

FRANCESCO TINTI

# **GEOTERMIA PER LA CLIMATIZZAZIONE**



### SERVIZI GRATUITI ON LINE

Questo libro dispone dei seguenti servizi gratuiti disponibili on line:

- filodiretto con gli autori
- le risposte degli autori a quesiti precedenti
- files di aggiornamento al testo
- possibilità di inserire il proprio commento al libro.

L'indirizzo per accedere ai servizi è: [www.darioflaccovio.it/scheda/?codice=DF8302](http://www.darioflaccovio.it/scheda/?codice=DF8302)

**INDICE**

<i>Prefazione</i> .....	pag. 9
Elenco delle sigle usate nel testo .....	» 11
1. INTRODUZIONE	
1.1. Generalità .....	» 13
1.2. La situazione in Italia .....	» 14
1.3. Il quadro in Europa e negli Usa .....	» 16
2. I POZZI GEOTERMICI PER LO SFRUTTAMENTO DEL CALORE DEL SOTTOSUOLO	
2.1. L'energia geotermica .....	» 21
2.2. I meccanismi di scambio termico nel sottosuolo .....	» 24
2.3. Lo sfruttamento del calore superficiale del suolo .....	» 27
2.3.1. I pozzi verticali .....	» 30
2.3.1.1. I tipi di sonde .....	» 32
2.3.1.2. Gli scambiatori coassiali .....	» 33
2.3.1.3. Il materiale di ripieno .....	» 35
2.3.1.4. Il fluido termovettore .....	» 36
2.3.1.5. I sistemi di sonde .....	» 37
2.3.1.6. La resistenza termica del pozzo .....	» 38
2.3.1.7. La quota di estrazione del calore .....	» 41
2.3.1.8. L'influenza della falda in movimento .....	» 44
2.3.1.9. Il pozzo usato come serbatoio di stoccaggio .....	» 44
2.3.1.10. Le fasi del processo .....	» 48
2.3.2. I pali energetici .....	» 49
2.3.2.1. Le caratteristiche funzionali dei pali .....	» 50
2.3.3. I collettori orizzontali .....	» 51
2.3.4. Il sistema aperto .....	» 53
2.3.5. Gli altri scambiatori .....	» 55
2.4. La modellistica termica del sottosuolo .....	» 56
2.4.1. Un modello di pozzo geotermico .....	» 57
2.5. L'analisi di sensibilità sui parametri del terreno .....	» 63
3. LE NORMATIVE IN CAMPO ENERGETICO RELATIVE ALLA REALIZZAZIONE DI SISTEMI GEOTERMICI	
3.1. La normativa europea .....	» 67
3.2. La normativa svizzera sulla realizzazione di sistemi geotermici .....	» 68
3.2.1. Il certificato di qualità .....	» 68
3.2.2. Le regole per l'azienda .....	» 69
3.2.2.1. L'organizzazione della perforazione e l'assicurazione della qualità .....	» 69
3.2.2.2. Le esigenze tecniche .....	» 69
3.2.2.3. Le competenze del personale .....	» 70
3.2.2.4. Gli aspetti ambientali .....	» 70

3.3. La normativa tecnica tedesca .....	»	71
3.4. La normativa in Italia .....	»	72
3.4.1. Le norme regionali e provinciali in materia di pozzi geotermici .....	»	74
4. LE MODALITÀ OPERATIVE .....		
4.1. Generalità .....	»	77
4.2. Il sistema di climatizzazione geotermico .....	»	78
4.3. Il progetto dell'impianto.....	»	79
4.3.1. Il sovradimensionamento dell'impianto.....	»	79
4.3.2. Il sottodimensionamento dell'impianto .....	»	80
4.4. Il cantiere di perforazione .....	»	80
4.4.1. I metodi di perforazione .....	»	81
4.4.2. Il fluido di perforazione e i metodi collegati .....	»	82
4.4.2.1. L'acqua .....	»	82
4.4.2.2. I fanghi bentonitici .....	»	83
4.4.2.3. L'aria compressa .....	»	83
4.4.3. Gli utensili per la perforazione.....	»	84
4.4.4. Le procedure di cantiere per le sonde verticali .....	»	85
4.4.5. Le procedure di cantiere per i pozzi geotermici di scambio con acqua di falda.....	»	91
4.4.6. Le procedure di cantiere per i collettori orizzontali.....	»	93
4.4.7. Le procedure di cantiere per i pali energetici.....	»	94
4.4.7.1. I pali energetici prefabbricati .....	»	95
4.4.7.2. I pali energetici realizzati in situ .....	»	96
4.5. Il test di risposta geotermica .....	»	97
4.5.1. I principi fisici alla base del test.....	»	97
4.5.2. L'attrezzatura per effettuare il test .....	»	100
4.5.3. Il procedimento di cantiere.....	»	101
4.5.4. L'analisi dei dati .....	»	102
4.5.5. Le valutazioni finali .....	»	104
4.6. Lo smantellamento di un sistema geotermico .....	»	106
4.6.1. Lo smantellamento delle sonde verticali e dei collettori orizzontali .....	»	106
4.6.2. Lo smantellamento del sistema aperto .....	»	106
4.7. Gli impatti ambientali .....	»	107
5. L'IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE .....		
5.1. Premessa .....	»	109
5.2. La pompa di calore .....	»	109
5.2.1. I dispositivi interni .....	»	111
5.2.2. Il fluido refrigerante .....	»	112
5.2.3. La trasmissione dell'energia.....	»	113
5.2.4. I tipi di sorgente esterna .....	»	114
5.2.4.1. La sorgente aria .....	»	114
5.2.4.2. La sorgente acqua .....	»	115

5.2.4.3. La sorgente terreno, mediante l'acqua glicolata passante per le sonde.....	» 116
5.2.5. La pompa di calore per il riscaldamento invernale .....	» 116
5.2.6. La pompa di calore per il raffrescamento estivo .....	» 119
5.2.6.1. Il confronto tra l'unità split da parete e la pompa di calore geotermica .....	» 121
5.2.6.2. Il free cooling o il natural cooling.....	» 123
5.2.7. La pompa di calore per l'acqua calda sanitaria .....	» 124
5.2.8. I sistemi integrati .....	» 124
5.2.9. La pompa di calore ad assorbimento .....	» 125
5.3. L'accumulo inerziale .....	» 126
5.4. Il circuito idraulico e le pompe di circolazione .....	» 126
5.4.1. Le perdite di carico nel sistema di sonde .....	» 126
5.5. La centralina elettrica .....	» 128
5.6. I terminali a pannelli radianti .....	» 128
5.6.1. Il dimensionamento degli impianti .....	» 131
5.6.2. I pannelli radianti a soffitto e quelli a parete .....	» 132
5.7. Il deumidificatore .....	» 134
5.8. I radiatori .....	» 135
5.9. Il ventilconvettore.....	» 135
5.10. L'impianto di climatizzazione a espansione diretta .....	» 136
5.11. Il monitoraggio dell'impianto .....	» 137
5.12. L'analisi di sensibilità del sistema pozzo-pompa di calore .....	» 139
6. L'ANALISI COSTI-BENEFICI	
6.1. Premessa .....	» 141
6.2. Lo studio di un impianto di piccola taglia .....	» 142
6.2.1. L'ipotesi 1: la pompa di calore geotermica e i pannelli radianti .....	» 143
6.2.2. L'ipotesi 2: la caldaia a condensazione, i radiatori e le unità split .....	» 144
6.2.3. L'ipotesi 3: la caldaia a condensazione, i pannelli radianti e le unità split..	» 145
6.2.4. Le valutazioni e il confronto .....	» 145
6.2.5. La integrazione con un impianto fotovoltaico .....	» 148
6.3. Il raffronto tra le diverse taglie della pompa di calore .....	» 153
6.3.1. La determinazione dei costi iniziali .....	» 154
6.3.2. La stima dei costi di gestione .....	» 157
6.3.2.1. L'ipotesi 1: la caldaia e il refrigeratore (26 kW).....	» 158
6.3.2.2. L'ipotesi 2.1: la pompa di calore geotermica (6 kW), la caldaia e il refrigeratore (19 kW) .....	» 158
6.3.2.3. L'ipotesi 2.2: la pompa di calore geotermica (8 kW), la caldaia e il refrigeratore (15 kW) .....	» 159
6.3.2.4. L'ipotesi 2.3: la pompa di calore geotermica (9,5 kW), la caldaia e il refrigeratore (12,5 kW) .....	» 159
6.3.2.5. L'ipotesi 2.4: la pompa di calore geotermica (11 kW), la caldaia e il refrigeratore (12,5 kW) .....	» 160

6.3.2.6. L'ipotesi 2.5: la pompa di calore geotermica (13,5 kW), la caldaia e il refrigeratore (10,5 kW) .....	»	160
6.3.2.7. L'ipotesi 2.6: la pompa di calore geotermica (17 kW), la caldaia e il refrigeratore (6 kW) .....	»	161
6.3.2.8. L'ipotesi 2.7: la pompa di calore geotermica (20 kW), la caldaia e il refrigeratore (4,5 kW) .....	»	161
6.3.2.9. L'ipotesi 3: la pompa di calore geotermica (25,5 kW) .....	»	162
6.3.3. Le valutazioni economiche.....	»	162
6.4. La comparazione tra le sonde verticali e i collettori orizzontali .....	»	167
6.4.1. Il calcolo dei costi iniziali .....	»	168
6.4.1.1. L'ipotesi 1: l'impianto geotermico con il dissipatore orizzontale .....	»	168
6.4.1.2. L'ipotesi 2: l'impianto geotermico con le sonde verticali.....	»	168
6.4.1.3. L'ipotesi 3: la soluzione integrata .....	»	169
6.4.1.4. L'ipotesi 4: la soluzione tradizionale con i pannelli radianti .....	»	169
6.4.2. La stima dei costi di gestione .....	»	170
6.4.2.1. Le ipotesi 1 e 2 .....	»	170
6.4.2.2. L'ipotesi 3 .....	»	170
6.4.2.3. L'ipotesi 4 .....	»	171
6.4.3. Le considerazioni economiche .....	»	171
6.4.4. La integrazione con il solare termico per produrre l'acqua calda sanitaria .....	»	174
6.5. Il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria .....	»	176
6.5.1. L'ipotesi 1: la pompa di calore geotermica .....	»	177
6.5.2. L'ipotesi 2: la caldaia a condensazione .....	»	177
6.5.3. La comparazione fra le due ipotesi .....	»	178
6.6. Le valutazioni conclusive sulla scelta di una pompa di calore geotermica .....	»	179
6.6.1. Le agevolazioni fiscali .....	»	180
6.6.2. La compatibilità ambientale .....	»	181
7. GLI ESEMPI DI APPLICAZIONI .....		
7.1. Premessa .....	»	185
7.2. Una palazzina adibita a uso uffici, Faenza (RA) .....	»	185
7.3. Una villa residenziale, Bolsena (VT) .....	»	192
7.4. Un esempio di edilizia scolastica, San Lazzaro (BO) .....	»	194
7.5. Il recupero di un edificio dismesso, Mestre (VE) .....	»	196
7.6. Una nuova area aeroportuale, Zurigo (Svizzera) .....	»	200
7.7. L'utilizzo dell'acqua drenata nei tunnel .....	»	200
7.8. Un esempio di prima progettazione .....	»	201
BIBLIOGRAFIA.....	»	203
INDICE ANALITICO.....	»	207

## Prefazione

La climatizzazione degli edifici mediante il sistema a pompa di calore e reservoir geotermico è oggi un'opzione concreta, probabilmente la più interessante dal punto di vista tecnico, economico e ambientale per chi deve progettare o ristrutturare un impianto di riscaldamento/condizionamento. Parlare genericamente di geotermia richiama subito alla mente alte temperature, fluidi con pressioni elevate, grandi profondità e produzione di energia elettrica. È invece molto limitata la conoscenza dei sistemi di climatizzazione a reservoir geotermico, che richiedono temperature "normali", sono presenti a "bassissima" profondità, non necessitano obbligatoriamente di fluidi naturali e non servono per produrre energia elettrica. Lo sfruttamento della geotermia a bassa e bassissima entalpia, come si definisce questa fonte energetica, è un tema trascurato, e non solo dai media, ma anche in ambito accademico e scientifico. Non stupisce che l'impiantistica in Italia sia quasi inesistente e che, conseguentemente, manchi una normazione specifica o una regolamentazione *ad hoc*, nazionale o regionale.

Negli ultimi tempi, peraltro, ha cominciato a diffondersi ed è cresciuto l'interesse per questo tipo di soluzione, che presenta obiettivamente dei vantaggi competitivi e ambientali insuperati: sfrutta una fonte di energia rinnovabile; è a "emissioni 0", perché non emette CO<sub>2</sub>, contrariamente a molte altre fonti rinnovabili come le biomasse; presenta il migliore rendimento energetico rispetto a qualunque altro sistema di climatizzazione, favorendo, quindi, sia il risparmio energetico sia il risparmio economico. E il risparmio economico è destinato a crescere, perché occorre scontare un miglioramento tecnologico che, soprattutto, ridurrà i costi dell'investimento iniziale. Ma forse il risparmio principale deriva dallo "sganciamento" significativo dai combustibili tradizionali e dagli idrocarburi in particolare. Infine, il costo di funzionamento di un impianto, che deriva dal suo consumo elettrico, si può addirittura azzerare: è sufficiente utilizzare dei pannelli fotovoltaici per alimentare l'impianto, attivando un contratto di compravendita dell'energia elettrica in rete. È importante evidenziare che stiamo parlando di un impianto di climatizzazione il cui esercizio è a "emissioni 0 e costi 0". Sembra uno slogan, ma stiamo parlando di un sistema che già esiste e funziona.

Purtroppo oggi un neofita italiano della climatizzazione a pompa di calore e reservoir geotermico incontra molte difficoltà a trovare dei testi che spieghino in primo luogo di che si tratta; che spieghino come si possano valutarne costi e benefici; infine che insegnino come si fa ad realizzare un impianto. Questo lavoro di Francesco Tinti colma la lacuna editoriale e si candida ad

essere il testo di riferimento italiano per i prossimi anni, al di là della normale evoluzione tecnologica di settore. Paradossalmente stiamo parlando di sistemi basati su tecnologie elementari che definirei tradizionali, collaudate e consolidate.

Il volume ha sicuramente un carattere didattico/teorico/divulgativo in quanto fornisce le basi scientifiche e tecnologiche di un impianto a pompa di calore e reservoir geotermico, porgendole al lettore in maniera intuitiva e facilmente comprensibile, senza perdere in rigidità. Ma è contemporaneamente una guida tecnica ed operativa alla progettazione e all'implementazione di un impianto di climatizzazione. Si tratta dunque un testo destinato a un pubblico ampio, rivolgendosi contemporaneamente all'installatore e all'utilizzatore.

Raccomando questa edizione che mi auguro sia solo l'inizio di una pubblicitaria dedicata a quella che credo fermamente sia, nell'ambito della climatizzazione delle costruzioni, la risposta più corretta alle ormai arcinote esigenze, non rinviabili, della nostra stagione storica: utilizzare delle energie rinnovabili; garantire l'eco-compatibilità; promuovere il risparmio energetico.

Prof. ing. Roberto Bruno

Docente di *Modelli Geostatistici per la Geoingegneria*  
Dip. di Ing. Chimica, Mineraria e delle Tecnologie Ambientali  
Università di Bologna "Alma Mater"



## ELENCO DELLE SIGLE USATE NEL TESTO

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
AWP	Arbeitsgemeinschaft Wärme-pumpen, (Gruppo di lavoro sulle pompe di calore)
CE	Comunità europea
CEE	Commissione economica europea
CFC	Clorofluorcarburi
CIP	Competitiveness and Innovation Framework Programme (Programma quadro per l'innovazione e la competitività)
COP	Coefficient of performance
COM	Commissione
CT	Costo totale
CTA	Costo totale attualizzato
D.L.	Decreto legge
D.Lgs.	Decreto legislativo
EER	Energy efficiency ratio
ENEA	Ente per le nuove tecnologie, per l'energia e l'ambiente
ENEL	Ente nazionale per l'energia elettrica
GSE	Gestore dei servizi elettrici
HCFC	Idroclorofluorcarburi
HFC	Idrofluorcarburi
HGWP	Halocarbon global warming potential
IP	Indice di profitto
L.	Legge
LPE	Loi fédérale sur la protection de l'environnement (legge sulla protezione dell'ambiente)
LPeaux	Loi fédérale sur la protection des eaux (legge sulla protezione delle acque)

MICA	Ministero dell'Industria del commercio e dell'artigianato
ODP	Ozone depletion potential
OFEFP	Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio)
SIA	Schweizerischen Ingenieure-und Architektenverein
SUVA	Sicherheitstechnische Kennzahlen von Flüssigkeiten und Gasen (Istituto nazionale svizzero di assicurazione contro gli infortuni)
TEP	Tonnellata equivalente di petrolio
TIR	Tasso interno di rendimento
TR	Tempo di ritorno dell'investimento
TRA	Tempo di ritorno attualizzato
UE	Unione europea
UTA	Unità di trattamento aria
VAN	Valore attuale netto
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1. GENERALITÀ

Tra i temi di attualità, quello del risparmio energetico è tra i più dibattuti negli ultimi anni. Questo argomento è strettamente correlato al problema del riscaldamento globale, infatti, mentre sul prossimo esaurimento delle risorse energetiche tradizionali non esistono certezze assolute, per quanto riguarda l'azione nociva dei gas serra, la comunità scientifica internazionale è concorde su una netta presa di posizione contro l'emissione di tali sostanze provocata in larga parte dall'utilizzo dei combustibili fossili.

In questo contesto l'Unione europea sta promuovendo la diffusione di tecnologie che non prevedono l'utilizzo di gas, petrolio o carbone, soprattutto per il settore dell'edilizia in cui una corretta progettazione e l'impiego di tecnologie non convenzionali possono portare alla riduzione anche dell'80% dei consumi di energia, con il conseguente abbattimento delle emissioni.

In particolare, in linea con gli obiettivi sanciti dal protocollo di Kyoto per la riduzione delle emissioni di gas serra (di almeno il 20% rispetto ai livelli del 1990 entro il 2020), negli ultimi anni, a Bruxelles, si sta focalizzando l'attenzione sul legame clima-energia-innovazione da tradurre in scelte accorte di politica pubblica sullo sviluppo e sulla diffusione di nuove tecnologie. Il perno della politica energetica è individuato nel concetto di sostenibilità come chiave per la competitività e la sicurezza.

Il documento strategico del 10 gennaio 2007 "Una politica energetica per l'Europa" auspica una "nuova rivoluzione industriale che acceleri la transizione verso una crescita a basse emissioni di carbonio e producendo, nel corso degli anni, un aumento spettacolare della quantità di energia locale a basse emissioni prodotta e utilizzata. La sfida consiste nel farlo in un modo che ottimizzi gli incrementi di competitività potenziali per l'Europa e limiti i potenziali costi".

Gli obiettivi specifici si concentrano sulle crescite dell'efficienza energetica e del ricorso a fonti rinnovabili nonché sull'adozione di tecnologie di cattura

e stoccaggio di CO<sub>2</sub> per rendere il sistema più sostenibile, meno dipendente da combustibili importati, basato su un diverso *mix* di fonti e vettori energetici, promuovendo tecnologie a bassa/nulla intensità carbonica e rafforzando nel contempo la competitività delle industrie europee (7° programma quadro dell'UE).

La “tabella di marcia per le energie rinnovabili” individua la necessità di realizzare un nuovo quadro legislativo di riferimento in materia di promozione e di utilizzo delle energie rinnovabili nell'Unione europea al fine di garantire al settore privato quella stabilità a lungo termine che è condizione necessaria per definire dei piani di investimento in questo settore.

Per conseguire entro il 2020 l'obiettivo del 20% di rinnovabili sul consumo totale di energia, la commissione ha previsto un costo aggiuntivo medio annuo, tra il 2005 e il 2020 compreso, in funzione essenzialmente del prezzo del petrolio, tra i 10 e i 18 miliardi di euro. Questo costo verrebbe però compensato dalle riduzioni significative di fonti fossili importate e di emissioni di gas serra realizzate grazie alla sostituzione accelerata dei combustibili fossili con le fonti rinnovabili. Tali investimenti permetterebbero, d'altra parte, di creare numerosi posti di lavoro e di sviluppare nuove imprese tecnologiche europee.

## 1.2. LA SITUAZIONE IN ITALIA

Date tali premesse, appare plausibile la diffusione, a breve termine, anche in Italia di tecnologie ad alto risparmio energetico per uso civile/commerciale. Tra i vari interventi innovativi, il più comune e conosciuto è quello del solare termico e fotovoltaico anche se ne esistono altri, ancora non molto pubblicizzati in Italia, ampiamente utilizzati in altri paesi dell'Unione. Tra questi è da annoverare il sistema di riscaldamento analizzato nel testo, ossia la *pompa di calore geotermica* (*geothermal heat pump*) che, come verrà spiegato nella trattazione, presenta indubbi vantaggi economici, energetici e ambientali, a fronte di una non trascurabile spesa iniziale.

Infatti come sostenuto dalla Divisione per l'energia elettrica e le energie rinnovabili del Canada: “non esiste sistema di riscaldamento e condizionamento in grado di ridurre le emissioni di gas serra e il conseguente impatto sul riscaldamento globale così efficace come le pompe di calore geotermiche”.

Nel corso del 2007 si sono registrati una conoscenza e un interesse crescenti verso i sistemi a energia geotermica che hanno portato alla loro introduzione nella legge finanziaria 2008.

Attualmente, nel Nord Italia, cominciano a essere presenti impianti di questo tipo, sulla scia del successo riscontrato nei paesi confinanti (in particolare Austria e Svizzera).

La Provincia di Bolzano è l'amministrazione pubblica che per prima ha introdotto il concetto di certificazione energetica degli edifici, grazie all'Agenzia CasaClima, e ciò ha favorito lo sviluppo di metodologie di costruzione e di sistemi di climatizzazione non convenzionali.

Le varie categorie in cui si suddivide la certificazione CasaClima dipendono dal consumo di [kWh/m<sup>2</sup>] all'anno per ogni civile abitazione; l'etichetta più pregiata è la CasaClima Oro, per gli edifici che consumano meno di 10 kWh/m<sup>2</sup> all'anno (Fig. 1.1.).

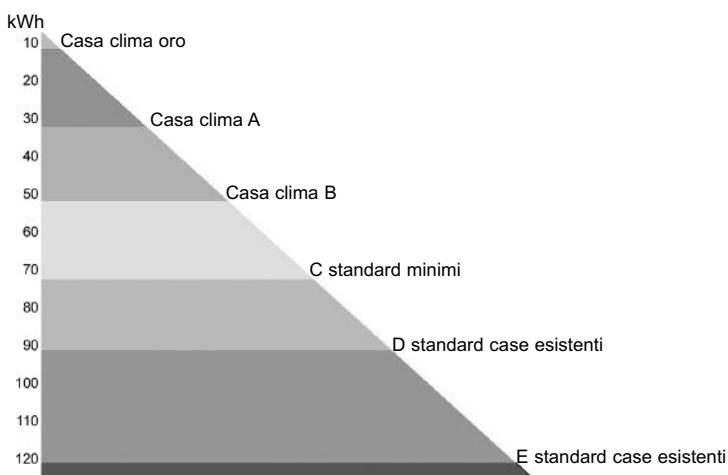


Figura 1.1  
Le categorie di qualità CasaClima (Fonte: Agenzia CasaClima)

Per quanto riguarda l'Italia più in generale, dal 2005 è stata recepita la direttiva 2002/91/CE del parlamento europeo e del consiglio dell'Unione europea sul rendimento energetico dell'edilizia mediante il D.Lgs. del 19 agosto 2005, n. 192, corretto e integrato successivamente dal D.Lgs. del 29 dicembre 2006, n. 311. Questi documenti codificano la qualità energetica degli edifici mediante un parametro definito per gli edifici residenziali in termini di chilowattora per metro quadrato all'anno di energia primaria consumata per il riscaldamento. In seguito all'applicazione di tali normative, dal 1 luglio 2007 è entrato in vigore il certificato energetico per tutti gli edifici di nuova costruzione superiori ai 1000 m<sup>2</sup>. Dal 1 luglio 2008 l'obbligo è stato poi esteso a tutti i casi di compravendita di immobili, mentre dal 1 luglio 2009 l'attestato di certificazione energetica non potrà mancare anche nelle compravendite di singoli appartamenti.

Tale attestato, che fornisce una valutazione dei requisiti energetici integrati in un immobile, ne produce, come effetto immediato, l'aumento di valore o il deprezzamento, a seconda della categoria in cui si trova.

L'utilizzo di pompe di calore geotermiche, dati i bassi consumi di energia necessari, contribuisce a fare ottenere all'immobile, se ben coibentato, le categorie più alte di tale certificazione (Fig. 1.2.).

CLASSE	LIMITI	
A+++	> 120%	POMPE DI CALORE AD ASSORBIMENTO A GAS
		POMPE DI CALORE GEOTERMICHE ELETTRICHE A SONDE VERTICALI
A++	> 104%	POMPE DI CALORE A GAS
		MIGLIORI POMPE DI CALORE ELETTRICHE ARIA-ACQUA
A+	> 88%	MIGLIORI CALDAIE A CONDENSAZIONE + SOLARE
		POMPE DI CALORE ELETTRICHE CON RECUPERO DI CALORE DA ARIA INTERNA
A	> 80%	MIGLIORI CALDAIE A CONDENSAZIONE
B	> 72%	MIGLIORI CALDAIE A BASSA TEMPERATURA + SOLARE
C	> 64%	MIGLIORI CALDAIE A BASSA TEMPERATURA
D	> 56%	MIGLIORI CALDAIE ATMOSFERICHE + SOLARE
E	> 48%	MIGLIORI CALDAIE ATMOSFERICHE
F	> 40%	SCALDACQUA ELETTRICO CON ACCUMULO + SOLARE
G	< 40%	SCALDACQUA ELETTRICO

Figura 1.2  
Le classi energetiche di diverse tecnologie di riscaldamento  
(Fonte: Robur)

### 1.3. IL QUADRO IN EUROPA E NEGLI USA

La commissione Europea, nell'ambito del programma energia intelligente per l'Europa, ha cofinanziato e promosso il progetto Ground-Reach, iniziato il primo gennaio 2006, che ha come oggetto la promozione sul mercato comunitario di sistemi di condizionamento degli edifici che impieghino l'energia geotermica. Riferito alla fine del 2006, lo scenario presentato da Euroobserver sull'energia geotermica in Europa (Fig. 1.3.) mette a fuoco la situazione italiana e permette un quadro delle potenzialità di crescita delle *geothermal heat pumps* nei Paesi europei.

Fuori dai confini dell'Europa, la nazione dove sono più diffusi gli impianti geotermici e in cui si registra la tradizione più lunga di installatori è rappresentata, un po' a sorpresa, dagli Stati Uniti d'America. Il più influente tra i non firmatari del protocollo di Kyoto ha una lunghissima tradizione di eccellenza nel campo del condizionamento dell'aria. L'American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning System (Ashrae), infatti, viene assunta come punto di riferimento a livello mondiale per il settore del condizionamento a uso civile e industriale. Per quanto riguarda in modo specifico le pompe di calore geotermiche, esse sono divenute popolari, per lo scambio con acqua di falda, già a partire dal 1970, mentre i sistemi chiusi risalgono ai primi anni 80. Il *trend* di crescita, al contrario dei Paesi europei, non ha mai conosciuto battute di arresto sostanziali. A oggi si contano in America più di

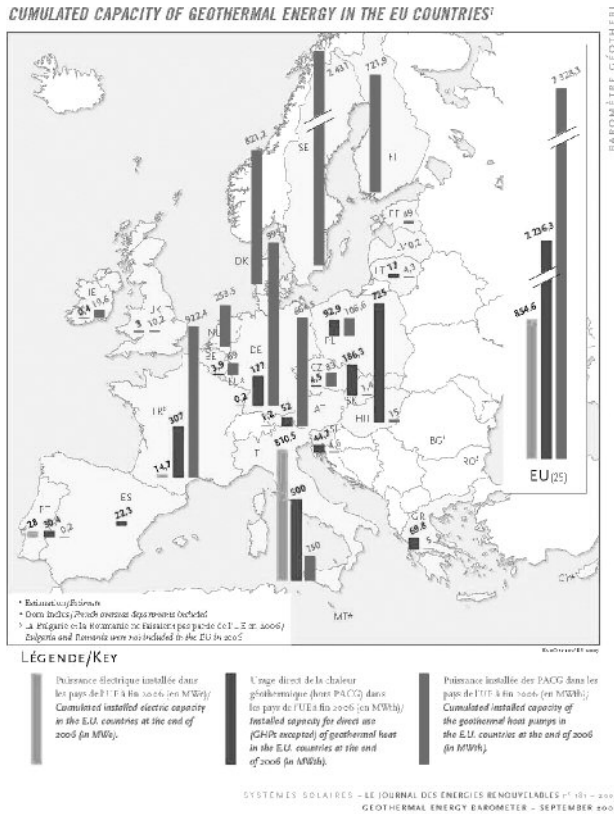


Figura 1.3  
Lo scenario della capacità di energia geotermica installata in Europa  
(Fonte: Euroobserver, Barobilan, 2006)

500.000 installazioni per un totale di 7.000 MW. Considerando la vastità del paese, il sistema non può dirsi consolidato tra il grande pubblico anche se è ipotizzabile una vera e propria esplosione nei prossimi anni.

Tornando in Europa, attualmente la situazione è variegata e dipende essenzialmente dalle politiche ambientali ed energetiche adottate nei vari paesi.

**SVIZZERA**

Grazie a una legislazione che tende a limitare le emissioni di CO<sub>2</sub>, questo paese ha il più alto numero di pompe di calore in rapporto alla sua popolazione. Già nel 1998 erano presenti più di 20.000 impianti utilizzando il terreno come fonte di calore, per una potenza termica installata di 300 MW, con una installazione ogni 2 km<sup>2</sup>; attualmente il trend di crescita annuo è del 10%.

**AUSTRIA**

La situazione è simile a quella svizzera con circa 300 MW di impianti instal-

lati di cui la maggior parte non superiore ai 15 KW, quindi per edifici piccoli e medi.

#### OLANDA

Le realizzazioni iniziali risalgono alla prima metà degli anni 80; in questo paese è particolarmente diffuso anche l'impiego di acqua di falda freatica prelevata da pozzi per il riscaldamento invernale e il raffrescamento estivo.

#### SVEZIA

È il paese principe in Europa nell'utilizzo della pompa di calore geotermica. Nel 1998 erano installati circa 55.000 impianti con sonde verticali, per un totale di 330 MW di potenza; attualmente, con oltre 275.000 sistemi geotermici, il parco presente supera i 2000 MW. In considerazione dell'alta incidenza dell'origine idroelettrica nella produzione elettrica nazionale, l'uso delle pompe di calore (il cui funzionamento dipende dall'impiego di energia elettrica) offre una opportunità significativa di riduzione delle emissioni, tanto che, a oggi, il 95% delle nuove abitazioni singole ha come impianto di riscaldamento una pompa di calore geotermica.

#### GERMANIA

Rappresenta un ulteriore paese di riferimento nel settore con un totale di oltre 450 MW e un numero di impianti in continua crescita. Inoltre la legislazione tecnica tedesca in materia (VDI 4640) è presa come punto di orientamento per la progettazione e l'installazione degli impianti in paesi in cui è presente un vuoto normativo come in Italia. Entrando più in dettaglio, le pompe di calore geotermiche hanno avuto un vero e proprio boom all'inizio degli anni 80, con più di 20.000 macchine vendute solo nel 1980; ciò è da imputare alla crisi petrolifera mondiale di quel periodo, con il significativo incremento dei

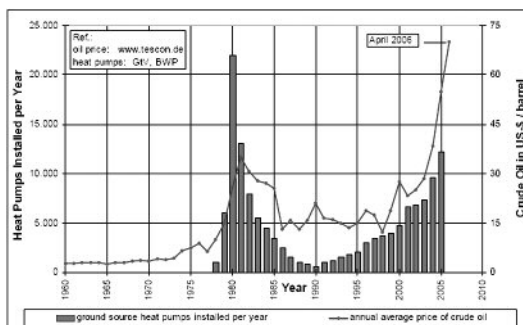


Figura 1.4  
L'andamento delle vendite delle pompe di calore  
in Germania (Fonte: 10 years VDI 4640)



---

costi dell'energia conseguenti all'aumento del petrolio da 7 \$/barile a 35 \$/barile. In seguito il prezzo si è stabilizzato sui 20 \$/barile, il che, unito alla scarsa efficienza delle pompe di calore dell'epoca e alle lacune tecniche e legislative non ancora colmate, ha determinato un periodo di stagnazione del mercato. Proprio la redazione delle norme tecniche VDI, seguite a grossi investimenti tecnologici, ha prodotto, dall'inizio del nuovo millennio, una nuova spinta verso i sistemi geotermici che ora si stanno ritagliando una fetta importante del mercato tedesco del condizionamento (Fig. 1.4.).

---

#### SPAGNA

---

Come per l'Italia, si sta incominciando a parlare di pompe di calore geotermiche solo dagli ultimissimi anni. Di particolare interesse sono le ricerche svolte nella comunità valenciana sulle potenzialità del raffrescamento estivo. Tali ricerche sono state la parte centrale del progetto europeo Geocool.