

Tecnologie impiantistiche per  
il settore residenziale

**EVOLUZIONE  
SISTEMA EDIFICIO  
IMPIANTO E FONTI  
RINNOVABILI**

# [ Fino agli inizi degli anni '70 ]

- Impianti centralizzati a due tubi a colonne montanti
- Ripartizione dei consumi secondo quote millesimali
- Nessuna regolazione di zona
- Centrale termica con bruciatore ad aria soffiata o atmosferico (basso rendimento)
- Tubazioni non isolate
- Radiatori (in ghisa) – Pannelli radianti in tubazioni metalliche
- Produzione acqua calda sanitaria centralizzata con estese reti di ricircolo o con boiler elettrici (o misti) locali

# [ 1973 – Prima crisi energetica ]

- Sensibilizzazione sui problemi dell'energia
- Aumento dei costi dei combustibili
- Diffusione del metano in sostituzione della nafta e del gasolio
- Legge 373/76 “Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici”
- Obblighi per gli impianti
- Obblighi per gli isolamenti
- Introduzione di limiti di potenza termica dispersa per trasmissione per unità di volume e per °C

# [ A partire dagli anni '70 ad oggi ]

- Impianti autonomi a gas con caldaia murale
- Autonomia nei consumi (problema “furti di calore”)
- Regolazione al max zona giorno e notte
- Valvole termostatiche previste dal '93 ma non applicate
- Distribuzioni tipo Modul sottopavimento (o monotubo) in rame poi multistrato o plastica
- Tubazioni isolate
- Produzione acqua calda locale (12-14 l/min)
- Basso rendimento stagionale
- Esubero potenze installate per la produzione ACS

# [ Situazione involucro edificio ]

- Miglioramento progressivo del livello di isolamento
- Legge 10/91 e DPR 412/93
- Ragionamento in termini di energia invece che di potenza – Valori limite del FEN e del rendimento
- D.Lgs. 192/05 – Fabbisogno di energia primaria FEP limite
- D.Lgs. 311/06 – Indice di prestazione energetica EPi limite
- Valori limite per zona climatica – Gradi Giorno – fattore di forma edificio S/V

# [.....e l'impiantistica oggi?]

- impianti centralizzati con caldaie a condensazione o collegamento a teleriscaldamento
- regolazione climatica della temperatura dell'acqua
- satelliti di utenza con contabilizzazione del calore
- produzione nel modulo satellite dell'ACS o centralizzata abbinata al solare
- sistemi a radiazione (pannelli a pavimento o parete)  
- soffitti radianti - radiatori in acciaio a elevata superficie
- regolazione di zona o di ambiente (valvole termostatiche o elettrovalvole di zona)

# [Certificazione energetica]

## ■ CasaClima Bolzano



# [ Decreto legislativo 192/05 ]

---

- Si propone di migliorare le prestazioni energetiche degli edifici sia sotto l'aspetto passivo, riducendo gli scambi termici attraverso le strutture di involucro che sotto l'aspetto attivo favorendo l'adozione di tipologie impiantistiche a basso consumo di combustibili fossili o utilizzando fonti rinnovabili.



# [ Peculiarità D.Lgs. 311/06 ]

- **Fonti rinnovabili per il riscaldamento dell'acqua sanitaria**
- In tutti i nuovi edifici è previsto che almeno il 50% del fabbisogno energetico per la produzione di acqua calda sanitaria (20% nei centri storici) sia coperto utilizzando fonti rinnovabili o assimilate.
- **Impianti fotovoltaici**
- In tutti i nuovi edifici è previsto l'obbligo di installazione di pannelli solari di tipo fotovoltaico secondo le modalità definite in apposito decreto. La Legge Finanziaria 2007 (art. 1 comma 350) prevede obbligo per una produzione non inferiore a 0,2 kW per unità abitativa.

# [ Altre peculiarità D.Lgs. 311/06 ]

- **Schermature solari**
- Per gli immobili nuovi e in caso di ristrutturazioni di edifici di superficie utile superiore a 1000 m<sup>2</sup>, viene resa obbligatoria la installazione di **sistemi schermanti esterni**, finalizzati a ridurre i consumi di energia per la climatizzazione estiva (visto l'incremento costante della domanda estiva di energia elettrica per i condizionatori d'aria).
- **Caldaie condensazione**
- Obbligo **caldaie** a 3 e 4 stelle (per il Piemonte a condensazione)

**Tab. 1 – Bilancio di sintesi dell'energia in Italia per settore (2004)**

| <i>Dati in [Mtep]</i>                               | <i>Combustibili solidi</i> | <i>Gas naturale</i> | <i>Prodotti petroliferi</i> | <i>Rinnovabili</i> | <i>Energia elettrica</i> | <i>TOTALE</i> |
|---|----------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------------|---------------|
| <b><i>Disponibilità e impieghi</i></b>              |                            |                     |                             |                    |                          |               |
| Produzione  | 0,4                        | 10,7                | 5,4                         | 13,5               | -                        | 30,0          |
| Importazione  | 17,1                       | 55,5                | 107,6                       | 0,6                | 10,2                     | 191,0         |
| Esportazione  | 0,1                        | 0,1                 | 24,7                        | -                  | 0,2                      | 25,1          |
| Variazione scorte                                   | 0,3                        | -0,1                | 0,3                         | -                  | -                        | 0,5           |
| <b>CONSUMO interno lordo</b>                        | <b>17,1</b>                | <b>66,2</b>         | <b>88,0</b>                 | <b>14,1</b>        | <b>10,0</b>              | <b>195,5</b>  |
| Consumi e perdite                                   | -1,0                       | -0,8                | -6,2                        | -                  | -44,1                    | -52,1         |
| Generazione elettrica                               | -11,9                      | -23,1               | -11,8                       | -12,4              | 59,3                     | -             |
| <b>TOTALE impieghi finali</b>                       | <b>4,2</b>                 | <b>42,3</b>         | <b>70,0</b>                 | <b>1,7</b>         | <b>25,2</b>              | <b>143,4</b>  |
| <b><i>Consumi finali di energia per settore</i></b> |                            |                     |                             |                    |                          |               |
| Agricoltura e pesca                                 | -                          | 0,1                 | 2,6                         | 0,1                | 0,5                      | 3,3           |
| Industria   | 4,0                        | 17,6                | 7,6                         | 0,2                | 12,0                     | 41,4          |
| Trasporti   | -                          | 0,4                 | 43,0                        | 0,2                | 0,8                      | 44,5          |
| Terziario   | -                          | 7,1                 | 1,8                         | -                  | 6,3                      | 15,2          |
| Residenziale  | -                          | 16,2                | 5,0                         | 1,2                | 5,6                      | 28,0          |
| Usi non energetici                                  | 0,1                        | 0,9                 | 6,6                         | -                  | -                        | 7,6           |
| Bunkeraggi  | -                          | -                   | 3,4                         | -                  | -                        | 3,4           |
| <b>TOTALE impieghi finali</b>                       | <b>4,2</b>                 | <b>42,3</b>         | <b>70,0</b>                 | <b>1,7</b>         | <b>25,2</b>              | <b>143,4</b>  |

Fonte ENEA – Rapporto Energia e Ambiente 2005 – I dati

# [ Il settore residenziale ]

---

- Il patrimonio edilizio residenziale italiano comprende circa 13 milioni di edifici, di cui quelli ad uso abitativo sono oltre 11 milioni, pari all'86,5%, per un totale di circa 27,3 milioni di unità immobiliari, il 79,3% delle quali (21,65 milioni) risulta occupato da almeno una persona residente.
- Nei principali centri urbani si trova il 15,1% delle abitazioni (oltre 4 milioni) mentre la restante parte è distribuita sul territorio entro piccoli centri o isolata.

# [ Incidenza fonti rinnovabili ]

- Raffrontando i consumi di energia dovuti al settore residenziale al valore totale italiano degli impieghi finali di energia, emerge l'importanza del settore abitativo cui compete circa il 20% dei fabbisogni energetici.
- Le fonti rinnovabili tradizionali e i recuperi termici contribuiscono al bilancio energetico nazionale per il 7,1% del consumo totale, mentre le NFER (Nuove Fonti di Energia Rinnovabile) concorrono solamente per l'1,3%.

# Consumi energetici residenziale

Tab. 3 – Consumi energetici per utilizzo - RESIDENZIALE

| <i>Dati in [Mtep]</i>    | <i>GPL</i> | <i>Gas</i>  | <i>Gasol<br/>io</i> | <i>Olio<br/>comb<br/>ustibile</i> | <i>Carb<br/>one</i> | <i>Legna</i> | <i>Energ<br/>ia<br/>elettri<br/>-ca</i> | <i>TOTAL<br/>E</i> |
|--------------------------|------------|-------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------|---|--------------------|
| Riscaldamento            | 1,0        | 13,6        | 3,0                 | 0,05                              | 0,05                | 1,2          | 0,2                                     | 19,1               |
| Usi cucina               | 0,5        | 0,9         | -                   | -                                 | -                   | -            | 0,1                                     | 1,5                |
| Acqua calda<br>sanitaria | 0,1        | 1,7         | 0,3                 | -                                 | -                   | -            | 0,8                                     | 2,9                |
| Energia elettrica        | -          | -           | -                   | -                                 | -                   | -            | 4,5                                     | 4,5                |
| <b>TOTALE</b>            | <b>1,6</b> | <b>16,2</b> | <b>3,3</b>          | <b>0,05</b>                       | <b>0,05</b>         | <b>1,2</b>   | <b>5,6</b>                              | <b>28,0</b>        |

Fonte ENEA – Rapporto Energia e Ambiente 2005 – I dati

# [ Consumi residenziale ]

- Rapportando il consumo totale del settore residenziale al numero di abitazioni si ottiene un consumo energetico medio annuo per unità immobiliare di 1,29 tep che si suddivide, in base alla tabella 3 nelle seguenti percentuali:
  - energia elettrica      16%
  - energia termica      79%
  - gas cottura      5%.

# [ Consumo specifico ]

---

- Il valore di consumo relativo alla climatizzazione invernale è pari a 19,1 Mtep per un consumo specifico annuo di 0,88 tep per unità immobiliare.
- Tale valore corrisponde a 10258 kWh/anno. Poiché la superficie media delle abitazioni è di 96 m<sup>2</sup> si ottiene un fabbisogno specifico di energia primaria ad uso termico pari a 106,8 kWh/m<sup>2</sup>anno, come valore medio nazionale.



# Caratterizzazione energetica patrimonio edilizio italiano

Tab. 4 – Caratterizzazione energetica del patrimonio edilizio in Italia

| <i>Classe di consumo<br/>[kWh/m<sup>2</sup>anno]</i> | <i>Qualità<br/>energetica</i> | <i>Descrizione</i>                        | <i>Classe di<br/>costo</i> |
|--|-------------------------------|---|----------------------------|
| < 160  | bassa                         | Edifici realizzati intorno agli anni '60  | -                          |
| 110 ÷ 160  | bassa                         | Edifici realizzati prima del 1976         | -                          |
| 70 ÷ 110   | normale                       | Edifici realizzati secondo la legge 10/91 | normale                    |
| 50 ÷ 70  | media                         | Edifici a risparmio energetico            | normale                    |
| 30 ÷ 50  | Medio-alta                    | Edifici a basso consumo                   | media                      |
| 15 ÷ 30  | alta                          | Edifici a bassissimo consumo              | medio-alta                 |
| < 15   | altissima                     | Edifici solari passivi                    | alta                       |
| 0  | altissima                     | Edifici a energia zero                    | altissima                  |

# Fonti rinnovabili applicabili al residenziale in modo estensivo

- La valenza energetica del territorio come sorgente di energia rinnovabile deriva dalla quantità di irradiazione solare che insiste su di esso.
- I valori dell'insolazione globale media al suolo sul piano orizzontale vanno da 2400 kWh/m<sup>2</sup>anno nella fascia tropicale a 800 kWh/m<sup>2</sup>anno nelle zone artiche passando ai 1700 kWh/m<sup>2</sup>anno della fascia temperata.
- Poiché le terre emerse (29,2% del globo terrestre) coprono una superficie di 149 milioni di km<sup>2</sup> di cui 90 abitabili, considerando un valore medio mondiale di insolazione pari a 1500 kWh/m<sup>2</sup>anno (pari al valore medio per l'Italia che si colloca nella fascia temperata) si verifica che l'energia solare effettivamente disponibile al suolo ammonta a:
  - $E = 1,35 \cdot 10^{17}$  kWh/anno =  $11,61 \cdot 10^6$  Mtep/anno
  - a fronte di un fabbisogno mondiale di 11118 Mtep (2004)

# [ Forme di energia ]

---

- Al livello del suolo sono pertanto presenti tre forme di energia:
  - cinetica del vento e delle correnti marine (generate dal vento);
  - radiazione solare;
  - potenziale gravitazionale dell'acqua

# [ Fonti rinnovabili ]

- Da queste forme derivano le fonti rinnovabili che sono:
  - **energia eolica** (energia elettrica o meccanica derivante dallo sfruttamento dell'energia cinetica del vento);
  - **energia solare termica** (energia ottenuta dalla conversione termica dell'energia solare);
  - **energia solare termodinamica** (energia elettrica ottenuta dalla conversione termoelettrica dell'energia solare termica);
  - **energia fotovoltaica** (energia elettrica ricavata dalla conversione diretta della radiazione solare);
  - **energia dalle biomasse** (energia termica o elettrica derivante dall'energia chimica di combustione delle masse biologiche accresciutesi per effetto della radiazione solare, dell'apporto delle sostanze nutritive del terreno e dell'acqua delle precipitazioni);
  - **energia idroelettrica** (energia elettrica ottenuta attraverso la conversione elettromeccanica dell'energia cinetica associata ai flussi di acqua);
  - **energia maremotrice** (energia elettrica o meccanica derivante dallo sfruttamento dell'energia cinetica associata agli oceani e derivabile dalle correnti marine, delle onde, delle maree, delle correnti di marea e del gradiente termico tra superfici e fondali).

# [ Caratteristiche fonti rinnovabili ]

- “giacimento” con valori di energia specifica annua producibile
- il flusso casuale delle energie rinnovabili, sia in ordine spaziale che temporale, a fronte della staticità della energia chimica immagazzinata nei combustibili di origine fossile (necessità di accumuli e sistemi di dissipazione)
- la bassa densità sul territorio (energia specifica ricavabile molto inferiore a quella di un combustibile di origine fossile)
- scarsa maturità delle tecnologie di sfruttamento (efficienza ancora molto bassa a fronte di costi di implementazione elevati).

# [ Fonti rinnovabili considerate ]

- tecnologie utilizzanti fonti rinnovabili applicabili in modo diffuso e capillare sul territorio con costi contenuti e tempi di ritorno dell'investimento incentivanti
- fonti di energia devono essere caratterizzate da una adeguata densità superficiale (elevata efficienze in termini di energia specifica rinnovabile annuale).

# [ Fonti rinnovabili considerate ]

---

- solare termico
- solare fotovoltaico
- biomasse
- geotermia a bassa entalpia

# Impianti a gas autonomi con bassissime potenzialità minime

- alternativa al ritorno al centralizzato
- riduzione della potenza termica specifica da fornire all'edificio
- produzione ACS demandata ad un diverso impianto (solare o pompa di calore ad esempio)
- impianti autonomi con caldaie a condensazione con possibilità di modulazione fino a valori bassissimi di potenzialità
- potenza nominale massimo di 9-10 kW, modulabile fino a un minimo di 2-2,5 kW

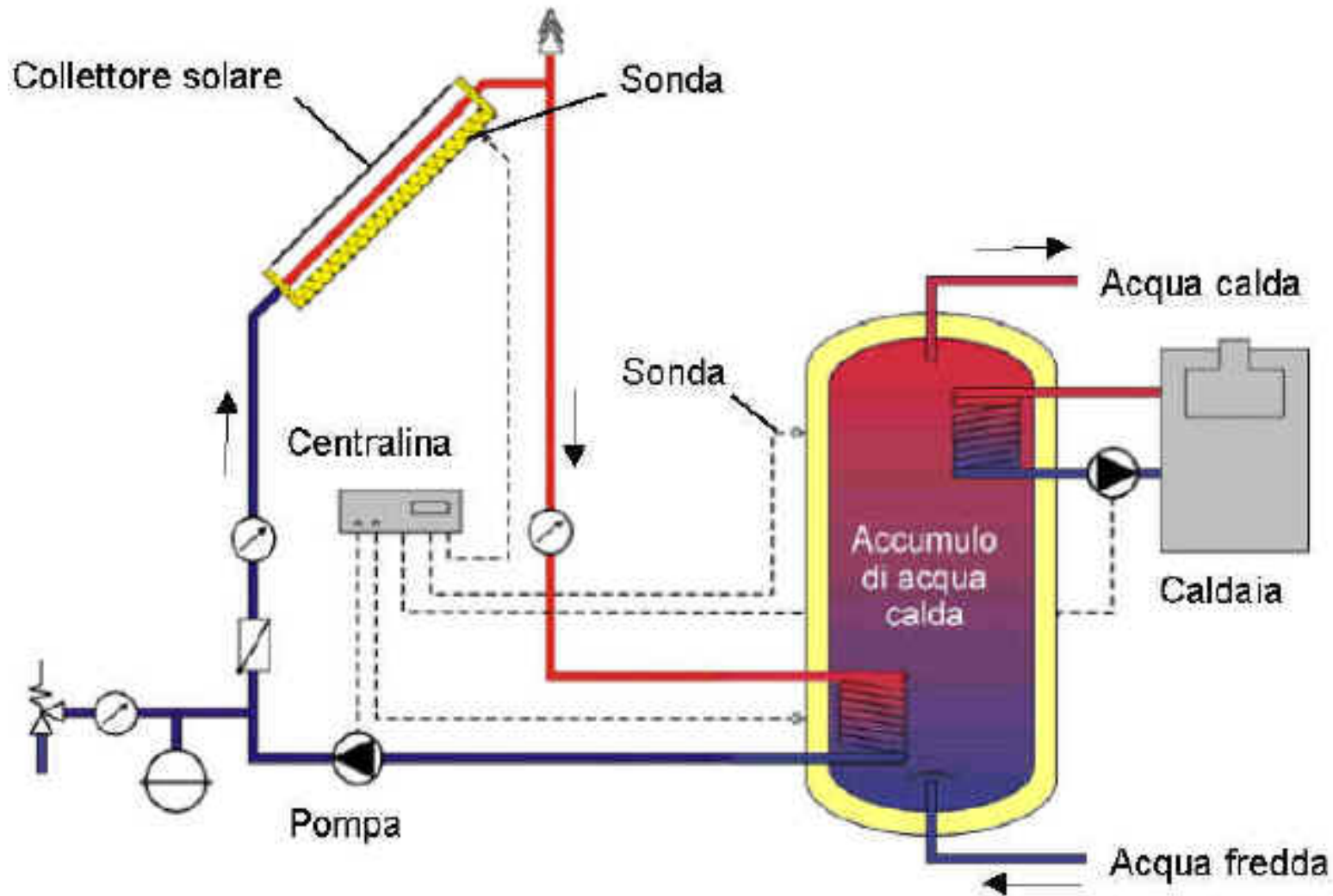


# [ Solare termico ]

---

- Collettori solari (piani – sottovuoto)
- Accumulo termico
- Sistema di regolazione

# Solare termico - schema



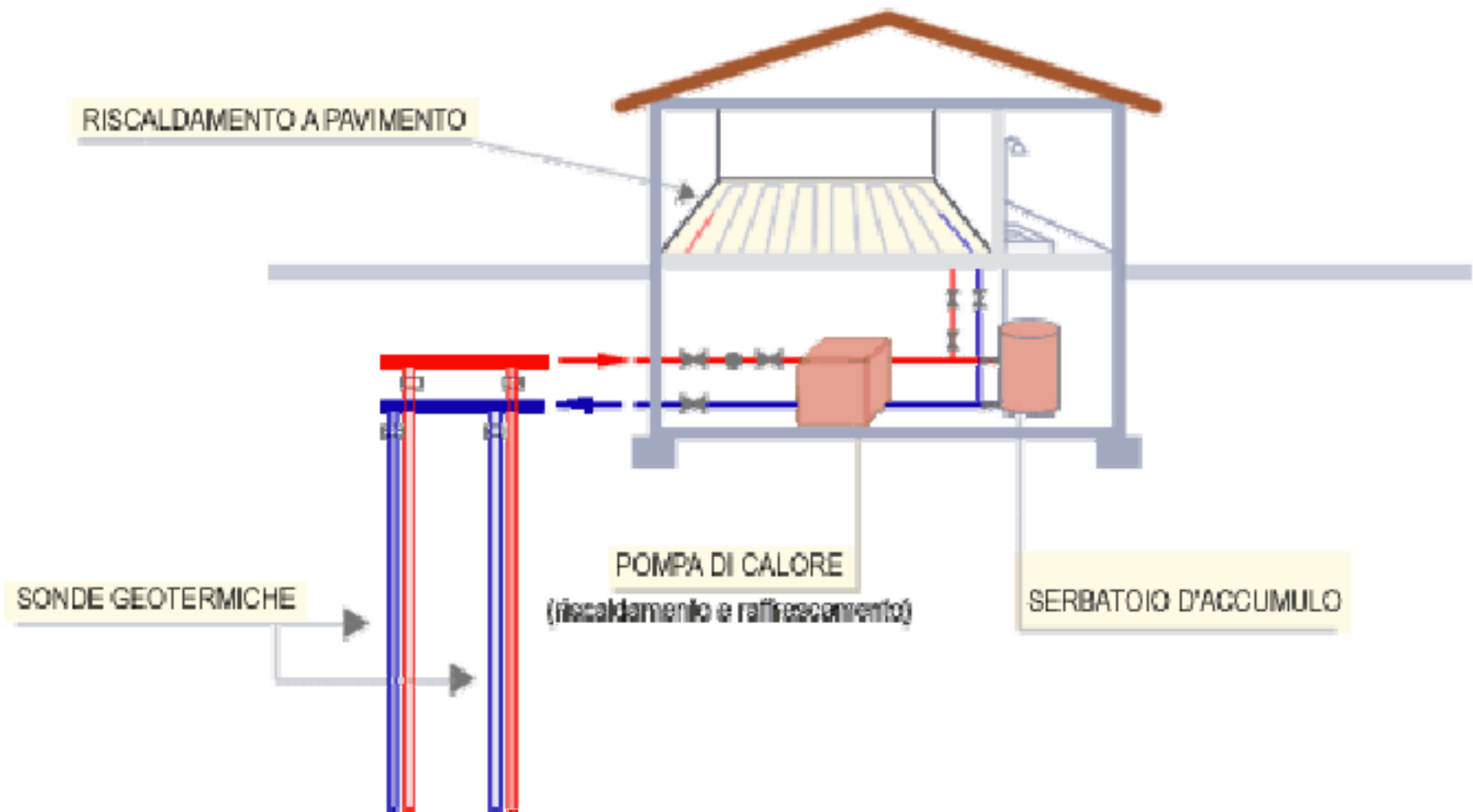
# [ Geotermia a bassa entalpia ]

- utilizza l'energia solare accumulata dalla crosta terrestre
- valori stagionalmente invariati dalla profondità di 6 m
- fino ad una profondità di 150 m la temperatura del terreno è di 12-14 °C
- dal punto vista termodinamico opera tra due sorgenti termiche a minor differenza di temperatura
- può essere abbinato al FV per realizzare l'edificio a consumo zero

# [ Geotermia - Logica ]



# [ Geotermia – Schema ]



# [ Geotermia – Pompe di calore ]

- 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.

# [ Geotermia - Sonde ]

---

- sonde orizzontali (potenza specifica scambiata di  $20 \text{ W/m}^2$ )
- sonde verticali (potenza specifica scambiata di  $5 \text{ W/m}$  di profondità)
- costi di realizzazione  $50 \text{ €}$  per metro di profondità
- sonde profonde (il fluido termovettore può raggiungere temperature di  $70^\circ\text{C}$ )

# [ Solare fotovoltaico ]

---

- inizialmente incentivo in conto capitale
- ora conto energia
- utenze “grid connected” e “stand alone”
- Efficienza bassa (8 m<sup>2</sup> per kW picco)
- costi di impianto circa 7500 €/kW di picco
- tempi di ammortamento circa 10 anni
- premiato inserimento architettonico



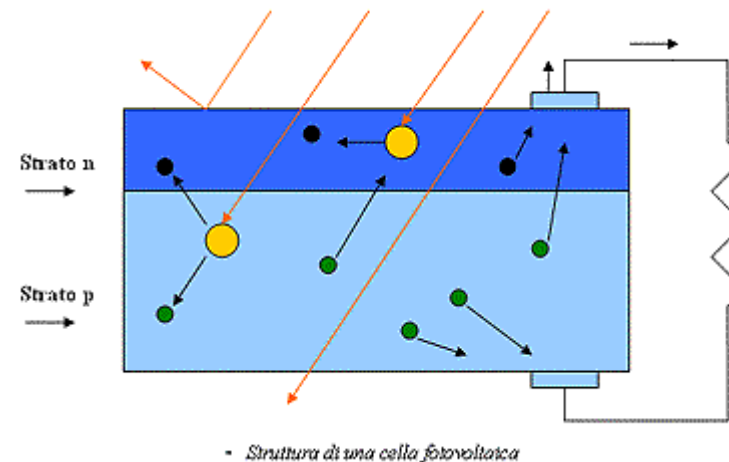
# Cella fotovoltaica

## L'effetto fotoelettrico

La conversione fotovoltaica è un fenomeno fisico che permette di trasformare direttamente l'energia luminosa in energia elettrica in strutture elementari, le celle fotovoltaiche.

Questi dispositivi sono realizzati in materiali semiconduttori, materiali cioè che conducono la corrente elettrica e la cui resistività diminuisce al crescere della temperatura e per la presenza di impurità.

L'effetto fotovoltaico consiste nella generazione di una differenza di potenziale elettrico, grazie all'integrazione di un flusso di energia radiante con la materia.



Le celle nello schema generale sono costituite da due strati di semiconduttore (solitamente composti a base di silicio) in contatto fra loro: uno strato è di tipo n, o strato finestra (generalmente si tratta di silicio drogato con fosforo), caratterizzato da una certa quantità di cariche negative (elettroni) e uno strato è di tipo p, o strato assorbente (ottenuto drogando il silicio con boro), in cui si ha un eccesso di cariche positive.

Alla giunzione, cioè nella zona di contatto tra i due strati, si crea una barriera di potenziale. Ciascun fotone, dotato di energia sufficiente  $e = h \cdot \nu$ , è in grado di liberare all'interno della giunzione una coppia elettrone - lacuna che contribuisce alla conduzione elettrica del semiconduttore. A causa della barriera di potenziale gli elettroni possono passare dallo strato p a quello n, ma non è possibile il passaggio inverso: si crea così un eccesso di elettroni nello strato n.

Collegando un conduttore a ciascuno degli strati p e n e chiudendo il circuito ci sarà circolazione di corrente grazie al passaggio degli elettroni che si ricombinano con le lacune.

È importante che la radiazione solare penetri in entrambi gli strati n e p ed è per questo motivo che il primo strato è molto sottile rispetto al secondo.

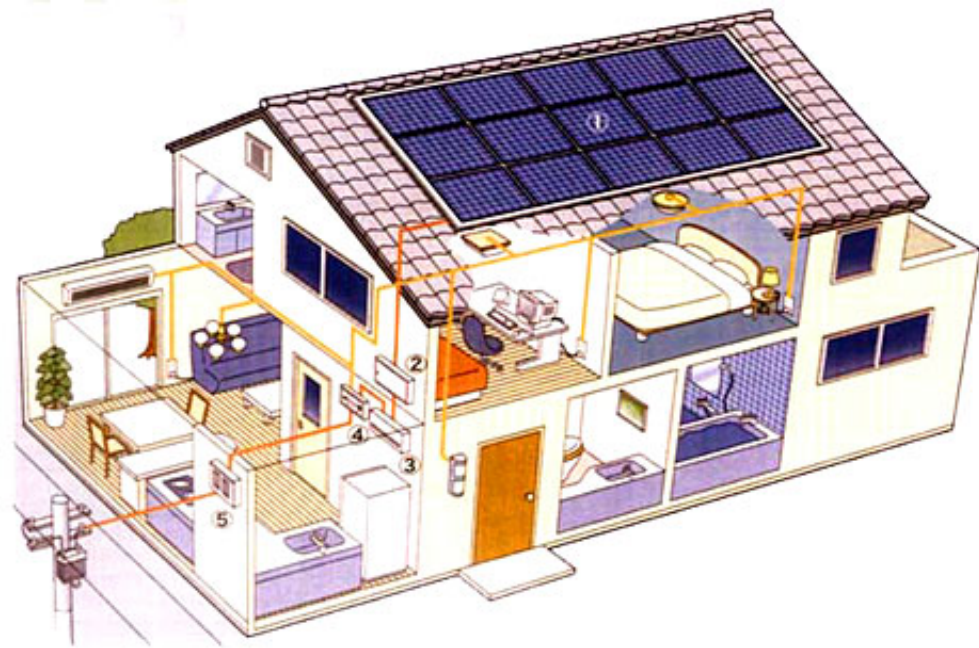
# [ Fotovoltaico ]



Cella fotovoltaica



modulo fotovoltaico



# [ Fotovoltaico - prospettive ]

---

- silicio mono e policristallino
- film sottili
- celle a multigiunzione
- sistemi a concentrazione
- FV organico

# [ Biomasse ]

---

- essenze legnose a rapida crescita (legna secca o cippato)
- scarti di lavorazioni agricole, boschive e industriali (pellets)
- combustione della biomassa viene emessa  $\text{CO}_2$  in quantità corrispondente a quella che le piante avevano sottratto all'atmosfera durante la crescita
- non risente della intermittenza delle altre fonti rinnovabili



# Confronto fra le tecnologie rinnovabili

| <i>Fonte</i>   | <i>Solare termico</i><br>[2] | <i>Solare fotovoltaico</i><br>[3] | <i>Biomasse usi termici</i><br>[4] | <i>Geotermico a bassa entalpia</i> |
|--|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Irradiazione solare [kWh/m <sup>2</sup> anno] [1]  | 1500                         | 1500                              | 1500                               | 1500                               |
| Efficienza energetica media [%]  | 31                           | 11                                | 0,5÷0,7                            | 40                                 |
| Sup. specifica pannelli [m <sup>2</sup> /kW <sub>p</sub> ]   | N.A.                         | 8                                 | N.A.                               | N.A.                               |
| Sup. specifica sonde geotermiche [m <sup>2</sup> /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 <sub>p</sub> 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 <sup>2</sup> <sub>collettore</sub> anno]   | 1,68                         | N.A.                              | N.A.                               | N.A.                               |
| Energia specifica [kWh/m <sup>2</sup> anno]  | 467                          | 162                               | 9                                  | 1217                               |
| Energia termica ricavabile [kWh <sub>t</sub> /m <sup>2</sup> anno] [6]   | 467                          | 486                               | 9                                  | 608                                |
| Area netta impegnata per produrre energia termica equivalente a 1 MWh/anno [m <sup>2</sup> ] [7]                           | 2,1                          | 2                                 | 111                                | 1,6                                |
| Area netta impegnata per produrre energia termica per l'abitazione media nazionale (10,258 MWh/anno) [m <sup>2</sup> ] [8] | 22                           | 21                                | 1140                               | 17                                 |

Fonte - Elaborazione autore

# [ Conclusioni ]

---

- equipollenza delle fonti rinnovabili solari e della geotermia a bassa entalpia, in termini di energia termica specifica ricavabile per mezzo delle attuali tecnologie
- ad eccezione della tecnica che si basa sulle biomasse, per la quale occorrono grandi aree di coltivazione dedicata
- per soddisfare l'intero fabbisogno termico del patrimonio edilizio residenziale italiano attuale occorrerebbe una superficie pari a 24680 km<sup>2</sup> (2,5 milioni di ettari), pari a circa l'8,2% del territorio nazionale
- pregi biomasse: immagazzinamento e utilizzo dilazionato e nessun limite al vettoriamento tipico delle altre fonti
- solare termico: utilizzo estivo con dissipazione calore e condizionamento mediante gruppi frigoriferi ad assorbimento
- teleriscaldamento e cogenerazione

# Verso una cultura della sostenibilità energetica

- maggior sensibilità ambientale e attenzione ai consumi da parte degli utenti finali derivante da:
  - maggiore sensibilità ai problemi ambientali, in particolare in relazione al controllo dell'inquinamento nelle aree urbane;
  - incremento del valore commerciale attribuibile al proprio immobile (tramite lo strumento della certificazione)
  - risparmi nei consumi



# [...e le imprese edili?]

- Per quanto riguarda invece gli operatori sul mercato immobiliare, ciò che può orientare verso investimenti nell'ambito della sostenibilità ambientale, al di là degli obblighi normativi, può dunque essere:
  - richiesta del mercato, conseguenza di una cultura diffusa presso l'utente finale;
  - adozione da parte dei regolamenti edilizi di strumenti normativi che non penalizzino gli interventi sull'involucro ai fini del calcolo delle volumetrie edilizie.

## [ ... in generale ]

---

- opportunità di rilancio economico di tutto il comparto legato all'energia
- coinvolgere il costruttore, direttamente o indirettamente, nella successiva gestione della struttura

# [ Le nuove figure professionali ]

- stretta collaborazione fra le figure professionali coinvolte nella progettazione dell'edificio
- proposte impiantistiche di tipo bioclimatico basate su tecnologie consolidate e legate strettamente alle specificità del clima locale
- figura del consulente termotecnico affiancata fin dalla progettazione preliminare all'architetto
- nuova figura professionale di "esperto in sostenibilità ambientale"
- onorari professionali dei consulenti tecnici nell'ambito degli impianti bioclimatici

# Un'impiantistica che influenza l'architettura

- sviluppo di nuove soluzioni edilizie o introduzione di innovativi elementi tecnologici in grado di caratterizzare ulteriormente l'edificio
- schermature solari e l'inserimento di serre o pareti ventilate può incidere fortemente sull'aspetto estetico delle facciate
- introduzione di sistemi di ventilazione naturale con grandi cavetti verticali può fornire una nuova caratterizzazione delle coperture in cui devono essere inseriti i terminali di estrazione dell'aria
- inserimento architettonico di elementi quali i collettori solari termici o i pannelli fotovoltaici sulle coperture o in facciata

# [ ... e l'urbanistica ]

---

- vincoli in termini di caratteristiche termiche da assicurare all'involucro, non si traducono necessariamente in limitazioni alla espressione architettonica dell'edificio (es. vetri bassoemissivi)
- D.Lgs. 311/06 prevede lo sviluppo di strumenti di pianificazione e urbanistici con indicazioni anche in ordine all'orientamento e alla conformazione degli edifici da realizzare per massimizzare lo sfruttamento della radiazione solare
- attenzione verso elementi di ordine urbanistico, quali la disposizione territoriale delle costruzioni, sia in relazione all'orientamento, che ai venti dominanti, oltre che l'attenzione alle ombre portate tra gli edifici
- (vedasi pianificazione edilizia adottata nei grandi ampliamenti o nelle ricostruzioni del '700)

# Prospettive: idrogeno come accumulo e vettore energetico

- combustibile con il più elevato contenuto energetico per unità di massa (34,7 kWh/kg)
- ma in condizioni standard si trova sotto forma di gas e presenta bassa energia specifica per unità di volume
- attuale produzione avviene dal metano, attraverso il processo termochimico del “reforming” (contemporanea produzione di CO<sub>2</sub>)
- oppure elettrolisi (scissione elettrolitica dell’acqua) che avviene tramite somministrazione di energia elettrica

# [ Produzione energia da idrogeno ]

- combustione termica
- combustione catalitica (celle a combustibile)
- energia elettrica viene prodotta (escludendo idroelettrico, eolico e nucleare) attraverso tecnologie che comportano l'emissione di CO<sub>2</sub>

# Idrogeno: produzione e combustione

## PRODUZIONE DELL'IDROGENO

**STEAM REFORMING DEGLI IDROCARBURI**  
(reazione di metano e vapor d'acqua in presenza di catalizzatori condotta a 800 °C e 2,5 MPa)

$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O vapore} \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$  endotermica  
 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O vapore} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$  esotermica  
Reazione compl.  $\text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O vapore} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$  endot.

**GASSIFICAZIONE DEL CARBONE**  
(reazione a 900-1000 °C)

$\text{C} + \text{H}_2\text{O vapore} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$  endotermica  
 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O vapore} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$  esotermica  
Reazione compl.  $\text{C} + 2 \text{H}_2\text{O vapore} \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2$  endot.

**ELETTROLISI DELL'ACQUA**

$2 \text{H}_2 + \text{energia elettrica} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

## COMBUSTIONE DELL'IDROGENO

TERMICA  
CATALITICA (celle a combustibile)

$2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{energia termica}$   
 $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{energia elettrica}$



# [ Idrogeno da fonte solare ]

---

- produzione dell'idrogeno tramite elettricità da fonte solare
- idrogeno prodotto senza emissione di gas serra utilizzabile direttamente dalle utenze energetiche e in parte accumulato per un utilizzo differito nel tempo
- superamento problemi di intermittenza e vettoriamento
- nuovo sistema energetico a ciclo ambientale sostenibile avente come prodotto finale di ogni reazione il vapor d'acqua che andrebbe idealmente a reintegrare le riserve idriche da cui era stata prelevata l'acqua alla base del processo