

CAPITOLO 5

CENNI SU ARCHITETTURA BIOCLIMATICA E UTILIZZAZIONE ENERGIA SOLARE

5.1 Generalità

Col termine di **architettura bioclimatica** s'intende un complesso di soluzioni progettuali che consentano di realizzare, all'interno degli edifici, le condizioni di comfort **contenendo**, il più possibile, **l'intervento impiantistico** e i relativi consumi d'energia primaria. L'approccio bioclimatico tende ad affidare alla struttura dell'edificio, al suo orientamento e al contesto climatico circostante, il compito di realizzare condizioni di comfort interno (ad esempio, captando o respingendo contributi energetici solari o sfruttando sapientemente il microclima locale).

L'utilizzo più razionale di risorse ambientali rinnovabili (radiazione solare per il riscaldamento degli ambienti e per l'illuminazione naturale; vento, evaporazione di acqua o scambio termico con il terreno per il raffrescamento estivo, etc.) può contribuire a ridurre il consumo di energia primaria. Si può osservare che un atteggiamento di maggiore attenzione verso progettazioni energeticamente più consapevoli richiede al progettista **maggiore competenza tecnica** per integrare maggiormente tra loro **edificio** e **impianti di climatizzazione**. Si può ancora ricordare che oggi si richiedono livelli abitativi di comfort più elevati; ad esempio, oltre al tradizionale comfort termoisometrico, hanno oggi assunto importanza aspetti del comfort legati alle sensazioni sonore e luminose, all'igrometria e alla qualità dell'aria. L'edificio dovrà, pertanto, nella sua collocazione, forma, funzioni e uso dei materiali, tendere a realizzare un sistema tecnologico "energy saving" che assicuri un comfort interno il più completo possibile. Ovviamente questo approccio presuppone un'impostazione progettuale che consideri **gli impianti parte integrante dell'edificio** e non solo un **complemento da aggiungere a posteriori**.

L'iter progettuale ancora oggi seguito è diverso:

- il progettista: sceglie e definisce gli spazi e gli aspetti formali dei materiali;
- l'impiantista: interviene "a posteriori" per progettare un impianto di climatizzazione che si adatti alle scelte già effettuate dal progettista.

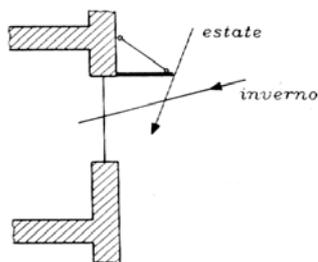
Di qui la necessità di un approccio più equilibrato e articolato, caratterizzato da una maggiore attenzione, già in sede di progettazione architettonica, verso tutte quelle misure di controllo degli scambi energetici tese a ridurre:

- sprechi ingiustificati di energia primaria;
- processi di omologazione dei modelli architettonici che spesso travolgono il patrimonio di conoscenza elaborato (spesso localmente) nel corso dei secoli.

L'approccio di progettazione bioclimatica (più o meno spinta) prevede invece maggiore attenzione verso le “forze della natura” per costruire edifici che, in relazione al clima esterno, realizzino le condizioni di comfort interne utilizzando anche apporti energetici gratuiti e dimensionando conseguentemente gli impianti. Quest'approccio richiede una conoscenza più approfondita delle condizioni climatiche del luogo ove sarà costruito l'edificio. Si ricorda che il *dimensionamento di un impianto di climatizzazione* dipende da:

- condizioni climatiche esterne (t_e , i_e , radiazione solare, velocità del vento, ecc.);
- struttura dell'edificio: caratteristiche fisiche e dimensionali delle strutture (soprattutto d'involucro);
- forma ed orientazione;
- funzione svolta dall'edificio.

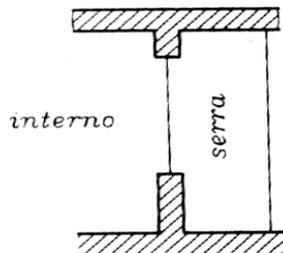
5.2 Esempi di approcci bioclimatici



- Una finestra orientata a Sud, fornita d'aggetto, lascia libero transito, come evidenziato in figura, alle radiazioni solari (maggiormente inclinate) durante la stagione invernale, mentre scherma le stesse (meno inclinate) durante la stagione estiva.

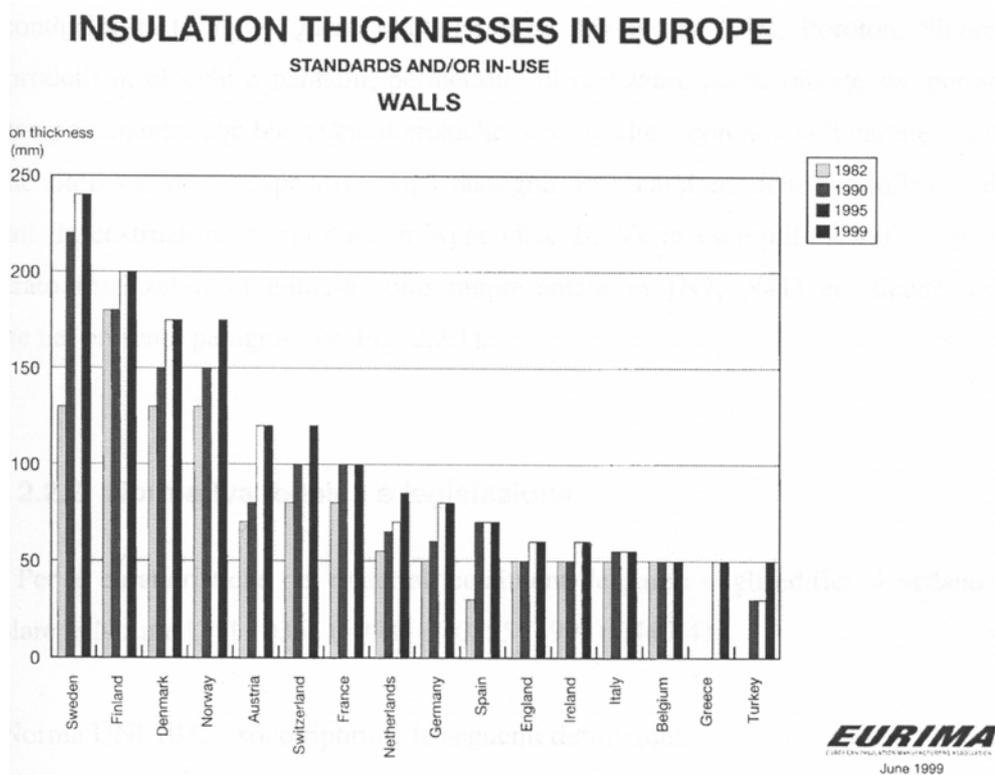
- Un più opportuno orientamento dell'edificio per utilizzare correnti d'aria può consentire in estate di ventilare più efficacemente gli ambienti durante la notte per ridurre le temperatura interne anche in assenza d'impianti di condizionamento (ad esempio, orientamento dell'asse maggiore perpendicolare ad un litorale per sfruttare il regime delle brezze marine).

- In climi meridionali murature e strutture esterne di colore bianco riflettono, di giorno, la radiazione solare e smaltiscono egualmente, di notte, come radiazione infrarossa, il calore accumulato durante le ore diurne.

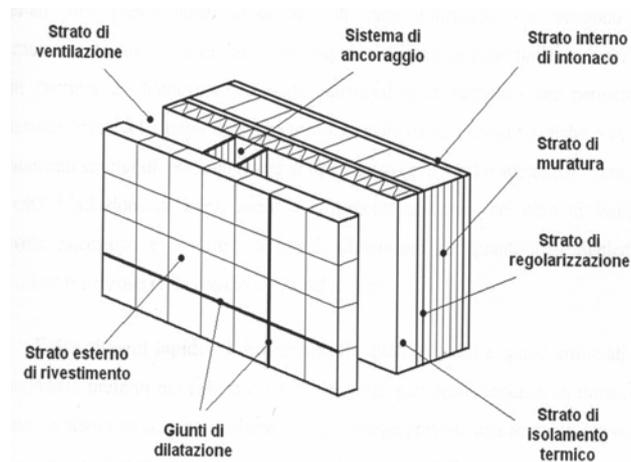


- Edifici (vedi figura) corredati di verande a serra, o dispositivi simili, che consentono lo sfruttamento di apporti solari invernali e una volta aperte e ventilate possono agire da schermo estivo (grazie alla presenza degli oggetti).

- Messa in opera di elevati isolamenti termici dell'involucro edilizio per evidenziare maggiormente i contributi energetici gratuiti rispetto a quelli forniti dall'impianto di riscaldamento. Come si già visto, una maggiore attenzione nei riguardi dell'isolamento termico degli edifici è già imposta da disposizioni legislative. In figura si riporta l'andamento crescente dello spessore di materiale isolante mediamente messo in opera in alcuni paesi europei a partire dal 1962.



- Interventi sulle superfici trasparenti ed opache dell'involucro edilizio al fine di contenere nel regime estivo i carichi termici trasmessi all'interno. Anche se tale argomento è già stato discusso al riguardo del dimensionamento degli impianti di condizionamento, si può ricordare nuovamente che questo obiettivo può essere realizzato attraverso la messa in opera di superfici trasparenti speciali, ad esempio: vetri trasparenti nel visibile e riflettenti nel vicino infrarosso (per eliminare la parte infrarossa della radiazione solare senza ridurre apprezzabilmente la luce trasmessa); vetri con fattore di trasmissione variabile in relazione all'entità della luce incidente (fotocromici); vetri sensibili al calore (termocromici) o in modo attivo sensibili alla presenza di campi elettrici imposti (elettrocromici). Per quanto riguarda la parte opaca dell'involucro si può agire sulle caratteristiche delle pareti opache che delimitano gli ambienti (scelta e dimensionamento di pareti multistrato per ridurre i carichi trasmessi) oppure ancora si può fare riferimento alla messa in opera di **pareti e coperture ventilate** per **ridurre gli apporti energetici estivi** attraverso le pareti perimetrali. In questi casi, come illustrato nella figura, uno strato di rivestimento esterno è fissato alla struttura portante e da questa opportunamente distanziato (10-15 cm), al fine di realizzare un'intercapedine, aperta sull'ambiente esterno, attraverso la quale l'aria possa fluire per convezione naturale o, in certi casi, anche forzata.



- Illuminazione naturale diurna di un edificio, sfruttando sia la luce solare diretta sia quella diffusa dalla volta celeste per favorire la penetrazione della luce naturale all'interno degli edifici riducendo i consumi elettrici (pregiati) per l'illuminazione artificiale.

5.3 Approfondimenti sull'utilizzo energia solare

In generale si può affermare che, mentre l'utilizzazione termiche di energia solare realizzate mediante elementi strutturali all'involucro (**modo passivo**) rivestono grande interesse, le utilizzazioni termiche con componenti impiantistici (**modo attivo**) non risultano ancora del tutto competitive se si esclude la produzione di acqua calda per usi sanitari. Anche la produzione diretta di elettricità **FV (fotovoltaico)** non presenta ancora, almeno al momento attuale, significativi vantaggi economici rispetto ai sistemi tradizionali. Questo approccio si è finora diffuso soprattutto in situazioni "marginali" ove la realizzazione del collegamento alla rete elettrica nazionale manchi o risulti oneroso. Grazie a recenti interventi legislativi di incentivazione, i sistemi **FV** possono iniziare a essere competitivi.

5.3.1 Sistemi solari passivi

Nella gestione di un edificio, strategie solari passive, con diverse varianti, possono essere sostanzialmente impiegate per raggiungere due obiettivi principali:

- **riscaldamento solare passivo**, soprattutto nei climi freddi, attraverso l'accumulo, la distribuzione e la conservazione dell'energia termica solare. Al fine di raggiungere questo scopo, le principali tecniche passive prevedono l'impiego di muri termoaccumulatori, di un ottimo isolamento, di masse notevoli per realizzare accumuli termici, di sistemi di preriscaldamento dell'aria, utilizzo di superfici vetrate esposte a **Sud**, di vere e proprie serre addossate all'edificio etc.

- **raffrescamento naturale**, grazie alla ventilazione naturale, alla schermatura e all'espulsione del calore indesiderato verso l'esterno. Le principali tecniche impiegate in questo caso prevedono l'utilizzo di condotte d'aria interrate, di camini solari, di una buona massa termica, della ventilazione indotta, di protezioni dall'irraggiamento diretto e di sistemi per la deumidificazione o per l'evaporazione dell'acqua.

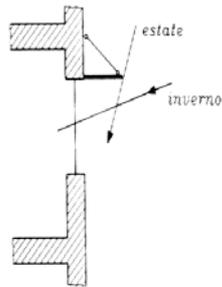
● **Cenni sul riscaldamento solare passivo**

Nella stagione fredda, l'energia solare può dare un contributo significativo al fabbisogno energetico degli edifici. I **sistemi solari passivi** possono essere classificati in tre categorie:

- a **guadagno diretto** (lo scambio termico prevalente di tipo radiativo diretto);
- a **guadagno indiretto** (lo scambio termico prevalente è di tipo convettivo, quello radiativo è indiretto, attraverso la parete di accumulo);

- ad **incremento isolato** (la superficie di captazione è separata dall'accumulo termico, lo scambio è di tipo radiativo indiretto con una massa che accumula senza introdurre aria riscaldata direttamente nell'ambiente).

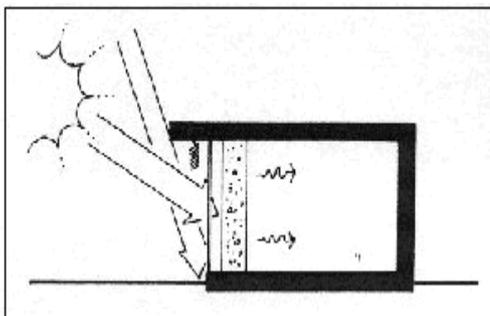
Il **sistema a guadagno diretto** (sistema più comune) prevede la messa in opera di ampie superfici vetrate esposte a Sud, aperte direttamente sull'ambiente interno.



In figura, una finestra orientata a Sud, fornita di aggetto, lascia libero transito alle radiazioni solari durante l'inverno, ma non lascia passare i raggi (meno inclinati) durante l'estate.

I principali **sistemi a guadagno indiretto** sono rappresentati da:

- **muro termico;**
- **muro Trombe;**
- **serra.**



Nel **muro termico** (vedi figura) l'accumulo è determinato da una parete di consistente massa termica esposta a **Sud** e protetta da una superficie vetrata per ridurre le dispersioni termiche. Il calore assorbito dalla parete viene trasmesso

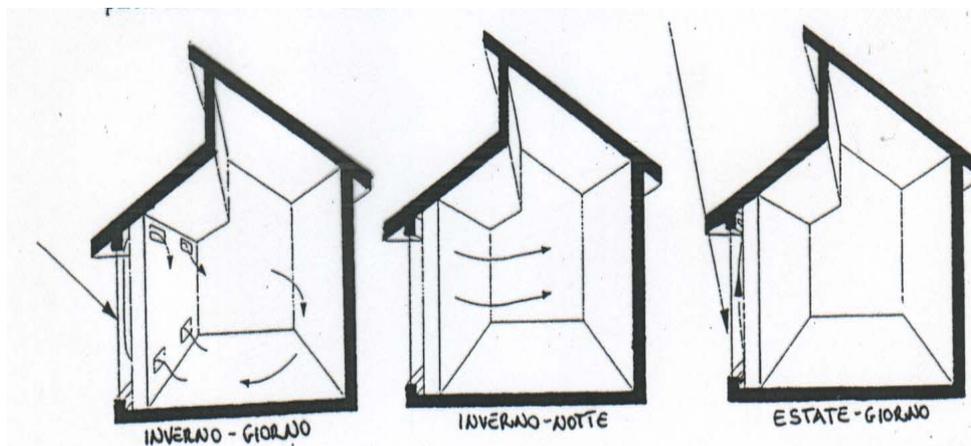
attraverso la parete per conduzione e ceduto all'interno con un certo ritardo (per convezione ed irraggiamento). Gli elementi d'accumulo sono costituiti da pareti e/o solai aventi un'adeguata capacità termica.

Il **muro termico** può anche essere realizzato con un recipiente pieno d'acqua (muro d'acqua). Il ricorso a questo sistema è giustificato dal fatto che la capacità termica dell'acqua è superiore a quella dei materiali murari, per cui a parità di volume, il muro d'acqua può accumulare energia termica in misura maggiore. L'aspetto negativo del muro d'acqua è insito nel fatto che esso non può costituire elemento strutturale per cui rappresenta un extracosto.

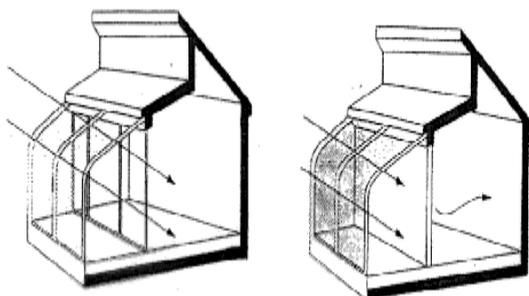
Il **muro Trombe**, oltre al trasferimento del calore dalla captazione all'ambiente retrostante per conduzione (come nel muro termico), consente anche un trasferimento convettivo (termocircolazione naturale) attraverso delle aperture poste in alto ed in basso sulla parete.

In particolare, si tratta di un muro pieno di circa 30 cm di spessore, sul lato esterno (in genere verso sud) dipinto in nero e protetto da una vetrata posta a 12 cm di distanza; sul lato interno del muro, invece, sono praticate delle aperture, in alto e in basso, in genere dotati d'aperture termostatiche. Quando il sole riscalda il volume d'aria tra muro nero e vetro; il calore accumulato è ceduto gradualmente all'ambiente interno attraverso i moti convettivi dell'aria riscaldata regolati da aperture termostatiche.

L'aria calda leggera entra dalla bocchetta superiore e l'aria interna più fredda viene



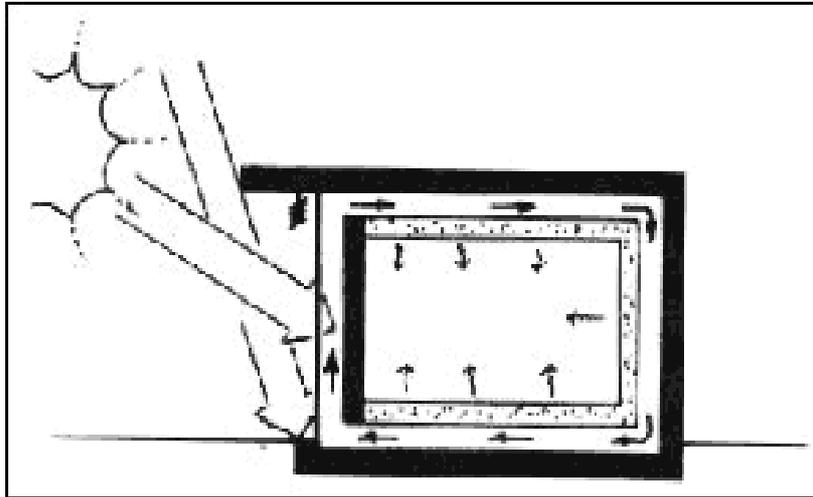
richiamata dalla bocchetta inferiore nell'intercapedine tra muro nero e vetro. D'estate può essere schermato od aperto per ventilare l'intercapedine con aria esterna al fine di evitare un eccessivo surriscaldamento.



La **serra** determina un sistema cuscinetto tra interno ed esterno con un evidente miglioramento delle condizioni di comfort. Inoltre, la serra si può addossare agli edifici preesistenti e costituisce lo spazio ideale (con i dovuti accorgimenti) per la coltivazione di piante.

Se dotata di schermature ad elementi mobili può essere considerata uno spazio abitabile.

Nei **sistemi ad incremento isolato** la superficie di captazione è **separata dall'accumulo termico**, il trasferimento del calore avviene in buona misura per convezione naturale come nel *sistema Barra-Costantini* illustrato nella sottostante figura.



L'aria riscaldata dal collettore viene convogliata in condotti posti nel soffitto che riscaldano la struttura. Si viene, quindi, a determinare una termocircolazione naturale (loop convettivo) con conseguente trasferimento del calore dalla captazione (collettore) all'accumulo (soffitto) e all'ambiente interno.

5.3.2 Sistemi solari attivi

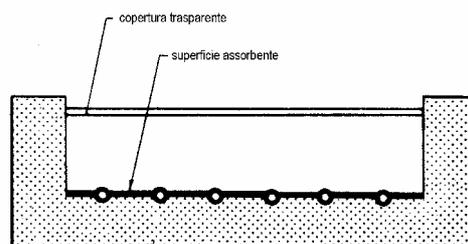
Con l'espressione "energia solare attiva" s'intende in genere raggruppare tutte le applicazioni che riguardano il settore delle applicazioni termodinamiche (**energia termosolare**) ed il settore **dell'energia fotovoltaica**.

● **Cenni su sistemi solari termici**

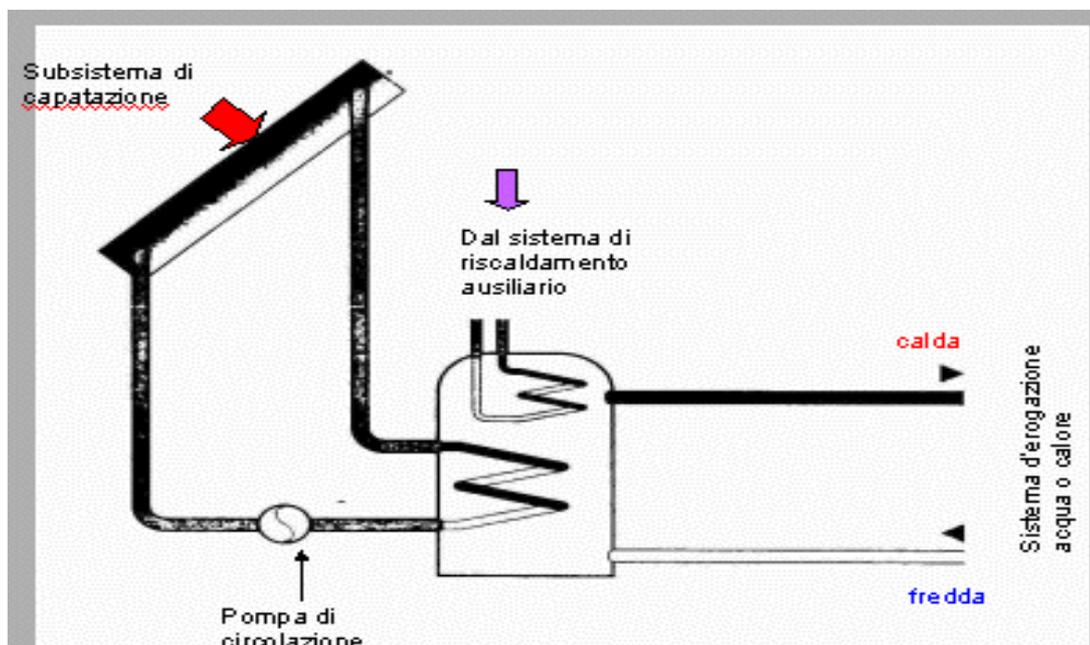
La maggior parte dei sistemi per l'utilizzazione termica dell'energia solare, hanno come principali componenti sia collettori solari sia sistemi di immagazzinamento del calore, mentre la circolazione del fluido termovettore acqua/aria viene ottenuta mediante pompe o ventole. Alcuni collettori solari offrono, tra gli altri vantaggi, la caratteristica di poter essere integrati con relativa facilità nella struttura dell'edificio. Esiste, quindi, la possibilità di creare delle vere e proprie facciate energeticamente attive, senza rinunciare alla qualità stilistica e architettonica dell'edificio. Maggiori dettagli sono riportati nell'appendice APP1_II.

Questi sistemi si differenziano dai sistemi solari passivi sopra descritti per le seguenti specificità:

- il sistema di captazione, sia esso ad acqua o aria, è, generalmente, un componente modulare (collettore solare), di produzione industriale, composto da una lastra trasparente (generalmente, vetro), da un'intercapedine d'aria, da una lastra nera assorbente con sottostante strato isolante e da una scocca metallica avente la funzione di tenere assemblati gli strati summenzionati;



- il sistema di distribuzione è un vero e proprio circuito impiantistico, di pompe e tubi (acqua) o ventilatori e condotti (aria), che trasporta il fluido ai terminali di scambio termico, che possono essere radiatori tradizionali o serpentine a bassa temperatura (a pavimento o a soffitto) – nel caso di fluido acqua – ovvero ventilconvettori o bocchette d'aerazione – nel caso di fluido aria.



Il sistema d'accumulo è rappresentato da contenitori d'acqua che scambiano indirettamente con il sistema distributivo e sono spesso associati alla fornitura d'acqua calda igienico-sanitaria – o nel caso di sistemi ad aria da letti di pietra, generalmente posti sotto il pavimento del piano terra e attraversati da condotti in arrivo dai collettori;

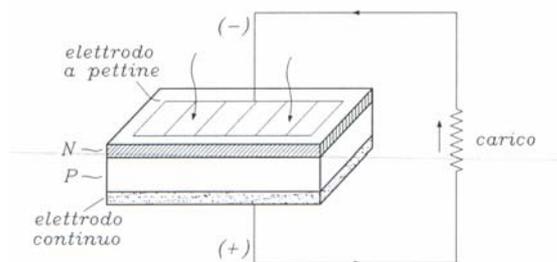
- il sistema solare è, generalmente, assistito da un impianto di produzione del calore a combustibile fossile, dimensionato in modo tale da intervenire quando i valori della radiazione solare incidente non sono sufficienti a produrre il calore necessario all'ambiente.

La scelta, tra sistemi solari ad aria e ad acqua, deve essere effettuata in relazione al tipo d'uso finale del calore e alle caratteristiche temporali dell'utenza. Un sistema solare attivo ad acqua è consigliabile nelle destinazioni d'uso residenziali permanenti, dove può essere associato all'utilizzo d'acqua calda igienico-sanitaria e/o a sistemi di riscaldamento a **bassa temperatura**, quali i sistemi di riscaldamento a pannelli radianti a pavimento, a soffitto o a parete. Un sistema ad aria è consigliabile in destinazioni d'uso non residenziali, o residenziali non permanenti, dove è possibile sfruttare al meglio la migliore efficienza istantanea. I sistemi ad aria richiedono minore manutenzione dei sistemi ad acqua.

● Cenni sui sistemi fotovoltaici

La tecnologia fotovoltaica consente di trasformare direttamente parte dell'energia associata alla radiazione solare in energia elettrica. Essa sfrutta il cosiddetto effetto **fotovoltaico** e cioè la proprietà che strati di materiali semiconduttori, ad esempio silicio

trattato, hanno di generare elettricità quando siano investiti dalla radiazione solare. Più in particolare, in una cella fotovoltaica (vedi figura) è costituita da uno strato di silicio di tipo **N** (trattato per realizzare in esso un certo numero di lacune elettroniche e cioè cariche positive) cui è interfacciato un secondo strato di silicio diversamente trattato (silicio **P**) al fine di determinare in esso un eccesso di carica negativa). Le radiazioni solari dirette e diffuse attraversano lo strato **N** e, in prossimità della giunzione **N-P** creano coppie elettrone/lacuna. Gli elettroni attraversano **N** fino all'elettrodo a pettine a contatto, mentre le lacune attraversano **P** fino all'elettrodo continuo collegato a **P**. In presenza di radiazioni solari tra i due elettrodi si viene quindi a stabilire una differenza di potenziale elettrico. Se si collegano gli elettrodi a un circuito elettrico esterno si ha in questo passaggio di corrente elettrica.



Mediante il collegamento in parallelo più fotocellule è possibile ottenere l'intensità di corrente desiderata, mentre collegando in serie fotocellule si ottiene la differenza di potenziale elettrico desiderata. Maggiori dettagli sono riportati nell'appendice APP1_II.

Le celle fotovoltaiche sono in grado di sfruttare solo parte dello spettro solare, infatti buona parte della componente infrarossa ($\lambda > 1.1 \text{ [\mu m]}$) non è in grado di fornire sufficiente energia per creare le coppie elettrone lacuna in base alle relazione di Planck ($E = h f$). Anche parte della radiazione potenzialmente utile non viene sfruttata perché riflessa dalla superficie della cella. Parte poi dell'energia elettrica prodotta è dissipata per effetto Joule e un'ulteriore parte viene a perdersi nell'eventuale processo di conversione della corrente continua prodotta in corrente alternata. In linea indicativa il rendimento complessivo di attuali celle fotovoltaiche di silicio raggiunge valori di circa **18 %**, in altre parole, **1 [m²]** di superficie fotovoltaica sottoposta ad un flusso di radiazione solare diretta e diffusa pari a **500 [W]** potrà fornire circa **90 [W]** di potenza elettrica. Si prevede una crescente utilizzazione delle tecnologie **FV** nel prossimo futuro anche se è ancora necessaria una forte riduzione di costi. In generale, sistemi **FV** possono essere messe in opera sia sulle coperture e/o facciate degli edifici, di taglia da qualche kW ad alcune decine di kW, collegati alla rete elettrica sul lato bassa tensione, a

mezzo di convertitori statici da corrente continua ad alternata. Si possono evidenziare come aspetti potenzialmente favorevoli:

- produzione di energia elettrica in prossimità del carico evitando perdite di trasporto e distribuzione;
- utilizzo di coperture di edifici od altre superfici non altrimenti utilizzabili, come le facciate, porta evidenti vantaggi dal punto di vista dell'occupazione del territorio.

Installazione su coperture

La copertura piana è la tipologia più flessibile per inserire elementi fotovoltaici poichè non presenta vincoli di orientamento, come avviene, invece, nel caso delle coperture a falda inclinata che possono presentare problemi di orientamento non favorevole alla captazione dell'energia solare.



La copertura a falda inclinata con rivestimento in tegole è tipica delle aree geografiche con inverni rigidi e con frequenti precipitazioni nevose. In questi casi sono possibili due sistemi di montaggio delle celle. Il sistema fotovoltaico sovrapposto alla copertura preesistente e sistema fotovoltaico integrato nel rivestimento a tegole che vede una parziale sostituzione di tegole con moduli fotovoltaici (tegole fotovoltaiche).

Installazione su facciata

Tecnicamente l'integrazione nelle facciate presenta meno difficoltà che l'integrazione nei tetti anche se l'offerta di moduli fotovoltaici che soddisfino tale esigenza è in continua crescita. Sono sul mercato alcuni sistemi come ad esempio il sistema Saint Gobain con cellule solari inserite fra due lastre di vetro e sono in fase di studio sistemi che combinano il guadagno diurno della luce con la produzione energetica delle cellule solari e con l'isolamento termico.

