



Agenzia Energetica Provincia di Pisa S.r.l.

# **RISPARMIO ENERGETICO E FONTI RINNOVABILI**

## **GUIDA ALLE TECNOLOGIE**

GIUGNO 2013



<b>1. IL PROTOCOLLO DI KYOTO E LE ENERGIE RINNOVABILI.....</b>	<b>3</b>
<b>2. L'EFFICIENZA ENERGETICA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 INTERVENTI SUGLI EDIFICI .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1.1 L' ISOLAMENTO TERMICO.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 INTERVENTI SUGLI IMPIANTI.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.1 Generatore di calore ad alta efficienza energetica .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.2 Valvole termostatiche.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.3 Elettrodomestici ad alta efficienza.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.4 Lampadine fluorescenti compatte .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.5 Economizzatori idrici .....</b>	<b>8</b>
<b>3. LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RIONNOVABILI .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1 ENERGIA SOLARE.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2 SOLARE TERMICO .....</b>	<b>9</b>
<b>3.3 SOLARE FOTOVOLTAICO.....</b>	<b>11</b>
<b>3.4 ENERGIA EOLICA.....</b>	<b>12</b>
<b>3.5 BIOMASSE .....</b>	<b>14</b>
<b>3.6 GEOTERMIA A BASSA TEMPERATURA.....</b>	<b>15</b>
<b>3.7 COGENERAZIONE .....</b>	<b>16</b>

## 1. IL PROTOCOLLO DI KYOTO E LE ENERGIE RINNOVABILI

Il 16 febbraio 2005 è entrato in vigore il Protocollo di Kyoto, con cui 141 nazioni si impegnano a ridurre le emissioni di gas responsabili dell'effetto serra (CO<sub>2</sub>, metano, ossido di azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi, esafluoro di zolfo) rispetto ai livelli del 1990.

A seguito dell'evoluzione delle politiche ambientali ed energetiche globali, l'Unione Europea ha definito una strategia di riduzione delle emissioni di gas clima alteranti, con orizzonte l'anno 2020, definendo tre macro-obiettivi: riduzione del consumo delle fonti energetiche, riduzione delle emissioni di gas capaci di alterare il clima ed aumento del peso delle fonti rinnovabili sul totale dell'energia utilizzata.

Con la Direttiva 2009/28/CE sono stati quantificati tali obiettivi in termini percentuali:

- riduzione dei gas ad effetto serra di almeno il 20% rispetto ai livelli del 1990;
- incremento dell'uso delle energie rinnovabili, fino ad una quota del 20% sul totale dei consumi energetici;
- diminuzione del consumo di energia del 20% rispetto ai livelli previsti per il 2020, attraverso interventi di efficienza energetica.

La ripartizione degli obiettivi fra i vari membri dell'Unione Europea prevede, per l'Italia, una riduzione del 14% delle emissioni rispetto al livello registrato nel 2005, ed una quota di produzione di energia da rinnovabili pari al 17% del consumo totale; viene inoltre stabilito che almeno il 10% del consumo energetico finale nel settore dei trasporti nazionale dovrà essere soddisfatto mediante fonti rinnovabili.

Tale riduzione sarà possibile grazie alla concomitante diffusione di forme di risparmio energetico ed all'introduzione ed installazione di tecnologie e impianti per la produzione di energie (termica, elettrica, combustibile, ecc.) da fonti rinnovabili.

## 2. L'EFFICIENZA ENERGETICA

Per efficienza energetica si intende l'insieme di interventi su impianti, strutture, componenti e materiali, che comportano una riduzione del consumo di energia.

Si ottiene così il duplice scopo di diminuire l'uso di energia primaria di origine fossile (petrolio e derivati, gas naturale, carbone e derivati) e di conseguenza ridurre gli impatti sull'ambiente, evitando l'emissione di CO<sub>2</sub> ed inquinanti vari; è per questo motivo che la riduzione dei consumi energetici è assimilabile all'utilizzo di una fonte di energia rinnovabile.

E' possibile ottenere una riduzione sia utilizzando tecnologie in grado impiegare le fonti di energia in modo più efficiente, sia modificando i comportamenti nel senso di una diminuzione degli sprechi nel processo di utilizzazione dell'energia.

Le tecnologie che portano ad un aumento dell'efficienza energetica nel settore civile sono quelle legate all'involucro edilizio (climatizzazione, coibentazione e/o altri interventi edili), all'illuminazione, alla efficienza degli impianti (generazione di energia elettrica, alla cogenerazione/rigenerazione, compresa la microcogenerazione e generazione distribuita), agli elettrodomestici ed all'automazione (building automation).

Ulteriori informazioni tecniche ed amministrative sono disponibili sui siti:

<http://efficienzaenergetica.acs.enea.it/>, sito dedicato all'efficienza energetica;

<http://www.agenziaentrate.gov.it>, di cui si segnala la sezione Documentazione dalla quale si può accedere a Guide Fiscale, Circolari e risoluzioni.

## 2.1 INTERVENTI SUGLI EDIFICI

### 2.1.1 L' ISOLAMENTO TERMICO

Gli interventi di isolamento termico hanno come obiettivo il contenimento delle perdite di calore attraverso l'involucro dell'edificio. Al fine di migliorare le prestazioni energetiche complessive, tali interventi devono riguardare prioritariamente le superfici esterne e quelle confinanti con ambienti non riscaldati.

A seguito di un intervento di efficienza energetica su parti di edificio e/o impianto, deve essere verificata la rispondenza delle prestazioni energetiche degli interventi a quanto prescritto dalle normative vigenti.

L'efficacia di un materiale che limita la dispersione termica è valutata in termini di trasmittanza termica, che misura il flusso di calore che attraversa una superficie di  $1 \text{ m}^2$  del materiale in esame, sottoposta ad una differenza di temperatura pari ad  $1^\circ\text{C}$ . La trasmittanza termica si misura in Watt al metro quadro per grado Kelvin [ $\text{W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$ ].

#### Superfici opache verticali (pareti esterne)

Le caratteristiche tecniche delle pareti esterne concorrono a determinare, insieme a quelle di tetti, solette e serramenti, la prestazione energetica degli edifici. L'isolamento delle murature permette di ottenere risparmi energetici ed economici, a cui deve essere abbinata un'adeguata regolazione dell'impianto di riscaldamento.

Gli interventi più comuni per l'isolamento termico delle pareti verticali esterne si distinguono nelle seguenti tipologie:

- isolamento dall'esterno, prevede l'applicazione di uno strato isolante direttamente sulle superfici esterne delle pareti perimetrali; l'isolamento dall'esterno è consigliato per ambienti riscaldati in continuo con interruzione notturna. Durante il funzionamento dell'impianto si ha un notevole accumulo di calore nelle pareti ed il suo rilascio avviene nelle ore notturne, col riscaldamento spento, migliorando notevolmente il comfort termico. Altra caratteristica positiva di questa soluzione è la totale eliminazione di ponti termici causati dalle travi e dai solai.
- isolamento dall'interno, consiste in un'applicazione mediante incollaggio di pannelli termo isolanti sulla faccia interna delle pareti esterne. L'isolamento dall'interno è una tecnica poco costosa con una insignificante diminuzione di spazio abitabile. Questo tipo di isolamento è consigliabile per ambienti riscaldati saltuariamente e che quindi devono essere riscaldati rapidamente come per esempio gli uffici, le seconde case e più in generale edifici con impianti termo-autonomi;
- isolamento in intercapedine, è solitamente costituito dall'inserimento dell'isolante nell'intercapedine fra il tamponamento esterno e la muratura a vista interna. Questa è la tipologia di isolamento più utilizzata nelle nuove costruzioni poiché la spesa è modesta e l'intervento risulta conveniente.

Particolari interventi di isolamento dovranno essere, in questo caso, effettuati su pilastri e solette per ridurre la dispersione termica attraverso questi ponti termici.

### Superfici opache orizzontali (tetto)

Il tetto è un elemento che potenzialmente disperde molto calore ed isolarlo è un'operazione semplice che può essere realizzata contestualmente ad altri interventi di manutenzione.

Gli interventi più comuni per l'isolamento del tetto sono i seguenti:

- copertura a falde inclinate con sottotetto abitabile: l'isolante viene applicato direttamente sulla struttura delle falde del tetto;
- copertura a falde inclinate con sottotetto non abitabile: l'intervento consiste nell'isolamento termico dell'estradosso dell'ultimo solaio. Il sistema consiste nella posa in opera "a secco", sull'esterno della soletta pulita, di uno strato di barriera al vapore e successivamente di uno strato di isolante, senza alcuna protezione superiore;
- copertura piana con isolante interno: l'intervento prevede la coibentazione del solaio dall'interno tramite la posa in opera di pannelli isolanti, in genere già finiti e solo da tinteggiare, da incollare sull'intradosso della soletta. Lo spessore dei pannelli è definito in base alle dispersioni termiche della copertura;
- copertura piana con isolante esterno: l'intervento prevede l'applicazione al di sopra della struttura esistente di un nuovo strato isolante, di un nuovo manto impermeabile e, infine, di una protezione del manto stesso (che può essere in ghiaia ed argilla espansa se il manto non è praticabile, oppure pavimentazione se è praticabile). L'isolante impiegato deve essere impermeabile all'acqua, avere un basso coefficiente di dilatazione al calore e una buona resistenza meccanica.

### Superfici trasparenti (serramenti)

Il serramento, composto da superficie vetrata e telaio, è il principale responsabile delle dispersioni di calore negli edifici.

I principali interventi realizzabili sui serramenti sono i seguenti:

- sostituzione: è possibile sostituire i serramenti poco prestanti con altri la cui trasmittanza media (telaio e vetro) risulti almeno pari a quanto previsto dalle norme vigenti in materia
- aggiunta di un serramento esterno: al serramento esistente si aggiunge un serramento a filo esterno della muratura di tamponamento. La trasmittanza risultante sarà pari alla somma delle resistenze dei due strati vetrati e della camera d'aria interposta.
- sostituzione del solo vetro: fattibile quando lo spessore del nuovo vetro da inserire corrisponde a quello precedente e l'infisso è ancora nuovo e con buone prestazioni energetiche.

Per quanto riguarda i telai, si distinguono i seguenti:

- in legno, hanno notevoli capacità isolanti, ma necessitano di manutenzione costante per poter essere protetti dal vento e dalla pioggia.

- in alluminio, possiedono una elevata resistenza alle intemperie, una durata elevata e richiedono poca manutenzione. Per contro il materiale ha un'elevata conducibilità termica per cui, per evitare ponti termici e formazione di condensa, si utilizzano telai composti da differenti profilati tra i quali e interposta una membrana isolante. Questa tipologia di serramento è detta a taglio termico.
- in PVC, caratterizzati da un buon comportamento termico ed adattabili ad ogni forma, soluzione estetica e funzionale;
- in acciaio, presentano lo svantaggio di un cattivo comportamento termico a fronte tuttavia di un basso costo e un buon comportamento meccanico

Per quanto riguarda il vetro, i vetri camera (detti anche doppi vetri) ed i vetri basso-emissivi sono componenti di notevole efficacia nel ridurre le dispersioni termiche. I vetri basso-emissivi, ad esempio, riflettono verso l'ambiente interno fino al 96% del calore normalmente disperso dalle vetrature tradizionali e lasciano entrare fino all'85% delle radiazioni solari, luminose e termiche.

I cassonetti degli avvolgibili sono solitamente dei ponti termici non corretti e tralasciati. Una delle soluzioni per evitare inutili dispersioni e che porta notevoli benefici consiste nella posa di un isolamento all'interno del cassonetto.

Devono essere considerati anche i sistema di schermatura, trattati dalla nuova normativa, che permettono il controllo delle radiazioni solari nel periodo estivo, aiutando il bilancio energetico per la climatizzazione estiva.

## **2.2 INTERVENTI SUGLI IMPIANTI**

### **2.2.1 Generatore di calore ad alta efficienza energetica**

Il generatore di calore (caldaia) trasforma l'energia di combustione in calore, utilizzato per riscaldare il fluido termovettore (l'acqua) ad una temperatura variabile tra 50°C e 90°C, a seconda delle esigenze dell'utenza domestica (riscaldamento e/o acqua calda per usi igienico-sanitari).

L'energia contenuta nel combustibile viene per la maggior parte trasferita all'acqua, per la restante parte è dispersa verso l'esterno attraverso i prodotti della combustione (fumi) ed il mantello della caldaia.

L'efficienza di una caldaia è quantificata dal rendimento di combustione, ovvero la percentuale dell'energia trasferita all'acqua che entra nel sistema di distribuzione; tale rendimento incide notevolmente sui costi di gestione, in quanto, a parità di calore necessario per riscaldare i locali di un edificio, maggiore è il rendimento della caldaia, minore è il consumo di combustibile e quindi maggiore è il risparmio economico.

Le caldaie sono classificate secondo la loro efficienza energetica, calcolata in base alla potenza nominale (Decreto del Presidente della Repubblica del 15 novembre 1996 n. 660), in quattro classi di rendimento (crescente, da 1 a 4 stelle).

I più comuni apparecchi a 4 stelle oggi disponibili sul mercato sono le caldaie a premiscelazione e le caldaie a condensazione

### Le caldaie a premiscelazione

Le caldaie a premiscelazione sono dotate di un particolare bruciatore in cui la combustione avviene in condizioni ottimali, grazie ad un corretto bilanciamento fra il combustibile e l'aria.

Il rendimento si mantiene generalmente al di sopra del 90% per qualsiasi valore di potenza di funzionamento, anche nei periodi non particolarmente freddi e cioè quando la potenza necessaria è minore di quella nominale.

### Le caldaie a condensazione

Le caldaie a condensazione sono attualmente gli apparecchi che utilizzano la tecnologia più avanzata e con i migliori rendimenti; la tecnologia utilizzata permette di recuperare parte del calore contenuto nei fumi, consentendo un migliore sfruttamento del combustibile. Nella caldaia tradizionale i gas combusti vengono normalmente espulsi ad una temperatura di circa 120 - 150°C; la particolare tecnologia della condensazione consente invece di raffreddare i fumi fino a farli tornare allo stato di liquido saturo (o in taluni casi a vapore umido), con un recupero di calore (calore latente di condensazione) utilizzato poi per preriscaldare l'acqua di ritorno dall'impianto. In questo modo la temperatura dei fumi di uscita (che si abbassa fino a 40 °C) mantiene un valore molto basso prossimo al valore della temperatura di mandata dell'acqua.

Le caldaie a condensazione si prestano meglio ad operare con impianti che funzionano a bassa temperatura (30°-50°C), come ad esempio con impianti a pannelli radianti o con impianti a radiatori se abbinati a valvole termostatiche.

#### 2.2.2 Valvole termostatiche

La valvola termostatica è un dispositivo da installare sui radiatori (termosifoni), che permette di regolare il flusso di acqua calda agli stessi.

Grazie ad essa è possibile impostare la temperatura del singolo ambiente (ad esempio 20° C) in cui è installato il radiatore e la valvola provvederà ad aumentare o diminuire la portata di acqua calda in ingresso.

Le valvole termostatiche consentono di evitare sprechi e migliorare il comfort, stabilizzando la temperatura a livelli diversi nei diversi locali, a seconda delle necessità.

Nel caso di appartamento situato in edificio condominiale con impianto di riscaldamento centralizzato, è necessario che il condominio realizzi contemporaneamente un sistema di contabilizzazione individuale del calore (ogni utente paga quello che consuma come con un impianto autonomo, al netto dei costi dei servizi comuni) affinché i risparmi ottenuti siano riconosciuti/attribuiti ai singoli condomini.

#### 2.2.3 Elettrodomestici ad alta efficienza

Scegliere elettrodomestici di classe energetica elevata ed utilizzarli seguendo alcune regole, permette di risparmiare sulla bolletta e contribuire a ridurre le emissioni di gas clima alteranti.

In Italia, tra il 1998 ed il 2003, è stato introdotto l'obbligo dell'etichettatura energetica per frigoriferi, congelatori, lavatrici, lavastoviglie, lampade ad uso domestico, forni elettrici e condizionatori e dal 2010 è vietata la commercializzazione di elettrodomestici appartenenti alle classi energetiche inferiori alla A.



L'etichetta energetica consente di conoscere caratteristiche e consumi di un elettrodomestico al fine di valutarne, a partire dall'acquisto, i costi di esercizio, le prestazioni in termini di efficienza ed efficacia e l'impatto sull'ambiente.

Ulteriori informazioni sull'etichettatura energetica sono disponibili sul sito "Efficienza Energetica - ENEA" all'indirizzo <http://efficienzaenergetica.acs.enea.it/>.

#### 2.2.4 Lampadine fluorescenti compatte

Il consumo annuale per l'illuminazione di una famiglia italiana media rappresenta l'8-12% dei consumi totali di energia elettrica.

È possibile ridurre questa percentuale utilizzando le lampade fluorescenti compatte (LFC), che presentano diversi vantaggi rispetto alle lampadine ad incandescenza:

- hanno una durata fino a 6 -10 volte superiore;
- hanno una maggior efficienza energetica, per cui è possibile sostituire una lampadina tradizionale con una LFC di potenza inferiore ed ottenere così dei risparmi energetici (quindi economici).

Dal 1° settembre 2010 è vietata la vendita delle lampade ad incandescenza di potenza superiore ai 75 watt; dal 1° settembre 2011 il divieto si estenderà alle lampade da 60 watt; dal 1° settembre 2012 sarà la volta delle lampade di potenza compresa tra i 25 e i 40 watt; dal 1° settembre 2016 il divieto sarà esteso anche alle lampade alogene a bassa efficienza.

#### 2.2.5 Economizzatori idrici

Con il termine economizzatori idrici ci si riferisce agli erogatori a basso flusso (EBF) ed ai rompigitto aerati per rubinetti (RA). Gli EBF, mantenendo costante il flusso dell'acqua indipendentemente dalla pressione della stessa, consentono un risparmio d'acqua medio del 20%, a cui corrisponde un risparmio di energia nel caso dell'acqua calda.

I rompigitto aerati riducono il flusso d'acqua dei rubinetti miscelandola con l'aria, senza tuttavia compromettere l'efficacia del getto. Si stima che, a parità di getto, i RA riducano la quantità d'acqua prelevata del 20% rispetto ai rompigitto normali.

L'installazione di entrambi gli economizzatori idrici non necessita di un tecnico specializzato. Gli EBF per doccia possono essere inseriti o a monte o a valle del tubo flessibile, mentre i PA si possono installare in sostituzione degli esistenti rompigitto.

### 3. LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI

#### 3.1 ENERGIA SOLARE

Il sole costituisce la fonte energetica per eccellenza: tutti i cicli naturali sono riconducibili al calore e all'energia proveniente da questa stella. Ogni anno il sole irradia sulla terra 19.000 miliardi di TEP (Tonnellate Equivalenti Petrolio) mentre la domanda annua di energia è di circa 10 miliardi di TEP, ed in Italia la domanda annua è di circa 190 milioni di TEP.

Non tutta l'energia irradiata dal Sole raggiunge però la superficie della Terra: una parte viene riflessa nello spazio; un'altra parte viene dispersa e diffusa in tutte le direzioni dalle molecole d'aria e dalle particelle di polvere dell'atmosfera; una parte ancora viene assorbita dal vapore acqueo, dall'anidride carbonica e dall'ozono nell'atmosfera.

La radiazione solare che giunge sulla Terra ha comunque un alto contenuto energetico, che può essere sfruttato sia per la produzione di acqua calda, attraverso gli impianti solari termici, oppure per produrre energia elettrica, attraverso i pannelli solari fotovoltaici: per energia solare si intende dunque l'energia, termica o elettrica, prodotta sfruttando direttamente l'energia irradiata dal Sole

È importante sottolineare che altre fonti energetiche rinnovabili come l'idroelettrico, l'eolico e le biomasse sono riconducibili all'energia solare.

#### 3.2 SOLARE TERMICO

Questo tipo di impianto utilizza l'energia contenuta nella radiazione solare per riscaldare acqua, che può essere utilizzata direttamente per usi domestici, oppure ad integrazione di un impianto termico esistente.

Un impianto solare termico è composto sempre almeno dai seguenti componenti:

- uno o più pannelli solari (collettori), contenenti un fluido termovettore, che cedono il calore del sole al fluido;
- uno scambiatore di calore, che trasferisce l'energia termica del liquido termoconvettore all'acqua;
- un serbatoio di accumulo, contenente l'acqua da riscaldare.

Il collettore è costituito da un corpo nero assorbente (dentro il quale scorre un fluido, che ha la funzione di captare l'energia irradiata dal sole attraverso la superficie scura e trasferirla sotto forma di energia termica) e da una copertura selettiva trasparente sulla parte esposta al sole (che ha la funzione di limitare le dispersioni per irraggiamento verso l'ambiente esterno); il tutto è racchiuso in un contenitore opportunamente isolato sulle pareti laterali e sulla parete opposta a quella di ricezione della radiazione.

Un metro quadrato di pannello solare può scaldare alla temperatura di 45/60 °C fino a 300 l/giorno, a seconda delle condizioni climatiche.

Il pannello solare più utilizzato e diffuso è il collettore solare vetrato piano, caratterizzato dalla presenza di una intercapedine tra una superficie trasparente e una piastra assorbente.

Sul mercato esistono anche altre tipologie di pannelli:

- collettori non vetrati scoperti, semplicemente realizzati con tubi in materiale plastico (molto economici, ma forniscono prestazioni accettabili solo se utilizzati durante la stagione estiva);

- collettori sottovuoto, realizzati eliminando l'aria nell'intercapedine. In tal modo si riducono le perdite ed è possibile lavorare con temperature del fluido riscaldato più elevate (70 - 80 °C); sono più efficienti dei collettori vetrati piani, ma sono più fragili e costosi;
- collettori a concentrazione, caratterizzati da un elemento assorbente lineare o puntuale, sul quale viene concentrata la radiazione solare tramite uno specchio. Utilizzati per la produzione di calore ad alta pressione e temperatura (100 – 250 °C).

Gli impianti si distinguono in:

- a. a circolazione naturale, in cui il fluido termovettore è l'acqua stessa che, riscaldandosi, sale per convezione in un serbatoio di accumulo (boiler), che deve essere posto più in alto del pannello. Dal boiler viene poi distribuita alle utenze domestiche. Tale impianto è semplice ed economico, ma ha una elevata dispersione termica, a svantaggio del rendimento;
- b. a circolazione forzata, in cui c'è un circuito composto dal pannello, una serpentina posta all'interno del boiler ed i tubi di raccordo. Una pompa, detta circolatore, permette la cessione del calore raccolto dal fluido termovettore alla serpentina posta all'interno del boiler. Il circuito è più complesso ed ha un consumo elettrico dovuto alla pompa ed alla centralina di controllo, ma ha una efficienza termica più elevata.

Il circuito solare può essere inoltre aperto, se il fluido termovettore che circola nei collettori è lo stesso del circuito di utilizzo o chiuso, se il fluido termovettore cede calore all'acqua di utilizzo tramite uno scambiatore. Il dimensionamento dell'impianto deve partire dal consumo di acqua calda per persona (normalmente 40-70 litri al giorno). Considerando un rendimento di impianto compreso fra il 30% ed il 35%, valori mediamente accettabili, una superficie di 1 m<sup>2</sup> di pannello solare è in grado di scaldare ogni giorno 80 litri di acqua (centro Italia).

La vita utile dell'impianto si stima generalmente intorno ai 20 anni.

### **Benefici ambientali**

L'impianto produce acqua calda per uso domestico, riducendo il consumo di combustibile fossile della caldaia (a gas naturale, GPL, gasolio) o il fabbisogno di elettricità del boiler elettrico, con una minima gestione e manutenzione.

Con i pannelli solari non si ha nessuna emissione di gas clima alteranti, né di altri inquinanti atmosferici come le polveri, gli ossidi di azoto e ossidi di zolfo. Inoltre i pannelli possono essere usati anche ad integrazione della caldaia gas o dello scaldabagno con riduzioni delle emissioni fino al 60%.

### **Ulteriori informazioni**

Ulteriori informazioni sulle caratteristiche degli impianti a collettori solari sono disponibili sul sito ENEA <http://efficienzaenergetica.acs.enea.it>.

### 3.3 SOLARE FOTOVOLTAICO

Il funzionamento dei dispositivi fotovoltaici (FV) si basa sulle capacità di alcuni materiali di convertire l'energia della radiazione solare in energia elettrica in corrente continua (effetto fotoelettrico), senza l'ausilio di parti meccaniche in movimento. Tali materiali sono detti semiconduttori, il più conosciuto dei quali è il silicio.

I tipi di pannello fotovoltaico più comuni attualmente in commercio sono 3:

- silicio monocristallino, che utilizza silicio purissimo, con atomi perfettamente allineati che garantiscono la massima conducibilità (rendimento di circa il 15%)
- silicio policristallino, con monocristalli di silicio aggregati con forme e orientamenti diversi (rendimento di circa il 12%)
- silicio amorfo (o a film sottile), che non ha struttura cristallina e i cui atomi vengono depositi chimicamente in ordine casuale senza alcun allineamento (struttura amorfa), utilizzando quantità di silicio molto basse (rendimento di circa il 7%)

Un sistema fotovoltaico è composto da:

- pannelli fotovoltaici
- strutture di sostegno per installare i moduli sul terreno, su un edificio o qualsiasi struttura edilizia
- inverter, che converte la corrente da continua in alternata
- quadri elettrici, cavi di collegamento e misuratore dell'energia elettrica prodotta (il contatore)

Le principali applicazioni del fotovoltaico sono:

- impianti per utenze isolate, con sistema di accumulo
- impianti per utenze collegate alla rete a bassa tensione
- centrali di produzione di energia elettrica, in genere collegate alle reti di media ed alta tensione

La potenza di picco di un impianto fotovoltaico si esprime in kWp (chilowatt di picco), ed è la potenza teorica massima che esso può produrre nelle condizioni standard di insolazione e temperatura dei moduli (1000 W/m<sup>2</sup> e 25°C).

L'energia elettrica media annua prodotta da un impianto fotovoltaico può essere valutata tenendo conto della radiazione solare annuale del sito di installazione (determinabile ricorrendo a banche dati, UNI 10349, Atlante Solare Europeo, ENEA), di un fattore di correzione calcolato sulla base dell'orientamento, dell'angolo d'inclinazione dei moduli e della presenza di eventuali ombre temporanee, delle prestazioni tecniche dei moduli, dell'inverter e degli altri componenti dell'impianto e delle condizioni ambientali di riferimento del sito nelle quali opera l'impianto (ad esempio, con l'aumento della temperatura di funzionamento diminuisce l'energia prodotta).

Le condizioni ottimali per l'installazione sono l'esposizione a SUD, con un'inclinazione dei moduli di circa 30 - 35° ed assenza di ostacoli in grado di creare ombreggiamento. La vita utile di un impianto fotovoltaico è di 25 - 30 anni.

### Benefici ambientali

L'energia elettrica prodotta tramite sistemi fotovoltaici è rinnovabile e prodotta senza alcuna emissione inquinante. L'esercizio dei sistemi fotovoltaici ha un impatto ambientale nullo nel caso di sistemi collegati alla rete e un impatto minimo in caso di sistemi non allacciati, derivante esclusivamente dalla sostituzione delle batterie di accumulo.

Inoltre, l'impianto fotovoltaico produce energia elettrica nel luogo in cui viene consumata (autoproduzione), riducendo o annullando il fabbisogno di elettricità prelevata dalla rete, con una minima gestione e manutenzione.

I benefici ambientali ottenibili dall'adozione di sistemi fotovoltaici sono proporzionali alla quantità di energia prodotta, supponendo che questa vada a sostituire l'energia altrimenti prodotta da fonti convenzionali. I benefici ambientali derivanti dall'installazione di impianti fotovoltaici possono essere espressi in termini di emissioni evitate: per ottenere 1 kWh elettrico vengono bruciati mediamente l'equivalente di 2,56 kWh sotto forma di combustibili fossili e di conseguenza emessi nell'aria circa 0,483 kg di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) (fattore di emissione del mix elettrico italiano). Quindi se si considera un impianto con una potenza di picco di 1 kWp (orientato a Sud con inclinazione 30°), l'emissione di anidride carbonica evitata in un anno si calcola moltiplicando il valore dell'energia elettrica prodotta dai sistemi per il fattore di emissione del mix elettrico.

es.  $1000 \text{ kWhel/kWp} \times 0,483 \text{ kg CO}_2/\text{kWhel} = 483 \text{ Kg Co}_2$

Moltiplicando poi l'anidride carbonica "evitata" ogni anno per la vita dell'impianto fotovoltaico (30 anni) si ottiene il vantaggio sociale complessivo. Nell'esempio, l'impianto fotovoltaico durante la sua vita "evita" la produzione di 15.930 Kg di CO<sub>2</sub>, facilitando il rispetto del Protocollo di Kyoto.

### Ulteriori informazioni

Ulteriori informazioni sulle caratteristiche degli impianti fotovoltaici e sulle tipologie di incentivi disponibili sono disponibili sul sito del Gestore dei Servizi Elettrici (GSE) [www.gse.it](http://www.gse.it).

### 3.4 ENERGIA EOLICA

L'energia eolica è l'energia derivata dal vento e rappresenta una delle fonti di energia più antiche: veniva infatti utilizzata nei mulini a vento (conversione in energia meccanica), o come energia motrice nelle imbarcazioni a vela.

In tempi recenti il miglioramento della tecnologia ha permesso un'ulteriore applicazione dell'energia eolica: la conversione in energia elettrica tramite gli aerogeneratori, le cosiddette pale eoliche.

L'aria, passando tra le pale, crea una differenza di pressione e le mette in movimento: l'energia cinetica del vento si trasforma in energia meccanica, trasferita ad appositi rotori che, con l'effetto di induzione magnetica, la convertono in energia elettrica.

Gli aerogeneratori sono diversi per forma e dimensione: possono essere impiegati infatti per la produzione di pochi kW di potenza, fino a punte di 3 MW.

Più aerogeneratori insieme formano le wind-farm, "fattorie del vento", che possono considerarsi come delle centrali elettriche.

Per produrre energia elettrica in quantità sufficiente è necessario che il luogo dove si installa l'aerogeneratore sia ventoso. La verifica della ventosità, specie in contesti fortemente antropizzati (presenza di edifici) e per aerogeneratori con corte torri di sostegno (come accade per il mini eolico), è di estrema difficoltà. Pertanto per determinare l'energia eolica potenzialmente sfruttabile in una data zona bisogna conoscere, per il sito in esame, l'andamento nel tempo della direzione e della velocità del vento e la sua distribuzione con la quota. In particolare la conformazione di un terreno influenza la velocità del terreno: più un terreno è corrugato, cioè presenta variazioni brusche di pendenza, boschi, edifici e montagne, più il vento incontrerà ostacoli che ridurranno la sua velocità. La potenza estraibile dal vento con un aerogeneratore cresce all'aumentare della velocità del vento e dell'area spazzata dalle pale e dipende inoltre dalla densità dell'aria, funzione delle caratteristiche condizioni meteo del luogo.

Per valutare l'effettiva potenzialità di un impianto è indispensabile svolgere delle campagne di misura sul posto (campagne anemometriche).

### Il minieolico

Il settore del mini eolico va considerato in modo distinto da quello eolico tradizionale, oltre che per le potenze erogate, anche in virtù del diverso impatto ambientale.

I generatori hanno dimensioni ridotte e anche dal punto di vista estetico sono poco invasivi; per questo sono indicati per le installazioni nei settori dell'agricoltura, del turismo, della piccola e media impresa, ma anche nel contesto cittadino.

Ci sono due tipologie differenti di impianti mini eolici:

- ad asse verticale, in cui il rotore gira con un asse perpendicolare alla direzione del vento, con le pale che si muovono nella stessa direzione. Sono caratterizzati da una bassa velocità di rotazione e sono adatti per utilizzazioni meccaniche come le pompe per l'acqua. Hanno il vantaggio di non doversi orientare secondo la direzione del vento.
- ad asse orizzontale, in cui l'asse del rotore è parallelo alla direzione del vento. Hanno un'alta velocità di rotazione ed un elevato coefficiente di portanza e quindi una potenza elevata. Sono utilizzati principalmente per produrre elettricità.

### Benefici ambientali

La produzione di energia elettrica attraverso generatori eolici esclude l'utilizzo di qualsiasi combustibile, quindi azzerava le emissioni in atmosfera di gas a effetto serra e di altri inquinanti.

L'energia impiegata nel processo di fabbricazione degli impianti viene inoltre recuperata in pochi anni di funzionamento.

Gli impianti per autoconsumo possono risultare economicamente convenienti per alimentare utenze isolate in zone ventose.

### 3.5 BIOMASSE

Biomassa è un termine utilizzato per indicare materiali di natura estremamente eterogenea che hanno in comune la matrice organica; le più importanti tipologie di biomasse sono costituite dai residui forestali, dagli scarti dell'industria di trasformazione del legno (trucioli, segatura, etc.), dagli scarti delle aziende zootecniche (liquami e altre deiezioni), dagli scarti dell'industria alimentare (tra le biomasse viene annoverata anche la frazione umida dei rifiuti domestici).

Le principali applicazioni delle biomasse sono:

- produzione di energia (elettricità, calore);
- sintesi di carburanti (etanolo, biodiesel, etc.)
- sintesi di altri prodotti (compost, bioplastica, etc.).

Le biomasse sono utilizzate prevalentemente per la produzione di energia termica, ad esempio in ambito domestico negli impianti di riscaldamento individuale, con le caldaie a pellet o a tronchetti, mentre con impianti di grandi dimensioni è possibile produrre in maniera combinata energia elettrica e termica.

Un ulteriore ed interessante impiego delle biomasse è rappresentato dagli impianti di teleriscaldamento, che forniscono calore ad un insieme di abitazioni e/o attività; condizioni necessarie per la realizzazione di un impianto di teleriscaldamento a biomassa sono:

- disponibilità di una o più fonti di approvvigionamento nelle vicinanze del luogo di utilizzo della biomassa, in quanto il trasporto può influire anche notevolmente sul costo della materia prima. Inoltre, data la necessità di reintegrare con nuove colture la biomassa utilizzata, si determinerebbe la creazione di nuova occupazione per il mantenimento dei boschi (attività conveniente sia economicamente che dal punto di vista ambientale, poiché aiuta a prevenire erosione, frane, alluvioni e incendi);
- presenza di un'area adeguata, vicina alle vie di trasporto, dove costruire l'impianto ed i magazzini di stoccaggio, senza creare eccessivi disagi dovuti al traffico per l'approvvigionamento;
- presenza di un insieme di edifici che richiedano energia termica (e quindi presenza della domanda di energia).

#### Benefici ambientali

L'energia prodotta dalla biomasse, a differenza di quella prodotta dai combustibili convenzionali, non comporta generalmente un aumento del tasso di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) in atmosfera, contribuendo efficacemente agli impegni assunti dalla Comunità Europea con il protocollo di Kyoto.

Le piante infatti durante la loro crescita assorbono la CO<sub>2</sub> attraverso il processo della fotosintesi clorofilliana; a seguito della combustione la stessa quantità di CO<sub>2</sub>, che la pianta aveva assorbito, si libera nell'atmosfera. Per questo motivo il bilancio della CO<sub>2</sub> dei combustibili a biomasse è nullo (a condizione però che si provveda a reintegrare, con nuove colture, il materiale vegetale utilizzato).

### 3.6 GEOTERMIA A BASSA TEMPERATURA

L'energia geotermica è l'energia che si trova nel sottosuolo sotto forma di calore: vicino alla superficie terrestre il flusso geotermico è molto piccolo e di conseguenza la temperatura del terreno a 20 metri di profondità oscilla mediamente tra i 16 e 22 °C.

Le tecnologie a bassa temperatura hanno bisogno di una pompa di calore che preleva energia termica dal sottosuolo e la cede al circuito di riscaldamento.

La pompa di calore è una macchina termodinamica che opera tra due sorgenti: quella fredda, il sottosuolo, dalla quale il calore viene prelevato a bassa temperatura e quella calda, l'abitazione da scaldare, verso la quale il calore viene ceduto a temperatura più alta.

I sistemi di riscaldamento e raffrescamento con pompe di calore geotermiche sfruttano la temperatura del terreno, che si mantiene circa costante durante l'arco dell'anno già a pochi metri di profondità: è questa una caratteristica comune a qualsiasi località della Terra, fortemente correlata all'azione della radiazione solare sulla crosta terrestre.

La costanza della temperatura del suolo comporta un duplice benefico effetto:

- durante l'inverno il terreno si trova a temperature relativamente più calde dell'aria esterna;
- durante l'estate la temperatura è più bassa di quella dell'aria.

Il principio di base è quello di estrarre energia termica dal sottosuolo, portarla con una pompa di calore ad una temperatura più alta e poi usare quest'energia per produrre acqua calda per il riscaldamento e/o per usi sanitari. Le applicazioni a bassa temperatura più comuni sono le sonde geotermiche, i pozzi di captazione e re-immissione di acque sotterranee, le serpentine nel terreno ed i pali energetici.

#### La pompa di calore

In un impianto di riscaldamento tradizionale si utilizza il potere calorifico di un combustibile (gasolio, metano, legno, ecc.) per fornire calore a dei corpi scaldanti, che a loro volta lo cedono all'ambiente. Il rendimento di questo sistema è molto alto, dell'ordine del 90 %. In questi sistemi viene utilizzata una fonte di energia pregiata, come i combustibili fossili, per ottenere del calore.

Le pompe di calore sono macchine molto versatili che, con l'ausilio di una forza motrice, prelevano calore da un serbatoio termico a bassa temperatura e lo portano ad un valore di temperatura maggiore, portando così questa energia termica ad un livello adeguato per essere adatta al riscaldamento o raffrescamento degli ambienti. Come serbatoio termico a bassa temperatura si può utilizzare l'acqua, l'aria o il terreno.

Il rendimento di una pompa di calore si indica con il COP (rapporto tra l'energia fornita, cioè calore ceduto al mezzo da riscaldare, ed energia elettrica consumata) e, per macchine dalle buone prestazioni, si aggira tra i 3,5 e i 5. Questo significa che in media, per 1 kWh di energia consumato, produce 4 kWh per uso riscaldamento, riducendo così i consumi in maniera significativa.

#### Schema di funzionamento

- Facendo circolare un fluido termovettore all'interno degli scambiatori geotermici di diversa forma, viene estratta l'energia solare conservata nel suolo;



- il fluido, attraverso uno scambiatore, riscalda il refrigerante, che evapora in un circuito interno alla pompa di calore;
- il refrigerante viene compresso da un compressore frigorifero, che fa innalzare considerevolmente la sua temperatura;
- il calore viene ceduto attraverso un secondo scambiatore (detto condensatore) all'acqua, per il riscaldamento ambiente o per produrre acqua ad uso sanitario;
- la pressione del refrigerante viene abbassata con una valvola di espansione, esso quindi passa all'evaporatore per ricaricarsi di nuova energia.

Nel caso di pompe di calore reversibili il ciclo è esattamente l'opposto di quello visto, cioè viene prelevato calore dagli ambienti.

I sistemi di riscaldamento interni possono essere di qualsiasi genere: a pavimento, a parete, a soffitto, radiatori, battiscopa, ventilconvettori o unità ad aria; il raffrescamento estivo può avvenire in modo naturale, collegando gli scambiatori geotermici direttamente al sistema interno (raffrescamento passivo) o utilizzando pompe di calore reversibili (raffrescamento attivo).

### **Benefici ambientali**

L'utilizzo del calore geotermico mediante le pompe di calore genera una riduzione considerevole nel consumo di combustibili e quindi una riduzione delle emissioni in atmosfera di sostanze a effetto serra inquinanti.

### **3.7 COGENERAZIONE**

Con il termine cogenerazione, si indica la produzione contemporanea di energia elettrica (o meccanica) ed energia termica, a partire da una singola fonte energetica (fossile o rinnovabile), attuata in un unico sistema integrato.

La cogenerazione, nota anche come CHP (Combined Heat and Power), impiegando lo stesso combustibile per due utilizzi differenti, ha come scopo un più efficiente utilizzo dell'energia primaria, con relativi risparmi economici, soprattutto nei processi produttivi laddove esista una forte contemporaneità tra prelievi elettrici e prelievi termici.

I sistemi cogenerativi sono in genere composti da un motore primario, da un generatore, da un sistema di recupero termico e dalle connessioni elettriche.

Il motore primario è utilizzato per convertire il combustibile in energia meccanica, il generatore la trasforma in energia elettrica, mentre il sistema di recupero termico raccoglie l'energia contenuta negli scarichi del motore primario, ottenendo così energia termica utilizzabile.

La produzione combinata può incrementare l'efficienza di utilizzo del combustibile fino ad oltre l'80%, con conseguenti minori costi e minori emissioni di inquinanti e di gas ad effetto serra, rispetto alla produzione separata di elettricità e di calore.

Il più comune esempio di impianto cogenerativo è quello realizzato con turbogas (o motore alternativo) e caldaia a recupero: i fumi del turbogas (o del motore alternativo) vengono convogliati, attraverso un condotto, nella caldaia. I fumi in caldaia permettono di produrre acqua calda, vapore saturo o vapore surriscaldato; di solito si utilizza acqua calda per riscaldamento ambiente, vapore saturo per utenze industriali e vapore surriscaldato per turbine a vapore e utenze.

Il periodo di vita utile di queste macchine arriva fino a 30-40 anni.

### Trigenerazione

Un campo dei sistemi di cogenerazione è quello della trigenerazione, mediante cui si può utilizzare l'energia termica recuperata per produrre anche energia frigorifera per il condizionamento o per processi industriali.

La trasformazione dell'energia termica in energia frigorifera è resa possibile dall'impiego del ciclo frigorifero ad assorbimento, il cui funzionamento si basa su trasformazioni di stato del fluido refrigerante in combinazione con una sostanza utilizzata quale assorbente.

L'efficienza di questi cicli (detto COP, *coefficient of performance*), definita come il rapporto fra energia frigorifera in uscita ed energia termica in ingresso, varia da 0,7 a 1,3.

La principale energia meccanica richiesta dai cicli ad assorbimento è quella per la pompa di circolazione della soluzione refrigerante/assorbente. Non è presente un compressore del refrigerante come nei condizionatori tradizionali, con conseguente minore richiesta di potenza elettrica e maggiore semplicità (meno parti in movimento).

In un sistema di trigenerazione il rendimento globale aumenta perché viene sfruttata una maggiore percentuale del potere calorifico del combustibile; si tenga presente che le centrali termoelettriche convenzionali convertono circa un 1/3 dell'energia del combustibile in elettricità (il resto è perso in calore), mentre in un impianto rigenerativo viene sfruttata più di 4/5 della stessa energia, poiché il calore è recuperato direttamente (funzionamento cogenerativo) o come fonte per un ciclo frigorifero ad assorbimento (funzionamento trigenerativo).

Rispetto all'energia frigorifera i COP sono molto più bassi che nei condizionatori tradizionali, ma la sorgente energetica è il "poco pregiato" calore di scarto (proveniente dal processo di generazione elettrica) rispetto alla pregiata energia elettrica.

### Piccola generazione e micro-cogenerazione

La cogenerazione con potenza elettrica inferiore ad 1 MW si definisce *piccola cogenerazione*, e viene effettuata tramite motori alternativi a combustione interna, microturbine a gas o motori a ciclo Stirling.

I vantaggi della piccola cogenerazione sono:

- risparmio di energia primaria, nell'ordine del 35-40%, e quindi anche di costi energetici;
- salvaguardia dell'ambiente, emettendo in atmosfera meno anidride carbonica;
- nessuna perdita di distribuzione del calore (utilizzato in loco);

- nessuna perdita di distribuzione dell'energia elettrica (riversata direttamente nelle linee a Bassa Tensione);
- limitazione delle cadute di tensione sulle linee finali di utenza;
- nessuna necessità di costruire grandi locali tecnici;
- limitazione della posa di linee elettriche interrato o tralicci, a parità di risultati.

La microcogenerazione (o microCHP) è un'estensione dell'idea di cogenerazione per le abitazioni singole o plurifamiliari e per i piccoli edifici di uffici; il prefisso micro si riferisce alla potenza elettrica dell'impianto, che non supera i 50 kW.

Uno dei primi microcogeneratori è stato il TOTEM (*Total Energy Module*), progettato da Mario Palazzetti nel 1973 per il Centro Ricerche Fiat.

La differenza principale tra i sistemi a microcogenerazione e la cogenerazione con potenze elevate sono i parametri che ne guidano l'operatività: i sistemi CHP industriali generano principalmente energia elettrica, con il calore come utile sotto-prodotto; i sistemi di microCHP producono principalmente calore, generando elettricità come sotto-prodotto.

La maggior parte dei sistemi a cogenerazione usano il gas naturale come combustibile poiché brucia bene ed in maniera pulita, ha un costo relativamente basso, è disponibile in moltissime zone e può essere facilmente trasportato.

Le turbine a gas vengono usate in molti sistemi di piccole dimensioni per via dell'alta efficienza, delle piccole dimensioni, della combustione pulita, della durata e dalla poca manutenzione richiesta.

### **Benefici ambientali**

Rispetto alla generazione separata di energia elettrica e termica, la cogenerazione consente di ridurre del 30-40% la quantità di combustibile utilizzato, e di conseguenza le emissioni inquinanti. Il beneficio ambientale riguarda soprattutto la riduzione dell'emissione di gas clima alteranti in atmosfera rispetto alla generazione separata, ma si ha anche una riduzione dell'inquinamento termico, causato dal raffreddamento delle grandi centrali termoelettriche.



Agenzia Energetica Provincia di Pisa Srl

Via Chiassatello, 57 (Corte Sanac) 56122 Pisa

tel.: +39 050970087 - fax: +39 0503136259

e-mail: [impiantitermici@agenpi.eu](mailto:impiantitermici@agenpi.eu) - pec: [caldaie@cgn.legalmail.it](mailto:caldaie@cgn.legalmail.it) - web: [www.agenpi.eu](http://www.agenpi.eu)

Registro Imprese: PI 14425/1998 - Codice Fiscale/Partita Iva 01449120508 - Capitale Sociale: 66.529,00 I.V.

