alcuni tecnici. Tale difficoltà è da imputare da una parte, alla relativa novità della tecnologia FV, molti tecnici non hanno ancora avuto modo di informarsi ed acquisire una conoscenza necessaria ad affrontare queste problematiche, e dall'altra il fatto che la progettazione solare è spesso vissuta come una limitazione delle potenzialità estetiche e funzionali dell'edificio. Il problema potrebbe porsi se affrontato cercando semplicemente di sovrapporre il FV sulla costruzione o, ancor peggio, di mascherarlo all'interno delle strutture dell'edificio. Occorre piuttosto esaltarne le potenzialità estetiche e tecnologiche, ponendo la componente energetica alla base del linguaggio progettuale da attuarsi sin dalle prime fasi della progettazione edilizia. Da qui l'esigenza di uno strettissimo connubio tra FV ed edificio. Il componente può apportare interessanti valenze architettoniche da aggiungere a quelle energetiche, creando un nuovo linguaggio architettonico di riferimento per l'integrazione della tecnologia FV negli elementi che appartengono alle nostre città, come gli edifici, le infrastrutture e l'arredo urbano.

4.2. Perché l'integrazione dei sistemi FV negli edifici?

Come si è visto nei capitoli precedenti, la tecnologia fotovoltaica (FV) offre un enorme potenziale alla creatività dei progettisti. Tuttavia, per arrivare ad ottenere ottimi risultati, è necessario che l'integrazione dei sistemi FV avvenga sin dall'inizio del processo progettuale e non come una decisione successiva, dal momento che utilizzare il FV influirà non solo sull'orientamento, sulla forma e sul layout dell'edificio, ma anche sul suo bilancio energetico.

Quindi si rende necessario un approccio progettuale "integrato", dove tutte le figure che fanno parte del gruppo di progettazione (architetti, ingegneri, designer, ecc.) devono dialogare in modo stretto. Non solo impone la partecipazione di professionisti qualificati, ma richiede inoltre particolare sensibilità in settori che vanno al di là dell'edi-



Soluzioni di integrazione architettonica

ficio stesso, come gli aspetti sociali, economici, ambientali, energetici ed ecologici. Per esempio, un edificio non solo deve offrire spazi protetti dalla pioggia, regolare i flussi di calore e di luce, proteggere dai rumori, essere di facile manutenzione ed esteticamente e architettonicamente soddisfacente, ma deve altresì offrire spazi sani, minimizzare i consumi energetici e limitare il più possibile l'impatto ambientale.

Nella progettazione di un edificio dotato di un sistema FV integrato è generalmente richiesta la realizzazione di un elemento di facciata o copertura che dovrà rispondere a specifiche esigenze, che possono essere di tipo estetico (colori, dimensioni, forme, ecc.) o di tipo luminoso (passaggio o meno della luce naturale). E' quindi richiesta una vera e propria progettazione dell'elemento con la relativa struttura di supporto e di procedura di montaggio. Questo compito generalmente deve essere assolto da un designer FV, poiché in esso rientrano molteplici fattori che solo un buon progettista della tecnologia FV conosce. Un ottimo prodotto FV da integrare nella struttura edilizia è di fondamentale importanza nella qualità finale e complessiva del progetto.

Infine, dal momento che ancora oggi il FV è una tecnologia molto costosa, la sua applicazione dovrà essere studiata e progettata in modo tale da ottenere i maggiori vantaggi possibili. Un opportuno parallelismo può essere fatto con quello che è accaduto con il vetro. Nel medioevo il vetro era un materiale molto costoso, per cui ogni finestra veniva valutata attentamente. Al giorno d'oggi, invece, la diffusione del vetro è tale da rendere superflue simili valutazioni.

La decisione di utilizzare la tecnologia FV integrata in un edificio dovrebbe nascere insieme allo stesso progetto architettonico. E' proprio agli inizi che è opportuno valutare attentamente se ci sono delle condizioni favorevoli all'applicazione, quali le condizioni macro e microclimatiche, la presenza o meno di ostruzioni fisiche che possano ostacolare la radiazione solare. Il FV dovrà quindi essere parte dell'idea iniziale del progetto e dovrà rispondere sia alle esigenze estetiche formali richieste dagli architetti, sia alle esigenze funzionali richieste dagli ingegneri.

Le ragioni per le quali si potrebbe applicare il FV sono:

- fornire in situ tutta o parte dell'energia elettrica annuale richiesta dall'edificio in modo da ridurre la bolletta energetica;
- fornire la potenza massima richiesta, o più probabilmente, una frazione di essa;
- ridurre l'impatto sull'ambiente;
- costruire un edificio innovativo dal punto di vista architettonico e ingegneristico;
- utilizzare l'edificio come esempio dimostrativo e progetto educativo.

L'uso del FV dovrà essere parte dell'intera strategia energetica dell'edificio dal momento che la superficie occupata dai sistemi FV può quindi variare enormemente a seconda degli obiettivi preposti.

L'uso di un sistema FV si rende conveniente se:

- l'edificio ha una buona esposizione al sole e la quantità di radiazione solare incidente è elevata;
- se la maggior parte o tutta l'energia elettrica prodotta dall'impianto FV è consumata dallo stesso edificio;
- se il risultato estetico dell'opera risulterà soddisfacente sia per la comunità, che per il cliente e il progettista.

4.3. Integrazione architettonica FV – Criteri di progettazione

4.3.1. Ubicazione dell'impianto fotovoltaico

Durante l'intero percorso progettuale si dovrà tener conto di tutti gli aspetti tecnici ed estetici del sistema FV per poter arrivare ad ottenere un soddisfacente risultato nell'integrazione.

▣ *Le caratteristiche del sito*

Il clima (radiazione, nuvolosità media, precipitazioni, umidità, velocità e frequenza dei venti), il microclima (presenza o meno di polvere, vegetazione, ostruzioni artificiali, ecc.), la latitudine e le condizioni sismiche sono tutti fattori che influiranno sull'aspetto economico di un sistema FV integrato in un edificio.

Come è già stato indicato, per ottenere la massima efficienza dei moduli FV, essi devono orientarsi a sud, non ricevere delle ombre ed essere inclinati con un angolo equivalente alla latitudine locale meno circa 10°.

Le facciate degli edifici, invece, sono generalmente verticali, per motivi economici, di efficienza e di tecnologia costruttiva. Facciate orientate ad est ed ovest funzionano relativamente bene ad angoli vicini ai 90°, con una resa pari a 60% rispetto a quella ottimale a sud. Questo si deve all'inclinazione del sole la mattina ed il pomeriggio. Ma anche la curva del carico di potenza richiesta dall'edificio e le tariffe elettriche dell'utility sono importanti parametri da considerare per stabilire il migliore orientamento di un sistema FV.

▣ *Localizzazione*

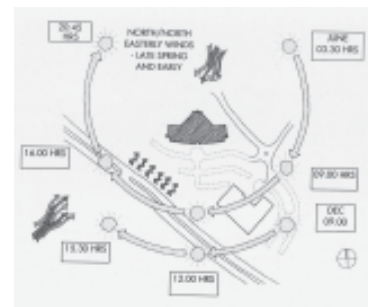
Le caratteristiche del sito influiranno sul progetto e determineranno dove e come integrare un sistema FV nell'edificio.

La superficie abitabile di un edificio è spesso un parametro che non può essere in alcun modo variato. In alcuni casi, avere una facciata inclinata può ridurre la superficie abitabile di non poco. Ogni riduzione dovrà essere tenuta in considerazione durante la valutazione del ciclo di vita del sistema FV.

I sistemi possono anche essere installati in edifici di grande altezza, costruiti generalmente in aree urbane ad alta densità. In questo caso, particolare attenzione deve essere posta onde evitare le ombre proiettate da edifici vicini sulla superficie FV, che portano alla diminuzione dell'efficienza del sistema. E' per questo motivo che sono le superfici più alte ed essere le più adatte a ospitare i moduli, perché sono le meno soggette a questo rischio. In questi casi il progettista potrà scegliere tra articolare o camuffare le aree di moduli attivi e inattivi delle facciate, proponendo superfici che siano in contrasto o in armonia con il sistema FV.

4.3.2. Tecnologie solari passive integrate con sistemi fotovoltaici

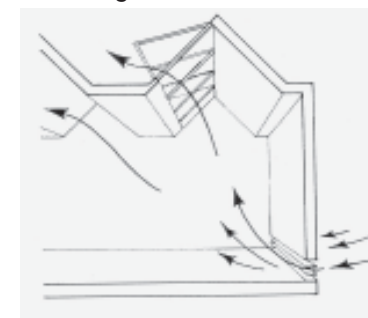
L'energia solare gioca un ruolo in continua crescita nello sviluppo di nuove tecnologie da costruzione negli edifici. La tecnologia fotovoltaica è in continuo sviluppo in quanto è possibile produrre energia elettrica direttamente dalla radiazione solare, ed i vantaggi di tale tecnologia stanno diventando sempre più evidenti al ridurre dei costi di rea-



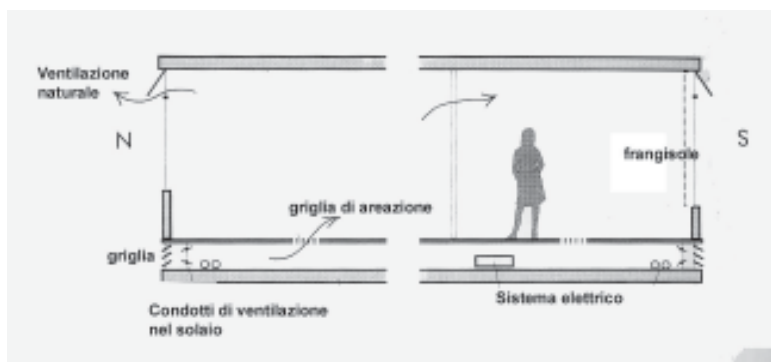
Studio per l'orientamento ottimale del Solar Office a Doxford



Studio per l'orientamento ottimale del Botanic Garden a Cambridge



Sistemi solari passivi e ventilazione naturale



Parte quarta - Formulazione di un repertorio tipologico

lizzazione degli impianti.

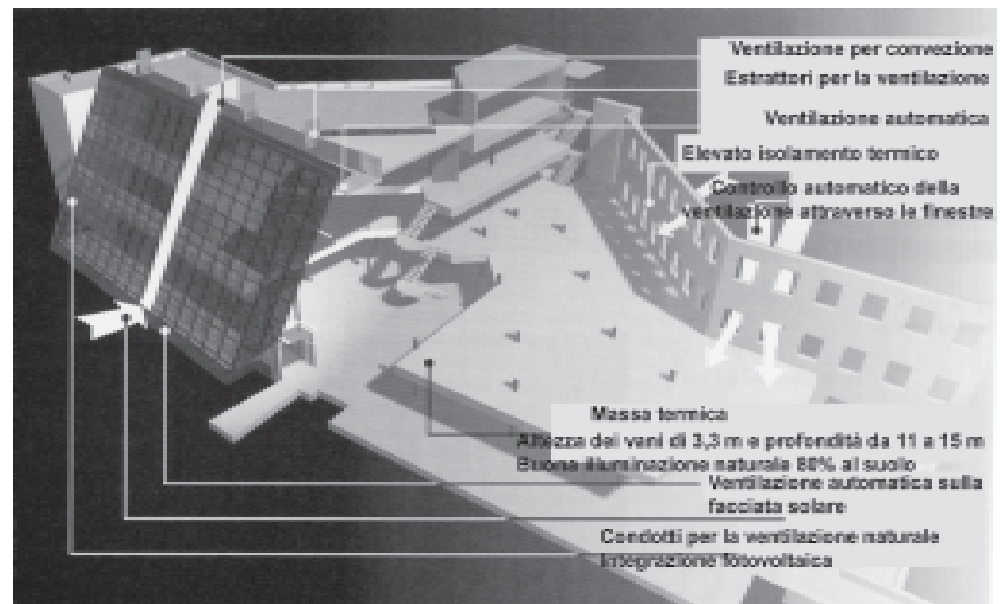
Le celle fotovoltaiche sono un materiale avanzato, col quale è possibile realizzare una varietà di forme considerevole, porzioni di coperture, facciate di edifici, schermature ecc..

Nei sistemi connessi alla rete, i sistemi FV operano in parallelo con la rete di distribuzione elettrica, cosicché una eventuale maggiore domanda di energia, se non assorbita dall'impianto FV è immessa nella rete di distribuzione elettrica.

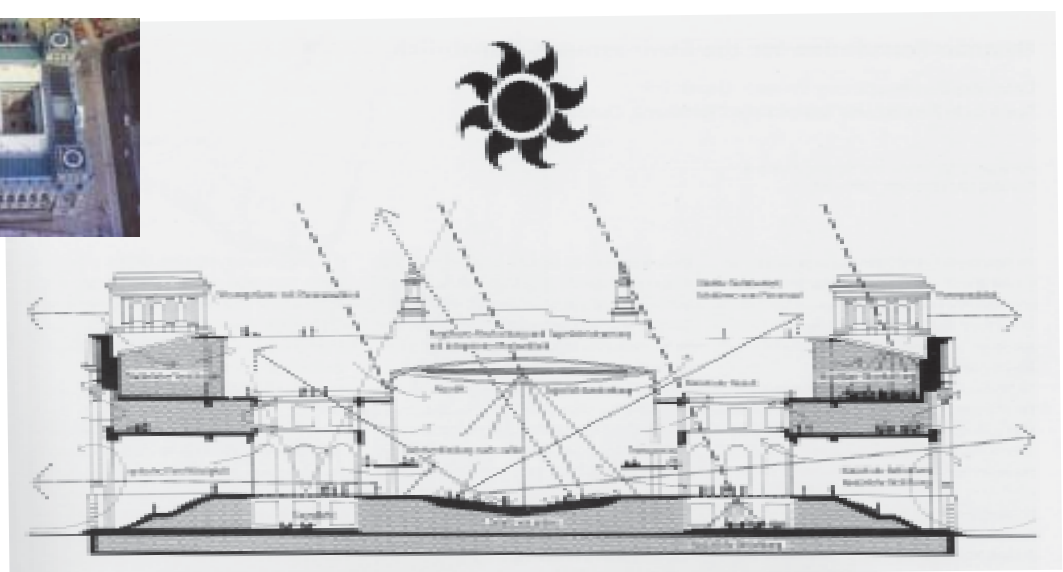
I sistemi FV connessi alla rete hanno i seguenti vantaggi:

- Il costo dell'impianto FV integrato alle pareti verticali o nella copertura può sostituire il costo di un eventuale muratura o copertura tradizionale
- L'energia viene generata sul posto dove viene consumata
- I sistemi FV connessi alla rete sono più economici di quelli non connessi non

Sistemi solari passivi nel Solar Office a Doxford



Nuovo Parlamento Tedesco, Reichstag, Berlino. Impianto FV sulle coperture a Sud e strategie bioclimatiche



dovendo essere supportati da batterie

- Non c'è necessità di aree aggiuntive per il posizionamento dell'impianto

La tecnologia fotovoltaica deve essere considerata come parte integrante dell'edificio e come tale è migliore il suo funzionamento se associata ad una corretta progettazione passiva dell'edificio.

4.4. Le tipologie architettoniche fotovoltaiche principali

Attualmente in Italia, l'energia prodotta da un sistema fotovoltaico connesso alla rete è più costosa che utilizzare direttamente l'energia della rete, l'intervento di integrazione fotovoltaica acquisisce un senso se si considera la differenza del costo risparmiato sulle superfici coperte con materiali integrati con sistemi fotovoltaici ed il costo dei materiali edilizi che comunque avremmo utilizzato per realizzare l'edificio.

Un cospicuo numero di edifici, dagli uffici agli alberghi agli edifici industriali, possono utilizzare i sistemi FV integrati. La tipologia per uffici, a causa della significativa domanda di energia che copre l'orario dalle 9 alle 18, è sicuramente la tipologia che maggiormente sfrutterebbe la produzione di elettricità fornita dall'impianto FV.

Significative sono anche le applicazioni fotovoltaiche applicate agli edifici industriali, commerciali e scolastici.

I consumi di energia, variano naturalmente, a seconda dell'utilizzazione dell'edificio e a tal fine dovranno essere studiate appropriate analisi economiche per validare il dimensionamento degli impianti FV da installare.

Tabella dei consumi elettrici approssimativi di alcune utenze

Edifici	Richiesta di elettricità kWh/m ² /anno
1. Centri di ricerca	36
2. Edifici per uffici (non condizionato)	53
3. Residenze a basso consumo energetico	15-25
4. Edifici scolastici	20

Prima di iniziare la progettazione di un sistema FV da integrare in un edificio, è molto importante analizzare ogni possibile soluzione di applicazione determinare l'impatto sull'intero bilancio energetico e l'efficienza energetica dell'intero sistema.

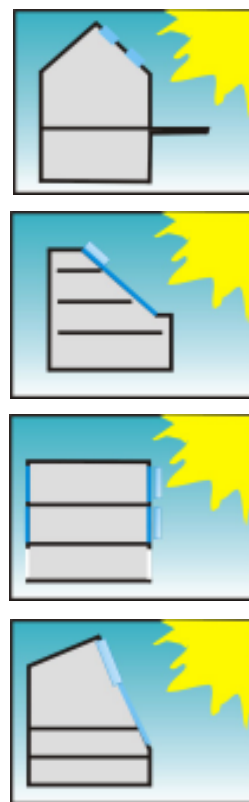
L'integrazione dei sistemi FV negli edifici può essere classificata in due modi diversi:

- a. nelle ristrutturazioni
- b. nell'integrazione su edifici di nuova costruzione

Le diverse applicazioni dei sistemi FV 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 consentire i seguenti requisiti:



Parte quarta - Formulazione di un repertorio tipologico

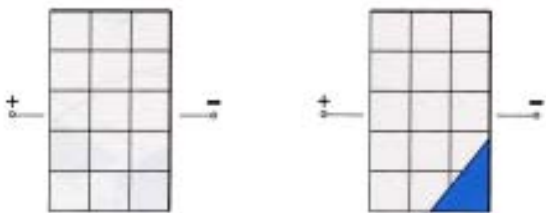
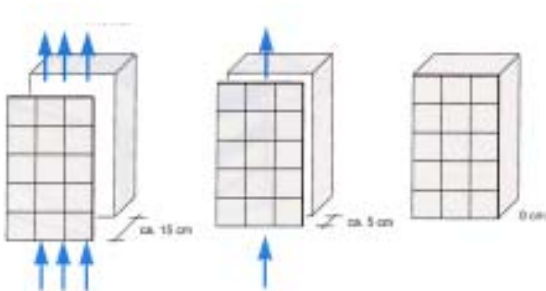
- Estetica
- Tenuta agli agenti atmosferici
- Tenuta al vento
- Durata dei materiali utilizzati
- Sicurezza (costruttiva, al fuoco, elettrica, ecc...)
- Costi

Oltre a ciò ci sono un numero maggiore di aspetti da considerare associati alla produzione di elettricità.

- l'ombreggiamento dei pannelli fotovoltaici;
- produzione di calore e ventilazione dei moduli;
- accedere facilmente al cablaggio dell'impianto;
- prevedere una adeguata manutenzione.

In particolare per quanto concerne il surriscaldamento dei moduli e la ventilazione sono da considerare anche i seguenti tre aspetti:

1. L'effetto potenziale di raggiungere elevate temperature
2. La necessità di ventilare le stringhe dei moduli in modo da migliorare l'efficienza
3. Possibilità di recuperare il calore prodotto dai moduli FV



Ventilazione verticale dei moduli FV

Coperture e facciate ventilate per raffreddare i moduli FV

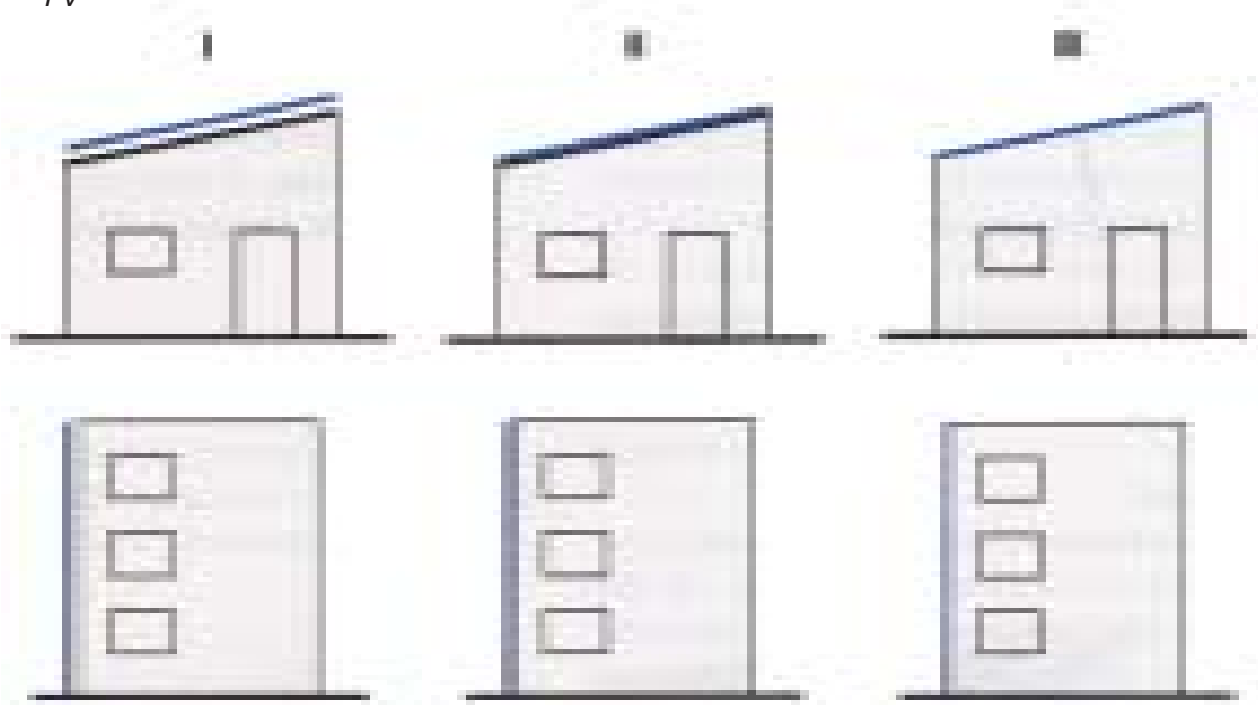


Tabelle riassuntive delle tipologie di integrazione fotovoltaica e caratteristiche.

Sistemi per coperture

Posizione del sistema FV	Sistema	Caratteristiche
1. coperture inclinate	a. Pannelli FV b. Tegole FV	Combinati con il sistema strutturale Tegole FV, flessibili e facili da applicare sia su una copertura esistente che integrate nel manto di copertura
2. coperture a shed	a. Pannelli FV	Consentono il passaggio della luce
3. Coperture curve	a. celle opache con struttura flessibile b. pannelli FV rigidi applicata su supporto curvo	Facilità di montaggio e performanti dal punto di vista architettonico Sistema più rigido con diverso rendimento a seconda della diversa inclinazione dei moduli
4. Atri	a. pannelli FV per coperture	Questo sistema può essere alternato con parti trasparenti e parti opache FV e semitrasparenti FV.



Sistemi FV di facciata

Posizione del FV	Sistema	Caratteristiche
Pareti verticali	Facciate continue	Standard ed economica realizzazione, i pannelli opachi FV possono essere mescolati a quelli trasparenti o semi trasparenti
Pareti verticali	Pareti protettive ventilate	Con camera d'aria per la ventilazione e per il passaggio dei cavi per l'impianto FV
Pareti verticali con pannelli FV inclinati	Facciate vetrate ventilate	Con questo sistema si incrementa l'efficienza FV, conseguimento di un potenziale ombreggiamento delle finestre (se desiderato) ma conseguente auto ombreggiamento dei moduli
Pareti inclinate	Vetrate	Notevole interesse architettonico, incremento della resa dei moduli FV, minor utilizzo dell'area calpestabile dell'edificio
Schermature fisse	Vetrati	Possibili perdite di luce diurna
Frangisole mobili	Vetrati	Incremento di resta del sistema FV comparato al sistema per frangisole fissi



Integrazioni FV in coperture a falda inclinata



4.4.1 Potenzialità delle elevate temperature



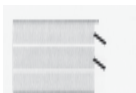
La potenzialità delle elevate temperature prodotte dai moduli associate alle caratteristiche bioclimatiche dell'edificio necessita una accurata considerazione.



La durata dei materiali, i movimenti termici, il ciclo della temperatura, la sostenibilità dei cablaggi ad elevate temperature sono aspetti progettuali che devono essere studiati accuratamente quando si progetta un impianto FV integrato architettonicamente.



Normalmente il calore prodotto dalle celle FV viene dissipato attraverso la ventilazione naturale, in condizioni di elevato irraggiamento dei moduli, in cui le celle da 700-750 W/m² raggiungono la temperatura da 40° a 70°, dovrà essere effettuata una ventilazione maggiore del moduli FV, creando dispositivi adatti a questa necessità e inserendoli nel contesto architettonico.



4.4.2. Ventilazione dei moduli

La temperatura dei moduli dovrebbe essere tenuta sempre bassa in modo da ottimizzare l'efficienza del sistema FV.

Ciò può essere fatto in diversi modi, regolando la ventilazione attraverso bocchette di areazione oppure con altri sistemi di ventilazione integrati agli altri sistemi di ventilazione dell'edificio.



4.4.3. Riuso del calore prodotto dai moduli

Il calore di ritorno dei pannelli FV può essere riutilizzato nelle stagioni fredde per riscaldare l'edificio, mentre nei periodi caldi dell'anno è necessario dissipare all'esterno il calore dei moduli.



Per riutilizzare il calore prodotto dai moduli FV per riscaldare l'edificio, possono essere utilizzate diverse tecnologie, tra le quali l'uso di condotti di areazione che spostano l'aria calda da una parte all'altra dell'edificio.



Oppure il calore può essere utilizzato per trasmissione diretta sull'involucro edilizio e reimmesso nei sistemi di riscaldamento sia di tipo passivo che attivo.

Un altro sistema è quello utilizzato in certi pannelli che incorporano una serpentina di tubi di acqua collegati alle condutture di acqua calda, il calore prodotto dalle celle viene ceduto all'acqua utilizzata per uso domestico.



4.4.4. Sistemi integrati con le coperture

Le migliori integrazioni potranno essere realizzate in edifici di nuova costruzione, mentre in caso di ristrutturazioni l'integrazione sarà più difficile e spesso più onerosa a meno che non vengano sostituite parti dell'edificio con altre integrate in modo che possano essere compensati i costi manutentivi con i costi delle nuove strutture integrate.



Le coperture sono caratterizzate dai seguenti elementi:

- generalmente sono prive di sistemi di schermatura;
- la pendenza della copertura spesso non condiziona l'installazione di impianti FV;
- esteticamente e funzionalmente semplice da integrare.



Questo sistema può essere alternato con parti trasparenti e parti opache FV e semitrasparenti FV.

4.4.5. Coperture ventilate

Le coperture sono assai più facili da ventilare rispetto alle facciate ed il surriscaldamento delle celle provoca meno trasmissione di calore interna in copertura rispetto ai sistemi di facciata. Per le coperture inclinate è necessario utilizzare uno schermo esterno per montare i moduli fotovoltaici sulla copertura del tetto. Questo sistema implica la creazione di una camera d'aria di almeno 100 mm tra i moduli e la struttura di copertura che incorpora l'isolamento. Nei lucernari le aperture a nord consentono di dissipare direttamente il calore prodotto in eccesso dai moduli FV.

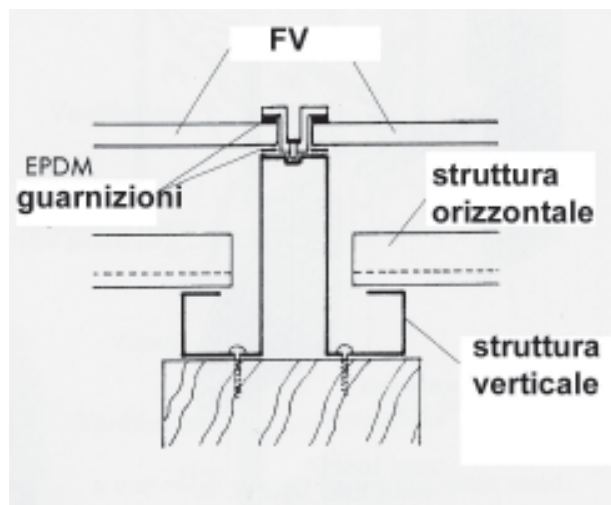
4.5.6. Sistemi di Facciata e per pareti vetrate continue

Le facciate hanno interessanti potenzialità. Molte facciate FV possono essere abbinate o inserite in strutture vetrate.

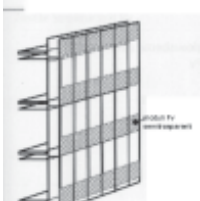
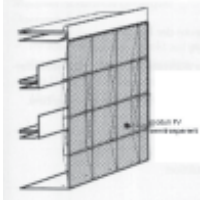
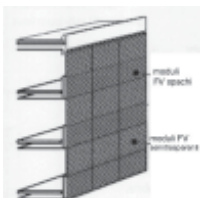
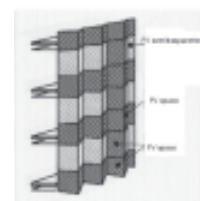
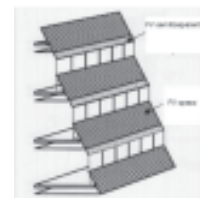
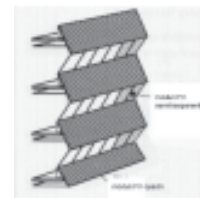
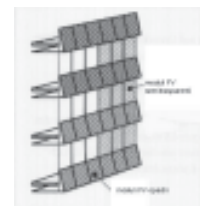
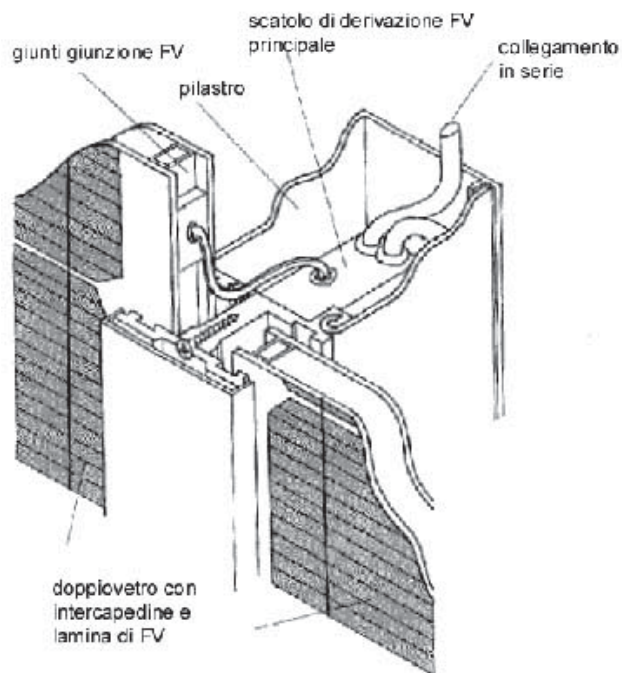
Il sistema è costituito da facciata continua vetrata con inserite celle FV, è un sistema ormai ampiamente utilizzato in numerosi edifici di prestigio. Le superfici trasparenti sono generalmente con doppio vetro e le superfici opache sono realizzate con vetri opachi o pannelli isolanti. I moduli fotovoltaici sono preassemblati in fabbrica nelle unità con doppio vetro. Il vetro esterno con FV sarà di tipo temperato, intercapedine d'aria e vetro interno; lo spessore generale sarà di 300 mm. In questo tipo di tecnologia, particolare attenzione deve essere data ai montanti in cui verranno passati i cavi per l'elettrificazione dei moduli FV.

4.4.7. Schermature fisse FV

Le schermature trasparenti normalmente consistono di un pannello spesso in alluminio, oppure vetro/vetro, aggettante in facciata e posizionato su supporti metallici per consentire il passaggio dell'acqua e la ventilazione dei moduli FV. La distanza, tra i moduli è consigliabile che sia almeno di 100 mm, per consentire la ventilazione ed evitare fenomeni di ombreggiamento sulle celle. Nei montanti saranno posizionali i cablaggi dell'impianto FV.



Esempi di facciata vetrata FV ventilata

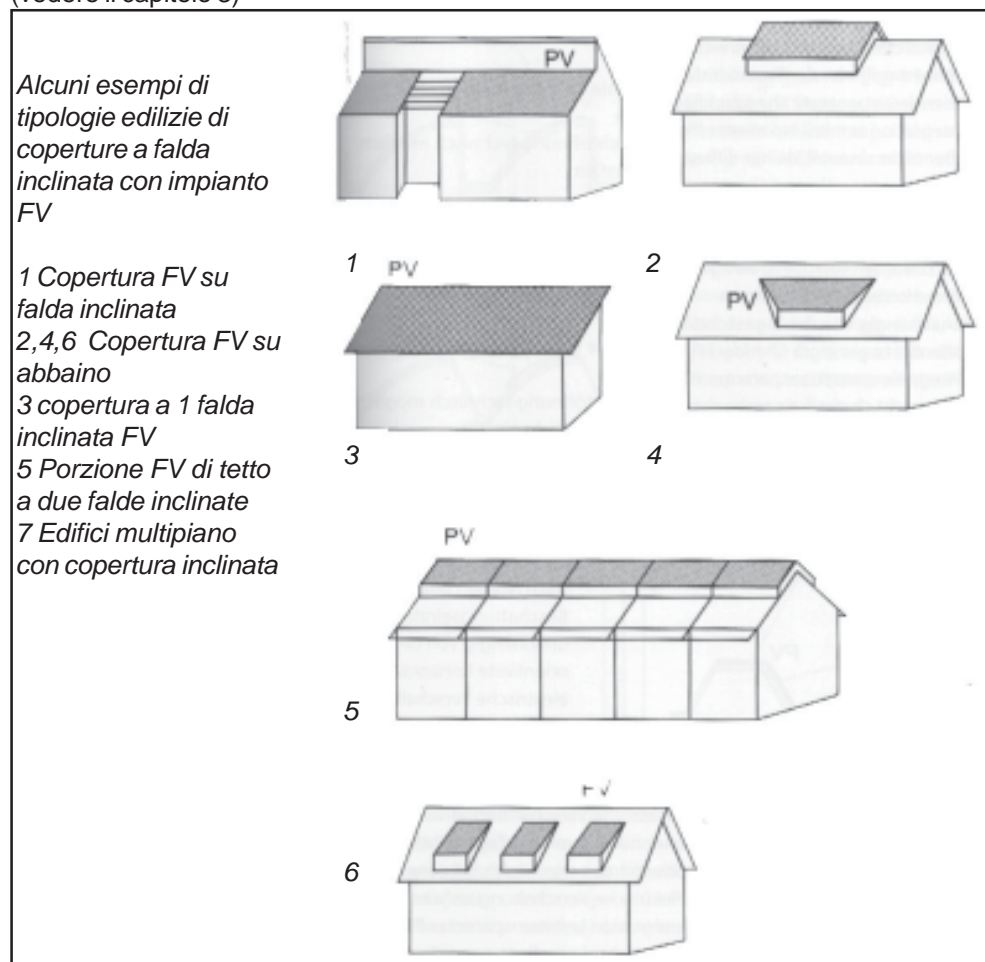
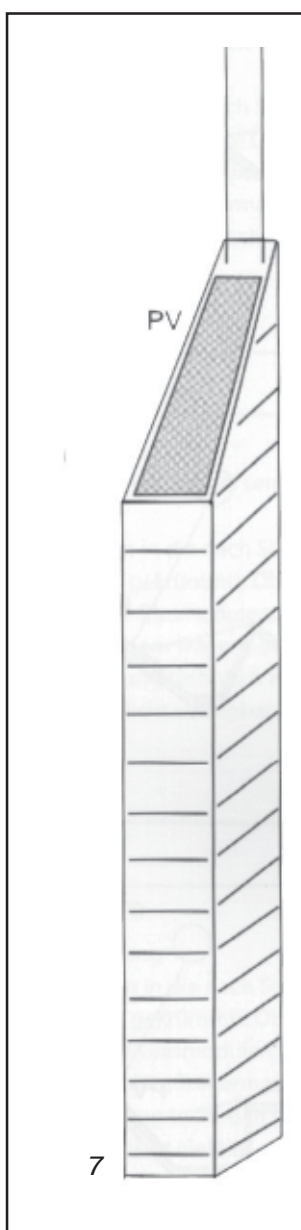


4.5. Coperture inclinate

Per quanto riguarda l'applicazione dei sistemi FV su tetti piani, essi dovranno essere progettati considerando i carichi accidentali come neve, acqua o vento. In climi dove le nevicate sono frequenti e intense, i lucernari e i sistemi di copertura integrati con moduli FV dovranno avere l'inclinazione necessaria per evitare l'accumulo di neve. Questa inclinazione difficilmente coinciderà con il valore ottimale per la produzione di energia elettrica. Particolare è anche l'applicazione dei moduli FV sulle superfici rivolte a sud dei lucernari, poiché consentono di bloccare l'ingresso della radiazione solare diretta negli ambienti, captando contemporaneamente l'energia solare, migliorando il comfort luminoso e riducendo il carico diurno di energia elettrica.

Nei casi di retrofit, si ha spesso la possibilità di intervenire su superfici piane. In questi casi si tratta semplicemente di inclinare e orientare nel miglior modo possibile il sistema FV appoggiandolo su strutture di sostegno studiate in base al tipo di applicazione utilizzata.

Nel caso di tetti inclinati, le industrie FV stanno fornendo al mercato un numero considerevole di soluzioni di "tegola fotovoltaica". La tegola fotovoltaica consente al progettista di effettuare un intervento sul costruito con un ottimo livello di integrazione estetica simile a quello di un sistema integrato in fase di costruzione dell'edificio. (vedere il capitolo 3)



4.5.1. Sistemi integrati per coperture inclinate – impianto FV sovratetto

Per “struttura FV sovratetto” si intende la tipologia di impianto sovrapposta al rivestimento del tetto. Si tratta in assoluto della soluzione più semplice per installare un impianto FV su un edificio già esistente; questa tipologia è caratterizzata da un elemento di supporto dei moduli spesso visibile e genericamente metallico. Il telaio è ancorato direttamente, tramite staffature, alle strutture portanti del tetto. Per impedire possibili infiltrazioni d’acqua è preferibile adottare soluzioni che evitino la foratura delle tegole. Essendo il peso dei moduli contenuto, la struttura di supporto può essere posata direttamente sulle tegole tramite appoggi longitudinali che ne distribuiscono il peso. La struttura FV sovratetto riguarda unicamente interventi su edifici esistenti ed è, tranne rari casi, una soluzione modesta dal punto di vista dell’integrazione edilizia. L’impianto, infatti, risulta spesso estraneo all’edificio.

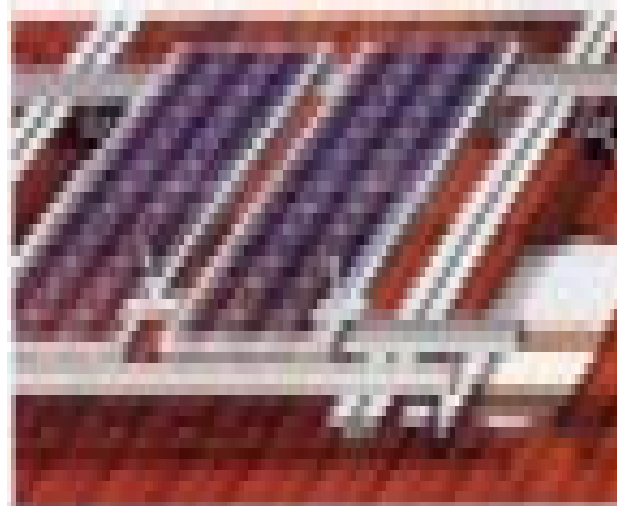
Vantaggi e svantaggi

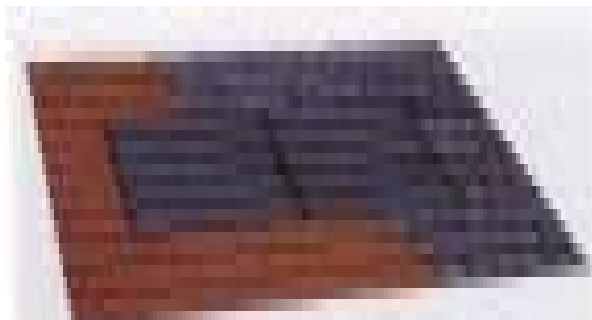
- Soluzione più semplice tra le installazioni FV retrofit.
- Facilità ed economicità di installazione.
- Possibile utilizzo di moduli di tipo standard.
- Non si richiede il requisito della tenuta stagna.
- Buona ventilazione dei moduli.
- Adatta solo per interventi retrofit.
- Generalmente modesta integrazione edilizia.
- Modeste valenze architettoniche.
- Rigidità di orientamento.

Residenza a Gello, Pisa

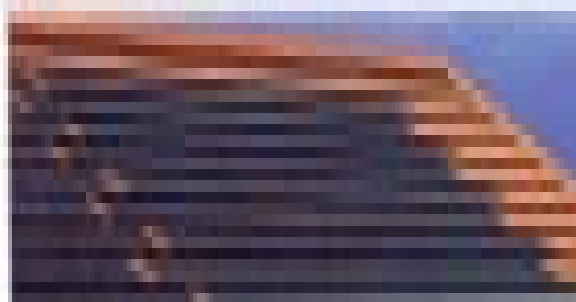
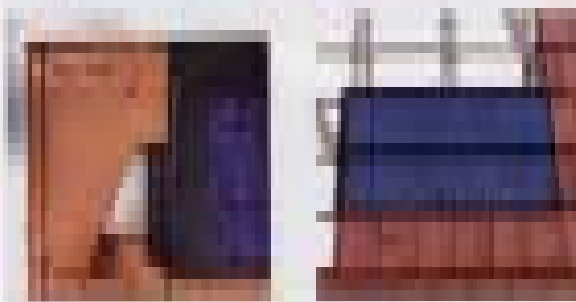


Esempi di impianti FV sovratetto





Alcuni tipi di tegole FV



Coperture metalliche in film sottile



Integrazione con moduli standard

4.5.2. Sistemi integrati nelle coperture inclinate - impianto FV che sostituisce il manto di copertura

Ove sia possibile intervenire nell'ambito della ristrutturazione di un tetto con copertura tradizionale o nella costruzione di una nuova copertura, è possibile utilizzare tegole FV. Si tratta di moduli di varie forme e dimensioni assemblati in modo da sostituire le tegole originarie, disposte in posizione complanare a quelle rimanenti. Il tetto, o parte di esso, diventa impianto FV.

Questa soluzione può raggiungere un elevato livello di integrazione con l'architettura ed è quindi consigliabile nei casi in cui esistano particolari requisiti qualitativi e conservativi dell'edificio. Da qualche tempo alcune aziende realizzano tegole FV con caratteristiche e materiali diversi in modo da soddisfare un'ampia gamma di requisiti architettonici anche per edifici con valenze storiche. Questa soluzione non consente di scegliere inclinazione e orientamento dei moduli, essendo questi direttamente dipendenti dalla configurazione delle coperture dell'edificio. Alla stessa tipologia appartengono anche le coperture degli abbaini, purchè siano opache. La scelta del FV incide discretamente sui costi di realizzazione; a tali costi vanno comunque sottratti quelli della fornitura e messa in opera delle tegole corrispondenti alla superficie occupata dall'impianto fotovoltaico.

Vantaggi e svantaggi

- Elevati standard di integrazione.
- Rilevante valenza architettonica ed estetica.
- Ottima rispondenza ai requisiti qualitativi e conservativi dei tetti (edifici storici).
- Possibile utilizzo solo per nuove realizzazioni o durante opere di rifacimento.
- Discreta incidenza sul costo di realizzazione.
- Si richiede il requisito della tenuta stagna.
- Rigidità di orientamento.



4.5.3. Sistemi integrati nelle coperture inclinate - impianto FV tetto-luce

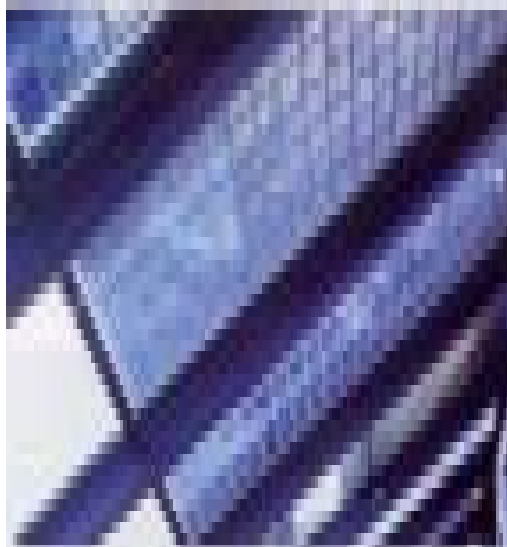
Per “struttura FV a tetto-luce” si intende la tipologia di impianto che sostituisce, in modo parzialmente trasparente, una falda di tetto. L’adozione di questa soluzione presuppone l’utilizzo di moduli FV “doppio vetro”, caratterizzati dall’essere completamente trasparenti nelle zone non occupate dalle celle di silicio. Tale potenzialità trasforma i moduli in veri e propri elementi architettonici, cioè in componenti assolutamente integrati all’edificio. La struttura portante del tetto-luce, composta da travetti in acciaio, alluminio, legno o cemento armato, sostiene i moduli FV direttamente o tramite una sottostruttura. I moduli si alternano alle lastre in vetro-camera oppure, se le condizioni climatiche lo richiedono, le sostituiscono completamente costituendo un’adeguata protezione termica. Tale soluzione consente una grande espressività progettuale e conferisce all’ambiente sottostante elevati standard qualitativi. Particolare attenzione bisognerà impiegare nel determinare le caratteristiche termiche dell’ambiente interno e prevedere le eventuali soluzioni di tipo bioclimatico, come ulteriori sistemi di ombreggiatura interna e di areazione forzata.

Vantaggi e svantaggi

- Elevati standard di integrazione.
- Rilevanti valenze architettoniche ed estetiche.
- Elevati standard ambientali interni nel caso di utilizzo di moduli semi- trasparenti.
- Interessante possibilità di interfaccia tra vetro isolante e moduli FV relativamente ad un unico sistema strutturale.
- Si richiede massima attenzione alla soluzione di problemi strutturali e di impermeabilizzazione.
- Possibile applicazione solo su nuove costruzioni.
- Discreta incidenza sul costo di realizzazione.
- Rigidità di orientamento.



Soluzioni Tetto-Luce



Film sottile semitrasparente





4.6. Coperture piane

4.6.1. Sistemi integrati sulle coperture piane – impianto FV sovrasolaio

Questa è una delle soluzioni più semplici e "tradizionali" per installare moduli FV sulle coperture piane degli edifici. Essa prevede il posizionamento dei moduli su sostegni appoggiati sulla superficie piana della copertura o ancorati con sistemi meccanici alla sua struttura. Questa tipologia costituisce l'adattamento al contesto edilizio della soluzione convenzionale dei generatori FV posizionati direttamente sul terreno.

Soluzioni di questo tipo sono particolarmente diffuse per la facilità di montaggio dell'impianto, la libertà di inclinazione e orientamento dei moduli e per la sua "indipendenza" dalla struttura dell'edificio. Generalmente vengono utilizzati telai metallici di sostegno con contrappesi posti alla base; in questo caso il valore estetico dell'intervento dipende largamente dalla forma del basamento e dalla qualità del telaio. Sono inoltre già presenti sul mercato sostegni prefabbricati per sistemi FV destinati ai tetti piani. Essi sono costituiti da blocchi in calcestruzzo alleggerito sui quali vengono posizionati direttamente i moduli. Tali sistemi possono essere liberamente posizionati e orientati sulle coperture piane senza alcun fissaggio e senza danni alla struttura. Occorre comunque considerare l'aumento del carico e della sollecitazione statica apportata al solaio dell'edificio, spesso progettato con criteri strutturali minimi; nel caso di ancoraggio dei sistemi di supporto con contrappeso, il carico può infatti aumentare fino a più di 100 kg/mq. In situazioni statiche critiche è consigliabile prendere in considerazione l'uso di ancoraggi meccanici alle strutture dell'edificio o di fisher chimici. Un altro fattore da tenere presente nella valutazione di questa soluzione è che non prevede la sostituzione di materiali costruttivi dell'edificio. Quindi, in caso di nuova realizzazione, il costo dell'intervento non può essere detratto dai costi costruttivi totali. Per le installazioni retrofit è necessario valutare la possibile presenza di impedimenti quali parapetti, antenne o altre installazioni in grado di limitare sensibilmente l'area di intervento.

Vantaggi e svantaggi

- Completa indipendenza del sistema FV dalla struttura dell'edificio. Non comporta generalmente problemi di impermeabilizzazione.
- Buona ventilazione dei moduli FV.
- Facilità di montaggio dell'impianto e costi di installazione relativamente bassi.
- Possibilità di installazione su edifici esistenti o di nuova realizzazione.
- Utilizzo principalmente per interventi retrofit.
- Rendimento ottimale del generatore grazie alla libertà di inclinazione ed orientamento dei moduli FV.
- Potenziali problemi dovuti all'aumento di carico sulle coperture.
- Modeste valenze architettoniche
- Potenziali limitazioni dovute alla presenza di altri impianti o parapetti sulla copertura.

4.6.2. Sistemi integrati nelle coperture piane – impianto FV tetto piano

Un'ulteriore soluzione è costituita dalla sostituzione totale della copertura piana con un telaio sul quale vengono posizionati direttamente i moduli FV. Questa tipologia di integrazione prevede l'utilizzo di moduli "doppio vetro" semitrasparenti, a volte alternati a lastre trasparenti; ciò permette alla luce naturale di penetrare parzialmente negli ambienti interni con conseguenti benefici legati al comfort ambientale. Ci sono poi altri tipi di soluzioni che utilizzano moduli flessibili lineari in film sottile ed anch'essi vengono realizzati con struttura propria sostituendo il manto di copertura oppure su supporto in metallo o come delle installazioni di edifici esistenti, i moduli vengono disposti sulla copertura piana. Questa tipologia è ottimale per installazioni su edifici di nuova realizzazione, con detrazione del costo della relativa copertura edile da quello complessivo dell'impianto FV.

Un'altra soluzione possibile è costituita dalle coperture piane parzialmente integrate con generatori FV. Si tratta di una soluzione diffusa nei grandi edifici di utenza pubblica, oppure officine o magazzini, che necessita di prese d'aria superiori. Questa soluzione è diversa dei lucernari, la copertura avrà delle aperture che consentiranno i ricambi d'aria e la ventilazione interna. E' importante considerare l'altezza delle aperture e la geometria di esse sulla copertura per evitare che facciano ombra sui moduli FV. E' importante, quindi, valutare bene l'eventuale movimento del sistema in quanto può influire in modo rilevante sul funzionamento del generatore FV. I materiali con cui sono realizzati questi elementi possono essere diversi: ad esempio metacrilati, policarbonati, vetroresina, sandwich di alluminio e poliuretano. Nei casi in cui esista anche l'esigenza della semitrasparenza, sarà consigliato utilizzare moduli FV doppio vetro integrati alla struttura.



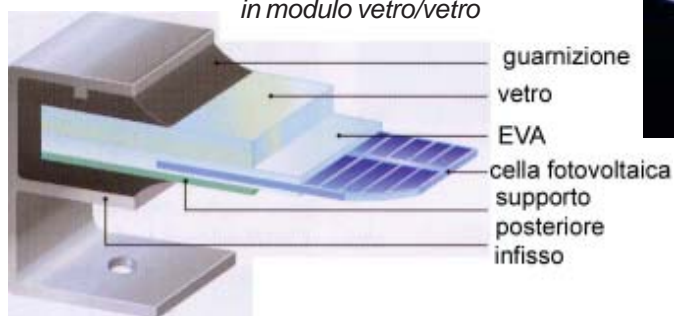
Film sottile di tipo flessibile



Integrazioni in copertura piana con moduli vetro/vetro



soluzione per copertura piana in modulo vetro/vetro



Parte quarta - Formulazione di un repertorio tipologico



Moduli FV in policristallino doppio vetro



Moduli vetro/vetro traslucidi con celle distanziate



Moduli in silicio amorfo

Vantaggi e svantaggi

- Benefici dovuti alla parziale penetrazione della luce naturale del giorno dove siano presenti moduli trasparenti o semi-trasparenti
- Possibilità di installazione su edifici con copertura piana
- Utilizzo non ottimale dell'energia solare a causa della mancanza di inclinazione dei moduli.
- Potenziali problemi dovuti all'eventuale accumulo di neve ed alla difficoltà di deflusso delle acque.
- Si richiede il requisito della tenuta stagna.
- Diminuzione dell'efficienza dei moduli proporzionalmente all'aumento della superficie trasparente tra le celle di silicio.
- Aumento dei costi di condizionamento dell'edificio dovuto alla maggiore trasmissione di calore dei moduli semitrasparenti.
- Potenziali problemi dovuti all'eventuale accumulo di neve ed alla difficoltà di deflusso delle acque.
- Si richiede il requisito della tenuta stagna.



Fabbrica Toyota in California, Powerlight System



Copertura pianta semitrasparente

4.7. Coperture a risega e curve

4.7.1. Coperture a risega

Questa soluzione viene prevalentemente adottata per edifici industriali e edifici commerciali. La dentellatura della copertura è finalizzata a fornire un'illuminazione naturale dall'alto ed un buon livello di areazione. I "denti" della struttura possono essere realizzati in materiali e forme differenti. A volte solo un lato è trasparente, mentre l'altro è realizzato in muratura o comunque con materiali opachi. In altri casi entrambi i lati sono trasparenti. Le aperture vengono utilizzate per consentire la fuoriuscita dell'aria calda che generalmente si accumula nella parte superiore della copertura, in questo modo si permette l'ingresso di quella fresca da prese d'aria poste ai livelli inferiori dell'edificio. Le coperture a risega sono un'ideale supporto per i moduli FV, in particolar modo se una delle due falde è orientata verso Sud, mentre il lato Nord apribile sarà facilmente ventilabile. Se la falda è in muratura sarà sufficiente prevedere un supporto metallico per i moduli FV. Tale allestimento può essere privo di requisiti di tenuta stagna in quanto viene semplicemente appoggiato alla struttura della risega che già possiede la sua impermeabilizzazione. I sistemi di apertura possono essere elettrici azionabili a distanza.

Vantaggi e svantaggi

- Grande compatibilità tra la tipologia edilizia e l'installazione del FV.
- Buona produzione energetica dovuta all'inclinazione dei moduli.
- Limitati problemi di installazione.
- Ideale realizzazione per interventi retrofit.
- Costi di installazione contenuti.



Copertura semitrasparente in vetro/vetro con celle tonde



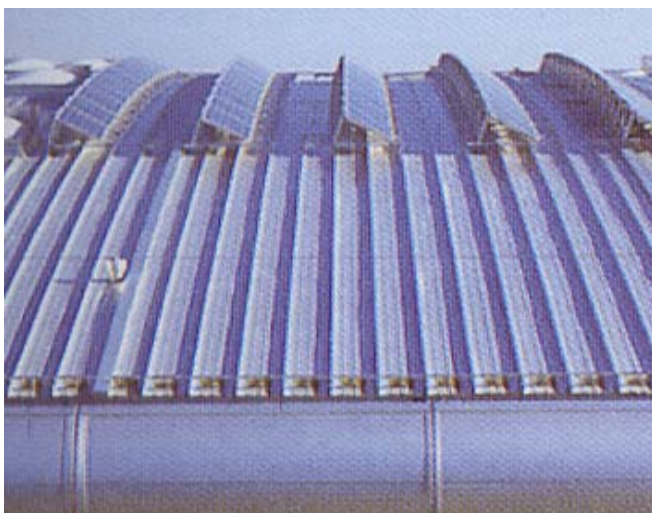
Copertura FV vetro/tedlar bianco



Moduli standard in policristallino



Moduli FV in monocristallino standard



Moduli standard sostenuti da una struttura in alluminio



Moduli standard in amorfo

4.7.2. Coperture curve

La copertura curva, ben si presta ad essere integrata con la tecnologia FV. La caratteristica principale di questo tipo di integrazione è la differente inclinazione delle diverse zone dell'impianto. Tale peculiarità consente un'interessante flessibilità produttiva del generatore FV al variare dell'altezza del sole nelle diverse stagioni. Inoltre la copertura curva è solitamente rivestita da elementi di grandi dimensioni o da lastre metalliche che si prestano a suggerire soluzioni di elevata qualità integrativa ed estetica con il FV. Nel caso in cui la struttura edilizia consenta l'utilizzo di una copertura semitrasparente, sarà opportuno scegliere moduli FV integrati a strutture a vetro-camera. Ciò consentirà un'ampia illuminazione degli ambienti interni e, allo stesso tempo, un'adeguata protezione termica dovuta al vetro-camera e all'effetto frangiluce delle celle di silicio. Ricordiamo infatti che è sufficiente una trasparenza del modulo del 5% per garantire una elevata illuminazione interna per ogni esigenza abitativa e lavorativa.

A volte risulta opportuno, anche nell'ambito delle coperture curve, realizzare finestrate per ottenere adeguati standard ambientali interni. Ciò condiziona il dimensionamento e il frazionamento dell'eventuale generatore FV da integrare alla copertura. Per ottenere buoni risultati dal punto di vista formale, generalmente è preferibile una disposizione dei moduli su fasce orizzontali, piuttosto che verticali, alternate alle finestrate. In tal modo il generatore è esposto ai raggi solari con orientamento e inclinazione quasi costanti. Nel caso in cui la copertura presenti ampie superfici finestrate sarà possibile prevederne l'utilizzo per un'integrazione FV aggiuntiva.

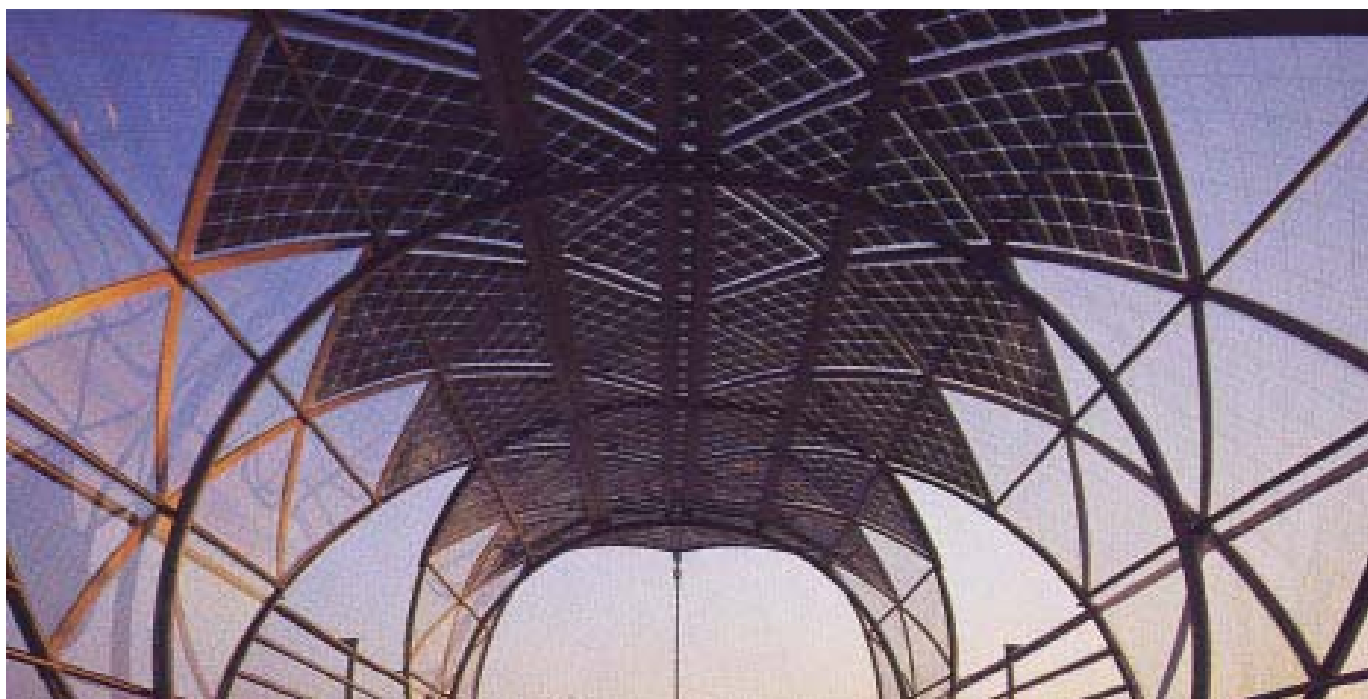
tegrazione FV aggiuntiva.

Vantaggi e svantaggi

- Elevati standard ambientali interni nel caso di utilizzo di moduli semi- trasparenti.
- Diversa inclinazione delle differenti zone del generatore, frazionamento del generatore FV.
- Elevati standard di integrazione.
- Rilevanti valenze architettoniche ed estetiche.
- Si richiede il requisito della tenuta stagna. Rigidità di orientamento.
- Discreta incidenza sul costo di realizzazione.

INTEGRAZIONE DEI SISTEMI FOTOVOLTAICI NEGLI EDIFICI

Uno studio per lo sviluppo e la diffusione delle energie rinnovabili negli edifici



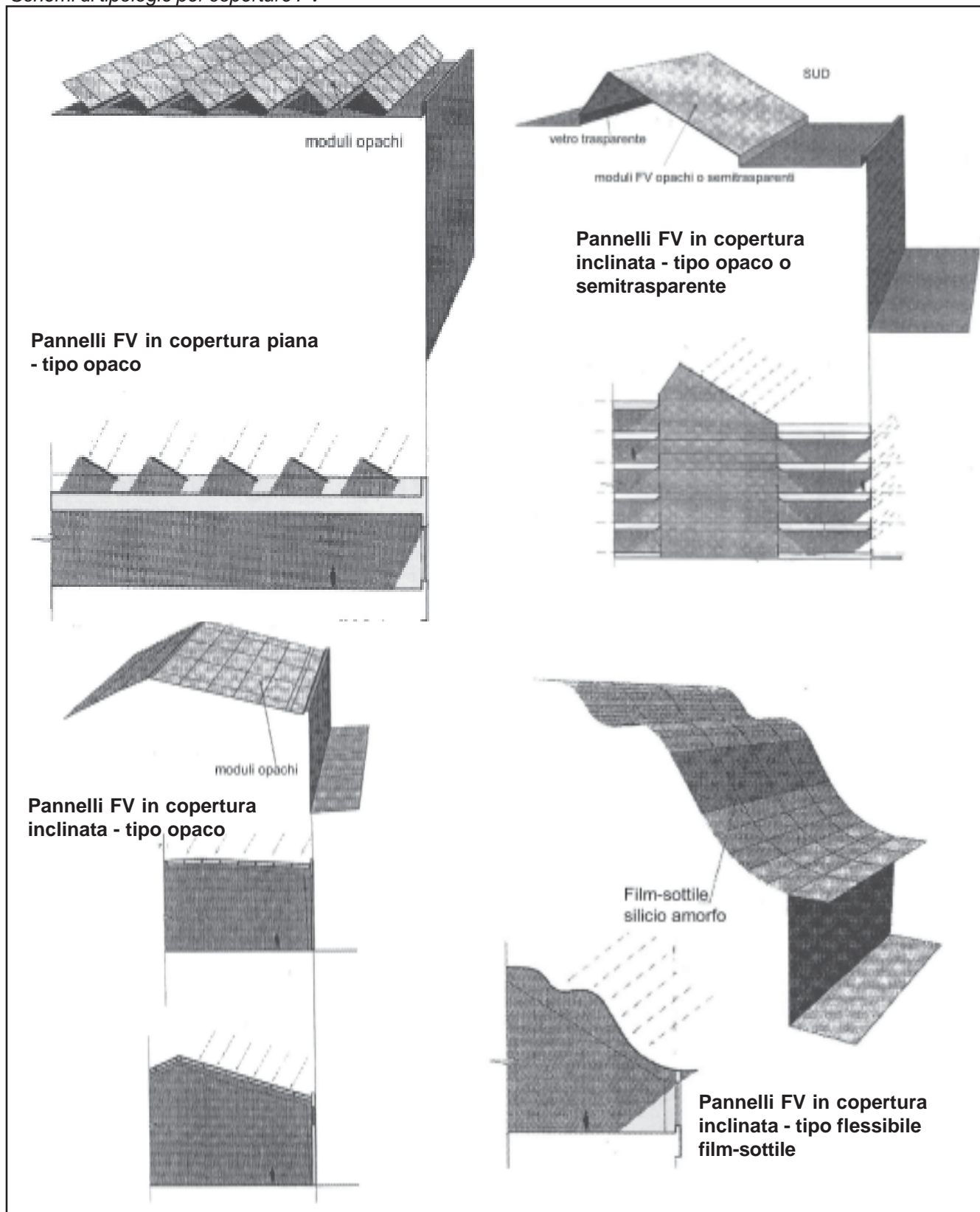
Copertura realizzata con moduli flessibili in fibre plastiche trasparenti

Copertura in monocristallino realizzata con moduli standard

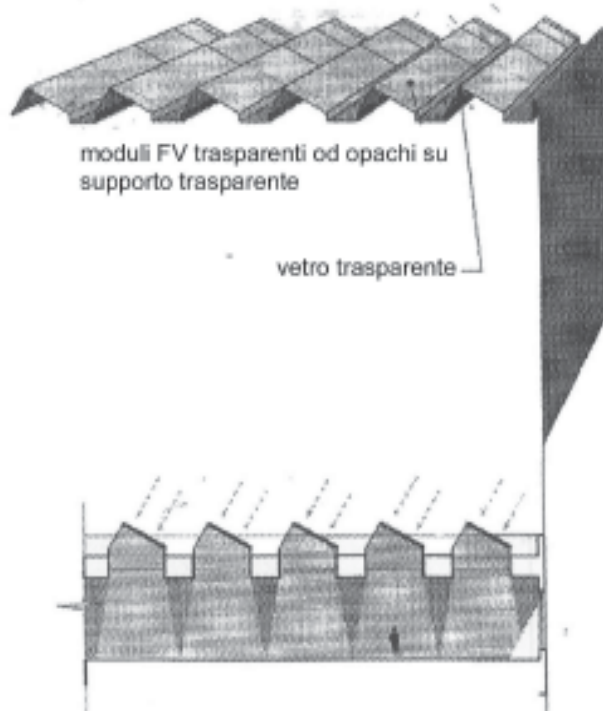
Copertura in vetro/vetro ventilata



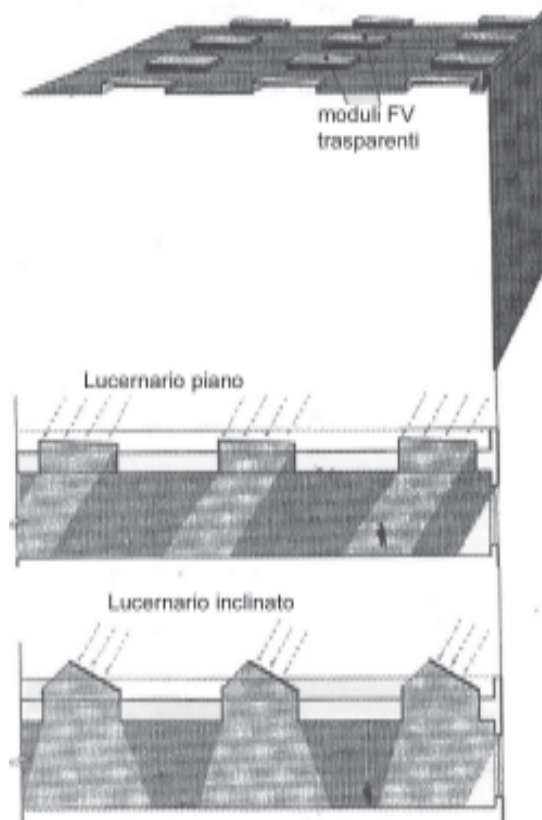
Schemi di tipologie per coperture FV



**Pannelli FV in copertura
piana - tipo opaco o
semitrasparente**



**Pannelli FV in copertura
piana -lucernari
moduli FV trasparenti o
con celle distanziate in
modo da consentire la
trasparenza**





Soluzioni FV opache per facciata



Soluzioni FV trasparenti e semitrasparenti per facciata

4.8. Facciate continue verticali

Esistono principalmente due sistemi di tipo “curtain wall” attualmente in uso: sistema a pressione e sistema ad incollaggio con silicone.

Nel primo sistema il vetro è fissato meccanicamente lungo la sua superficie frontale attraverso un profilo in alluminio estruso. In questo caso, la struttura verticale deve avere uno spessore tale da non fare ombra sulla superficie delle celle. L'uso eventuale di guarnizioni strutturali al silicone aiuta a eliminare le ombre, ma aumenta il rischio di infiltrazioni e durabilità dei bordi dei moduli. Nel sistema ad incollaggio con silicone, invece, il vetro è incollato lungo alcuni bordi, o lungo tutti, alla struttura di supporto.

Per minimizzare i rischi di infiltrazioni, oppure captare il calore prodotto dal surriscaldamento dei moduli, è consigliabile costruire una doppia facciata, dove i moduli funzionano da facciata esterna non sigillata, mentre la superficie interna rappresenta la vera e propria superficie di chiusura.

4.8.1. Sistemi integrati nelle facciate

A. Curtain wall FV verticale

L'impiego della tecnologia FV nelle facciate degli edifici è attualmente una valida alternativa ai tradizionali sistemi di integrazione. Da un punto di vista tecnico ed economico la facciata è infatti, per eccellenza, la componente architettonica più adatta ad ospitare moduli FV in modo flessibile, assolutamente integrato e con notevoli valenze estetiche. La grande diffusione delle facciate continue nelle recenti tipologie edilizie costituisce un notevole potenziale per l'inserimento del FV, anche attraverso interventi retrofit (su edifici già esistenti). Tecnicamente è sempre meno problematica la sostituzione di elementi in vetro con elementi FV dotati delle stesse caratteristiche dimensionali e strutturali dei primi. Oltre a produrre energia elettrica, la facciata FV svolge la funzione di rivestimento dell'edificio. Essa deve essere in grado di offrire protezione contro gli agenti atmosferici e provvedere all'isolamento termico ed acustico. Nel caso di facciate realizzate con strutture vetrate autoportanti, in cui gli elementi in vetro sono senza cornici e direttamente sigillati tra loro, i moduli FV possono facilmente sostituire le lastre in vetro.

In questo caso occorre comunque considerare la complessità delle modalità tecniche di sostituzione e di sigillatura dei bordi dei moduli FV.

B. Curtain wall FV a dente di sega

Questo tipo di facciata consente di ottimizzare l'orientamento dei moduli e al tempo stesso consente di avere delle superfici verticali ombreggiate.

La seghettatura con moduli FV se esterna risolve potenziali problemi di tenuta stagna e ottimizza l'efficienza dei moduli, sarebbe ideale prevedere un sistema di facciata composto da due pareti: un livello interno, a perfetta tenuta dalle condizioni atmosferiche, ed un livello esterno costituito da moduli FV opachi senza specifici requisiti edili. La doppia parete permetterebbe inoltre la ventilazione e la dispersione del calore prodotto dal surriscaldamento dei moduli FV.

Per motivi strutturali, funzionali o estetici, alcune volte non è possibile inserire in modo continuo moduli FV all'interno di una facciata. In questi casi il progetto di integrazione dovrà mirare a identificare le parti della facciata compatibili, per motivi architettonici ed elettrici, con il FV. A tale scopo risultano particolarmente adatte le zone dei parapetti, quelle poste al di sopra di finestrate e tutte le altre superfici nelle quali è possibile installare elementi FV opachi. Utilizzando moduli semitrasparenti sarà inoltre possibile interessante penetrazione della luce naturale.

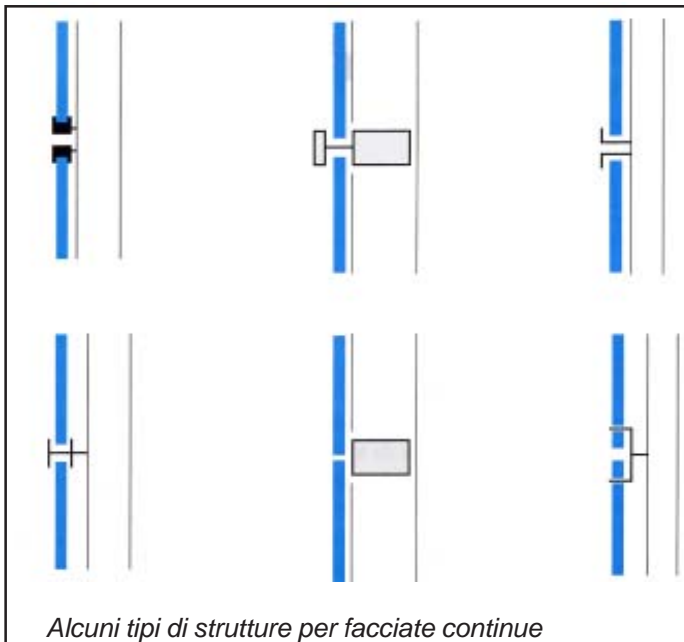
Vantaggi e svantaggi

- Possibilità di installazione su edifici di nuova realizzazione o già esistenti.
- Elevate valenze estetiche.
- Limitazioni nell'orientamento dei moduli.
- Elevati standard di integrazione.
- Notevoli potenzialità progettuali dovute alla possibilità di alternare componenti FV semitrasparenti e opachi.
- Possibili prestazioni di tipo bioclimatico dei moduli FV (elementi frangisole e pareti ventilate).
- Ottime possibilità di inserimento delle componenti impiantistiche all'interno degli elementi che costituiscono la facciata. Possibilità di standardizzazione degli elementi FV.
- Rigidità di inclinazione e orientamento dei moduli.
- Elevati standard di integrazione.
- Diminuzione del carico termico all'interno dell'edificio.
- Ampia disponibilità di superfici.



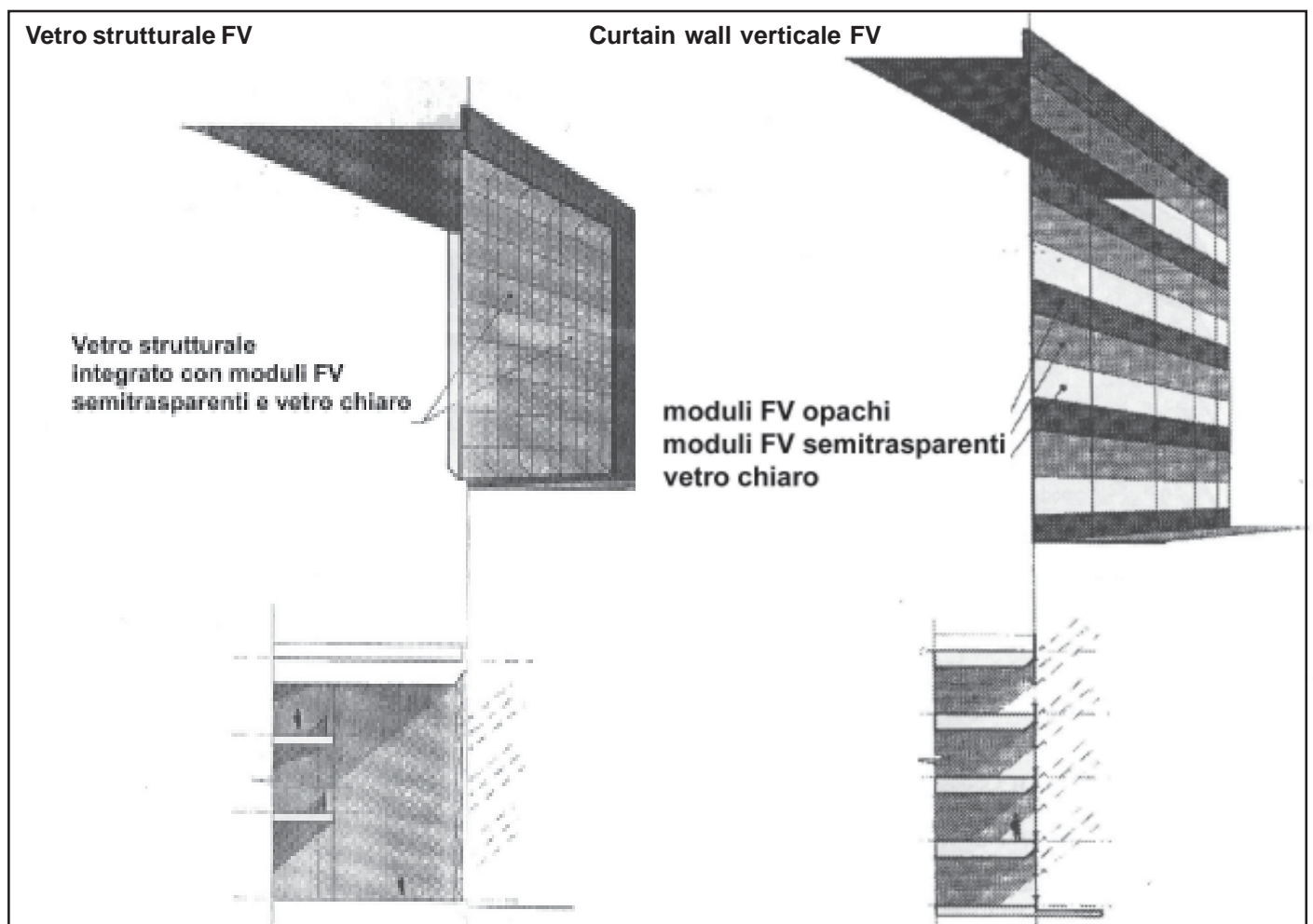
Soluzioni FV per facciata di tipo opaco



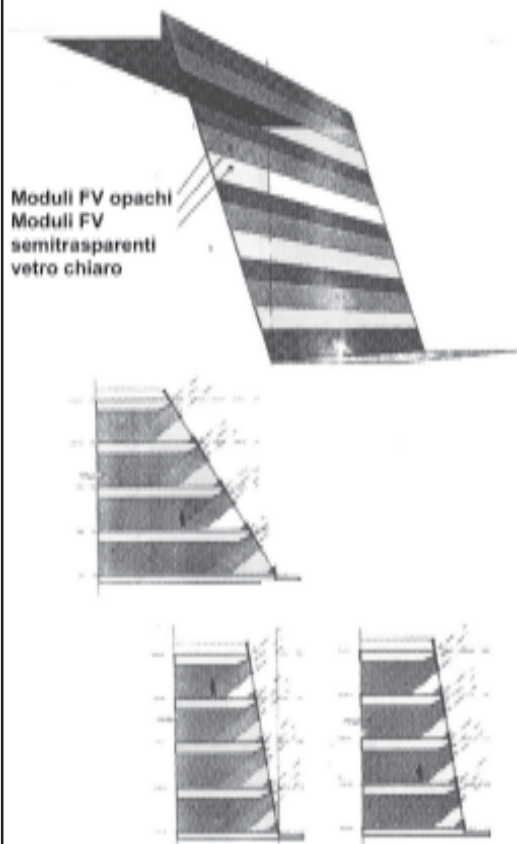


- Facilità di pulizia utilizzando i sistemi di manutenzione convenzionali.
- Possibilità di standardizzazione degli elementi FV.
- Extra costi aggiuntivi minimi
- Alta efficienza con alcuni orientamenti
- Creazione di diverse configurazioni di finestre ad angolo
- Sistema di ombreggiamento e controllo della luce naturale
- Potenziali problemi di pulitura
- Sistema costruttivo tradizionale ampiamente diffuso
- Problemi di tenuta nei giunti tra i moduli FV utilizzando il vetro strutturale

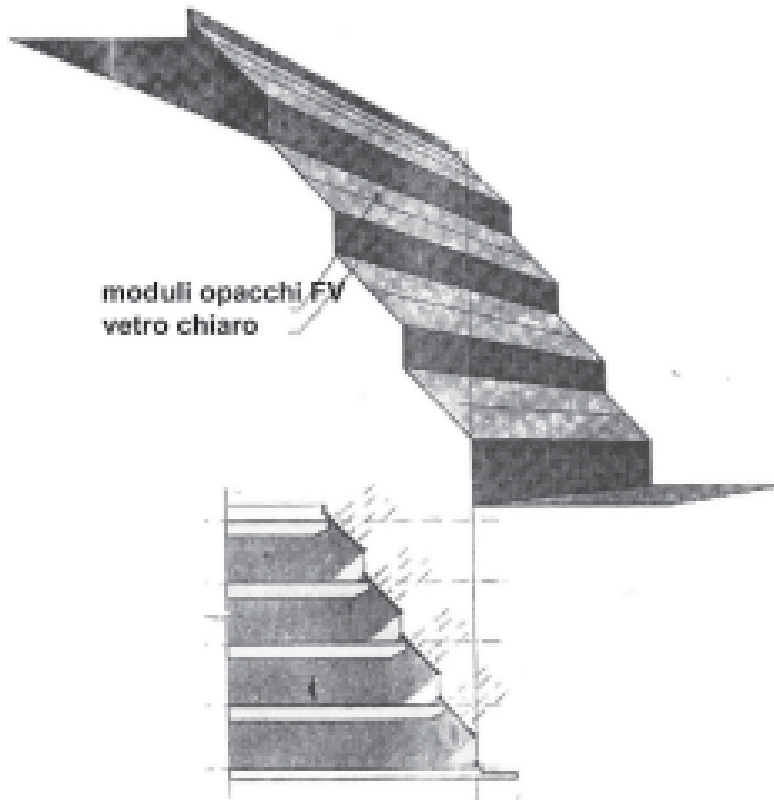
Schemi di soluzioni per facciate integrate con moduli FV di tipo trasparente, semitrasparente e opaco.



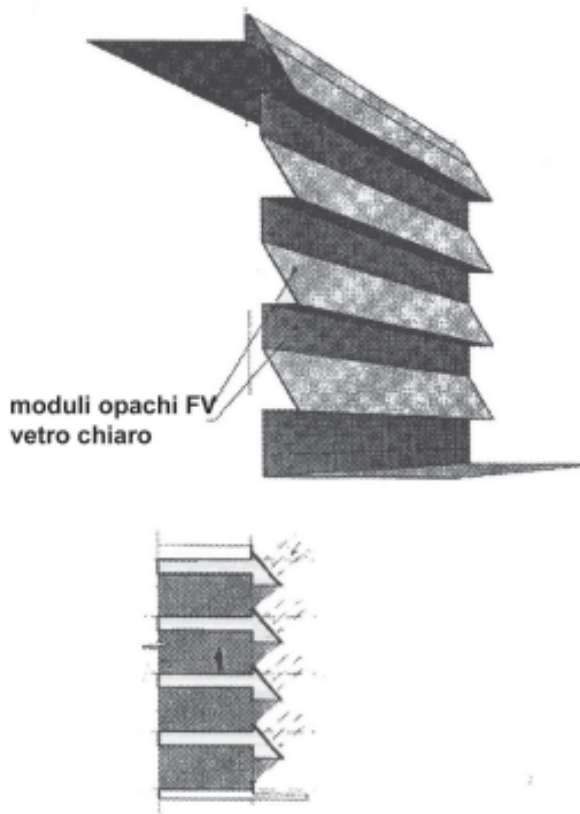
Curtain wall FV inclinato



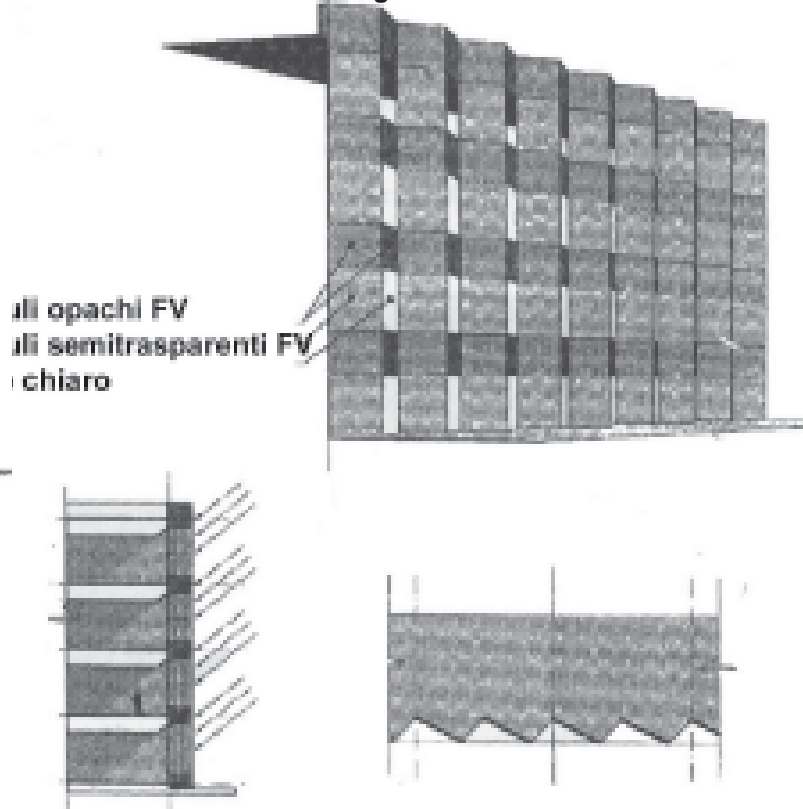
Curtain wall FV inclinato e scalato



Curtain wall FV seghettato orizzontale



Curtain wall FV seghettato verticale





4.9. Facciate continue inclinate Curtain wall FV inclinato o scalato

L'integrazione dei moduli FV in facciata inclinata potrà occupare tutta la superficie della facciata oppure predisporre l'inserimento solo nelle zone ritenute compatibili. La scelta della facciata continua inclinata, rappresenta una integrazione con elevati standard architettonici. L'opportunità di integrare moduli FV nell'involucro inclinato consente un'ottimale produzione energetica. Le zone della facciata solitamente più compatibili alla tecnologia FV sono le fasce poste al di sopra e al di sotto delle finestrate. Potranno inoltre essere alternati moduli FV opachi e semitrasparenti alla consueta tamponatura in vetro trasparente. Le facciate continue inclinate costituiscono una scelta progettuale sempre più diffusa specialmente negli edifici con destinazioni terziarie. Integrate al FV esse presentano, rispetto alle soluzioni verticali, una maggiore produttività energetica dovuta all'inclinazione dei moduli. Di contro questa soluzione riduce notevolmente, rispetto alla superficie occupata sul terreno, il volume interno dell'edificio e trova naturale applicazione in edifici con elevati standard architettonici. La possibilità di utilizzare prodotti FV realizzati con caratteristiche standard consente costi finali competitivi rispetto ad altre tipologie di integrazione.



Soluzioni con moduli FV doppio vetro



Vantaggi e svantaggi

- Buone prestazioni FV.
- Massima efficienza fotovoltaica
- Riduzione dell'uso della superficie interna calpestabile
- Semplicità di costruzione.
- Benefici dovuti all'ombreggiamento e alla possibilità
- Sistema di montaggio complesso
- Potenziale utilizzo di elementi FV standard.
- Limitazioni nell'orientamento dei moduli.
- Elevati standard di integrazione.



4.10. Sistemi di schermatura

Protezioni e controllo solare I moduli FV opachi possono essere utilizzati come protezione solare oppure come frangisole per meglio diffondere la luce naturale verso gli spazi più interni. Nel caso di un frangisole, la porzione maggiormente esposta al sole potrebbe essere ricoperta di moduli FV, mentre il resto essere rifinito in materiale altamente riflettente. Un altro dispositivo FV con benefici di tipo solare passivo sono i moduli a film sottili in silicio amorfo semitrasparenti progettati in modo da consentire il passaggio di una certa quantità di luce e/o visione verso l'esterno. In alternativa, celle opache disposte all'interno della superficie vetrata distanziate tra loro possono creare un interessante gioco di luce ed ombre nello spazio interno.

4.10.1. Sistemi FV frangisole fissi

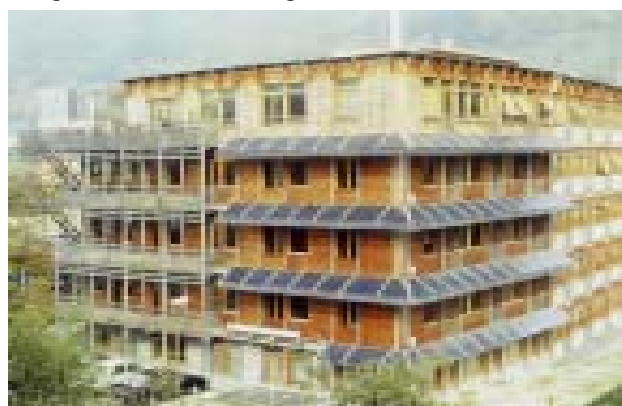
In alcuni casi i moduli FV possono essere utilizzati direttamente come protezione solare. E' infatti sempre più diffusa la loro integrazione nei sistemi frangisole la cui struttura risulta indipendente dal fabbricato e generalmente può essere inserita senza problemi in nuove costruzioni o in edifici già esistenti. Oltre a produrre energia elettrica, questa tipologia offre un valore aggiunto, un beneficio direttamente legato ai criteri bioclimatici: l'ombreggiamento. Ciò consente un innalzamento del comfort interno ed una notevole riduzione dei costi di condizionamento dell'edificio. In questo tipo di intervento l'integrazione con il FV è legata alle caratteristiche della struttura frangisole e difficilmente può essere trattata in termini tipologici. In genere il modulo FV può essere integrato alla struttura con assemblaggi meccanici. E' possibile inoltre sostituire completamente l'elemento frangisole con moduli o sottomoduli FV, in alcuni casi appositamente realizzati con dimensioni compatibili alle prestazioni del frangisole. Nel caso del frangisole fisso, la struttura mantiene un'inclinazione costante con conseguente limitazione nelle prestazioni di ombreggiatura e nella flessibilità di utilizzo. Risulta, rispetto alle soluzioni a inclinazione variabile, estremamente più economica, di semplice realizzazione e non necessita di una particolare manutenzione.

Vantaggi e svantaggi

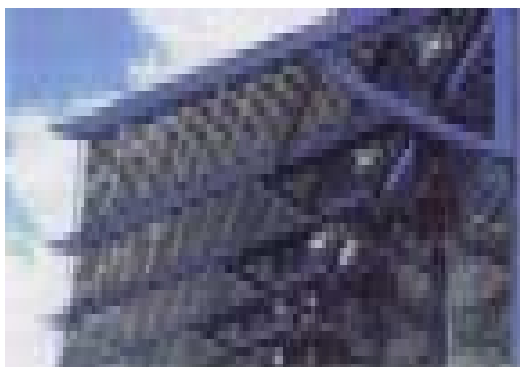
- Ottima soluzione per interventi retrofit.



Integrazioni FV con frangisole FV



Prototipo di facciata solare con frangisole e facciata FV



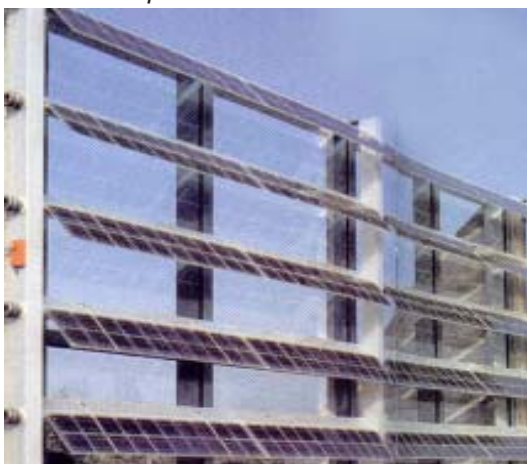
Frangisole FV vetro/vetro



Frangisole FV realizzati con moduli standard



Frangisole FV realizzati con celle FV su membrana plastica



- Potenziale integrazione del FV all'elemento frangisole o completa sostituzione ad esso.
- Funzioni di ombreggiamento con maggior comfort interno e riduzione dei costi di climatizzazione.
- Buona inclinazione dei moduli.
- Buona ventilazione e quindi temperature di esercizio contenute.
- Semplicità di installazione e manutenzione.

4.10.2. Sistemi FV frangisole mobili

I moduli FV utilizzati come elemento frangisole possono aumentare le loro prestazioni bioclimatiche ed elettriche se muniti di un sistema che ne regoli l'inclinazione. Tale soluzione, rispetto a quella dei frangisole fissi, offre la possibilità di un posizionamento accurato del modulo in funzione dell'altezza del sole, delle condizioni meteorologiche e delle specifiche esigenze di luminosità interna. In presenza, ad esempio, di condizioni meteorologiche particolarmente perturbate, con un conseguente abbassamento del livello di luminosità ambientale, i moduli possono essere posizionati in modo da far penetrare la massima luce possibile, riducendo il costo dell'illuminazione artificiale rispetto a soluzioni di frangisole fissi. Nel caso al contrario di condizioni di luminosità eccessiva per le necessità interne, l'impianto può essere regolato in modo da ottimizzare le sue prestazioni di schermo, con una conseguente riduzione dell'apporto termico interno ed un risparmio sull'eventuale energia impiegata per il condizionamento. Anche le prestazioni del FV possono essere migliorate grazie alla possibilità di orientare accuratamente i moduli in funzione dell'altezza del sole. I sistemi utilizzati per effettuare la regolazione sono meccanici, a trazione elettrica o oleodinamici. A sua volta la regolazione può essere azionata manualmente o regolata automaticamente grazie ad un sensore di rilevamento della posizione solare che fornisce direttamente all'impianto di regolazione le informazioni sull'altezza del sole. I limiti più rilevanti dei sistemi frangisole mobili, rispetto a quelli fissi, sono il sostanziale incremento dei costi dovuti al meccanismo (che può essere più o meno sofisticato), le maggiori difficoltà di installazione e, specialmente, i maggiori oneri manutentivi.

Vantaggi e svantaggi

- Ottima soluzione per interventi retrofit con integrazione o sostituzione degli elementi di protezione solare.

INTEGRAZIONE DEI SISTEMI FOTOVOLTAICI NEGLI EDIFICI

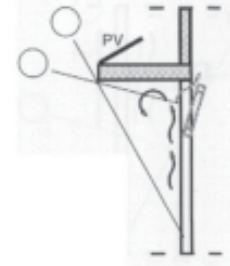
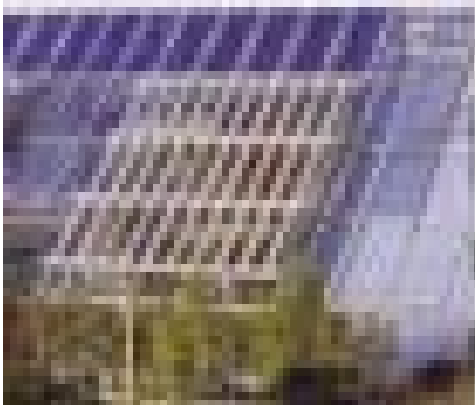
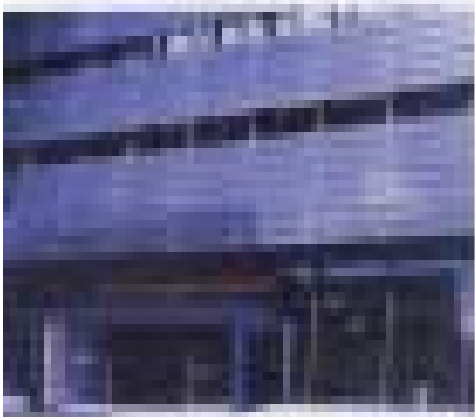
Uno studio per lo sviluppo e la diffusione delle energie rinnovabili negli edifici

- Estrema flessibilità di impiego.
- Ottimizzazione delle prestazioni elettriche dei moduli grazie alla variabilità del loro posizionamento.
- Ottimizzazione delle prestazioni bioclimatiche.
- Riduzione dei costi di illuminazione artificiale e climatizzazione.
- Buona ventilazione e quindi temperature di esercizio minime.
- Aumento dei costi realizzativi.
- Aumento dei costi di gestione.

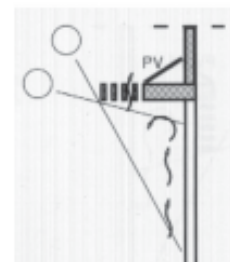
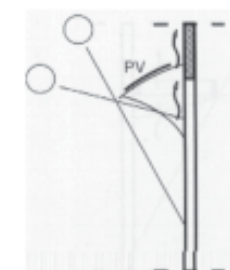
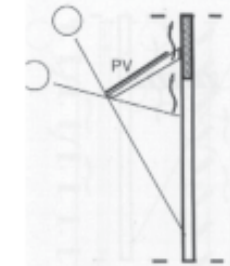


Frangisole fotovoltaici in policristallino

Esempi di frangisole FV



Alcuni schemi di soluzioni di frangisole FV





Alcuni esempi di lucernari semitrasparenti in film sottile



4.11. Lucernari

Per lucernari si intendono quelle strutture trasparenti o semi- trasparenti che permettono l'illuminazione naturale dall'alto. Essi generalmente si trovano sulle coperture piane e sono sporgenti dal volume del fabbricato, ma possono essere previsti anche su falde di tetto o su coperture curve. Possono inoltre essere isolati o disposti a filari paralleli, nei grandi edifici con destinazioni ad uso pubblico. Esistono lucernari dalle forme e dimensioni più diverse, ma i più adatti per essere integrati al FV sono quelli con sezione a doppia falda. In questo caso la falda del lucernario esposta in prossimità del sud può essere realizzata con moduli FV a doppio vetro in modo da fornire, oltre alla produzione energetica, una protezione dai raggi solari. La falda a nord sarà invece costituita da lastre trasparenti e dotata, possibilmente, di un sistema per l'aspirazione dell'aria calda interna. L'aspetto interessante di questa tipologia è che il lucernario è un componente architettonico le cui caratteristiche possono essere standardizzabili ed è quindi compatibile con procedimenti di produzione seriale. Ciò consente di realizzare prodotti che fin dall'inizio nascono con una doppia natura, FV ed edile, e di raggiungere, quindi, ottimi livelli di qualità integrativa. Risulta infatti difficile pensare ad un'installazione retrofit di FV sui lucernari.

Infine il lucernario, come accennato, ha necessariamente un'inclinazione che risulta molto utile alla produttività dei moduli FV.

Vantaggi e svantaggi

- Ottimi livelli di qualità architettonica.
- Buona resa FV grazie all'inclinazione.
- Limitati problemi di installazione.
- Possibile standardizzazione dei prodotti.
- Difficili realizzazioni retrofit.
- E' richiesto il requisito della tenuta stagna.



Alcuni esempi di frangisole fissi e mobili

4.12. Elementi di rivestimento

In alcuni casi l'integrazione del FV nell'edilizia può essere direttamente legata agli elementi di rivestimento dell'edificio. Il modulo FV viene utilizzato, ad esempio, in sostituzione di lastre di rivestimento in pietra naturale, o di componenti metallici, o di qualsiasi altro materiale venga utilizzato per il rivestimento esterno di un edificio. I moduli dovranno poggiare sulla stessa sottostruttura concepita per il sostegno del rivestimento, possibilmente avere le stesse dimensioni e le stesse caratteristiche di resistenza meccanica e agli agenti atmosferici. Questo tipo di intervento prevede di utilizzare un'ampia superficie sulla facciata sud.

Tale soluzione presuppone la presenza di una parete esterna completamente priva di aperture o di modanature architettoniche che potrebbero costituire un potenziale intralcio all'installazione dei moduli FV. La possibilità di rivestire completamente una parete con moduli FV consente ottimi standard qualitativi dell'integrazione ed elimina molti problemi di interfaccia con le singole componenti dell'edificio. La limitazione può essere costituita dal fatto che questa tipologia è in linea di massima realizzabile solo contestualmente alla costruzione edile.

E' possibile prevedere l'integrazione di moduli FV anche nel rivestimento di facciate interessate da aperture o modanature architettoniche. In tal caso sarà necessario progettare un posizionamento dei moduli seguendo criteri che tengano conto delle valenze estetico/architettoniche e delle esigenze elettriche e impiantistiche. Anche nel caso di questa tipologia di integrazione, i moduli sono considerati dei veri e propri componenti edili e devono rispondere a tutti i requisiti tecnici dei corrispettivi elementi di rivestimento che sostituiscono. In tal senso è in atto un notevole sforzo di ricerca industriale per immettere sul mercato moduli FV sempre più versatili a livello architettonico. L'impegno è di sviluppare prodotti realizzati su supporti diversi (metallici, sintetici e naturali) e di produrre celle in silicio con varie colorazioni per costituire una gamma di prodotti FV capaci di un'elevata flessibilità di impiego. La possibilità di un coinvolgimento parziale della facciata con i moduli FV, consente una maggiore scelta di situazioni integrative rispetto alla tipologia precedentemente illustrata. I moduli dovranno poggiare sulla stessa sottostruttura concepita per il sostegno del rivestimento.

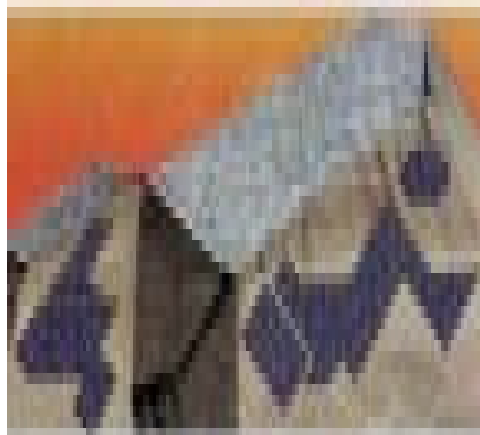
A riguardo bisognerà tener conto:



Soluzioni di rivestimento con moduli FV opachi



Esempi di soluzioni con moduli FV da rivestimento che formano motivi decorativi sulle facciate



- del necessario spazio sul retro del modulo per garantire un'areazione posteriore necessaria ad evitare eccessivi accumuli termici nocivi al suo rendimento ottimale;
- del cablaggio dell'impianto elettrico e dell'alloggiamento delle scatole di derivazione (requisiti sicuramente non presenti nella tecnologia dei rivestimenti);
- della congruità degli spessori tra rivestimento e moduli FV in quanto è solitamente auspicabile, per ragioni estetiche e funzionali, una completa planarità esterna dei rivestimenti.

Vantaggi e svantaggi

- Ottimi standard di integrazione ed estetici.
- Elevata produzione energetica.
- Possibile standardizzazione dei prodotti.
- Non adatto ad installazioni retrofit. Poca disponibilità di edifici con pareti prive di aperture.
- Buona disponibilità di edifici con pareti utilizzabili per installare impianti FV

4.12.1. Elementi di rivestimento inclinati

Nei grandi edifici con destinazioni terziarie a volte sono utilizzate pareti esterne inclinate e senza aperture. Se le pareti sono ben orientate esistono le condizioni ideali per l'installazione di un generatore FV. La soluzione senza dubbio più interessante dal punto di vista della qualità integrativa e quella della sostituzione degli elementi di rivestimento con i moduli FV. Quando la parete non presenta aperture o impedimenti è possibile progettare l'installazione di moduli FV in modo omogeneo. Tutti gli elementi FV andranno ancorati alla stessa sottostruttura concepita per sostenere il rivestimento edile. I moduli adatti per queste utilizzazioni devono rispondere a caratteristiche tecniche e dimensionali che appartengono agli standard edili. Per tali ragioni questa tipologia consente l'utilizzo di prodotti FV standard.

Nei casi in cui non sia possibile utilizzare l'intera parete esterna dell'edificio per la presenza di aperture o altri elementi architettonici, l'installazione di moduli FV dovrà essere pianificata in zone limitate ed integrata con il rivestimento. In questo caso il progettista avrà da una parte notevoli potenzialità espressive relativamente alla disposizione dei moduli, dall'altra i vincoli dell'impiantistica e del suo frazionamento. A volte si sono verificati, nel tentativo un po'

estremo di seguire criteri di simmetria, problemi di insolazione che possono penalizzare notevolmente la produttività dell'impianto. In questi casi un'ottima soluzione è rappresentata dall'uso di finti moduli. Nell'integrazione di moduli FV con i materiali di rivestimento, notevole attenzione dovrà essere impiegata nella scelta cromatica delle celle di silicio, considerando che sono già disponibili sul mercato diverse possibilità di colorazione. Data l'evidente diversità formale del modulo dagli altri componenti di rivestimento, una volta garantita l'uniformità dimensionale per rispettare i criteri di simmetria e omogeneità del prospetto è preferibile, a nostro giudizio, scegliere colorazioni che contrastino con quella del rivestimento senza tendere ad una conformità cromatica praticamente impossibile da raggiungere.



Fascia FV decorativa su un Autogrill

Vantaggi e svantaggi

- Ottimi standard di integrazione e estetici.
- Possibile standardizzazione dei prodotti.
- Buona produzione energetica dovuta all'inclinazione.
- Poca disponibilità di edifici con pareti prive di aperture.
- Potenziale utilizzo di prodotti FV standard.
- Ottimi standard di integrazione e estetici.
- Buona produzione energetica dovuta all'inclinazione.



Facciata FV di tre colori

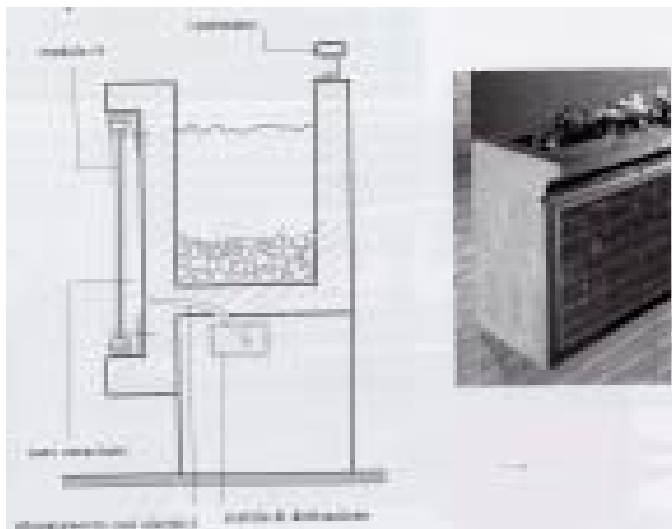


Parete FV distanziata realizzata come elemento decorativo e frangisole



Balconi rivestiti di moduli FV in due alberghi

Esempio di fioriera FV



4.13. Balaustre

Tra le superfici esterne di un edificio, potenzialmente utilizzabili per l'integrazione del FV, dobbiamo sicuramente tener presenti le balaustre ed i parapetti. Infatti la tipologia di edificio multipiano e generalmente dotata di terrazzi, balconi e corpi scala. Si tratta di una tipologia di integrazione di nuova concezione ed ancora in via di sviluppo, ma riteniamo che in un futuro anche prossimo tale soluzione possa costituire un'importante potenzialità per l'integrazione del FV negli edifici. L'inserimento di moduli FV nella struttura della balaustra può essere attuato con varie soluzioni; tra le tante le due principali sono:

- modulo FV semitrasparente laminato con doppio vetro. La lastra FV priva di cornici e predisposta per l'ancoraggio alla struttura tramite pinza metallica. Particolare attenzione dovrà essere posta nella produzione di moduli con pendenza destra o sinistra in funzione dell'andamento delle rampe dei corpi scala esterni. La semitrasparenza del modulo consente il raggiungimento di elevati requisiti estetici;
- modulo FV opaco – L'elemento FV viene incassato direttamente nella struttura della balaustra. Tale soluzione presenta maggiore semplicità costruttiva e di installazione rispetto alla precedente, ma minori valenze estetiche.

Vantaggi e svantaggi

- Possibilità di utilizzare superfici aggiuntive a quelle tipicamente disponibili in un edificio.
- Innalzamento delle valenze estetiche dell'edificio stesso.
- Ottima ventilazione dei moduli.
- Indispensabile alloggiamento dell'impianto elettrico all'interno della struttura di sostegno.
- Inclinazione verticale generalmente obbligata.
- Difficile standardizzazione del prodotto.
- Costi realizzativi medio-alti.
- Laboriosa installazione nel caso di utilizzo di moduli semitrasparenti.

4.14. Fioriere

Nelle recenti tipologie edilizie sempre più frequentemente vengono utilizzate fioriere allo scopo di proteggere o delimitare terrazzamenti e balconature. Tali elementi sono di solito prodotti in conglomerato cementizio e realizzati con tecniche di prefabbricazione leggera. Questa caratteristica ha

portato all'individuazione di standard dimensionali facilmente adattabili alle diverse tipologie edilizie. In tal modo risulta particolarmente semplice progettare l'integrazione del modulo FV nella struttura fioriera. Anche in questo caso esistano linee di produzione industriale di moduli FV già predisposti all'integrazione con fioriere, ma riteniamo questa soluzione di grande potenzialità per l'estrema semplicità realizzativa e di installazione, per le notevoli valenze estetiche e per le numerose possibilità applicative. Una delle soluzioni integrative più semplici e a nostro avviso la predisposizione del fronte esterno della fioriera all'incasso del modulo FV realizzando, già nella fase di stampaggio, l'alloggiamento di interfaccia con l'elemento FV. In tal modo il modulo FV risulterà perfettamente complanare alla superficie esterna della fioriera. Sarà inoltre possibile predisporre l'alloggiamento per la scatola di derivazione ed il passaggio dei cavi elettrici all'interno della struttura, prestando attenzione a renderla facilmente ispezionabile e protetta dall'umidità. E' importante prevedere un sistema di ventilazione posteriore del modulo FV per garantirne una maggiore efficienza.

**Vantaggi e svantaggi**

- Possibilità di integrare completamente il FV nella fioriera già in officina
- Cablaggio dell'impianto elettrico più accurato e sicuro rispetto ai sistemi montati in opera.
- Estrema facilità di montaggio.
- Costi realizzativi contenuti.
- Ottima standardizzazione del prodotto.
- Potenziali problemi di ventilazione del retro dei moduli FV.
- Limitata flessibilità di inclinazione dei moduli (generalmente vengono utilizzate strutture verticali).

Alcuni esempi di pensiline FV che utilizzano diversi tipi di supporti

4.15. Pensiline

A protezione di percorsi pedonali e nelle zone limitrofe agli accessi degli edifici sono a volte presenti elementi di copertura. Essi sono sostenuti da strutture esterne al fabbricato e solitamente dotate di fondazioni indipendenti.

Questa tipologia rappresenta un importante potenziale per l'integrazione del FV anche all'esterno dell'involucro dell'edificio.

In funzione dei requisiti abitativi dei corrispondenti ambienti interni e delle caratteristiche climatiche, è opportuno progettare l'integrazione FV delle pensiline scegliendo preliminarmente l'uso di moduli opachi o semitrasparenti.

Nel caso della scelta di moduli FV semitrasparenti è possibile adottare soluzioni "a giorno", dove l'elemento FV viene utilizzato senza cornice e direttamente ancorato alla struttura di supporto. Tale opportunità può consentire il raggiungimento di elevati standard estetici.

Oltre al requisito di ombreggiamento, alla struttura pensilina è richiesta la protezione dalle precipitazioni. Questo obiettivo induce il progettista a porre particolare attenzione allo studio della tenuta dei giunti. Non deve essere trascurata, inoltre, la predisposizione dell'alloggiamento dell'impianto elettrico specie nel caso in cui alcune sue parti siano poste ad altezza d'uomo.

**Vantaggi e svantaggi**

- Possibile detrazione, dal costo totale dell'intervento, dei costi di fornitura del componente edilizio sostituito dal FV.
- Potenziale utilizzo di moduli FV con standard industriali.



Pensiline FV

- Buona ventilazione dei moduli.
- Notevoli benefici dovuti all'ombreggiamento.
- Richiesta massima attenzione nel garantire la tenuta stagna dei giunti.

4.16. Padiglioni

Un ulteriore potenziale applicazione del FV è costituita dai padiglioni: grandi coperture trasparenti destinate a proteggere atrii, zone esterne di collegamento tra più edifici, aree pedonali, gallerie e giardini d'inverno. Tali elementi sono spesso realizzati con strutture in vetro e alluminio, appositamente progettate e destinate ad avere importanti valenze estetico-architettoniche. Se il padiglione copre un ambiente chiuso, il progettista dovrà porre particolare attenzione alle caratteristiche ambientali interne per risolvere potenziali problemi termici. Dovranno quindi essere adottate diverse soluzioni tra le quali quella di realizzare la falda del padiglione esposta a sud con elementi frangisole. In tal senso ci sembra appropriata la scelta di moduli FV semitrasparenti integrati alla struttura portante del padiglione. Questa tipologia architettonica rende disponibili ampie superfici all'integrazione con moduli FV. Dove ritenuto necessario dal progettista, è possibile integrare alla struttura del padiglione moduli FV opachi, limitatamente ad alcune porzioni della copertura.

Vantaggi e svantaggi

- Possibilità di utilizzo di moduli standard.
- Buona ventilazione dei moduli FV.
- Valorizzazione della componente tecnologica del FV ed evidenziazione delle sue potenzialità estetiche.
- richiesta massima attenzione garantire la tenuta stagna giunti.
- Potenziali difficoltà di installazione ai causa dell'altezza della copertura.
- Possibile detrazione, dal costo totale dell'intervento, dei costi di fornitura del componente edilizio sostituito da quello FV.

4.17. Considerazioni costruttive

Al fine di ottenere la migliore integrazione architettonica dei sistemi fotovoltaici negli edifici e ridurre al minimo la manutenzione degli impianti è necessario:

- ♣ Utilizzare materiali anti corrosivi: nelle facciate FV ci sono sempre piccole infiltrazioni lungo i giunti. In modo da evitare fenomeni di corrosione causati da infiltrazioni è essenziale adoperare materiali anti corrosivi;
- ♣ Prevedere la sostituzione dei singoli moduli: la sostituzione di un modulo si dovrebbe

be fare senza l'obbligo di sostituire o rimuovere parti rilevanti della facciata o del tetto;

- ♣ Prevedere la pulizia delle superfici dei moduli: onde evitare accumulo di polvere e agevolare la pulizia con la pioggia si dovranno evitare elementi sporgenti che sovrastino i moduli. I punti di fissaggio di un pannello senza infisso dovrà quindi sporgere il minimo possibile dalla superficie del modulo.
- ♣ Prevedere un cablaggio semplice: prima di montare il tetto o la facciata solare, si dovranno predisporre le connessioni elettriche. L'uso di elementi di connessioni affidabili fa sì che l'installazione dei moduli sia semplice e veloce.
- ♣ Minimizzare la manipolazione dei moduli in situ: dal momento che i moduli consistono principalmente in superfici di vetro e richiesta particolare attenzione durante le fasi di trasporto. Una volta installati il rischio di danneggiamento è molto basso. Quindi è fortemente consigliato manipolare al minimo i pannelli in cantiere. Il modulo dovrebbe andare dal container di trasporto direttamente alla sua posizione definitiva in facciata o sul tetto.
- ♣ Prevedere accuratamente la posizione dei moduli e il layout delle stringhe di celle: ad ogni modulo dovrà essere designata una posizione in modo tale da raggrupparle secondo i diversi circuiti elettrici. Questa operazione dovrà essere eseguita in fabbrica prima della spedizione in cantiere. L'imballaggio dovrà quindi mirare a semplificare le operazioni in cantiere.
- ♣ Prevedere una accurata ventilazione: se si adoperano moduli con celle di silicio cristallino, è fortemente consigliato ventilare la superficie posteriore del modulo dal momento che le elevate temperature influiscono negativamente sull'efficienza del sistema. Per i moduli costruiti con silicio amorfo, invece, questo particolare può essere trascurato.



a



b



c

a Soluzione di integrazione tetto luce

b Moduli FV decorativi e di rivestimento

c Frangisole FV



*Illuminazione
realizzata
con tettoie
FV*



4.18. Tipologie integrate alle infrastrutture urbane

Le integrazioni del FV nelle infrastrutture urbane costituiscono un settore applicativo in via di particolare sviluppo. Esse infatti consentono incremento del numero e della qualità dei servizi oggi presenti nelle strade delle nostre città. La domanda di servizi urbani è infatti in crescita esponenziale e l'opportunità di alimentare le utenze di tali servizi con tecnologia FV ha elevato notevolmente le possibilità ed i settori applicativi. Basti pensare alle difficoltà ed ai costi di alimentazione, anche in ambiente urbano, delle utenze sparse legate a impianti di rilevamento e di trasmissione dati, impianti per la segnalazione, la comunicazione e tanti altri. La caratteristica di queste applicazioni è, nella grande maggioranza dei casi, quella di essere impianti stand alone, cioè non connessi a rete ed autosufficienti a livello energetico. E' quindi necessario prevedere adeguati accumulatori per consentire il funzionamento delle utenze anche in mancanza di insolazione. In casi più limitati il generatore FV integrato a strutture urbane produce energia che viene ceduta alla rete attraverso l'utilizzazione di invertitori di tensione.

Quella di frammentare la produzione di energia rinnovabile in tanti generatori di limitate dimensioni è tra i principali obiettivi delle attuali politiche nazionali sull'utilizzazione delle energie rinnovabili. In tal direzione l'utilizzazione delle infrastrutture urbane per sostenere impianti FV ci sembra un'ottima opportunità da aggiungere a quelle edili. Un esempio per tutti: le pensiline dei parcheggi auto, bus e di attesa offrono notevoli superfici e costi di integrazione relativamente bassi. I principali ambiti di servizi urbani FV: pensiline parcheggio, pensiline attesa, impianti di rilevamento e trasmissione dati, impianti per la segnalazione e per la comunicazione pubblicitaria, impianti per l'illuminazione, barriere antirumore ed impianti vari. Anche in questo caso, come in quello delle architetture, si tratta generalmente di soluzioni interessanti dal punto di vista dell'integrazione ed un bagaglio di ottimi spunti per affrontare le problematiche relative alle loro progettazioni.

4.18.1. Pensiline per auto

Una delle più interessanti applicazioni del FV in ambiente urbano è costituita dalla sua integrazione nelle pensiline per parcheggio auto. Questo importan-

te elemento di arredo urbano risulta sempre più diffuso e presente nelle pianificazioni di comuni, enti preposti a gestire parcheggi e municipalizzate. Anche i parcheggi aziendali non sono più concepibili se, almeno in parte, non sono dotati di posti auto coperti. La struttura dei moduli FV risulta ben rispondere, se integrata con le altre componenti della pensilina, ai requisiti di protezione dalle precipitazioni e dai raggi solari, in presenza di strutture estremamente leggere è possibile utilizzare, come unico elemento di copertura, il modulo FV. In questo caso una scelta possibile è quella dei moduli semitrasparenti, o a doppio vetro, che consentono una discreta ombreggiatura oltre al passaggio della luce. Questa scelta risulta inoltre appropriata quando all'impianto sono richieste anche valenze dimostrative nei confronti della tecnologia FV. In tal modo anche dal basso può essere immediatamente percepita la presenza dei moduli e possono essere fruite le loro peculiarità estetiche. Nel caso si utilizzino direttamente i moduli FV come unica protezione, bisognerà curare in modo particolare la progettazione del sistema di connessione tra modulo e modulo e la relativa impermeabilizzazione.

Le pensiline per auto sono elementi per definizione modulare. Può risultare molto interessante far coincidere, nell'ambito della progettazione, la modularità strutturale con quella elettrica.

Vantaggi e svantaggi

- Interessanti valenze estetiche ed integrative.
- Possibile standardizzazione degli elementi FV.
- Possibilità di far coincidere la modularità strutturale con quella elettrica.
- Ampia disponibilità di superfici per l'integrazione.
- E' richiesta particolare attenzione al requisito della tenuta stagna.

4.18.2. Pensiline di attesa

Nonché le pensiline per l'attesa bus sono diventate un servizio insostituibile nella pianificazione delle infrastrutture dell'arredo nell'ambito delle nostre città. In funzione delle caratteristiche del contesto urbano, della viabilità e del servizio pubblico, le pensiline attesa assumono forme e funzioni particolarmente varie. I moduli FV dovranno essere necessariamente integrati alla copertura della pensilina. Sarà importante studiare un sistema flessibile per l'orientamento dei moduli non potendo conoscere a priori il posizionamento della pensilina. Può risultare sufficien-





Pensilina Stazione di Morges



Illuminazione FV

te prevedere un doppio orientamento dei moduli con la possibilità di una rotazione di 180°. La potenzialità di cambiare l'orientamento del generatore può comportare dei problemi alle caratteristiche estetiche del manufatto. A volte è necessario installare all'interno della pensilina utenze elettriche funzionali ad alcuni servizi: illuminazione interna, impianto luminoso per segnalazioni di servizio, impianto pubblicitario luminoso, macchine per emissione biglietti o obliterate. In alcuni casi può risultare vantaggioso alimentare le utenze della pensilina direttamente con il generatore FV dotando l'impianto di accumulatori che consentano la disponibilità energetica anche in orari notturni.

Vantaggi e svantaggi

- Interessanti valenze estetiche ed integrative.
- Possibilità di utilizzo di moduli standard.
- Potenziale flessibilità di orientamento.
- Non sempre è necessario il requisito della tenuta stagna.
- Possibilità di realizzare un impianto stand alone.

Conclusioni

Avendo analizzato le diverse tecnologie di integrazione FV i punti principali da osservare sono:

1. Orientamento
2. Calpestio
3. Facciate
4. Sezioni

Un edificio orientato a sud, rivolto verso l'acquisizione solare passiva e libero da ostruzioni che creino ombreggiamento è un edificio favorevole all'installazione di un impianto FV. Così anche un orientamento di un edificio di forma rettangolare con i lati più lunghi orientati ad est ed a ovest, ha una ampia copertura rivolta verso sud potenzialmente molto adatto ad una installazione FV.

Il sistema FV applicato alle facciate è tecnologicamente più complesso, anche se a prima vista potrebbe sembrare un tetto orientato a 90° molti requisiti sono gli stessi. Un altro fattore importante è che la radiazione solare attraverso le pareti finestrate e i lucernari entra direttamente negli ambienti. Una domanda nasce sempre sulla considerazione degli elementi sopra citati, Quanta superficie è necessario rendere trasparente e quanta FV? Su una copertura quanta superficie è possibile coprire con moduli FV?

In pratica tali conflitti permarranno durante la fase progettuale fino a che le soluzioni architettoniche non si saranno delineate. Un edificio ad alta efficienza energetica ha circa il 30-45% della superficie vetrata esposta a sud, pertanto sarà possibile coprire il

55-70% con superfici opache di FV affinché l'edificio non risenta di un deficit di illuminazione diurna.

Valutazioni fondamentali da osservare

1. I sistemi FV devono essere considerati parti integranti nell'architettura dell'edificio
2. Importanza estetica
3. L'impianto FV deve fornire uno sviluppo sostenibile dell'edificio
4. Le schermature non devono minimizzare le performance ambientali dell'edificio (topografia, presenza di edifici vicini alti)
5. Ci dovrebbe essere un buon rapporto tra la domanda di energia dell'edificio e l'energia prodotta dall'impianto FV.
6. I moduli FV devono essere adeguatamente ventilati affinché mantengano il rendimento ottimale
7. Ci sono diversi sistemi di integrazione architettonica FV negli edifici, in particolare per facciate e coperture
8. I sistemi FV risentono dell'orientamento, facciata e la sezione dell'edificio



Altre applicazioni fotovoltaiche tra le quali le Automobili