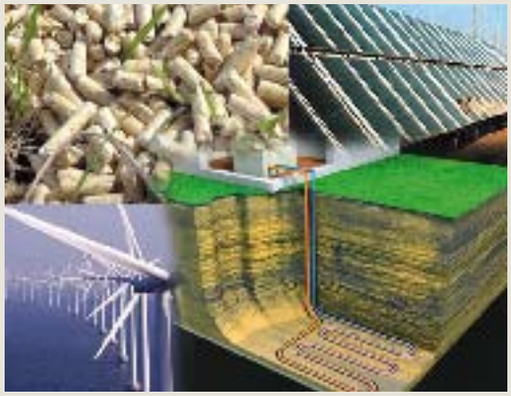
Impianti e sostenibilità energetica

Tecnologie impiantistiche alla luce dei D.lgs. 192/05 e 311/06

In questo secondo articolo sulla evoluzione delle tecnologie impiantistiche alla luce delle nuove normative atte a favorire il rendimento energetico nell'edilizia, vengono analizzate le fonti rinnovabili applicabili in modo estensivo all'edilizia residenziale quali il solare termico, il solare fotovoltaico, le biomasse e la geotermia a bassa entalpia, di cui vengono evidenziati i parametri più significativi sotto l'aspetto energetico ed economico e sono fornite indicazioni sullo stato dell'arte della tecnologia e sulle prospettive di sviluppo. Esse vengono poi confrontate sotto l'aspetto della loro densità superficiale; infatti per l'utilizzo estensivo sul territorio, e in particolare nelle aree urbane è necessario poter disporre di elevate efficienze in termini di energia specifica rinnovabile annuale.

di Marco Surra



FONTI RINNOVABILI APPLICABILI AL SETTORE DELL'EDILIZIA RESIDENZIALE

Dopo aver esaminato i contenuti e le novità introdotte dalla recente legislazione sul rendimento energetico, ed aver evidenziato l'importanza dell'edilizia residenziale nell'ambito del bilancio italiano dell'energia (Cda febbraio), vengono ora esaminate più dettagliatamente le fonti rinnovabili applicabili in modo estensivo al settore abitativo e l'evoluzione delle relative tecnologie impiantistiche.

Vengono pertanto prese in esame quattro tipi di tecnologie che utilizzano fonti rinnovabili per la produzione di energia termica mediante impianti di piccola e media taglia, applicabili in modo diffuso sul territorio, con costi di investimento contenuti e limitati tempi di ammortamento, cioè quelle tecnologie che dovrebbero, in base agli elementi prescrittivi e incentivanti contenuti nella recente legislazione energetica sul settore edilizio, beneficiare di un significativo trend di crescita.

Esse sono:

- l'energia *solare termica*, che viene considerata nell'ambito di sistemi in bassa temperatura (collettori solari piani) ai fini del riscaldamento dell'acqua calda sanitaria o di piscina e della integrazione di impianti di riscaldamento a bassa temperatura;
- l'energia *solare fotovoltaica*, che viene considerata ai fini della produzione di energia termica attraverso una pompa di calore per la quale si assume un Cop pari a 3 (sistema in espansione diretta con condensazione ad aria). In tal senso l'energia elettrica immessa in rete dal sistema grid-connected è equivalente a quella prelevata per il funzionamento della pompa di calore. Tale approccio consente un confronto diretto con le altre fonti energetiche rinnovabili di tipo termico e si inserisce nell'ottica dell'edificio totalmente sostenibile, a consumo zero di fonti energetiche di origine fossile;
- l'energia da *biomasse*, anch'essa considerata nei sistemi a bassa temperatura per la produzione diretta di energia termica in caldaie di piccola e media potenza alimentate manualmente a combustibile solido (legna) o con sistemi di caricamento automatico con pellet o cippato;
- l'energia *geotermica a bassa entalpia*, così denominata per distinguerla da quella legata alla fuoriuscita di vapore attraverso discontinuità della crosta terrestre che si utilizza per la produzione di energia elettrica. La geotermia a bassa entalpia sfrutta la capacità termica del terreno rispetto all'aria esterna, per mezzo di scambiatori di calore che possono essere costituiti da sonde verticali profonde (entro pozzi) o collettori orizzontali superficiali. Il terreno in questo caso rappresenta la sorgente termica a temperatura inferiore per un impianto frigorifero a ciclo inverso (in pompa di calore). Il lavoro meccanico di compressione del fluido refrigerante viene fornito attraverso energia elettrica prelevata dalla rete, ma potrebbe venire autoprodotta con un impianto fotovoltaico.

Sono state escluse le fonti rinnovabili per le quali non è possibile un'applicazione estensiva al residenziale come l'idroelettrico, l'eolico e il solare termodinamico (sistemi di captazione della radiazione solare a concentrazione mediante specchi orientati

verso un unico ricevitore o di tipo lineare con specchi parabolici orientati verso una linea focale in cui scorre fluido a elevata temperatura per l'alimentazione di turbine).
Le fonti energetiche rinnovabili esaminate nel seguito sono quelle utilizzabili in modo estensivo nel settore residenziale e vengono considerate unicamente nell'ambito della loro applicabilità ad esso, esulando le applicazioni di tipo terziario e industriale dagli scopi del presente articolo.
Per ciascuna di esse dopo una breve introduzione vengono evidenziati i parametri più significativi sotto l'aspetto energetico ed economico e la loro applicabilità all'edilizia abitativa. Vengono infine fornite indicazioni sullo stato dell'arte della tecnologia e sulle prospettive di sviluppo.

EVOLUZIONE DELLE TECNOLOGIE IMPIANTISTICHE ALLA LUCE DEL D.LGS. 192/05 E DEL D.LGS. 311/06

Sulla base dei disposti del D.lgs. 192/05 e del decreto di modifica recentemente approvato (D.Lgs. 311/06) è possibile avanzare alcune ipotesi sullo scenario che andrà a delinearsi in merito alle tecnologie che maggiormente caratterizzeranno nel prossimo futuro gli impianti termici a servizio degli edifici residenziali.
Tali tendenze in parte sono già in atto, ma il loro sviluppo sarà molto probabilmente consolidato dalle disposizioni previste dai citati provvedimenti legislativi.

Impianti a gas autonomi con bassissime potenzialità minime

Le predisposizioni atte a favorire il collegamento a reti di teleriscaldamento e l'integrazione degli impianti solari negli edifici, nonché l'obbligo della produzione dell'acqua calda per il 50% del fabbisogno con fonti rinnovabili dovrebbero favorire il ritorno al centralizzato con moduli satellite di utenza per la contabilizzazione del calore.
In alternativa al ritorno al centralizzato sono tuttavia prevedibili impianti autonomi con caldaie a condensazione con possibilità di modulazione fino a valori bassissimi di potenzialità.
Il miglioramento delle caratteristiche termoisolanti dell'involucro edilizio, e la conseguente riduzione della potenza termica specifica da fornire all'edificio, sta infatti favorendo la diffusione della tecnologia impiantistica che prevede generatori a gas aventi potenzialità massima commisurata all'effettivo carico legato al solo riscaldamento, essendo la produzione dell'acqua calda sanitaria demandata ad un diverso impianto (solare o pompa di calore ad esempio).
In tal caso la caldaia è dotata di un bruciatore a modulazione continua, che adatta la grandezza della fiamma, e dunque la potenza del bruciatore, al fattore di carico dell'impianto. Ciò consente di ridurre gli inserimenti del bruciatore e di risparmiare energia. Pertanto è importante che la potenza minima del bruciatore sia il più possibile bassa.
Ad esempio la potenzialità della caldaia murale per una unità immobiliare di circa 100 m^2 può assumere il valore nominale massimo di 9-10 kW, modulabile fino a un minimo di 2-2,5 kW (potenze inferiori anche se possibili non assicurano in genere il rispetto dei rapporti stechiometrici per una corretta combustione) non essendo più necessaria la potenza di 24-28 kW per garantire una produzione istantanea di 12-14 l/1' di acqua calda sanitaria.
Pertanto il generatore può lavorare al massimo della potenza per la fase di avvio dell'impianto per essere poi mantenuto a regime con il funzionamento al valore minimo della potenza al fine di minimizzare i transitori di accensione e spegnimento, ottenendo rendimenti stagionali molto elevati.

«scenario tendenziale sulle tecnologie rinnovabili per gli impianti termici residenziali»

Solare termico

Consiste nella tecnica di produrre calore utilizzando la tecnologia dei collettori solari termici, in generale del tipo piano o a tubi sottovuoto, essendo quella dei collettori solari a concentrazione una soluzione adottata in genere in centrali elettrosolari, e quindi non applicabile al residenziale.
L'impiego principale è costituito dalla produzione dell'acqua calda sanitaria. L'integrazione del riscaldamento ambientale risulta praticabile in genere per piccole unità residenziali dotate di impianti termici a bassa temperatura, provviste di adeguati sistemi di accumulo del tipo a stratificazione anche se sono possibili impianti solari per edifici multifamiliari con accumuli giornalieri o stagionali.
Un altro utilizzo tipico per questi sistemi è dato dal riscaldamento dell'acqua di piscina.
La introduzione normativa dell'obbligo dell'utilizzo di fonti rinnovabili prevista dal D.Lgs. 311/06 per assicurare il 50% del fabbisogno termico dell'edificio ai fini della produzione dell'acqua calda sanitaria, fa presupporre una maggiore diffusione dei collettori solari, al di là di quella derivante da un analisi economica dei tempi di ritorno dell'investimento economico, con una conseguente riduzione dei costi.
L'utilizzo per il macroresidenziale prefigura la reintroduzione di impianti centralizzati di produzione dell'acqua calda sanitaria dotati di grandi accumuli e estese reti di ricircolo, che potrebbero essere ridotte qualora il campo solare venisse suddiviso, come è ragionevole operare, per corpi di fabbrica o meglio per scale. In genere la quota di copertura solare, cioè la percentuale annua di energia necessaria per la produzione d'acqua calda sanitaria che può essere fornita dall'impianto solare è valutata in modo che d'estate non venga prodotto calore in eccesso. Infatti quanto più elevata è la quota di copertura solare scelta, tanto maggiore è il risparmio di energia convenzionale che si ottiene, ma ciò comporta eccessi di produzione estivi e un minor rendimento medio del collettore in conseguenza degli aumentati periodi di inattività.
L'esigenza di soddisfare il 50 % del fabbisogno annuo di energia primaria con un impianto solare comporta inoltre l'individuazione di ampi spazi sulla copertura dell'edificio, aventi adeguato orientamento.
Se consideriamo ad esempio un condominio a Torino di dieci piani fuori terra, distribuito su cinque scale, comprendente 100 unità immobiliari aventi ciascuna doppi servizi, cui corrispon-

dono 575 unità di carico relative all'acqua calda, e una portata massima contemporanea di 9,5 l/s, si può ipotizzare un fabbisogno di acqua calda sanitaria di circa 7500 litri al giorno, cui corrisponde un'energia primaria legata alla sua produzione (calcolata alla temperatura nominale dell'accumulo di 60°C) di circa 400 kWh. In tal caso la superficie di captazione complessiva consiste in circa 120 m^2.
Sarebbe pertanto opportuna una suddivisione dell'impianto solare per corpo scala al fine di ridurre l'estensione delle reti di ricircolo e le dimensioni degli accumuli, ma ciò è possibile solo se per ogni scala è disponibile una parte di copertura adeguatamente orientata per il posizionamento dei collettori solari di competenza.
Inoltre, stante il fatto che l'impianto solare debba necessariamente essere integrato da un generatore di calore alimentato con combustibili di origine fossile, oppure da uno scambiatore di calore collegato ad una rete di teleriscaldamento, la necessaria contabilizzazione sulle utenze per quanto concerne l'acqua calda sanitaria, renderebbe in genere più semplice l'adozione di un impianto centralizzato anche per il riscaldamento degli ambienti.
Tuttavia non sono da escludere soluzioni interessanti che consentono di abbinare la tecnologia dell'impianto di riscaldamento autonomo con la produzione di acqua calda sanitaria mediante un impianto solare, evitando estese reti di ricircolo.
Escludendo la tipologia che prevede un impianto solare per il singolo alloggio, in quanto occorrerebbero importanti spazi comuni per il transito delle tubazioni, ma specialmente sarebbe difficile la collocazione del boiler solare all'interno di ogni singola unità immobiliare, si considerano le due soluzioni impiantistiche praticabili.
La prima prevede l'installazione di uno scambiatore da 120-150 litri all'interno di ogni unità immobiliare, collegato al campo solare mediante un unico circuito.
Ogni boiler è dotato di un regolatore che non appena rileva un prestabilito valore di differenza di temperatura dovuto al riscaldamento dei collettori, apre una elettrovalvola trasferendo l'energia solare e aumentando la temperatura dell'accumulo locale. In condizioni di scarsa insolazione o invernali interverrà la caldaia a gas che avrà in ingresso l'acqua preriscaldata del boiler. Questo sistema, data la generale non contemporaneità delle utenze, determina spesso un esubero della superficie di captazione, a beneficio degli utenti presenti. Inoltre la presenza di un accumulo in temperatura garantisce la copertura dei periodi di picco nei consumi. Esso richiede comunque i costi e gli ingombri dovuti all'accumulo locale.

La seconda tipologia prevede l'installazione di un unico scambiatore solare, ottimizzato come dimensioni rispetto alla somma delle dimensioni dei singoli boiler locali, che viene posto vicino al campo solare o più usualmente in un locale a piano interrato. In questo caso l'unico circuito mantiene in circolazione l'acqua calda sanitaria, spillata localmente dai singoli utenti che, qualora necessario, ne incrementano la temperatura con la caldaia a gas. Questa soluzione, in tutto analoga al centralizzato, risulta in genere più economica rispetto alla precedente pur richiedendo una maggiore superficie captante, in quanto si evita la installazione locale dei boiler. Per contro la copertura dei picchi di contemporaneità viene in genere demandata alla caldaia a gas.

Geotermia a bassa entalpia

La fonte geotermica a bassa entalpia, a differenza della geotermia classica che sfrutta anomalie geologiche o vulcanologiche, utilizza l'energia solare accumulata dalla crosta terrestre. In considerazione degli scambi termici radiativi e convettivi a livello del suolo, la temperatura della terra a circa 9 m di profondità approssima la temperatura media annuale dell'aria, con oscillazioni molto inferiori a quelle di quest'ultima. Infatti a fronte di un'ampiezza di oscillazione annuale intorno ai 30°C per i climi temperati, a soli 4 m di profondità l'oscillazione stagionale si riduce a 6°C, per poi raggiungere valori stagionalmente invarianti dalla profondità di 6 m.
Oltre i 20 m di profondità la temperatura del terreno aumenta di 3°C ogni 100 m circa.
Mediamente fino ad una profondità di 150 m la temperatura del terreno è di 12-14 °C.
Le pompe di calore geotermiche risultano essere molto più efficienti delle pompe di calore aria-aria in quanto dal punto vista termodinamico operano tra due sorgenti termiche a minor differenza di temperatura, con la sorgente a temperatura inferiore (terreno) avente valore all'incirca costante (e mai negativo) e quella a cui occorre fornire calore (impianto interno) caratteristica in genere di un sistema di riscaldamento a bassa temperatura (es. pannelli radianti a pavimento o a parete).
Le pompe di calore che utilizzano il terreno come sorgente termica si distinguono in tre tipologie a seconda delle modalità di scambio termico con il sottosuolo:

- *impianti in ciclo chiuso*, in cui il fluido termovettore (in genere acqua glicolata) scorre entro tubazioni a circuito chiuso annegate nel terreno;

- *impianti in ciclo aperto*, in cui l'acqua di falda è utilizzata come fluido termovettore, con o senza reimmissione nella falda stessa dopo lo scambio;
- *impianti che sfruttano riserve idriche* (bacini e laghi) come sorgente termica attraverso circuiti aperti o chiusi.

Questi ultimi due casi presentano ovvie limitazioni sia sotto l'aspetto legislativo per quanto riguarda l'alterazione della temperatura delle acqua di falda, che in merito alla disponibilità di bacini idrici.
Invece la tecnologia in ciclo chiuso, che utilizza sonde geotermiche, è utilizzabile diffusamente sul territorio, in quanto non altera le caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua di falda e le variazioni della temperatura del terreno su base stagionale vengono in genere compensate nell'inversione di ciclo.
Quindi la quantità di calore prelevabile dal terreno, dipende dalla efficienza della sonda geotermica e dal tipo di terreno.
Questa tecnologia è maggiormente applicabile su edifici medio-piccoli, per la necessità di spazi adeguati per il posizionamento delle sonde geotermiche che generalmente fa escludere quelle orizzontali a favore di quelle verticali.
Infatti, anche se le sonde orizzontali, interrate superficialmente, sono molto più economiche di quelle verticali, non richiedendo i costi di trivellazione, esse necessitano della disponibilità di superfici estese, fornendo mediamente una potenza specifica scambiata di 20 W/m^2.
L'impiego di sonde verticali garantisce una maggiore efficienza in quanto la potenza specifica scambiata, variabile in funzione della tipologia di terreno e delle condizioni di saturazione dello stesso (crescente da 20 a 70 W/m in modo proporzionale alla consistenza del terreno e al contenuto d'acqua) assume un valore medio di 50 W/m. Il campo geotermico ottimale in genere prevede pozzi realizzati a distanza media reciproca di 6 m e aventi profondità di 100 m (5 kW per sonda).
I costi di realizzazione delle sonde, comprendenti lo scavo del pozzo, l'inserimento delle tubazioni e il riempimento con miscele indurenti (bentonite-calcestruzzo) sono mediamente di 50 € per metro di profondità.
Per quanto concerne l'applicabilità della geotermia a bassa entalpia al settore macroresidenziale sono da considerare esperienze che hanno portato a miglioramenti nell'efficienza di captazione utilizzando sonde più profonde.
Esistono casi realizzati in Svizzera di sonde a media profondità (250 m) fino a casi limite, quali quello di un edificio di 40 alloggi e 2 uffici a Weggis (Lucerna) il cui impianto è in funzione dal 1994, cha adotta un'unica sonda della profondità di 2300 m di tipo coassiale, per una potenza termica scambiata di 230 kW e un rendimento termico di 420 MWh/anno.
Nelle sonde profonde il fluido termovettore può raggiungere temperature di 70°C. Tale sistema si presta vantaggiosamente al riutilizzo di perforazioni profonde realizzate ad esempio per prospezioni petrolifere.
In genere comunque la tecnologia che utilizza sonde profonde richiede una attenta valutazione dei costi per la realizzazione del pozzo (sonda geotermica verticale) qualora non si riutilizzi un pozzo esistente, e per l'energia impiegata per la circolazione del fluido termovettore all'interno della sonda.

«attuale scarsa efficienza netta di conversione del fotovoltaico»

Solare fotovoltaico

Rappresenta una fonte al momento utilizzata solamente per piccole utenze (generalmente di tipo monofamiliare) per la produzione della energia elettrica necessaria alla illuminazione e agli utilizzatori elettrici domestici.
In tal senso i primi impianti installati, che hanno potuto beneficiare del contributo in conto capitale previsto dal Dm Ambiente 16/03/2001 prevedevano in genere una potenza di picco di 3 kW. La successiva forma di incentivo alla installazione dei pannelli fotovoltaici, è stata quella del sistema di finanziamento in "Conto Energia", previsto dal Dm Attività Produttive 28/07/2005.
Gli impianti installati sono sempre del tipo "grid connected" (ad eccezione dei sistemi "stand alone" installati solo per utenze isolate e prive di collegamento alla rete), e quindi non richiedono batterie di accumulatori. In questo caso il sistema di produzione costituito dai moduli FV viene a configurarsi come una piccola centrale non autonoma, ma in parallelo alla rete del gestore.
Poiché il kWh prodotto viene acquistato dal gestore fino alla concorrenza dei consumi dell'utente-produttore, non sempre è consigliabile operare un investimento economico tale da avere una potenza di 3 kW (i costi di impianto sono di circa 7500 €/kW di picco).
Con questo sistema, un impianto con potenza di picco fino a 3 kW, risulta ammortizzabile in tempi variabili da 9 (Sud Italia) a 11 anni (Nord Italia), ancora abbastanza alti e disincentivanti in assenza di una vera e propria "coscienza ambientale" da parte dell'utente o di obblighi normativi, come quelli che sono previsti dal D.Lgs. 311/06 e dal comma 350 della legge 296/06 (Finanziaria 2007) .
Tuttavia un ulteriore freno alla diffusione su vasta scala dei pannelli fotovoltaici, oltre che dal costo, che rimane alto sia per problemi di approvvigionamento di materie prime che di tecnologia di produzione, è rappresentato dalla attuale scarsa efficienza netta di conversione che si colloca mediamente intorno al 10%. Ciò comporta la necessità di ampi spazi (attualmente circa 8 m^2/kW di picco) e la captazione di limitate potenze.
Quindi in alternativa alle celle al silicio policristallino, per le quali il costo di produzione dell'energia è ancora di circa 0,25 €/kWh, superiore al costo dell'energia in bolletta di 0,15 €/kWh, si stanno sviluppando nuove tecnologie.
Una di queste è costituita dalle cosiddette celle solari a film sottile, che consentono di ridurre i costi di produzione ma a scapito della efficienza di captazione.
Una tecnologia molto più promettente pare essere quella che utilizza la concentrazione solare, in cui viene fortemente ridotta la quantità di materiale fotovoltaicamente attivo in ragione proporzionale al fattore di concentrazione e sostituita con materiale meno costoso come il vetro per le lenti.
Un sistema a concentrazione è composto da tre parti: il ricevitore, che comprende la cella solare e il sistema di dissipazione del

calore, l'ottica di focalizzazione, che permette di concentrare la luce sul ricevitore e può essere costituita da lenti o specchi e l'inseguitore solare, necessario in quanto i sistemi a concentrazione lavorano sulla componente diretta del sole.
Esistono diverse tipologie di pannelli FV a concentrazione, ma tutte sono caratterizzate dalla presenza di una o più superfici paraboliche di captazione per le quali le celle sono posizionate nei punti focali.
Occorre osservare comunque che i sistemi a concentrazione non si adattano alle regioni caratterizzate da determinati livelli di nuvolosità, poiché sfruttano la sola componente diretta dell'insolazione.
Questi sistemi sono dotati di efficienze di conversione molto maggiori, che arrivano al 30%.
Tuttavia è la particolare tecnologia che utilizza la componente diretta dell'irradiazione a consentire risultati rilevanti. A livello di ricerca sono stati realizzati dei wafer di area pari a 78 cm^2 comprendenti circa 500 celle con diametro inferiore a 6 mm.
Considerando l'efficienza del 30% e un fattore di concentrazione di 500 soli (per cui la luce incidente è pari a 100 mW/cm^2 500 = 50 W/cm^2) se ne deduce la possibilità di produrre, dalla ridotta superficie del wafer più di 1 kW di potenza (78 - 50 - 0,30).
Per ottenere la stessa potenza, con la tecnologia dei pannelli solari piani al silicio occorrerebbero circa 8 m^2, cioè una superficie più di 1000 volte superiore. Qualora la tecnologia del fotovoltaico raggiungesse così elevate efficienze con costi contenuti, attraverso l'utilizzo di pompe di calore elettriche sarebbe possibile conseguire l'obiettivo della sostenibilità totale realizzando un edificio a consumo zero di combustibili di origine fossile, alimentato solamente da fonti rinnovabili, a condizione di adottare efficaci sistemi di accumulo.

Biomasse

Si tratta di una tecnologia che può essere applicata sia a livello microresidenziale dove generalmente vengono installate caldaie a legna con caricamento manuale in parallelo a generatori a metano, che macroresidenziale dove è possibile l'installazione di caldaie ad alimentazione automatica.
La biomassa può essere costituita da essenze legnose a rapida crescita, che vengono utilizzate per produrre sostanza secca combustibile (legna secca o cippato) o da scarti di lavorazioni agricole, boschive e industriali, che vengono compattati in pellets. Durante la combustione della biomassa viene emessa CO_2. Tuttavia la sua quantità corrisponde a quella che le piante avevano sottratto all'atmosfera durante la crescita; pertanto il bilancio totale può considerarsi nullo, purché la produzione avvenga localmente e ne venga evitato il trasporto su lunghe distanze con mezzi che emettono anidride carbonica.
Per "cippato" si intende il legno sminuzzato mediante macchine cippatrici, di dimensioni variabili, con umidità che va dal 30 al 50%, impiegato per alimentare caldaie a caricamento automatico con potenze da 80 kW fino ad alcuni MW.
Il "pellet" è invece prodotto dalla pressatura e trafilatura degli scarti dell'industria del legno, ed è impiegato soprattutto in caldaie piccole a caricamento automatico, con potenze fino a 30 kW. La forma tipica del pellet è cilindrica o sferica, e la sua umidità varia dal 5 al 10%: pertanto questo basso valore di umidità pone il pellet come la biomassa avente il più alto potere calorifico (che può arrivare a 5,2 kWh/kg).
Nonostante un certo incremento tendenziale di prezzo, come si evince dalle tabelle 5 e 6, la biomassa, pur presentando un potere calorifico molto più basso rispetto ai combustibili fossili, ha un costo per kWh sensibilmente inferiore.
Inoltre rispetto alle fonti rinnovabili di tipo solare diretto, l'energia da biomasse, beneficia del vantaggio di derivare da una fornitura programmabile nelle quantità e nei tempi.
I costi di realizzazione degli impianti sono più elevati, rispetto alle centrali che utilizzano combustibili fossili, in quanto le caldaie sono molto più grandi e complesse per la presenza dei sistemi di caricamento automatico e degli accumuli inerziali.
Un'altra criticità per l'installazione nel macroresidenziale (oltre all'ovvia esigenza di un impianto termico centralizzato) consiste nella necessità di disporre di un locale centrale termica e un locale deposito del combustibile di adeguate dimensioni.

CONFRONTO FRA LE TECNOLOGIE RINNOVABILI

Tabella 1 - Confronto combustibili (aprile 2006)

	Potere calorifico inferiore	Prezzo unitario	Prezzo per kWh (aprile 2006)	Confronto [%]
Gasolio riscaldam.	10 kWh/l	0,995 €/l	0,100 €/kWh	100
Gpl	12 kWh/kg	1,558 €/kg	0,130 €/kWh	130
Metano	9,8 kWh/Stm^3	0,638 €/ Stm^3	0,065 €/kWh	65
Pellets	4,8 kWh/kg	0,196 €/kg	0,041 €/kWh	41
Cippato	4,3 kWh/kg	0,111 €/kg	0,026 €/kWh	26
Legna spezzata	4,3 kWh/kg	0,096 €/kg	0,022 €/kWh	22

Fonte - Centroconsumatori

Tabella 2 - Confronto combustibili (ottobre 2006)

	Potere calorifico inferiore	Prezzo unitario	Prezzo per kWh (ottobre 2006)	Confronto [%]
Gasolio riscaldam.	10 kWh/l	0,960 €/l	0,096 €/kWh	100
Gp	12 kWh/kg	1,592 €/kg	0,133 €/kWh	139
Metano	9,8 kWh/Stm^3	0,666 €/ Stm^3	0,068 €/kWh	71
Pellets	4,8 kWh/kg	0,285 €/kg	0,059 €/kWh	61
Cippato	4,3 kWh/kg	0,133 €/kg	0,032 €/kWh	33
Legna spezzata	4,3 kWh/kg	0,121 €/kg	0,028 €/kWh	29

Fonte - Centroconsumatori

APPLICABILI AL SETTORE RESIDENZIALE

Dopo aver esaminato le peculiarità delle varie tecnologie rinnovabili applicabili al settore termico residenziale, nella tabella 3 vengono riassunti i principali parametri energetici per il loro confronto in termini di energia specifica rinnovabile annuale mediamente ricavabile per il territorio italiano, secondo le attuali tecnologie.
La tabella 3 è stata elaborata con le ipotesi indicate nelle note.
Dalla sua analisi emerge la sostanziale equipollenza delle fonti rinnovabili solari e della geotermia a bassa entalpia, in termini di energia termica specifica ricavabile per mezzo delle attuali tecnologie.
Fa eccezione la tecnica che si basa sulle biomasse, per la quale occorrono grandi aree di coltivazione dedicata.
Infatti per soddisfare l'intero fabbisogno termico del patrimonio edilizio residenziale italiano attuale occorrerebbe una superficie pari a 24680 km^2 (2,5 milioni di ettari), pari a circa l'8,2% del territorio nazionale, a fronte di una superficie boschiva di 10,4 milioni di ettari e una superficie agricola utilizzabile complessiva di 13,2 milioni di ettari.

Tabella 3 - Confronto fra le fonti di energia rinnovabile applicabili al settore termico residenziale

Fonte	Solare termico[2]	Solare fotovoltaico[3]	Biomasse usi termici[4]	Geotermico a bassa entalpia
Irradiazione solare [kWh/(m^2 anno)][1]	1500	1500	1500	1500
Efficienza energetica media [%]	31	11	0,5÷0,7	40
Sup. specifica pannelli [m^2/kWp]	N.A.	8	N.A.	N.A.
Sup. specifica sonde geotermiche [m^2/ kW][5]	N.A.	N.A.	N.A.	7,2
Produttività specifica [t/ha]	N.A.	N.A.	15÷25	N.A.
Energia specifica [kWh/(kW$_p$ • anno)]	N.A.	1300	N.A.	N.A.
Energia specifica [kWh/kg]	N.A.	N.A.	4,3÷4,8	N.A.
Energia specifica [GJ/m^2 (collettore anno)]	1,68	N.A.	N.A.	N.A
Energia specifica [kWh/(m^2 anno)]	467	162	9	1217
Energia termica ricavabile [kWht/(m^2 anno)][6]	467	486	9	608
Area netta impegnata per produrre energia termica e quivalente a 1 MWh/anno [m^2][7]	2,1	2	111	1,6
Area netta impegnata per produrre energia termica per l'abitazione media nazionale (10,258 MWh/anno) [m^2][8]	22	21	1140	17

Fonte - Elaborazione autore - N.A. = non applicabile

[1] Il valore di irradiazione solare considerato è medio tra i valori estremi italiani di 1300 kWh/m^2 anno al Nord e quello di 1700 kWh/m^2 anno al Sud per le condizioni ottimali di captazione (orientamento verso Sud e angolo di inclinazione della superficie ricevente rispetto all'orizzontale di 35° al Nord e 30° al Sud).
[2] Si considerano collettori solari piani che presentano una tecnologia più semplice e affidabile.
[3] Per il confronto con le altre fonti, il solare fotovoltaico si considera solo ai fini della produzione di energia termica attraverso una pompa di calore, per la quale si assume un COP pari a 3 (sistema in espansione diretta con condensazione ad aria). In tal senso l'energia elettrica immessa in rete dal sistema grid-connected è equivalente a quella prelevata per il funzionamento della pompa di calore.
[4] Per il confronto con le altre fonti, le biomasse si considerano solo ai fini della produzione diretta di energia termica tramite caldaie a combustibile solido (legna, cippato o pellets). In tal senso il parametro estensivo che si riporta (area equivalente per produrre energia pari a 1 MWh/anno) consente di valutare la superficie di terreno da coltivare per produrre la biomassa (tenendo conto dei periodi di accrescimento, in genere di 5 anni) e non considera i pellets ricavati da residui di lavorazioni.
[5] Fra le possibili configurazioni del campo geotermico si è considerata quella ottimale che compete a sonde verticali di 100 m di profondità disposte a maglia di lato 6 m.
[6] Anche per le fonti solari, per le quali l'energia ricavabile è variabile durante il corso dell'anno, i confronti sono eseguiti su un arco annuale. Per il solare termico la semplificazione è corretta se l'impianto è utilizzato ai fini della produzione dell'acqua calda sanitaria o per scaldare acqua di piscina in modo tale che la dissipazione estiva di calore sia trascurabile.
Per il solare fotovoltaico si considera di utilizzare la energia elettrica prodotta per alimentare un impianto ad espansione diretta a ciclo di funzionamento annuale.
Anche per l'energia geotermica a bassa entalpia si considera un impianto a funzionamento annuale (riscaldamento invernale, condizionamento estivo e produzione acqua calda sanitaria). La capacità di scambio termico del terreno è garantita dalla commutazione stagionale del funzionamento.
Ai fini della valutazione dell'energia annua scambiabile con il terreno si considera la pompa di calore sempre in funzione sia in ciclo invernale che in ciclo estivo per 12 ore giornaliere.
[7] Come "area netta impegnata per produrre energia equivalente a 1 MWh/anno" relativamente al solare termico e fotovoltaico si considera la superficie dei captatori solari al netto dei supporti e delle distanze per evitare le ombre portate, con orientamento e inclinazione ottimale.
[8] Per la determinazione del valore di consumo specifico nazionale vedasi la prima parte dell'articolo (Cda n. 2/07).
Si fa osservare come la superficie richiesta per il FV corrisponda a una potenza elettrica di picco superiore a 2,6 kWp. In termini di potenze termiche, un impianto in pompa di calore con COP=3 può garantire una potenza termica di 7,8 kW termici, sufficiente a riscaldare l'unità immobiliare anche in condizioni di progetto invernali.

Tuttavia il grande pregio della fonte rinnovabile costituita dalle biomasse risiede nella possibilità di immagazzinamento per l'utilizzo successivo, al pari dei combustibili di origine fossile, e inoltre essa non presenta i limiti al vettoriamento tipici delle altre fonti (relativamente all'applicazione al settore termico residenziale considerato) a bassa entalpia.
Per quanto riguarda la situazione in prospettiva occorre rilevare che, mentre il solare termico, la geotermia e le biomasse rappresentano tecnologie abbastanza consolidate, il potenziale di sviluppo del fotovoltaico è ancora molto elevato.
Tuttavia allo stato attuale della tecnica i tempi di ammortamento degli impianti solari termici domestici sono minori di quelli degli impianti fotovoltaici e la loro vita operativa è altrettanto elevata. Un'ulteriore interessante prospettiva per i sistemi solari termici è quella legata al condizionamento. Il proliferare di condizionatori ad espansione diretta di piccola taglia, in genere a due sezioni del tipo multisplit, ha portato, nonostante la valida tecnologia a inverter, a consumi sempre più elevati di energia elettrica nel periodo estivo.
L'adozione di gruppi frigoriferi ad assorbimento, che utilizzino il calore prodotto da collettori solari (in genere del tipo a tubi sottovuoto) per la produzione di acqua refrigerata consentirebbe la realizzazione di impianti di climatizzazione estiva senza incidere sui consumi di energia elettrica.
Tuttavia tale tecnologia ha ancora costi abbastanza elevati e difficilmente si presta ad una applicazione estensiva nel settore residenziale.
Per quanto concerne la geotermia a bassa entalpia l'adozione di sonde più profonde consente di aumentare l'efficienza di scambio termico con il terreno in rapporto alla superficie al suolo del campo geotermico.
Tutto ciò si presta bene nella realtà del residenziale dove spesso la abitazione monofamiliare, così come il caseggiato, dispongono di una piccola zona di pertinenza (area a verde o cortile condominiale).
Nell'ambito delle fonti rinnovabili un discorso a parte merita il *teleriscaldamento*, che molto spesso viene equiparato ad esse, in quanto il sistema di produzione è solitamente di tipo cogenerativo, consentendo quindi di ridurre il consumo di combustibili fossili, tramite la generazione combinata di energia elettrica e calore.
Il vantaggio delle centrali di cogenerazione è dato, oltre che dall'elevato rendimento di produzione, anche dal miglior controllo delle emissioni inquinanti che può garantire un impianto monitorato di elevata potenzialità.
A rigore il teleriscaldamento è solamente un sistema di vettoriamento dell'energia termica, a prescindere dal sistema di generazione della stessa, che viene contabilizzata presso l'utenza, a monte dello scambiatore di calore.
L'applicazione ai soli impianti centralizzati ne rappresenta un limite. Parimenti l'incentivazione all'allacciamento al teleriscaldamento prevista dall'allegato D del D.lgs.192/05 e dell'allegato I del D.Lgs. 311/06 rappresenta un vincolo perché lega contrattualmente l'utente ad un determinato sistema di produzione del calore, seppur efficiente, favorendolo rispetto ad altre tecnologie (anche di tipo rinnovabile).
Se poi si considera il fatto che molte società di gestione del teleriscaldamento sono costituite da capitale misto privato-pubblico con la maggioranza a quest'ultimo, occorrerà garantire, attraverso opportuni disposti legislativi, la garanzia del mantenimento del controllo su tali società al soggetto pubblico; in caso contrario potrebbero prefigurarsi posizioni di reale monopolio.
Per quanto concerne il prezzo per unità energetica del teleriscaldamento, esso presenta valori (0,080 €/kWh) inferiori al gasolio e al gpl, ed in linea con quelli del metano, tuttavia non risulta conveniente al confronto della biomassa (che richiede però un impianto molto più costoso).
In un successivo articolo verranno esposte alcune considerazioni sulle possibilità della diffusione delle fonti energetiche rinnovabili sia in merito alla formazione di una cultura della sostenibilità presso gli utenti finali, che per quanto concerne gli operatori professionali nel settore.

«le fonti solari e la geotermia sono sostanzialmente equivalenti in termini di energia termica specifica ricavabile»

di Marco Surra
surra@studiosurra.it

Unità di misura e fattori di conversione

Equivalenze tra unità di misura di energia e calore:

1 TJ	**=**	**0,27778 GWh**
1 GWh	**=**	**3,6 TJ**

Equivalenze in unità di misura di energia e calore delle fonti energetiche:

1 TJ	**=**	**0,0000239 Mtep**
1 tep	**=**	**41,868 GJ**
1 MWh	**=**	**00860 tep**
1 tep	**=**	**11,628 MWh**

BIBLIOGRAFIA

- *S. C. Brofferio, Moduli fotovoltaici a film sottile: stato dell'arte e prospettive, Rivista ufficiale Aeit, n. 4 aprile 2006.*
- *A. Cavallini - Le pompe di calore geotermiche, Incontri Aermec.*
- *M. De Carli, R. Del Bianco, F. Fellin, M. Manente, M. Tonon, R. Zecchin, Il terreno come sorgente termica, Cda-Condizionamento dell'Aria, Riscaldamento, Refrigerazione. Parte I, Sviluppi nelle pompe di calore, n. 6 giugno 2004. Parte II, Metodi e modelli per la progettazione degli impianti, n. 7 luglio 2004.*
- *G. Timò, La concentrazione solare nel fotovoltaico, Rivista ufficiale Aeit, n. 4 aprile 2006.*
- *D. Coiante, Le nuove fonti di energia rinnovabile, Franco Angeli, 2004.*