

**PIANO ENERGETICO AMBIENTALE REGIONALE  
REGIONE LIGURIA**

**L'USO RAZIONALE  
DELL'ENERGIA NEL SETTORE  
DELLE ABITAZIONI  
RESIDENZIALI**



**POTENZIALE DEGLI INTERVENTI DI  
RISPARMIO ENERGETICO**

(COLLABORAZIONE CON LA SOCIETA' ISIS - ROMA)

DICEMBRE 2001

## Indice dei contenuti

<b>1 NOTA METODOLOGICA.....</b>	<b>3</b>
1.1 INTRODUZIONE.....	3
1.2 LA CLASSIFICAZIONE DEL PARCO EDILIZIO.....	3
1.3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI RISPARMIO ENERGETICO.....	12
1.3.1 <i>La classificazione degli interventi</i> .....	12
1.3.2 <i>Selezione delle associazioni tra gli interventi di RE e le abitazioni tipo e assegnazione degli indici di penetrazione</i> .....	12
1.3.2.A Simulazione interventi sull'involucro.....	13
1.3.2.B Simulazione interventi sull'impianto termico.....	14
<b>2 LA REGIONE LIGURIA.....</b>	<b>15</b>
2.1 LA STRUTTURA DEL PARCO EDILIZIO DELLA REGIONE.....	15
2.2 LA DOMANDA DI ENERGIA TERMICA DEL SETTORE RESIDENZIALE.....	19
<b>3 ANALISI DELL'IMPATTO DEGLI INTERVENTI DI RISPARMIO ENERGETICO.....</b>	<b>21</b>
3.1 I CRITERI DI INTERVENTO ADOTTATI PER LA REGIONE IN ESAME.....	21
3.2 I RISULTATI DELLA SIMULAZIONE.....	28
3.2.1 <i>I potenziali tecnico - economici</i> .....	28
3.2.1.A Analisi dei risultati degli interventi sull'involucro.....	28
3.2.1.B Analisi dei risultati degli interventi sull'impianto.....	31
3.2.1.B.1 La pompa di calore.....	31
3.2.1.B.2 Sostituzione con caldaia ad alta efficienza.....	34
3.2.1.B.3 Intervento di termoregolazione.....	35
3.2.1.B.4 Intervento di manutenzione.....	35
3.2.1.C Confronto tra gli interventi effettuati.....	36
3.2.2 <i>Le emissioni inquinanti</i> .....	40
3.2.3 <i>Tablelle di dettaglio degli interventi ipotizzati</i> .....	41
3.2.3.A Interventi di isolamento dell'involucro.....	41
3.2.3.A.1 Intervento di isolamento delle superfici vetrate.....	41
3.2.3.A.2 Intervento di isolamento sulle pareti opache.....	42
3.2.3.A.3 Intervento di isolamento sul tetto.....	43
3.2.3.B Interventi sull'impianto.....	45
3.2.3.B.1 Intervento di manutenzione.....	45
3.2.3.B.2 Intervento di termoregolazione.....	47
3.2.3.B.3 Intervento di sostituzione con caldaia a gas ad alta efficienza.....	49

# 1 NOTA METODOLOGICA

## 1.1 Introduzione

MURE Territorio è uno strumento di supporto all'attività di pianificazione energetica che le amministrazioni regionali e comunali sono chiamate a svolgere secondo quanto previsto dall'art. 5 comma 1 e 5 della legge 10/91 e dal Decreto Presidenziale DPR 112/98.

L'analisi che lo strumento svolge è mirata al settore del riscaldamento degli ambienti domestici, settore che per sua natura risulta fortemente connotato dalla specifica realtà territoriale e necessita, dunque, un'indagine a scala ridotta. In questo ambito MURE Territorio permette di delineare gli scenari energetici conseguenti a possibili interventi di risparmio energetico, e di svolgere, al tempo stesso, un'analisi costi-benefici degli interventi ipotizzati, fornendo, in questo modo, elementi utili alla scelta delle azioni maggiormente efficaci da predisporre nel piano energetico locale.

I dati sulla struttura del parco edilizio sono stati elaborati sulla base del Censimento della popolazione italiana al 1991. In particolare i dati presi in considerazione sono quelli contenuti nella Sezione I - NOTIZIE SULL'ABITAZIONE del 13° Censimento Generale della Popolazione 1991. Il dato elementare è l'abitazione, la quale ai fini del Censimento, è intesa come un insieme di vani, o anche un vano solo, destinato funzionalmente ad uso di alloggio, ovvero occupato o destinato ad essere occupato da una famiglia (non sono oggetto del censimento abitazioni adibite esclusivamente a studi professionali, laboratori artigiani, ecc.).

Come indicatore della situazione climatica territoriale si adottano i Gradi-giorno definiti nel Decreto Presidente Repubblica DPR 412/93. Il sistema estrae automaticamente i valori dei Gg, pubblicati nel suddetto regolamento, per tutti i Comuni compresi nell'ambito politico-territoriale selezionato. Ogni Comune può essere così collocato in una delle 6 zone climatiche in cui il territorio italiano è stato suddiviso:

- ⇒ Zona A:  $Gg < 600$ ;
- ⇒ Zona B:  $600 < Gg < 900$ ;
- ⇒ Zona C:  $900 < Gg < 1400$ ;
- ⇒ Zona D:  $1400 < Gg < 2100$ ;
- ⇒ Zona E:  $2100 < Gg < 3000$ ;
- ⇒ Zona F:  $Gg > 3000$ .

A ciascuna delle 6 zone climatiche è associato il numero di ore di attivazione giornaliera dell'impianto termico (No), stabilito dal DPR 412.

## 1.2 La Classificazione del Parco Edilizio

Lo scopo di questa operazione è quello di ricondurre le abitazioni dell'area geografica selezionata ad un certo numero di Abitazioni Tipo ritenute mediamente rappresentative sotto il profilo del comportamento energetico. In questo modo è possibile utilizzare le informazioni del Censimento predisponendo il passaggio da una descrizione energetica del parco abitativo prettamente qualitativa ad una descrizione tecnico-quantitativa.

Il comportamento energetico dell'abitazione dipende dalle seguenti 3 entità:

- a. **Geometria del fabbricato in cui si trova l'abitazione;**
- b. **Tipologia di impianto termico;**
- c. **Livello di isolamento termico.**

Ad ogni possibile combinazione delle suddette tre entità corrisponde un Abitazione Tipo, ovvero una Abitazione Tipo è caratterizzata da una Geometria Tipo, da un Livello di Isolamento Tipo e da un Impianto Termico Tipo.

Nella tabella successiva sono evidenziate tutte le variabili associate ad ciascuna di tali entità:

a. <b>Geometria Fabbricato</b>	b. <b>Tipo di impianto termico</b>	c. <b>Livello di isolamento termico</b>
a1. Numero abitazioni nel fabbricato	b1. Tipo di impianto termico (centralizzato, autonomo, app. singolo)	c1. Anno di costruzione del fabbricato
a2. Numero piani del fabbricato	b2. Combustibile utilizzato dall'impianto termico	c2. Struttura portante del fabbricato
a3. Superficie totale dell'abitazione		c3. Zona Climatica

Le associazioni tra i dati forniti dal censimento e le Entità Tipo sono le seguenti:

### Classificazione dei tipi di abitazioni per Geometria:

Per rappresentare l'intero parco degli edifici residenziali italiani sono stati identificate nove differenti tipologie edilizie, caratterizzate ognuna da una diversa combinazione numero di abitazioni/numero di piani. La classificazione del numero di abitazioni e del numero di piani è quella fornita dal censimento:

Classificazione dei tipi di abitazioni per Geometria					
Abitazioni/Piani	1	2	3- 5	6-10	>10
1	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 5	Tipo 8	Tipo 9
2					
3 - 4					
5 - 8					
9 - 15	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 6	Tipo 7	
16 - 30					
> 30					

<i>Tipi</i>	<i>Denominazione</i>
Tipo 1	Mono/bi familiare bassa
Tipo 2	Mono/bi familiare alta
Tipo 3	Schiera bassa
Tipo 4	Schiera alta
Tipo 5	Blocco basso
Tipo 6	Palazzo basso
Tipo 7	Blocco alto
Tipo 8	Palazzo alto
Tipo 9	Torre

Dal punto di vista geometrico/architettonico tali tipologie corrispondono grossolanamente agli edifici raffigurati nelle fotografie riportate nelle pagine seguenti:











**Classificazione dei tipi di abitazioni per tipo di combustibile e impianto termico (totale di 4 x 9 tipi):**

	Tipo di combustibile			
	Liquido	Solido	Gassoso	Elettrico
Tipo di Riscaldamento	Centralizzato	Centralizzato	Centralizzato	App. Singolo
	Autonomo	App. Singolo	Autonomo	
	App. Singolo		App. Singolo	

**Classificazione dei tipi di abitazione per Livello di isolamento termico (età/materiale di costruzione)**

Denominazione dei tipi di abitazione	Classi di età	Materiale di costruzione considerato (prevalente)
Vecchie	1919 – 1945	Pietra/mattoni
Vecchie dopo guerra	1946 – 1960	Cemento armato, struttura non coibentata
Intermedie	1961 – 1981	Cemento armato, struttura non coibentata
Nuove	Dopo il 1981	Cemento armato, struttura coibentata

Ogni entità è infine a sua volta identificata da un set di parametri tecnici preimpostati, al fine di consentire il calcolo della domanda di energia del parco abitativo della regione:

**a. Entità Geometria del fabbricato ( i= indice tipo)**

Descrizione parametro Nome

---

**Rapporto di forma (superficie disperdente/volume riscaldato)[m-1] ..... Rf(i)**

**Superficie vetrata [% Stot] ..... Sv(i)**

**Superficie pareti opache [% Stot] ..... Sp(i)**

**Superficie tetto [% Stot] ..... St(i)**

**Superficie a contatto con il terreno [% Stot] ..... Ster(i)**

**Altezza media alloggi edificio [m] ..... Alt(i)**

**b. Entità Tipo di impianto termico ( j =indice tipo)**

Descrizione parametro Nome

---

**Rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico ..... ηg(j)**

**c. Entità Livello di Isolamento (k= indice tipo)**

Descrizione parametro Nome

Tipo di vetro (singolo, doppio, bassa emissione) ..... Tv(k)

Coefficiente di dispersione termica delle superfici vetrate [W/m<sup>2</sup>°C] ..... Hv(k)

Tipo isolamento pareti opache (lista materiali) ..... Tp(k)

Coefficiente di dispersione termica attraverso le pareti opache [W/m<sup>2</sup>°C] ..... Hp(k)

Tipo isolamento tetto (lista materiali) ..... Tt(k)

Coefficiente di dispersione termica attraverso il tetto [W/m<sup>2</sup>°C] ..... Ht(k)

Tipo isolamento superfici a contatto con il terreno (lista materiali) ..... Tter(k)

Coefficiente di dispersione termica attraverso il terreno [W/m<sup>2</sup>°C] ..... Hter(k)

Corrispondentemente, i valori assunti per il calcolo della domanda di energia sono:

**Entità Geometria del fabbricato**

Tipologia	Rapporto di forma	Ripartizione percentuale delle superfici dei componenti costruttivi					Altezza media metri
		superficie vetrata	superficie pareti opache	superficie tetto piano	superficie tetto falda	superficie contatto terreno	
Mono-bifamiliare bassa	0,95	5%	35%	13%	17%	30%	3,5
Mono-bifamiliare alta	0,65	7%	57%	9%	9%	18%	3,5
Palazzo alto	0,82	9%	58%	8%	10%	17%	3,5
Torre	0,3	18%	60%	8%	4%	11%	3,5
Schiera bassa	0,9	5%	31%	15%	17%	32%	3,5
Schiera alta	0,65	7%	46%	6%	18%	24%	3,5
Palazzo basso	0,6	8%	45%	9%	15%	24%	3,5
Blocco basso	0,5	9%	60%	8%	8%	16%	3,5
Blocco alto	0,35	16%	52%	8%	8%	16%	3,5

**Entità Tipo di impianto termico**

Tipo di impianto	Rendimento medio	
	Coeff. Log. "a"	Coeff. Log. "b"
Liquido Centralizzato	70%	2
Liquido Autonomo	65%	1
Liquido Apparecchi singoli	55%	1
Solido Centralizzato	50%	2

Entità Tipo di impianto termico (segue)

Tipo di impianto	Rendimento medio*	
	Coeff. Log. “a”	Coeff. Log. “b”
Solido Apparecchi singoli	40%	1
Gassoso Centralizzato	75%	2
Gassoso Autonomo	70%	1
Gassoso Apparecchi singoli	70%	1
Elettrico Apparecchi singoli	95%	1

\*Nota: il rendimento medio è dato dalla  $n = a + [b \cdot \log(\text{pot\_media})]$

#### Entità Livello di isolamento

Classi di età	Coefficienti di dispersione termica in W/m <sup>2</sup> °K				
	Sup. vetrate	Pareti opache	Tetto piano	Tetto a falda	Solaio inferiore
Vecchie dopo guerra	5	1,5	2	1,6	0,8
Intermedie	5	1,5	1,5	1,5	0,8
Nuove Zona climatica A	5	1,2	1,5	1,1	0,8
Nuove Zona climatica B	5	1,2	0,9	1	0,8
Nuove Zona climatica C	5	1	0,9	0,9	0,8
Nuove Zona climatica D	4	0,8	0,9	0,8	0,7
Nuove Zona climatica E	4	0,6	0,9	0,7	0,7
Nuove Zona climatica F	3	0,5	0,7	0,7	0,6

## 1.3 Descrizione degli Interventi di Risparmio Energetico.

### 1.3.1 La classificazione degli interventi

Gli interventi di RE sono suddivisi in primo luogo in due macro-categorie:

- **interventi sull'isolamento dell'involucro (ISO);**
- **interventi sull'impianto termico (TER).**

All'interno delle due macro-categorie gli interventi sono ulteriormente classificati a seconda del tipo di parametro tecnico concorrente al consumo finale dell'abitazione che viene modificato.

Gli interventi sull'**involucro** sono suddivisi in:

<b>Descrizione</b>	<b>Parametro tecnico modificato</b>
Interventi sulle pareti opache verticali	Hp
Interventi sulle superfici vetrate	Hv
Interventi sul solaio inferiore	Hter
Interventi sul tetto piano	Htp
Interventi sul tetto a falde	Htf

Gli interventi sull'impianto **termico** sono in primo luogo suddivisi in:

<b>Descrizione</b>	<b>Parametro tecnico modificato</b>
Interventi sull'esercizio	Num. ore
Interventi sull'efficienza del generatore di calore	$\eta_g$

Gli interventi sull'**efficienza del generatore di calore** sono a loro volta suddivisi in:

- interventi di sostituzione (TER.EFF.SOS);
- interventi manutentivi (TER.EFF.MAN).

Tutti gli interventi della categoria TER.EFF sono tra loro in alternativa, ovvero non possono essere implementati contemporaneamente sullo stesso stock di abitazioni. Mentre tutti gli altri interventi sono implementabili contemporaneamente semplicemente effettuando un'operazione di cumulo.

### 1.3.2 Selezione delle associazioni tra gli interventi di RE e le abitazioni tipo e assegnazione degli indici di penetrazione

Sulla base della metodologia adottata per la rappresentazione del parco abitativo, la selezione delle abitazioni sulle quali intervenire e la relativa differenziazione degli interventi di risparmio energetico può avvenire in termini di:

- Zona climatica di appartenenza [z] (nei casi in cui l'area geografica di analisi è diversa dal comune);
- Tipo di Geometria [i];
- Tipo di Impianto termico [j];
- Tipo di Livello di Isolamento [k].

I gradi di libertà che l'utente avrebbe a disposizione sono molti e non facilmente utilizzabili. Si ritiene utile dunque, ridurre a priori le possibilità di scelta offerte dal sistema, eliminando tra le variabili a disposizione quelle che non risultano effettivamente utili ai fini della differenziazione degli interventi.

L'attività di simulazione, seguendo la macro classificazione degli interventi descritta nel paragrafo precedente, è separata in due parti:

- **Simulazione interventi sull'involucro;**
- **Simulazione interventi sull'impianto termico.**

Qualora vengano effettuati interventi sia sull'impianto termico che sull'involucro è previsto, nel calcolo dei risultati finali, un'apposita **procedura di cumulo**.

### **1.3.2.A Simulazione interventi sull'involucro**

Negli interventi sull'involucro la riduzione delle possibilità di scelta viene effettuata non considerando nell'associazione intervento-abitazione tipo la tipologia di Impianto termico. In altre parole l'intervento di isolamento non è stato differenziato in funzione del combustibile utilizzato o della struttura dell'impianto termico. E' evidente che il risultato dell'intervento in termini energetici ed economici è stato comunque calcolato e reso disponibile per ciascun tipo di impianto termico.

L'associazione intervento sull'involucro - abitazioni tipo avviene dunque secondo i seguenti passi:

- I. scelta delle zone climatiche e dei livelli di isolamento sui quali intervenire:** sono state scelte le coppie zona climatica (6 predefinite) - livello di isolamento (ove il livello di isolamento è definito in base all'età delle abitazioni, a sua volta parametrizzata in funzione del coefficiente di dispersione termica  $k$  [ $W/m^2K$ ]) sulle quali vuole intervenire [in termini operativi ciò si traduce in una tabella di check di dimensioni  $6*k$ ];
- II. scelta degli interventi:** per ognuna delle coppie prescelte sono stati selezionati gli interventi da effettuare per ogni geometria tipo e per ogni classe di superficie (le 5 predefinite):
  - A. per le superfici vetrate;
  - B. per le pareti opache verticali;
  - C. per il tetto a falda;
  - D. per il tetto piano;
  - E. per il solaio inferiore;
- III. visualizzazione dei risultati tecnici dell'intervento:** nell'ambito della coppia zona climatica-livello di isolamento vengono calcolati e visualizzati, per tutte le geometrie sulle quali si è intervenuti, i seguenti parametri:
  - A. Cd iniziale;
  - B. Cd finale;
  - C. riduzione% di Cd;
  - D. costo dell'investimento;
  - E. Cd minimo di legge [ $f(\text{Rapporto di forma, zona climatica})$ ].Ove Cd misura, per ogni geometria tipo e livello di isolamento, la dispersione di energia termica per metro cubo e grado Kelvin.
- IV. assegnazione della penetrazione del pacchetto di interventi:** sempre nell'ambito della coppia zona climatica-livello di isolamento è stato assegnato, per ogni geometria tipo, il tasso di penetrazione dell'intervento, inteso come percentuale dell'insieme di abitazioni

interessato dall'intervento stesso; come spiegato nel successivo paragrafo 3.1, nel caso in esame il tasso di penetrazione è stato fissato al 100%.

Una volta effettuate tutte le associazioni e le assegnazioni il sistema procede nel calcolo del potenziale di risparmio energetico.

### ***1.3.2.B Simulazione interventi sull'impianto termico***

Negli interventi sull'impianto termico la riduzione delle possibilità di scelta viene effettuata non considerando nell'associazione intervento-abitazione tipo la tipologia di geometria e il livello di isolamento delle abitazioni. In altre parole l'intervento sull'impianto termico viene differenziato solo in funzione del tipo di impianto termico e eventualmente della zona climatica. E' evidente che il risultato dell'intervento in termini energetici ed economici sarà comunque calcolato e reso disponibile per ciascun tipo di geometria e livello di isolamento.

L'associazione intervento sull'impianto - abitazioni tipo avviene dunque secondo i seguenti passi:

- I. scelta delle zone climatiche e dei livelli di isolamento sui quali intervenire:**  
Gli interventi sono stati effettuati su tutte le zone climatiche ad eccezione della sostituzione della pompa di calore non applicata alla fascia climatica F, ritenuta troppo fredda per questo tipo di intervento.
- II. scelta degli interventi:** per ognuna delle coppie zona climatica-tipo di impianto o semplicemente tipo di impianto prescelto sono stati selezionati gli interventi da effettuare tra quelli disponibili per l'impianto in oggetto:
  - A. per la categoria esercizio, intervento di termoregolazione;
  - B. per la categoria sostituzione, interventi di sostituzione con caldaia a gas e pompa di calore;
  - C. per la categoria manutenzione, intervento di manutenzione.
- III. assegnazione della penetrazione del pacchetto di interventi:** sempre nell'ambito della coppia zona climatica-impianto termico o semplicemente per impianto termico sono state assegnate:
  - A. la penetrazione dell'intervento sull'esercizio;
  - B. la penetrazione complessiva del pacchetto di interventi sull'efficienza del generatore (100% in entrambi i casi, cfr. par. 3.1).

## 2 LA REGIONE LIGURIA

### 2.1 La Struttura del Parco Edilizio della Regione

La popolazione della regione Liguria è di 1.658.513 abitanti, di cui circa il 56% residente nella provincia di Genova. Al 1991 le abitazioni ad uso residenziale riscaldate erano 663.307 con un rapporto di densità pari a 122,4 abitazioni per Km<sup>2</sup>, così distribuito:

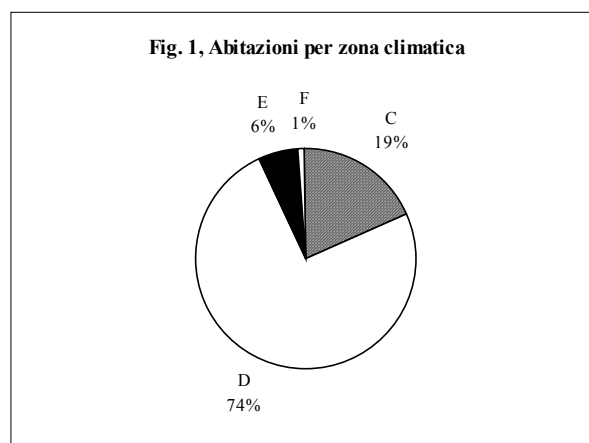
- zona climatica C: 198,1 ab/kmq pari al 19% del totale delle abitazioni.
- zona climatica D (città di Genova): 184,1 ab/kmq pari al 74% del totale delle abitazioni.
- zona climatica E: 26,7 ab/kmq pari al 6% del totale delle abitazioni.
- zona climatica F: 8,7 ab/kmq pari all' 1% del totale delle abitazioni.

Il totale dei consumi energetici al 1991 è stato di 396.653 tep pari ad una intensità di 0,60 tep/abitazione.

<b>Totale abitazioni riscaldate</b>			<b>663.307</b>	
<b>Totale consumi di energia settore residenziale (tep)</b>			<b>396.653</b>	
<i>Zone</i>	<i>Kmq</i>	<i>Abitaz./Kmq</i>	<i>Province</i>	<i>Popolazione</i>
<i>C</i>	622	198,1	<i>Genova</i>	933.127
<i>D</i>	2.684	184,1	<i>Imperia</i>	216.996
<i>E</i>	1.532	26,7	<i>La Spezia</i>	225.285
<i>F</i>	583	8,7	<i>Savona</i>	283.105
<b><i>Totale Regione</i></b>	<b>5.421</b>	<b>122,4</b>	<b><i>Totale Regione</i></b>	<b>1.658.513</b>

**Tab.1, Abitazioni per zona climatica**

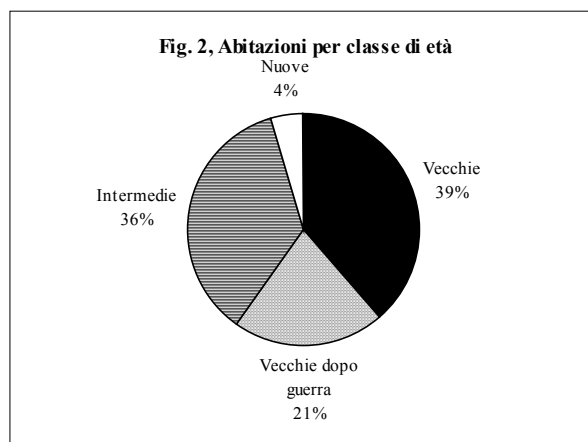
<i>Zona climatica</i>	<i>Totale</i>
C	123.230
D	494.089
E	40.930
F	5.058
<b>Totale complessivo</b>	<b>663.307</b>



Per quanto riguarda la classe di età del parco abitativo, risulta che il 39% delle abitazioni risale a prima del '45, il 21% al secondo dopoguerra, il 36% al periodo '61-'81, e il rimanente 4% all'ultimo decennio considerato. (Tab.2)

**Tab.2, Abitazioni per classe di età**

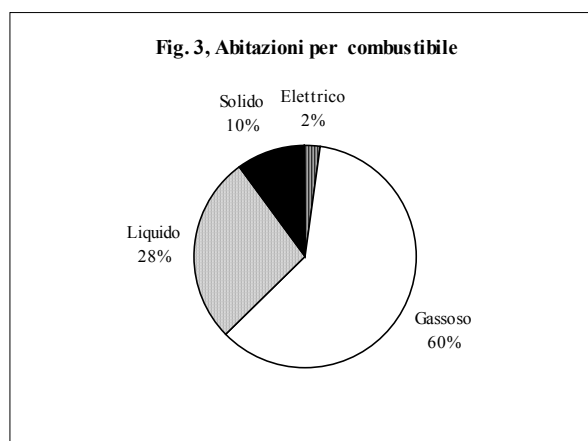
<i>Classe di età</i>	<i>Totale</i>
Vecchie (Fino '45)	256.595
Vecchie dopo guerra ('46-'60)	139.715
Intermedie ('61-'81)	238.262
Nuove ('81-'91)	28.735
<b>Totale complessivo</b>	<b>663.307</b>



La maggior parte delle abitazioni, pari al 60% è riscaldata con combustibile gassoso, il 28% si alimenta con combustibile liquido, il 10% utilizza un combustibile solido, il residuo 2% sfrutta, come fonte energetica, l'elettricità. (Tab.3)

**Tab.3, Abitazioni per combustibile**

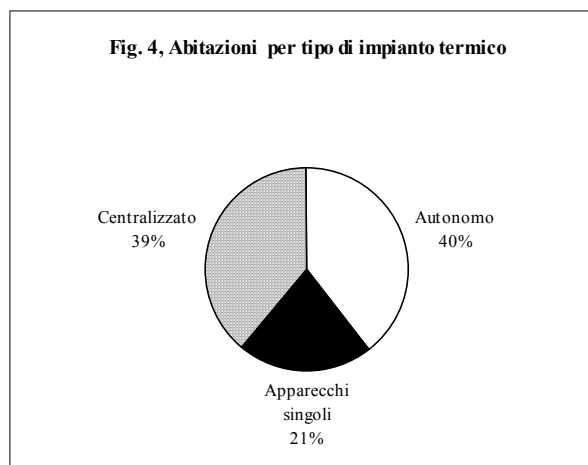
<i>Combustibile</i>	<i>Totale</i>
Elettrico	15.551
Gassoso	399.844
Liquido	182.422
Solido	65.490
<b>Totale complessivo</b>	<b>663.307</b>



Il 40% delle abitazioni utilizza riscaldamento autonomo, il 39% impianti centralizzati, il restante 21% si serve di apparecchi singoli. (Tab.4)

**Tab.4, Abitazioni per tipo di impianto termico**

<i>Impianto termico</i>	<i>Totale</i>
Autonomo	261.345
Apparecchi singoli	142.595
Centralizzato	259.367
<b>Totale complessivo</b>	<b>663.307</b>



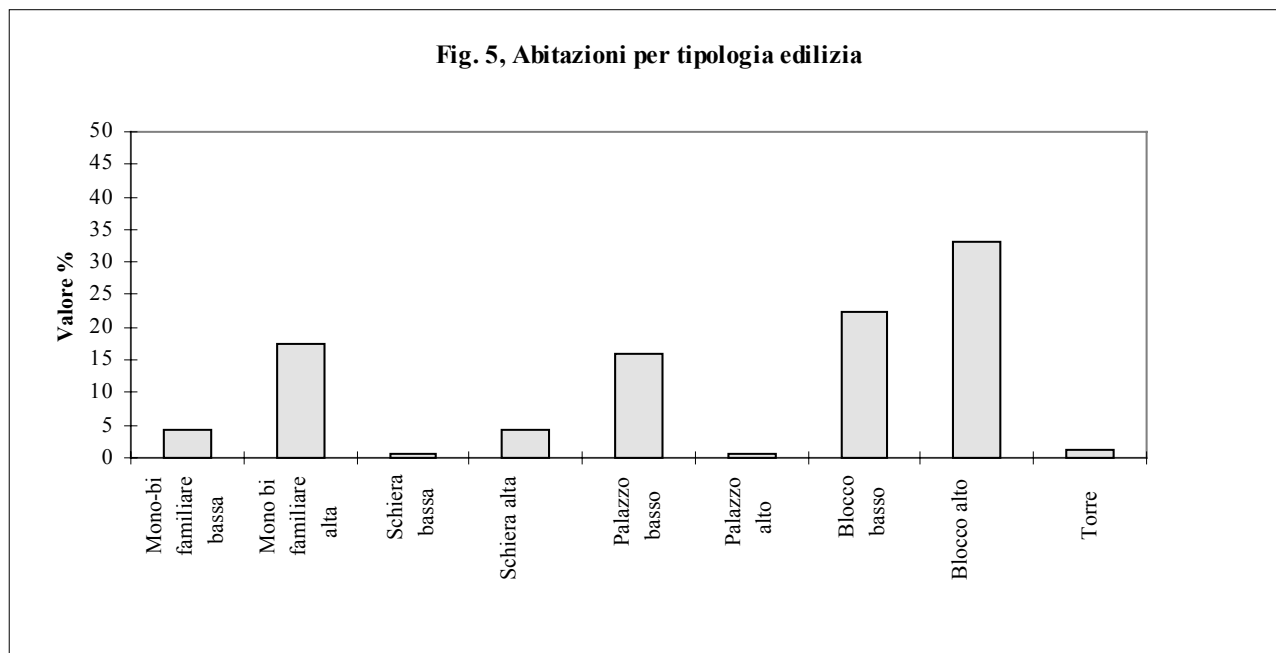


Le tabelle che seguono mostrano infine la distribuzione del parco edilizio della regione per tipologia (Tab.5) e il dettaglio della distribuzione della superficie abitativa per tipo di impianto e combustibile (Tab.6 e 7).

**Tab.5, Abitazioni per tipologia edilizia**

<i>Tipologia edilizia</i>	<i>Totale (val.%)</i>
Mono-bi familiare bassa	4,39
Mono bi familiare alta	17,43
Schiera bassa	0,72
Schiera alta	4,27
Palazzo basso	16,01
Palazzo alto	0,67
Blocco basso	22,36
Blocco alto	32,98
Torre	1,17
Totale complessivo	100

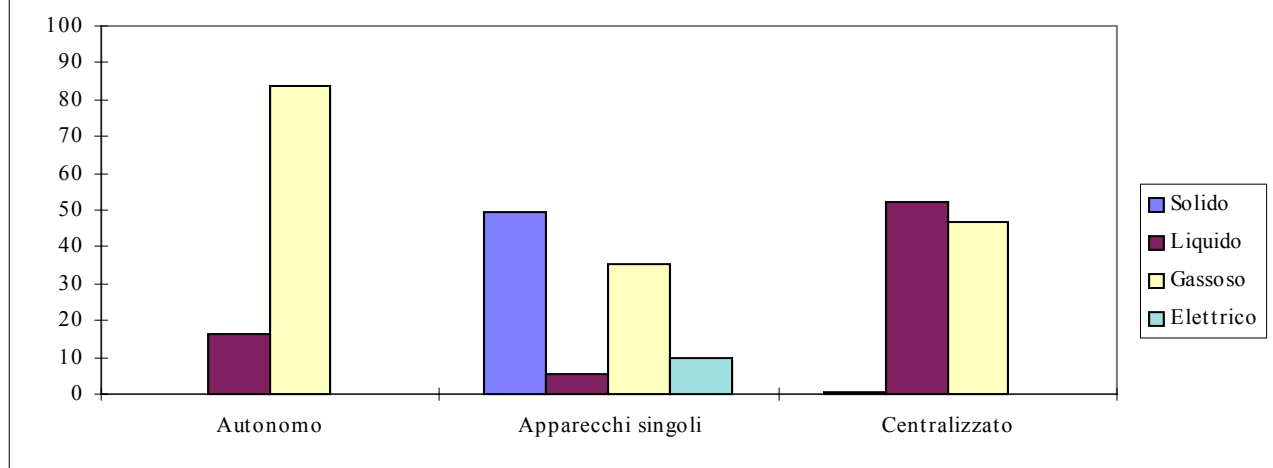
**Fig. 5, Abitazioni per tipologia edilizia**



**Tab.6 Ripartizione % delle fonti energetiche per tipologia di impianto termico (m2)**

<i>Combustibile</i>	<i>Impianto termico</i>		
	Autonomo	Apparecchi singoli	Centralizzato
Solido	0,00	49,30	0,80
Liquido	16,12	5,59	52,44
Gassoso	83,88	35,55	46,76
Elettrico	0,00	9,56	0,00
Totale	100	100	100

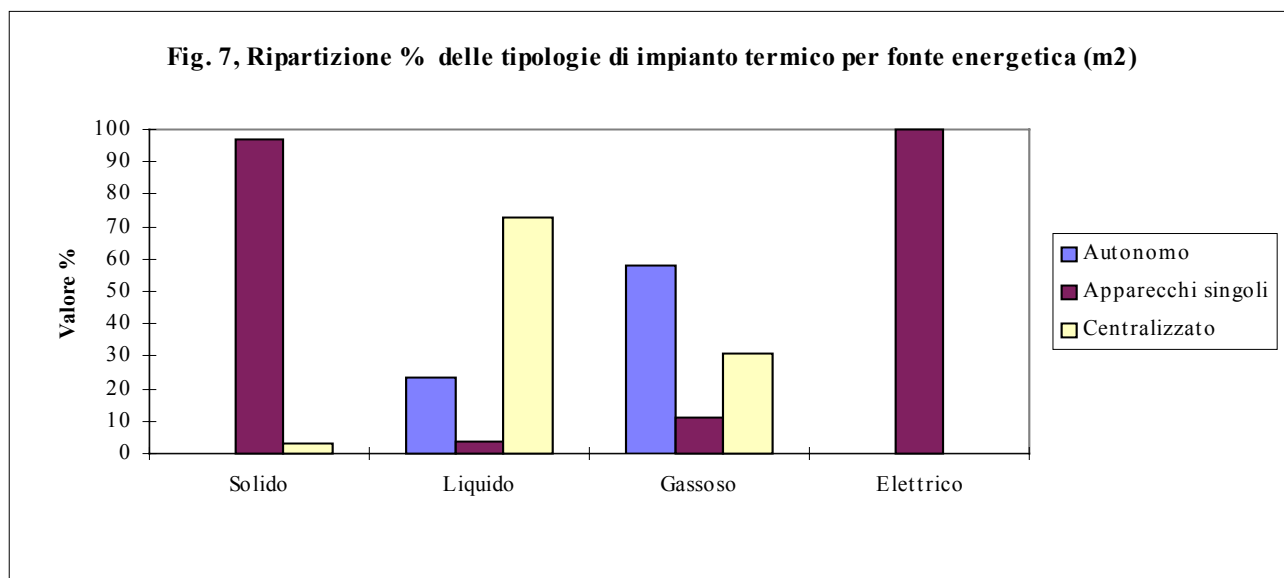
**Fig. 6, Ripartizione % delle fonti energetiche per tipologia di impianto termico (m2)**



**Tab.7, Ripartizione % delle tipologie di impianto termico per fonte energetica (m2)**

Combustibile	Impianto termico			Totale
	Autonomo	Apparecchi singoli	Centralizzato	
Solido	0,00	96,71	3,29	100
Liquido	23,35	3,72	72,93	100
Gassoso	57,80	11,27	30,94	100
Elettrico	0,00	100,00	0,00	100

**Fig. 7, Ripartizione % delle tipologie di impianto termico per fonte energetica (m2)**



Come si nota dalla tab 5, la tipologia del blocco, nel complesso, è prevalente con una percentuale superiore al 50%, le abitazioni mono-bifamiliari alte e i palazzi bassi hanno percentuali di circa il 15%. Dalla tab.6 si osserva che l'impianto termico *autonomo* è alimentato, in misura consistente, da

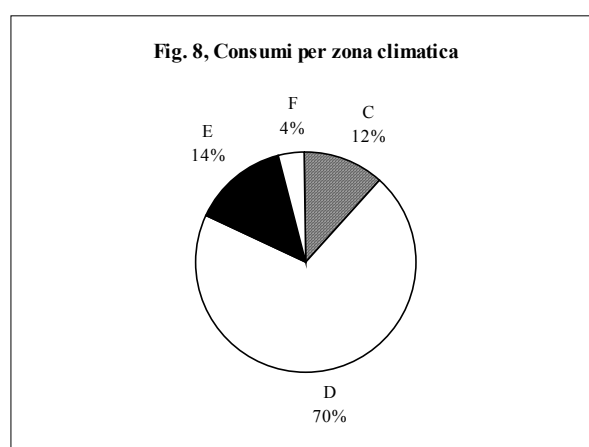
combustibile gassoso (84%), gli *apparecchi singoli* con combustibile solido (49%) e gassoso (35,5%), gli impianti *centralizzati* da combustibile gassoso (52%) e liquido (47%). Portando l'attenzione alla tab. 7 si conferma l'utilizzazione di combustibile *gassoso* impiegato prevalentemente negli impianti autonomi (58%) e centralizzati (31%), di combustibile *liquido* adoperato negli impianti centralizzati (73%) e negli impianti autonomi (23%), di combustibile *solido* sfruttato in maniera prevalente negli apparecchi singoli (97%). L'elettricità viene utilizzata solamente negli impianti singoli (tab. 7).

## 2.2 La domanda di energia termica del settore residenziale

Come visto, il consumo totale di energia nel settore residenziale ammonta a 396.653 tep, di questo circa il 70% localizzato nella zona climatica D. (Tab 8)

**Tab.8, Consumi per zona climatica**

<i>Zona climatica</i>	<i>Totale</i>
C	46.982
D	277.740
E	56.024
F	15.907
<b>Totale complessivo</b>	<b>396.653</b>



I consumi unitari, in termini di rapporto tra il consumo di energia (tep) e le abitazioni, risultano, in media, pari a 0,60 tep/abitazioni. Tale valore, direttamente proporzionale all'età delle abitazioni, varia da 0,75 tep/abitaz. per case risalenti a prima del '45, a 0,35 tep/abitaz. per abitazioni costruite dopo il 1981. (Tab. 9)

**Tab.9, Consumi unitari per classi di età delle abitazioni e fonte energetica utilizzata (tep/abitazione)**

<i>Classi di Età</i>	<i>Elettrico</i>	<i>Gassoso</i>	<i>Liquido</i>	<i>Solido</i>	<i>Media Ponderata</i>
Prima del 1945	0,33	0,59	0,74	1,43	0,75
1946 - 1960	0,27	0,51	0,52	1,25	0,54
1961 - 1981	0,25	0,48	0,45	1,24	0,50
Dopo 1981	0,19	0,32	0,38	0,77	0,35
<b>Media Ponderata</b>	<b>0,30</b>	<b>0,52</b>	<b>0,52</b>	<b>1,36</b>	<b>0,60</b>

Per ciò che riguarda il tipo di impianto termico, i consumi unitari variano da un massimo di 0,86 tep/abitaz. per le abitazioni riscaldate con apparecchi singoli ad un minimo di 0,45 tep/abitaz. per quelle fornite di impianti centralizzati con un valore intermedio di 0,61 tep/abitaz per le abitazioni riscaldate da impianti autonomi (Tab. 10).

**Tab.10, Consumi unitari per classe di età delle abitazioni e tipo di impianto termico (tep/abitazione)**

<i>Classi di Età</i>	<i>Autonomo</i>	<i>Apparecchi singoli</i>	<i>Centralizzato</i>	<i>Media Ponderata</i>
Prima del 1945	0,66	0,91	0,60	0,75
1946 - 1960	0,57	0,65	0,47	0,54
1961 - 1981	0,62	0,90	0,41	0,50
Dopo 1981	0,34	0,64	0,27	0,35
Media Ponderata	0,61	0,86	0,45	0,60

### **3 ANALISI DELL'IMPATTO DEGLI INTERVENTI DI RISPARMIO ENERGETICO**

#### **3.1 I Criteri di Intervento Adottati per la Regione in Esame**

La simulazione è stata impostata con l'obiettivo di valutare il massimo potenziale di risparmio energetico disponibile nel settore preso in esame, prescindendo, almeno in questa prima analisi, da eventuali interventi di risparmio energetico (R.E.) già effettuati all'epoca della rilevazione censuaria delle abitazioni. Si ritiene che questo approccio non porti a sovrastime significative del potenziale di R.E. sia perché in Liguria, come nelle altre regioni settentrionali, la pratica dell'isolamento termico non è diffusa, sia perché il livello di sensibilizzazione popolare ai problemi ambientali e del risparmio energetico, ancora assai modesto al giorno d'oggi, lo era ancor di più all'inizio degli anni 90'.

Questa impostazione, forse un po' radicale, ha però il pregio di far conoscere al decisore la dimensione dell'obbiettivo a cui tendere, sia in termini di tep risparmiati, che di emissioni inquinanti evitate. Il rapporto comunque fornisce sia i dati assoluti di risparmio e di investimento economico, ottenuti come detto impostando al 100% la penetrazione degli interventi ipotizzati, sia i dati per singola abitazione, sulla base dei quali è possibile impostare qualsiasi scenario di penetrazione.

Per ciò che riguarda i provvedimenti di R.E. ipotizzati, sono stati simulati tre interventi di isolamento dell'involucro con il fine di migliorare i coefficienti di dispersione termica dei principali componenti di un edificio:

- le finestre;
- le pareti opache;
- il tetto;

e quattro interventi sull'impianto termico, con il fine di migliorarne l'efficienza di funzionamento:

- termoregolazione;
- manutenzione;
- sostituzione delle vecchie caldaie con impianti a gas;
- introduzione della pompa di calore.

La regione Liguria si presenta piuttosto omogenea da un punto di vista climatico essendo in prevalenza caratterizzata dalla zona D. La scelta dei tipi di isolamento, dunque, non è stata differenziata per zona climatica. Per ogni tipo di intervento scelto, tuttavia, è stata mantenuta inalterata la differenziazione per zona dell'entità dell'isolamento, ovvero dello spessore di materiale isolante, secondo come impostato nella definizione delle tecnologie.

Gli interventi, dunque, sono stati differenziati in funzione delle 3 fasce di età selezionate e delle 9 geometrie di edificio (predefinite) tenendo conto di volta in volta dei vincoli tecnici di applicabilità. La tabella che segue mostra un riepilogo degli interventi di isolamento scelti:

<i>Componente edilizio interessato</i>	<i>Tipo di intervento</i>	<i>Tipologia edilizia (Geometria)</i>	<i>Classe di età degli edifici*</i>
Finestre	Sostituzione serramento con doppio vetro	Tutte	Vecchie e vecchie dopo guerra
	Sostituzione vetro singolo con doppio vetro	Tutte	Intermedie
Pareti Opache	Cappotto interno	Palazzo alto e basso, Blocco alto e basso, Torre	Vecchie
	Cappotto esterno	Mono, bi familiari (alte e basse), case a schiera (alta e bassa)	Vecchie
		Tutte	Vecchie dopo guerra
	Insufflazione intra-parete	Tutte	Intermedie
Tetto	Isolamento in intradosso	Tetti a falda case mono/bi familiari alte e basse e case a schiera alte e basse	Tutte
	Isolamento in estradosso	Tetti piani case mono/bi familiari alte e basse e case a schiera alte e basse	Tutte
Solaio verso terra	Isolamento solaio porticato (o piano terreno) verso terra	Palazzo e blocco alti e bassi, torre	Tutte

\* Le case nuove, ovvero quelle costruite dopo il 1981, non sono state prese in considerazione in questa simulazione in quanto già dovrebbero essere state costruite nel rispetto degli standard edilizi per il R.E. in vigore all'epoca.

I principali criteri che hanno guidato la composizione del pacchetto di interventi sono i seguenti:

### Pareti opache verticali

- vi sono tre interventi possibili: “cappotto esterno”, “cappotto interno” e “insufflazione di materiale isolante nell’intercapedine”;
- Per motivi di conservazione delle facciate il cappotto esterno non è applicabile sugli edifici storici. Nell’ambito degli edifici “Vecchi”, dunque, si è deciso di applicare il cappotto esterno solo negli edifici piccoli, ovvero “Mono-bifamiliare” e “Schiere”, per tutte le altre geometrie si è invece optato per il cappotto interno anche se presenta lo svantaggio di ridurre lo spazio abitabile utile;
- non essendoci vincoli storici e non essendo sicuri della presenza di un’intercapedine d’aria negli edifici “Vecchi dopo guerra” si è applicato a tutte le geometrie il cappotto esterno;
- negli edifici “Intermedi” essendo presente l’intercapedine è stata applicata a tutte le geometrie l’insufflazione di materiale isolante, tenuto conto anche della sua convenienza economica.

### Superfici vetrate

- vi sono due interventi possibili: “sostituzione vetro con doppio vetro”, “sostituzione intero serramento con doppio vetro”;
- si è deciso di sostituire l’intero serramento sulle abitazioni “Vecchie” e “Vecchie dopo guerra” tenendo conto che l’intervento è giustificato anche in termini di manutenzione straordinaria. Mentre sugli edifici “Intermedi” si è optato per la semplice sostituzione del vetro con doppio vetro poiché si è ritenuta meno giustificabile la maggiorazione della spesa per l’infisso.

### Tetto piano

- vi sono due interventi possibili “isolamento in intradosso”, “isolamento in estradosso”;
- l’isolamento in estradosso è stato scartato a priori perché più costoso e di scomoda realizzazione;
- l’isolamento in intradosso è stato applicato nelle 3 fasce di età, ma solo negli edifici piccoli (“Mono-bifamiliari” e “Schiere”) per tener conto della scarsa applicazione di interventi condominiali sul tetto degli edifici.

### Tetto a falde

- vi sono tre interventi possibili “isolamento in estradosso”, “isolamento in intradosso”, “isolamento in estradosso solaio controtetto non praticabile”;
- l’isolamento in intradosso è stato scartato a priori perché più costoso e di scomoda realizzazione;
- l’isolamento in estradosso solaio è il più conveniente, ma non si ha la sicurezza della presenza di un sottotetto praticabile dunque si è optato per l’isolamento in intradosso semplice;
- l’isolamento in estradosso è stato applicato nelle 3 fasce di età, ma solo sugli edifici piccoli, per tener conto, come sopra, della scarsa applicazione di interventi condominiali sul tetto degli edifici.

I parametri numerici utilizzati per la simulazione degli interventi sono indicati in grassetto nella tabella seguente:

Descrizione intervento	Conducibilità termica W/m2 °K	Spessori ottimali per fascia termica, cm						Costo fisso £/m2	Costo variabile, £/m2 -cm
		A	B	C	D	E	F		
<b>Cappotto esterno</b>	<b>4,2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>60.000</b>	<b>3.500</b>
<b>Cappotto interno</b>	<b>5,8</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>32.000</b>	<b>6.500</b>
<b>Sostituzione vetro singolo con vetro doppio</b>	<b>3,5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>80.000</b>	<b>0</b>
<b>Insufflazione isolante nell'intercapedine</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>20.000</b>	<b>2.000</b>
Intonaco isolante esterno	14	0	0	3	4	4	4	38.000	10.000
<b>Sostituzione serramento con doppio vetro</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>300.000</b>	<b>0</b>
Estradosso sotto il pavimento	4,7	0	0	3	4	6	6	70.000	3.500
Intradosso (soffitto portici)	4,6	0	2	3	4	5	4	34.000	7.000
Piano Estradosso	4,2	0	0	3	4	6	6	70.000	3.500
<b>Piano Intradosso</b>	<b>5,3</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2,5</b>	<b>3</b>	<b>4,5</b>	<b>6</b>	<b>38.000</b>	<b>4.000</b>
<b>Falda Estradosso (sotto il manto)</b>	<b>4,2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>60.000</b>	<b>3.500</b>
Falda Intradosso	5,4	0	2	3	4	4	4	36.000	6.500
Falda Estradosso sottotetto non praticabile	5,3	0	0	4	6	8	10	5.000	2.000

Per gli interventi sugli impianti, i criteri di applicazione seguiti sono stati i seguenti:

<i>Tipo di intervento</i>	<i>Tipo di fonte energetica utilizzata</i>	<i>Tipo di impianto di riscaldamento</i>
Termoregolazione	Solido, liquido, gassoso	Solido centralizzato Liquido centralizzato e autonomo Gassoso centralizzato e autonomo



Segue

<i>Tipo di intervento</i>	<i>Tipo di fonte energetica utilizzata</i>	<i>Tipo di impianto di riscaldamento</i>
Manutenzione	Solido, liquido, gassoso	Solido centralizzato Liquido centralizzato e autonomo Gassoso centralizzato e autonomo
Sostituzione caldaia con nuovo impianto a gas	Solido, liquido	Liquido centralizzato autonomo Solido centralizzato
Introduzione pompa di calore	Solido, liquido, gassoso ed elettrico	Apparecchi singoli (stufe)

Tali interventi sono inoltre stati applicati su tutte le classi di età e tutte le geometrie del parco edilizio ligure.

I parametri numerici utilizzati per la simulazione sono i seguenti:

#### **Interventi di termoregolazione**

<b>Tipo di riscaldamento</b>	<i>Ambito dell'intervento</i>					
	<b>Per singolo ambiente (calorifero)</b>			<b>Per singola unità immobiliare</b>		
	<b>Percentuale di riduzione dell'orario di funzionamento</b>	<b>Costo fisso Lire</b>	<b>Costo variabile Lire/calorifero</b>	<b>Percentuale di riduzione dell'orario di funzionamento</b>	<b>Costo fisso Lire</b>	<b>Costo variabile Lire/calorifero</b>
Autonomo	10%	0	35.000	7%	300.000	0
Centralizzato	10%	0	35.000	5%	300.000	0

L'intervento di termoregolazione si riferisce all'aggiunta ai normali termosifoni di una valvola controllata da un termostato per il controllo automatico del flusso di acqua calda. Da notare che anche la caldaia deve essere eventualmente predisposta per gestire un carico termico variabile mediante la sostituzione del bruciatore esistente con uno a fiamma modulabile.

## Interventi di manutenzione

Tipo di riscaldamento	Combustibile	Percentuale di miglioramento	Costo fisso Lire Per abitazione	Costo variabile Lire per kWh (potenza media installata)
Autonomo	Solido	6%	180.000	0
	Liquido	6%	180.000	0
	Gassoso	3%	180.000	0
Centralizzato	Solido	6%	180.000	20.000
	Liquido	6%	180.000	20.000
	Gassoso	3%	180.000	20.000

L'intervento di manutenzione si riferisce al normale controllo tecnico annuale (analisi fumi di scarico, taratura bruciatore e pulizia) da effettuarsi a termini di legge su tutti gli impianti termici. Il costo variabile tiene conto della diversa dimensione delle caldaie utilizzate negli impianti centralizzati. Sulla base dei dati mostrati in tabella si deduce che, la spesa annuale per gli impianti condominiali varia dalle 300.000 lire/anno per le caldaie più piccole (il cui costo si ripartisce tra 2-4 abitazioni) alle 130.000 lire anno per quelle più grandi. I valori per abitazione sono cioè decrescenti in funzione della potenza dell'impianto a causa dell'effetto di scala (i costi fissi sono distribuiti su un numero più grande di inquilini).

## Interventi di sostituzione (caratteristiche dei generatori di calore e ambiti di intervento)

Tipo di riscaldamento	Combustibile o Fonte	Tipo generatore di calore	Efficienza media di produzione*		Costo fisso Lire	Costo variabile Lire/kWh
			Coeff. logaritmico "a"	Coeff. logaritmico "b"		
Singolo	Elettrico	Pompa di calore	300	0	4.300.000	55.000
Autonomo	Solido, liquido, gassoso	Caldaia alta efficienza Gas Autonomo	75	1	2.100.000	0
Centralizzato	Solido, liquido, gassoso	Caldaia alta efficienza a Gasolio Centralizzato	75	2	2.900.000	13.800
		Caldaia alta efficienza a Gas Centralizzato	80	2	2.900.000	13.800

\*Nota: l'efficienza media di produzione è calcolata in base alla seguente formula:

$$\text{eff.} = [a + b \cdot \log(\text{pot.media})]\%$$

La pompa di calore presa in considerazione è una macchina termica del tipo aria/aria con C.O.P. (dall'inglese Coefficient Of Performance, ovvero Coefficiente di Prestazione) pari a 3. Poiché il COP di una pompa di calore aria/aria diminuisce drasticamente al di sotto dei 5-6 °C di temperatura esterna (praticamente, già sotto i 6°C si forma brina sulle griglie di immissione d'aria con il

risultato di abbassare il COP a valori inferiori all'unità), per ottenere l'efficienza media stagionale della pompa, si è diminuito il COP di partenza in proporzione del numero medio di giornate invernali a bassa temperatura per fascia climatica (per i quali il COP è pari a 1). Il risultato di tale impostazione è il seguente:

	<b>Fascia A</b>	<b>Fascia B</b>	<b>Fascia C</b>	<b>Fascia D</b>	<b>Fascia E</b>
Percentuale di giornate invernali con temperatura minore di 6°C	10%	15%	20%	40%	60%
COP medio stagionale per fascia climatica	2,7	2,55	2,4	1,8	1,2

Sulla base di questi dati e del numero di abitazioni per fascia climatica si è poi calcolato, per le simulazioni di impatto, il COP medio ponderato.

La potenza media di una pompa di calore varia da 2 kW a 4 kW per cui, per il suo esercizio, occorre considerare di aumentare la potenza della fornitura elettrica dai 3 kW standard ad almeno 6 kW (con conseguente variazione del contratto e delle tariffe per la fornitura di energia elettrica che passa dalle 160-200 lire kWh della tariffa agevolata a 385 lire kWh, tasse e IVA comprese).

Il costo delle caldaie ad alta efficienza per il riscaldamento degli impianti centralizzati si assume lineare in funzione della potenza installata e varia dai 3 milioni per i piccoli impianti (bifamiliari) ai 60 milioni per i grandi edifici.

I prezzi dei combustibili di riferimento sono i seguenti:

	Lire/tep
Combustibile solido*	3.900.000
Combustibile liquido*	1.400.000
Combustibile gassoso*	1.350.000
Energia elettrica**	4.781.944
Media ponderata regione	1.695.980

\* Fonti ENI, Unione Petrolifera

\*\* Fonte ENEL, tariffa domestica > 3 kW (1998)

## 3.2 I Risultati della Simulazione

### 3.2.1 I potenziali tecnico - economici

#### 3.2.1.A Analisi dei risultati degli interventi sull'involucro

Un modo semplice per verificare l'efficacia un intervento di risparmio energetico è quello di confrontare i suoi risultati con un limite di legge o uno standard normativo. Nel caso delle abitazioni civili tale standard di riferimento è denominato FEN (Fabbisogno Energetico Normalizzato) e misura la quantità di energia termica necessaria a scaldare un metro cubo di abitazione per grado giorno. Il DPR 412 del 1993 ha stabilito un FEN limite cui si devono adeguare tutte le costruzioni edificate a partire da questa data. Il FEN limite potrebbe quindi essere assunto come indicatore per la misura del potenziale massimo teorico di risparmio energetico di un dato insieme di edifici, qualora tutte le abitazioni di questo insieme si adeguassero ai limiti di legge stabiliti, in principio, per le sole case di nuova costruzione.

Il FEN limite per le abitazioni comprese nelle fasce climatiche della Liguria è di 77 kJ/m<sup>3</sup> GG mentre il FEN del parco abitativo delle abitazioni di età compresa da prima del 1945 al 1980 (ovvero sino all'entrata in vigore delle prime leggi sul risparmio energetico nelle abitazioni, legge 373/76 e seguenti) è pari a circa 111 kJ/m<sup>3</sup> GG. Il risparmio teorico limite, qualora tutte le abitazioni si adeguassero al FEN di legge è quindi pari al 30,63%. Applicando questa percentuale di risparmio al consumo energetico iniziale del parco di abitazioni considerato (pari a 387 ktep/anno, il dato è minore del consumo di energia mostrato nella tabella 8 di pagina 19 in quanto nell'insieme considerato in questa simulazione non sono presenti le case costruite dopo il 1981) si ottiene un potenziale di risparmio complessivo di 118,5 ktep.

Come è noto la diminuzione del FEN si consegue migliorando il livello di isolamento delle abitazioni. Come visto nel paragrafo 3.1, in questo esercizio di simulazione viene calcolato l'impatto di tre differenti tecniche di isolamento, applicate, con criteri differenti a seconda delle tipologie costruttive considerate, sulle principali componenti edilizie: le superfici vetrate, le pareti opache ed il tetto. I risultati dell'elaborazione sono i seguenti:

**Tab.11/12 I potenziali di risparmio energetico e gli indicatori di convenienza economica degli interventi sull'involucro**

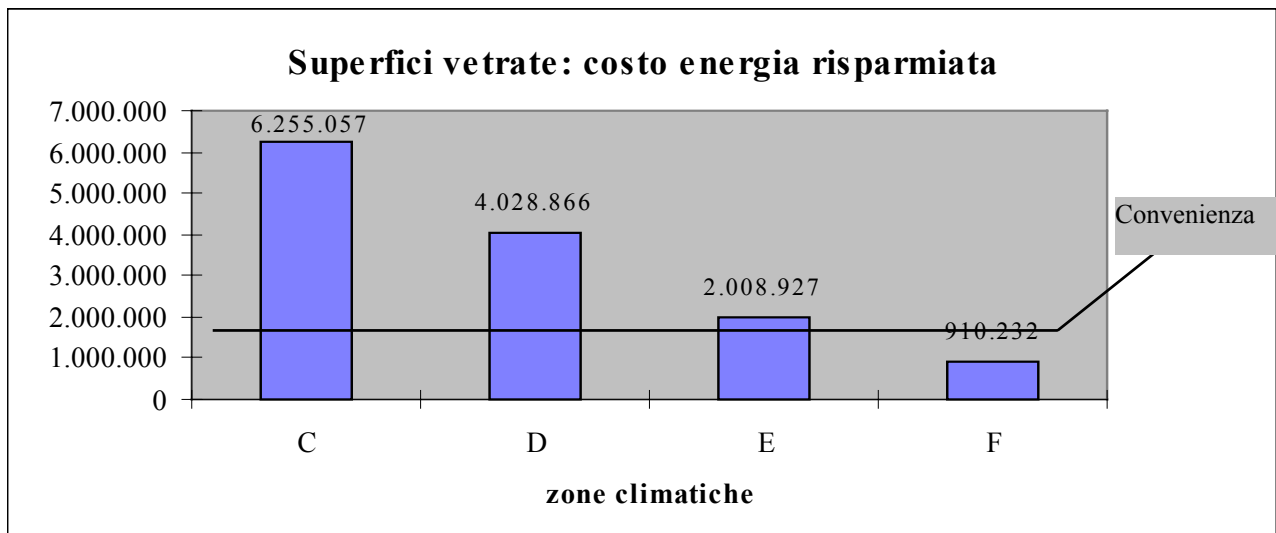
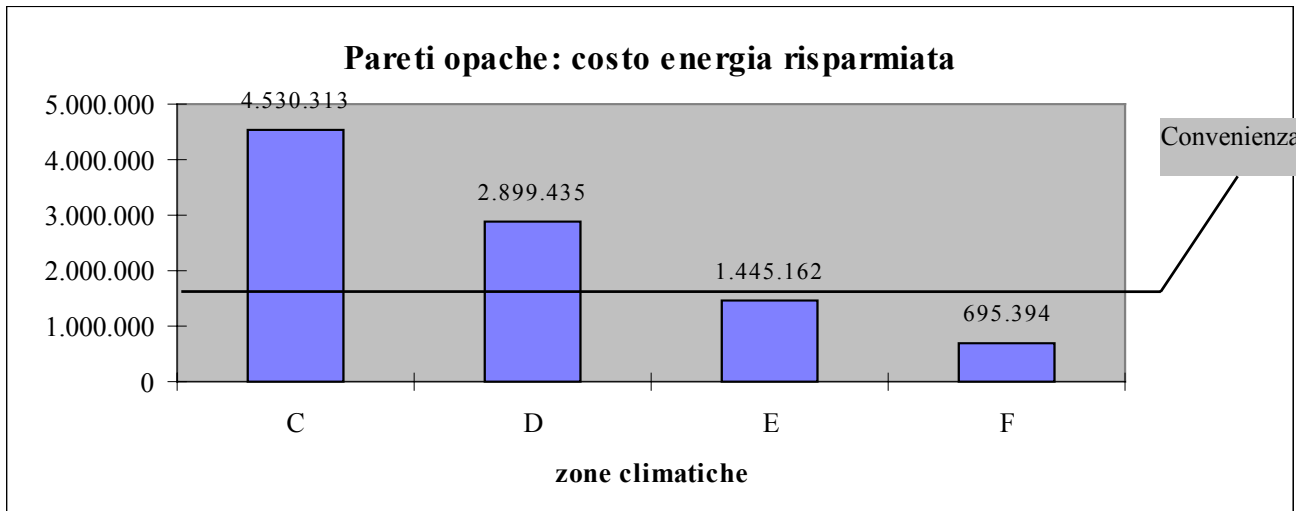
<i>Intervento</i>	<i>Stock di abitazioni</i>		<i>Potenziali di risparmio energetico totali</i> <i>tep</i>	<i>Potenziali di risparmio energetico per abitazione</i> <i>tep/abit.</i>	<i>Risparmio energetico</i>  <i>%</i>
	<i>n°</i>	<i>%</i>			
Valore iniziale	663.307				
Tetto	169.342	25,5	21.056	0,12	12,70
Pareti opache	634.572	95,7	105.484	0,17	27,28
Superfici vetrate	634.572	95,7	67.031	0,11	17,33

<i>Intervento</i>	<i>Investimento totale</i>	<i>Investimento per abitazione</i>	<i>Costo medio energia risparmiata</i>	<i>Valore dell'energia risparmiata per abitazione</i>	<i>Tempo di ritorno medio</i>
	<i>Miliardi di £</i>	<i>£</i>	<i>£/tep</i>	<i>£/anno</i>	<i>Anni</i>
Tetto	251,40	1.484.560	1.150.280	210.878	7,0
Pareti opache	2.991,16	4.713.672	2.731.937	281.920	16,7
Superfici vetrate	2.732,39	4.305.881	3.927.210	179.149	24,0

Esaminando i potenziali di risparmio energetico totali nella tab. 11, può riscontrarsi che nessuno degli interventi presi singolarmente è in grado di soddisfare il limite teorico che ci si è posti (118,5 ktep). Tale limite si raggiunge (e si supera) solo se si cumulano gli interventi di isolamento del tetto con quello delle pareti opache o quest'ultimo con l'introduzione del doppio vetro. Infatti, applicando, ad esempio, gli interventi del tetto e delle pareti opache sul sotto insieme di abitazioni per le quali si è ipotizzato l'intervento sul tetto (circa 170.000 su un totale di 660.000) si ottiene un risparmio totale di 126,540 ktep, con un prezzo medio per tep risparmiata di 2.055.115 lire ed un tempo di ritorno dell'investimento pari a 12 anni. Poiché entrambi gli indicatori economici mostrano che l'investimento non è conveniente (infatti il prezzo medio dell'energia è di 1.695.980 lire/tep, inferiore ai 2,0 milioni del costo del tep risparmiato), qualora si volesse perseguire l'obiettivo di adeguamento al FEN limite sopra enunciato, occorrerebbe pianificare una opportuna campagna di incentivazione finanziaria.

Analizzando più in dettaglio i dati delle elaborazioni effettuati per fascia climatica si nota che i due interventi aventi il CER medio (costo energia risparmiata) superiore al prezzo dell'energia, (isolamento delle pareti e doppi vetri) diventano convenienti se applicati nelle fasce climatiche più fredde della Regione. In particolare l'intervento sulle pareti opache diventa conveniente se applicato nelle fasce E ed F, mentre quello sulle superfici vetrate risulta fattibile solo nella fascia climatica F. In tale fascia ricadono solamente comuni di piccola dimensione e comprensori montani (infatti le fasce E ed F complessivamente comprendono solo il 7% del totale delle abitazioni della Regione con una densità abitativa molto bassa) per cui, nell'economia generale della pianificazione energetica della Regione, eventuali interventi di risparmio energetico in queste zone risulterebbero essere di scarsa efficacia.

I grafici e le tabelle seguenti mostrano comunque i valori del CER ed i potenziali di risparmio energetico per fascia climatica per questi tipi di intervento.



**Tab. 13 Intervento sulle pareti opache**

<i>Zone climatiche</i>	<i>Potenziali di risparmio energetico totali tep</i>
C	11.396
D	71.855
E	17.008
F	5.220
Totale	105.479

**Tab. 14 Intervento sulle superfici vetrate:**

<i>Zone climatiche</i>	<i>Potenziali di risparmio energetico totali tep</i>
C	7.252
D	49.584
E	8.039
F	2.160
Totale	67.035

### **3.2.1.B Analisi dei risultati degli interventi sull'impianto**

Come descritto nel paragrafo 3.1, sono stati simulati quattro differenti tipi di intervento sull'impianto di riscaldamento:

- manutenzione;
- termoregolazione;
- sostituzione della caldaie esistenti degli impianti autonomi e centralizzati con una ad alta efficienza;
- sostituzione degli impianti di riscaldamento singoli con pompe di calore.

Gli interventi di manutenzione e termoregolazione sono stati simulati sullo stesso insieme di abitazioni (quelle aventi impianti centralizzati e autonomi), l'intervento di sostituzione con caldaie ad alta efficienza a gas interessano gli impianti autonomi e centralizzati alimentati da combustibile liquido e solido mentre la sostituzione con pompa di calore riguarda i soli impianti singoli (ovvero le abitazioni scaldate da stufe e caloriferi elettrici). Tenendo conto della diversa composizione degli insiemi di abitazioni interessate, l'analisi degli interventi si eseguirà in maniera differenziata per le due sostituzioni (considerando anche la specificità della pompa di calore) e in maniera congiunta per i due interventi che agiscono sui i parametri di esercizio (manutenzione e termoregolazione).

#### **3.2.1.B.1 La pompa di calore**

Di questi quattro interventi, quello che consente di ottenere il risparmio di energia più elevato è la sostituzione con pompa di calore (72,9% del totale), seguito dalla sostituzione con caldaia ad alta efficienza (12,8%), dalla termoregolazione (10%) e dalla manutenzione (3,8%).

L'alto potenziale di risparmio energetico della pompa di calore è dovuto sia alle caratteristiche specifiche di questa tecnologia, sia al fatto che la sostituzione riguarda i soli impianti singoli che, in prevalenza, sono alimentati a carbone o legna (stufe o caminetti) con un rendimento iniziale di circa il 40%. Per gli impianti singoli alimentati dall'energia elettrica (caloriferi elettrici), aventi un rendimento del 95% il potenziale di risparmio energetico è notevolmente più basso e pari al 64% del consumo energetico iniziale (si ricorda che i calcoli sono effettuati in termini di energia finale).

In termini di convenienza economica la pompa di calore va però trattata in maniera differente rispetto gli altri interventi ipotizzati, per i quali le tecnologie utilizzate per la produzione di energia termica sostanzialmente rimangono immutate. Infatti va ricordato che la pompa di calore è una macchina funzionante ad energia elettrica e che quindi il suo consumo deve essere rapportato ai costi di questo tipo di energia. Per una famiglia media tali costi possono rappresentare un incremento anche maggiore al 100% del costo della bolletta energetica annua, corrispondente ad una maggiore spesa di circa 0,6-1,0 milioni di lire per anno.

La diversa modalità di funzionamento di questa macchina implica anche una differente modalità nel calcolo degli indicatori di convenienza economica. Questi, si ricorda, sono il tempo di ritorno dell'investimento ed il costo dell'energia risparmiata. Per tutti gli interventi il tempo di ritorno dell'investimento è calcolato come rapporto tra l'investimento effettuato per realizzare l'intervento di risparmio energetico ed il valore dell'energia risparmiata, calcolato dal prodotto del potenziale di risparmio per il corrispondente prezzo dell'energia. Nel caso della pompa di calore questo denominatore viene però calcolato in modo differente, in quanto si tiene in considerazione il

consumo di energia elettrica di questa macchina termica. Più precisamente il denominatore del tempo di ritorno è ottenuto dalla differenza tra il valore iniziale dell'energia (termica o elettrica a seconda dei casi) e quello del costo di esercizio della pompa di calore (solo elettrica). Anche il calcolo del costo dell'energia risparmiata viene effettuato in modo differente. Infatti, mentre per tutti gli interventi tale indicatore è calcolato come il rapporto tra il costo annuale dell'investimento (rispetto la vita media dell'intervento) ed il valore dell'energia risparmiata, nel caso della pompa di calore al numeratore, ovvero al valore annualizzato, dell'investimento viene aggiunto il costo annuo del consumo di energia elettrica.

Il consumo di energia ed il relativo costo di esercizio della pompa di calore dipendono ovviamente dalla domanda di energia delle singole abitazioni. Per l'insieme di abitazioni considerato, la domanda di energia più alta corrisponde alle abitazioni servite da impianti singoli alimentati con combustibile solido. Tali abitazioni sono infatti mediamente di tipo mono-bi familiare (da notare che per la Liguria le abitazioni mono-bi familiari con impianti singoli alimentati a carbone o legna rappresentano il 31% del totale dell'insieme di abitazioni considerato) e sono concentrate nella fascia climatica D<sup>1</sup>. In base alla simulazione effettuata i dati di consumo della pompa di calore per tipo di impianto termico sono quindi i seguenti:

**Tab. 15 Consumo annuo della pompa di calore per abitazione**

<b>Impianti alimentati con:</b>	<b>tep/anno</b>	<b>kWh/anno</b>
Energia elettrica	0,151	1.874
Combustibile gassoso	0,173	2.148
Combustibile liquido	0,181	2.240
Combustibile solido	0,273	3.384
Media abitazioni	0,214	2.657

Il consumo medio annuale della pompa di calore con C.O.P. medio stagionale di riferimento pari a 1,87 (cfr. par 3.1 pag. 27) è quindi di 2.600 kWh cui corrisponde un costo di energia elettrica di circa un milione di lire per anno. Come detto in precedenza, la tariffa base utilizzata per il calcolo del prezzo dell'energia elettrica è quella attualmente in vigore per l'utenza domestica con potenza installata maggiore di 3 kW (la pompa di calore da sola assorbe circa 2 kW di potenza) pari a 385 £/kWh, tasse e IVA comprese. Da notare che, in termini di energia primaria, per fornire i 2.600 kWh anno se ne spendono circa 7.600.

I dati di riferimento per il calcolo degli indicatori di convenienza economica della pompa di calore sono quindi i seguenti:

**Tab. 16 Potenziali di risparmio energetico e indicatori economici della pompa di calore**

<sup>1</sup> Si ricorda che in questa simulazione la pompa di calore non viene applicata nella fascia climatica F.



	Consumo di energia iniziale per abitaz.	Risparmio di energia per abitaz.	Consumo annuo pompa di calore per abitaz..	Costo di esercizio annuo iniziale	Costo di esercizio annuo pompa di calore	Saldo costi di esercizio (costo iniziale costo energia pompa di calore)	Investim. Per abitaz.
Impianti alimentati con:	<i>tep/ab.</i>	<i>tep/ab.</i>	<i>tep/ab</i>	<i>£/anno</i>	<i>£/anno</i>	<i>£/anno</i>	<i>£/ab.</i>
Energia elettrica	0,296	0,145	0,151	1.413.591	722.385	691.205	7.592.372
Combustibile gassoso	0,458	0,285	0,173	618.838	827.898	- 209.060	7.623.882
Combustibile liquido	0,605	0,425	0,181	847.471	863.507	- 16.036	8.309.633
Combustibile solido	1,250	0,977	0,273	4.875.503	1.304.355	3.571.149	9.229.477
Media abitazioni	0,791	0,577	0,214	2.244.073	1.024.088	1.219.985	8.353.363

Il saldo dei costi di esercizio, inteso come differenza tra il costo di esercizio annuale dell'impianto termico di partenza e quello dell'energia elettrica consumata dalla pompa di calore, è negativo per gli impianti a gas e a gasolio per cui questa tecnologia è chiaramente non conveniente per le abitazioni alimentate da questi combustibili. Approfondendo l'analisi di convenienza per gli altri due tipi di combustibile, per i quali il saldo dei costi di esercizio è positivo, si hanno i seguenti risultati:

**Tab. 17 Indicatori di convenienza economica della pompa di calore**

Impianti alimentati con:	Tempo di ritorno <i>anni</i>	Costo dell'energia risparmiata <i>£/tep</i>	Prezzo dei combustibili <i>£/tep</i>
Energia elettrica	11,0	10.058.136	4.781.944
Combustibile solido	2,6	2.244.350	3.900.000

Dal confronto tra il prezzo dell'energia per fonte e il costo dell'energia risparmiata risulta che vi è convenienza ad installare le pompe di calore solo nel caso di impianti alimentati a carbone o legna. In tutti gli altri casi la convenienza si raggiungerebbe con COP superiori a 3, ottenibile in climi freddi solo con impianti acqua/aria. Occorre poi aggiungere che la convenienza per le abitazioni riscaldate da stufe o caminetti va anche verificata sul piano della fattibilità socio-economica, trattandosi verosimilmente di case abitate da famiglie di basso reddito.

Limitando quindi l'ipotesi di intervento alla sola tipologia di impianto per la quale si avrebbe convenienza, si arriverebbe a coprire il 9% del totale del parco delle abitazioni della regione con un risparmio potenziale complessivo del 4,3% rispetto al totale del consumo energetico della regione e del 78% rispetto all'insieme considerato. In termini di energia primaria (considerando un rendimento complessivo di produzione e distribuzione di energia elettrica del 34%) il risparmio ottenibile cala dal 78% al 36%. I relativi dati sono forniti nella tabella che segue.

**Tab. 18 Pompa di calore, dati di sintesi**

	<i>Totali (%)</i>

<b>Numero abitazioni</b>	60.033 (9%)	
	<i>Energia finale GWh</i>	<i>Energia primaria GWh</i>
<b>Consumo Iniziale</b>	931	931
<b>Consumo finale</b>	203	598
<b>Risparmio di energia</b>	728 78,2%	334 35,8%

Dai dati mostrati in tabella si deduce che 598 GWh primari generati in centrale per fornire energia elettrica alle pompe di calore, sostituiscono 931 GWh di combustibile solido consumato per riscaldare le abitazioni, con un rapporto pari circa ad 1,6. Il vantaggio più che energetico è ambientale. Infatti la combustione in centrale elettrica è molto meno inquinante di quella locale sia in termini di emissioni nocive alla salute (CO, SOx, ecc.) che di gas serra. Per quanto riguarda la CO2, ad esempio, si passa da un coefficiente di emissione 4 tonn. di CO2 per tep per il carbone ad un coefficiente medio di circa 3 tonn. CO2/tep per le centrali elettriche dell'ENEL (dati 1995). Per cui, in definitiva, un GWh generato in centrale, equivalente a 80,6 tep, fornisce  $3 * 80,6 = 241,8$  tonnellate di CO2 e sostituisce  $1,6 \text{ GWh} * 80,6 \text{ tep/GWh} = 129$  tonnellate equivalenti di carbone che forniscono **516** tonnellate di CO2 ( $129 * 4$ ). In termini di emissioni evitate si ottiene quindi un vantaggio netto del 53%.

### 3.2.1.B.2 Sostituzione con caldaia ad alta efficienza

La simulazione della sostituzione degli impianti esistenti con caldaie a gas ad alta efficienza, i cui parametri di rendimento sono riportati nel paragrafo 3.1, pag. 26, porta ai seguenti risultati:

**Tab. 19 Potenziali di risparmio energetico e indicatori economici per la sostituzione con caldaia ad alta efficienza**

	<b>Consumo di energia iniziale per abitaz.</b>	<b>Risparmio di energia per abitaz.</b>	<b>Valore energia risparmiata</b>	<b>Investimento per abitazione</b>	<b>Costo dell'energia risparmiata</b>	<b>Tempo di ritorno</b>
Impianti alimentati con:	<i>tep/anno ab.</i>	<i>tep/anno ab.</i>	<i>£/anno</i>	<i>£</i>	<i>£/tep</i>	<i>anni</i>
Liquido autonomo	0,804	0,106	148.299	2.100.000	1.909.967	14,2
Liquido centralizzato	0,441	0,053	73.825	358.021	654.112	4,8
Solido centralizzato	0,881	0,321	432.920	1.124.229	337.752	2,6
Media abitazioni	0,521	0,067	93.524	726.452	1.047.245	7,8

Rispetto ai prezzi dei due combustibili interessati dalla simulazione, ovvero lire 1.400.000 £/tep per il liquido e 3.900.000 £/tep per il solido, la convenienza è palese per i soli impianti centralizzati (escludendo, quindi, gli impianti autonomi alimentati con combustibile liquido).

L'insieme delle abitazioni per le quali l'intervento appare conveniente è pari a 140.055, ovvero quelle dotate di impianto centralizzato alimentato con combustibile liquido o solido. L'intervento consente un risparmio di 7.936 ktep a fronte di un investimento totale di 51,72 miliardi di lire.

### 3.2.1.B.3 *Intervento di termoregolazione*

La simulazione di interventi di termoregolazione sugli impianti esistenti, i cui parametri di rendimento sono riportati nel paragrafo 3.1, pag. 25, porta ai seguenti risultati:

**Tab. 20** **Potenziali di risparmio energetico e indicatori economici per la termoregolazione**

Impianti alimentati con:	Consumo di energia iniziale per abitaz. <i>tep/anno ab.</i>	Risparmio di energia per abitaz. <i>tep/anno ab.</i>	Valore energia risparmiata <i>£/anno</i>	Investimento per abitazione <i>£</i>	Costo dell'energia risparmiata <i>£/tep</i>	Tempo di ritorno <i>anni</i>
Gassoso Autonomo	0,574	0,057	77.480	182.239	305.915	2,4
Gassoso Centralizzato	0,444	0,044	59.901	151.310	328.538	2,5
Liquido Autonomo	0,804	0,080	112.589	245.795	294.457	2,2
Liquido Centralizzato	0,441	0,044	61.691	152.595	333.626	2,5
Solido Centralizzato	0,881	0,089	345.401	191.260	208.057	0,6
Media abitazioni	0,526	0,053	72.435	171.777	314.563	2,4

Rispetto ai prezzi dei quattro combustibili impiegati nella simulazione, ovvero lire 3.900.000 £/tep per il solido, 1.400.000 £/tep per il liquido, 1.350.000 £/tep per il gassoso e 4.781.944 £/tep per l'energia elettrica, la convenienza è evidente per tutti i casi. In termini complessivi l'intervento coinvolge 520.712 abitazioni, pari al 78,5% del totale e consente un risparmio di 27.395 ktep a fronte di un investimento totale di 89,45 miliardi di lire.

### 3.2.1.B.4 *Intervento di manutenzione*

La simulazione di interventi di manutenzione sugli impianti esistenti, i cui parametri di rendimento sono riportati nel paragrafo 3.1, pag. 26, porta ai seguenti risultati:

**Tab. 21** **Potenziali di risparmio energetico e indicatori economici per la manutenzione**

Impianti alimentati con:	Consumo di energia iniziale per abitaz. <i>tep/anno ab.</i>	Risparmio di energia per abitaz. <i>tep/anno ab.</i>	Valore energia risparmiata <i>£/anno</i>	Investimento per abitazione <i>£</i>	Costo dell'energia risparmiata <i>£/tep</i>	Tempo di ritorno <i>anni</i>
Gassoso Autonomo	0,574	0,017	22.562	180.000	11.309.028	8,0
Gassoso Centralizzato	0,444	0,013	17.481	100.714	8.166.472	5,8
Liquido Autonomo	0,804	0,045	63.694	180.000	4.154.236	2,8
Liquido Centralizzato	0,441	0,025	34.909	105.685	4.450.374	3,0
Solido Centralizzato	0,881	0,051	199.270	174.370	3.583.300	0,9
Media abitazioni	0,526	0,020	27.782	142.116	7.395.202	5,1

Rispetto ai prezzi dei quattro combustibili interessati dalla simulazione, non vi è convenienza economica per questo tipo di intervento. Tale risultato dipende da due fattori:

- dal fatto che il CER viene calcolato (per omogeneità con le altre simulazioni) come se il costo della manutenzione fosse un investimento interamente ammortizzato in un anno;
- dai criteri in base ai quali è stato impostato l'intervento di manutenzione

Infatti il miglioramento di efficienza energetica è stato calcolato stimando di effettuare l'intervento di manutenzione a regime, ovvero su impianti in discreta condizione. In tal caso il guadagno energetico ottenibile varia in un intervallo del 3-5%. La convenienza economica si otterrebbe a partire da incrementi di efficienza energetica superiori al 17%, ovvero nel caso di impianti in cattiva situazione e non mantenuti.

### 3.2.1.C Confronto tra gli interventi effettuati

Le tabelle ed i grafici riportati nelle due pagine seguenti mostrano per confronto i risultati di sintesi per tutti gli interventi di risparmio energetico ipotizzati (compresi quelli già mostrati nel punto A di questo paragrafo).

La tabella 22 riporta i dati relativi ai potenziali energetici e la numero 23 quelli di natura finanziaria. In entrambe gli interventi ipotizzati sono stati ordinati in funzione del costo crescente della energia risparmiata. Come si può vedere, solo i primi 3 interventi, se adottati singolarmente, sono economicamente fattibili. (Si ricorda che il prezzo medio del tep è pari a 1.695.980 lire/tep). I grafici riportano gli istogrammi dei valori relativi ai potenziale di risparmio energetico e del costo dell'energia risparmiata, ordinati in senso crescente il primo e decrescente il secondo.

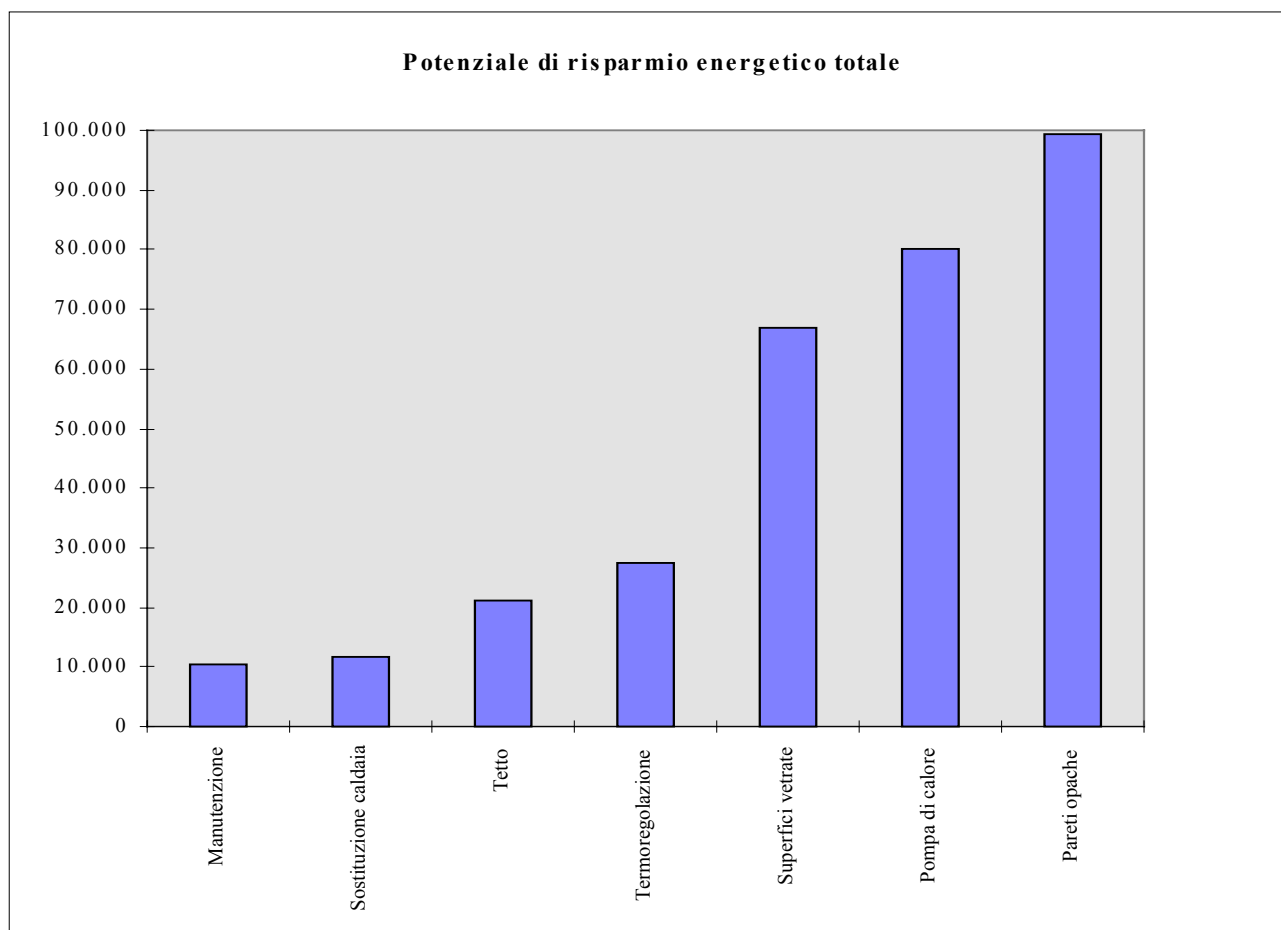
**Tab. 22** Comparazione dei valori di potenziale di risparmio energetico per gli interventi simulati

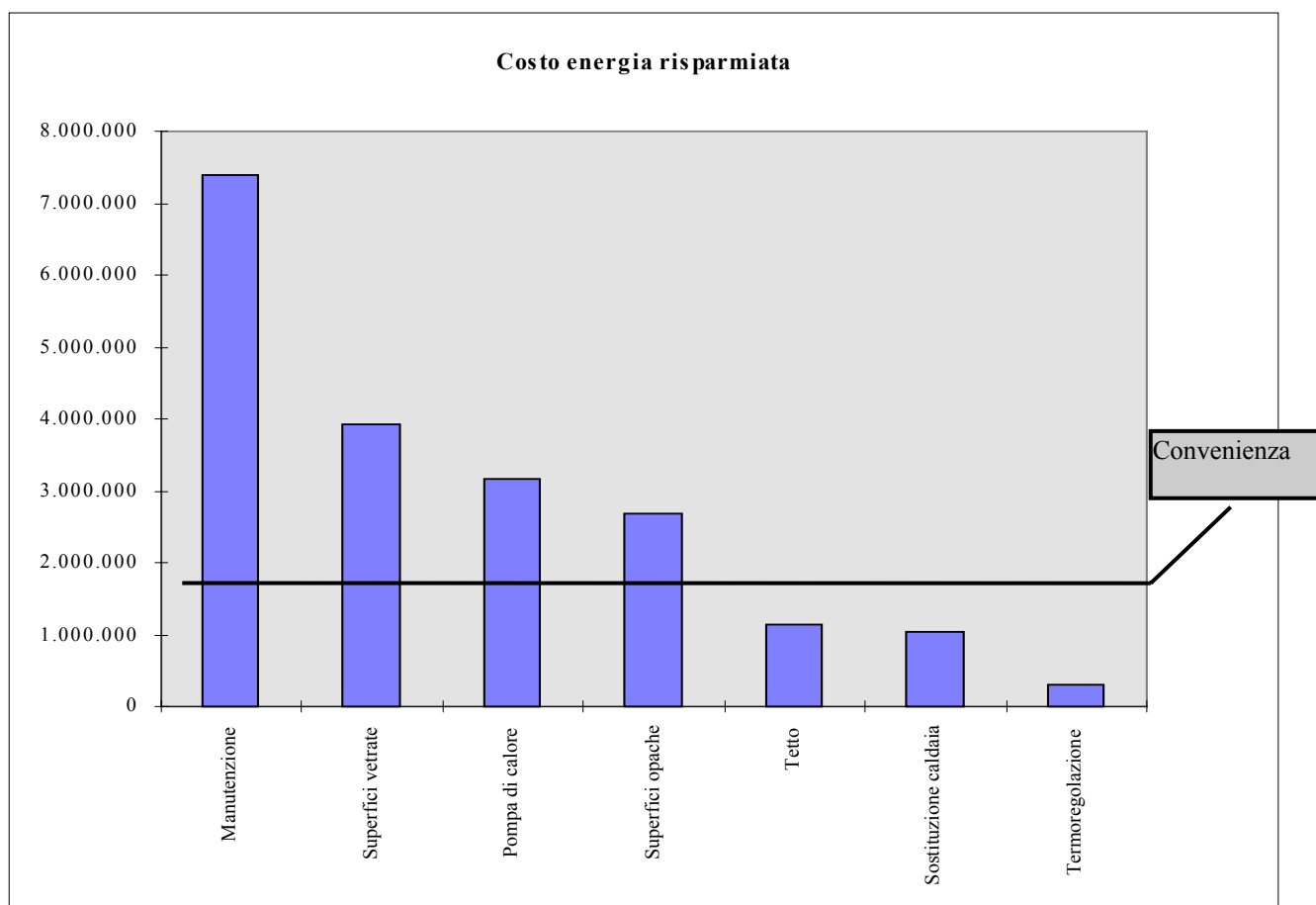
<i>Intervento</i>	<i>Stock di abitazioni</i>		<i>Potenziali di risparmio energetico totali</i> <i>ktep</i>	<i>Potenziali di risparmio energetico per abitazione</i> <i>tep/abit.</i>	<i>Risparmio energetico</i>  <i>%</i>
	<i>n°</i>	<i>%</i>			
Valore iniziale	663.307				
Termoregolazione	520.712	78,5%	27.395	0,05	10,00%
Sostituzione caldaia	176.476	26,6%	11.794	0,07	12,83%
Tetto	169.342	25,5%	21.056	0,12	12,70%
Pareti opache	634.572	95,7%	105.484	0,17	27,28%
Pompa di calore	138.898	20,9%	80.095	0,58	72,92%
Superfici vetrate	634.572	95,7%	67.031	0,11	17,33%
Manutenzione	520.712	78,5%	10.507	0,02	3,84%

**Tab. 23** Comparazione degli indicatori di convenienza economica per gli interventi simulati

<i>Intervento</i>	<i>Investimento totale</i>	<i>Investimento per abitazione</i>	<i>Costo medio energia risparmiata</i>	<i>Valore dell'energia risparmiata per abitazione</i>	<i>Tempo di ritorno medio</i>
	Miliardi di £	£	£/tep	£/anno	Anni
Termoregolazione	89,45	171.777	314.563	72.435	2,4
Sostituzione caldaia	128,20	726.452	1.047.245	93.524	7,8
Tetto	251,40	1.484.560	1.150.280	210.878	7,0
Pareti opache	2.991,21	4.713.672	2.731.937	281.920	16,7
Pompa di calore	1.160,27	8.353.363	3.171.563	1.219.985*	6,8
Superfici vetrate	2.732,39	4.305.881	3.927.210	179.149	24,0
Manutenzione	74,00	142.116	7.395.202	27.782	5,1

\* saldo tra i costi relativi ai consumi di energia prima e dopo l'intervento di R.E.





Gli interventi qui illustrati non sono a rigore cumulabili tra loro in quanto si riferiscono a insiemi di abitazioni differenti, aventi diversi consumi unitari di partenza. Volendo esaminare cosa avviene nel caso di una cumulazione di interventi, occorre quindi riportare i risultati di questa simulazione ad una abitazione virtuale avente il consumo unitario di partenza uguale a quello medio della regione (0,60 tep/anno). Ciò è possibile con una approssimazione che riteniamo accettabile, quantomeno per una valutazione quali-quantitativa dei risultati (l'approssimazione consiste nel ritenere ancora validi i potenziali unitari di R.E. anche quando questi vengono riferiti a situazioni di partenza diverse da quelle impostate nelle simulazioni).

In quest'ottica, riportando i dati delle tabelle 22 e 23 in termini di consumi e valori unitari si ha la seguente situazione:

**Tab. 24 Raffronto tra i consumi e indicatori economici unitari per gli interventi simulati**

	Consumo iniziale per abitaz.	Risparmio di energia per abitaz.		Valore energia risparmiata	Investiment o per abitazione	Costo dell'energia risparmiata	Tempo di ritorno
	<i>tep/anno ab.</i>	<i>tep/anno ab.</i>	%	<i>£/anno</i>	<i>£</i>	<i>£/tep</i>	<i>anni</i>
<b>Manutenzione</b>	0,53	0,02	3,84%	27.782	142.116	7.395.202	5,1
<b>Termoregolazione</b>	0,53	0,05	10,00%	72.435	171.777	314.563	2,4
<b>Sostituzione caldaia</b>	0,52	0,07	12,83%	93.524	726.452	1.047.245	7,8
<b>Pompa di calore</b>	0,79	0,58	72,92%	1.219.985	8.353.363	3.171.563	6,8
<b>Isol. sup. vetrate</b>	0,61	0,11	17,33%	179.149	4.305.881	3.927.210	24,0
<b>Isol. pareti opache</b>	0,61	0,17	27,28%	281.920	4.713.672	2.731.937	16,7
<b>Isolamento tetto</b>	0,98	0,12	12,70%	210.878	1.484.560	1.150.280	7,0

Rapportando i consumi unitari iniziali al valore medio di 0,60 tep/anno e cumulando ordinatamente gli interventi partendo da quello con il CER più basso (la termoregolazione) si ottengono i seguenti risultati:

**Tab. 25 Cumulazione degli interventi**

	<b>Consumo iniziale per abitaz. (cumulato)</b> <i>tep/anno ab.</i>	<b>Risparmio di energia per abitaz.</b> %	<b>Risparmio di energia per abitaz.</b> <i>tep/anno ab.</i>	<b>Investimento per abitazione</b> £	<b>Costo dell'energia risparmiata</b> £/tep
<b>Termoregolazione</b>	0,60	10,00%	0,060	171.777	275.835
<b>Sostituzione caldaia</b>	0,54	12,83%	0,069	726.452	1.010.183
<b>Isolamento tetto</b>	0,47	12,70%	0,060	1.484.560	2.391.941
<b>Isolamento pareti opache</b>	0,41	27,28%	0,112	4.713.672	4.051.582
<b>Isolamento sup. vetrate</b>	0,30	17,33%	0,052	4.305.881	8.008.727
<b>Manutenzione</b>	0,25	3,84%	0,009	142.116	15.749.760

Nella prima colonna i valori del consumo unitario sono decrescenti in quanto si tiene conto, intervento per intervento, del beneficio cumulato. In corrispondenza, dopo ogni successiva applicazione, diminuisce il potenziale di risparmio disponibile e aumenta il valore del costo dell'energia risparmiata. E' da notare che, nel caso della cumulazione, la convenienza economica si ferma al secondo intervento e l'isolamento del tetto, che preso singolarmente è conveniente, finisce con l'avere un CER superiore al prezzo medio dell'energia. Il tempo di ritorno per i due interventi cumulati è di 5 anni per un investimento totale di 898.228 lire per abitazione e un risparmio di 0,129 tep, pari a circa il 22% del totale.

L'intervento di sostituzione con la pompa di calore non è stato inserito in quanto, dato il suo altissimo potenziale di risparmio unitario, una volta applicato rende qualsiasi altro intervento non conveniente (in quanto il potenziale residuo si riduce praticamente a zero).

Infine, nel paragrafo 3.2.3 si forniscono ulteriori dati di dettaglio su questi interventi con l'intento di mostrare come i potenziali tecnici ed economici di risparmio energetico vengano modificati in funzione dell'età e della diversa dimensione e geometria delle abitazioni della regione. I dati mostrati si riferiscono a tutti gli interventi sull'involucro (per i quali la dipendenza dall'età e dalla tipologia costruttiva è determinante) e agli interventi sull'impianto che si sono dimostrati essere convenienti. Viene quindi esclusa da questa analisi di dettaglio la pompa di calore, che come visto, è conveniente solo in casi particolari.

### 3.2.2 Le emissioni inquinanti

Di seguito vengono mostrate due tabelle di comparazione delle emissioni inquinanti evitate in funzione di ognuno degli interventi analizzati (tonnellate). La prima tabella mostra i valori assoluti delle tonnellate di inquinante evitate e la seconda le medesime quantità espresse in percentuale.

	<b>CO2</b>	<b>SOx</b>	<b>NOx</b>	<b>CO</b>	<b>COV</b>	<b>PST</b>
	<i>tonn./anno</i>	<i>tonn./anno</i>	<i>tonn./anno</i>	<i>tonn./anno</i>	<i>tonn./anno</i>	<i>tonn./anno</i>
Emissione Iniziale	1.237.191,1	3.422,5	997,6	32.655,7	2.643,6	1.359,9
Termoregolazione	81.217,5	206,2	67,4	2.159,4	173,8	90,7
Manutenzione	36.119,6	180,4	33,4	2.117,4	168,7	85,4
Sostituzione Caldaia	101.757,6	741,7	39,4	2.663,7	206,3	91,3
Superfici vetrate	209.846,2	614,8	172,4	6.167,0	498,2	255,7
Pareti opache	322.121,3	1.108,0	268,1	11.316,8	910,1	463,6
Tetto	79.104,9	466,3	74,6	5.430,2	432,9	217,4

	<b>CO2</b>	<b>SOx</b>	<b>NOx</b>	<b>CO</b>	<b>COV</b>	<b>PST</b>
Termoregolazione	6,6%	6,0%	6,8%	6,6%	6,6%	6,7%
Manutenzione	2,9%	5,3%	3,4%	6,5%	6,4%	6,3%
Sostituzione Caldaia	8,2%	21,7%	4,0%	8,2%	7,8%	6,7%
Superfici vetrate	17,0%	18,0%	17,3%	18,9%	18,8%	18,8%
Pareti opache	26,0%	32,4%	26,9%	34,7%	34,4%	34,1%
Tetto	6,4%	13,6%	7,5%	16,6%	16,4%	16,0%

Come detto a pag. 34, nella simulazione di sostituzione con la pompa di calore i vantaggi ambientali sono consistenti: nel caso della CO2, ad esempio, il coefficiente di emissioni si riduce del 53%.



### 3.2.3 Tabelle di dettaglio degli interventi ipotizzati

#### 3.2.3.A Interventi di isolamento dell'involucro

##### 3.2.3.A.1 Intervento di isolamento delle superfici vetrate

<i>Tipologie di edifici</i>	<b>Vecchie (Fino al 1945)</b>				
	<i>Numero Abitazioni Interessate</i>	<i>Tep Risparmiati</i>	<i>Tep Risparmiati per abitazione</i>	<i>Investimento per abitazione Lire</i>	<i>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</i>
Blocco alto	67.327	7.727	0,11	4.991.544	4.190.156
Blocco basso	37.005	3.142	0,08	3.684.561	4.180.776
Mono bi familiare alta	64.498	9.549	0,15	4.237.499	2.757.496
Mono-bi familiare bassa	15.343	1.762	0,11	3.745.780	3.142.416
Palazzo alto	2.657	422	0,16	6.675.747	4.049.449
Palazzo basso	53.414	5.652	0,11	4.138.737	3.768.233
Schiera alta	13.680	1.180	0,09	3.250.404	3.630.432
Schiera bassa	2.180	196	0,09	3.578.381	3.834.457
Torre	491	69	0,14	6.395.743	4.384.705
<b>Totali e medie per classi di età</b>	256.595	29.699	0,12	4.276.799	3.559.936

<i>Tipologie di edifici</i>	<b>Vecchie dopo guerra (1946 - 1960)</b>				
	<i>Numero Abitazioni Interessate</i>	<i>Tep Risparmiati</i>	<i>Tep Risparmiati per abitazione</i>	<i>Investimento per abitazione Lire</i>	<i>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</i>
Blocco alto	57.740	5.837	0,10	4.623.419	4.406.231
Blocco basso	34.000	2.699	0,08	3.662.412	4.444.881
Mono bi familiare alta	15.185	1.938	0,13	4.479.614	3.381.572
Mono-bi familiare bassa	4.727	506	0,11	4.116.820	3.705.220
Palazzo alto	592	80	0,14	6.029.459	4.298.600
Palazzo basso	19.465	1.992	0,10	4.305.324	4.053.106
Schiera alta	4.585	371	0,08	3.302.299	3.931.866
Schiera bassa	899	71	0,08	3.432.692	4.187.484
Torre	2.522	261	0,10	4.776.491	4.446.625
<b>Totali e medie per classi di età</b>	139.715	13.755	0,10	4.270.173	4.178.736

<b>Intermedie (1961 - 1980)</b>					
<i>Tipologie di edifici</i>	<i>Numero Abitazioni Interessate</i>	<i>Tep Risparmiati</i>	<i>Tep Risparmiati per abitazione</i>	<i>Investimento per abitazione Lire</i>	<i>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</i>
Blocco alto	86.538	8.525	0,10	4.640.848	4.538.651
Blocco basso	69.545	5.304	0,08	3.662.329	4.626.332
Mono bi familiare alta	31.167	4.414	0,14	4.990.978	3.395.199
Mono-bi familiare bassa	7.435	907	0,12	4.639.332	3.663.921
Palazzo alto	994	138	0,14	6.320.704	4.386.213
Palazzo basso	29.530	3.149	0,11	4.550.864	4.111.512
Schiera alta	8.284	676	0,08	3.602.807	4.253.548
Schiera bassa	1.359	113	0,08	3.719.706	4.309.894
Torre	3.410	351	0,10	4.825.393	4.516.447
<b>Totali e medie per classi di età</b>	238.262	23.577	0,10	4.358.138	4.243.109

Nota alle tabelle

Come visto, per la Regione Liguria nel 1991 il prezzo medio dell'energia è pari a 1.695.980 lire/tep, valore non alto e nella media delle regioni dell'Italia settentrionale. Rispetto questa soglia l'investimento relativo all'introduzione del doppio vetro non appare essere conveniente in nessun caso (salvo che per la fascia climatica F, come visto nel paragrafo 3.2.1.). A riprova di ciò il tempo medio di ritorno di questo intervento risulta essere circa di 24 anni, tempo superiore di almeno 5-6 volte a quello comunemente considerato accettabile.

### 3.2.3.A.2 Intervento di isolamento sulle pareti opache

<b>Vecchie (Fino al 1945)</b>					
<i>Tipologie di edifici</i>	<i>Numero Abitazioni Interessate</i>	<i>Tep Risparmiati</i>	<i>Tep Risparmiati per abitazione</i>	<i>Investimento per abitazione Lire</i>	<i>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</i>
Blocco alto	67.327	6.124	0,09	3.133.264	3.318.700
Blocco basso	37.005	5.086	0,14	4.717.177	3.306.611
Mono bi familiare alta	64.498	25.960	0,40	9.331.335	2.233.584
Mono-bi familiare bassa	15.343	4.035	0,26	6.987.188	2.559.683
Palazzo alto	2.657	701	0,26	8.772.567	3.203.444
Palazzo basso	53.414	7.276	0,14	4.202.661	2.972.376
Schiera alta	13.680	2.688	0,20	6.050.402	2.966.593
Schiera bassa	2.180	392	0,18	5.891.170	3.156.377
Torre	491	54	0,11	4.116.864	3.606.377
<b>Totali e medie per classi di età</b>	256.595	52.316	0,20	5.611.927	2.651.812

<b>Vecchie dopo guerra (1946 - 1960)</b>					
<i>Tipologie di edifici</i>	<i>Numero Abitazioni Interessate</i>	<i>Tep Risparmiati</i>	<i>Tep Risparmiati per abitazione</i>	<i>Investimento per abitazione Lire</i>	<i>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</i>
Blocco alto	57.740	6.169	0,11	4.029.249	3.633.316
Blocco basso	34.000	5.819	0,17	6.506.090	3.662.415
Mono bi familiare alta	15.185	5.199	0,34	9.749.627	2.743.468
Mono-bi familiare bassa	4.727	1.141	0,24	7.622.936	3.042.560
Palazzo alto	592	176	0,30	10.908.716	3.535.083
Palazzo basso	19.465	3.472	0,18	6.144.745	3.318.910
Schiera alta	4.585	840	0,18	6.120.238	3.218.439
Schiera bassa	899	144	0,16	5.654.828	3.401.211
Torre	2.522	284	0,11	4.291.856	3.671.883
<b>Totali e medie per classi di età</b>	139.715	23.244	0,17	5.783.002	3.348.902

<b>Intermedie (1961 - 1980)</b>					
<i>Tipologie di edifici</i>	<i>Numero Abitazioni Interessate</i>	<i>Tep Risparmiati</i>	<i>Tep Risparmiati per abitazione</i>	<i>Investimento per abitazione Lire</i>	<i>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</i>
Blocco alto	86.538	6.383	0,07	2.011.034	2.626.748
Blocco basso	69.545	8.173	0,12	3.264.548	2.676.236
Mono bi familiare alta	31.167	8.281	0,27	5.418.777	1.964.855
Mono-bi familiare bassa	7.435	1.462	0,20	4.330.044	2.121.499
Palazzo alto	994	217	0,22	5.750.604	2.537.798
Palazzo basso	29.530	3.887	0,13	3.250.617	2.379.204
Schiera alta	8.284	1.090	0,13	3.362.621	2.462.116
Schiera bassa	1.359	162	0,12	3.074.989	2.485.221
Torre	3.410	269	0,08	2.144.619	2.619.203
<b>Totali e medie per classi di età</b>	238.262	29.924	0,13	3.119.254	2.392.780

Nota alle tabelle

Come per l'introduzione del doppio vetro, anche nel caso dell'isolamento delle pareti non esiste la convenienza economica all'investimento (il prezzo dell'energia è di 1.695.980 lire/tep).

La fattibilità dell'intervento appare evidente solamente per le fasce climatiche più fredde della regione, ossia le zone E ed F (come visto nel paragrafo 3.2.1.).

### 3.2.3.A.3 Intervento di isolamento sul tetto

<b>Vecchie (Fino al 1945)</b>					
<i>Tipologie di edifici</i>	<i>Numero Abitazioni Interessate</i>	<i>Tep Risparmiati</i>	<i>Tep Risparmiati per abitazione</i>	<i>Investimento per abitazione Lire</i>	<i>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</i>
Blocco alto	0	0	0,00	0	0
Blocco basso	0	0	0,00	0	0
Mono bi familiare alta	64.498	8.664	0,13	1.239.600	889.051
Mono-bi familiare bassa	15.343	3.606	0,24	2.330.850	955.467
Palazzo alto	0	0	0,00	0	0
Palazzo basso	0	0	0,00	0	0
Schiera alta	13.680	1.452	0,11	990.336	898.915
Schiera bassa	2.180	419	0,19	2.442.867	1.224.501
Torre	0	0	0,00	0	0
<b>Totali e medie per classi di età</b>	<b>95.701</b>	<b>14.141</b>	<b>0,15</b>	<b>1.406.330</b>	<b>916.939</b>

<b>Vecchie dopo guerra (1946 - 1960)</b>					
<i>Tipologie di edifici</i>	<i>Numero Abitazioni Interessate</i>	<i>Tep Risparmiati</i>	<i>Tep Risparmiati per abitazione</i>	<i>Investimento per abitazione Lire</i>	<i>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</i>
Blocco alto	0	0	0,00	0	0
Blocco basso	0	0	0,00	0	0
Mono bi familiare alta	15.185	1.350	0,09	1.290.076	1.398.019
Mono-bi familiare bassa	4.727	810	0,17	2.533.700	1.424.534
Palazzo alto	0	0	0,00	0	0
Palazzo basso	0	0	0,00	0	0
Schiera alta	4.585	384	0,08	999.764	1.150.066
Schiera bassa	899	122	0,14	2.343.426	1.663.673
Torre	0	0	0,00	0	0
<b>Totali e medie per classi di età</b>	<b>25.396</b>	<b>2.666</b>	<b>0,10</b>	<b>1.506.429</b>	<b>1.382.518</b>

<b>Intermedie (1961 - 1980)</b>					
<i>Tipologie di edifici</i>	<i>Numero Abitazioni Interessate</i>	<i>Tep Risparmiati</i>	<i>Tep Risparmiati per abitazione</i>	<i>Investimento per abitazione Lire</i>	<i>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</i>
Blocco alto	0	0	0,00	0	0
Blocco basso	0	0	0,00	0	0
Mono bi familiare alta	31.167	2.466	0,08	1.440.964	1.754.576
Mono-bi familiare bassa	7.435	1.139	0,15	2.860.582	1.798.990
Palazzo alto	0	0	0,00	0	0
Palazzo basso	0	0	0,00	0	0
Schiera alta	8.284	497	0,06	1.079.559	1.733.593
Schiera bassa	1.359	147	0,11	2.525.254	2.249.180
Torre	0	0	0,00	0	0
<b>Totali e medie per classi di età</b>	<b>48.245</b>	<b>4.249</b>	<b>0,09</b>	<b>1.628.228</b>	<b>1.781.139</b>

Nota alle tabelle

In questo caso l'intervento proposto appare conveniente per le abitazioni costruite sino al 1960, escluse quelle costruite nel periodo intermedio. Il potenziale maggiore di risparmio si ha per le case più vecchie, specie per le mono e bi familiari (la maggioranza delle quali ha i tetti a falda con copertura di tegole in coppo). Il tempo di ritorno medio è pari a 7 anni. Tra tutti gli interventi di isolamento dell'involucro quello effettuato sul tetto delle abitazioni appare essere l'unico economicamente conveniente.

### 3.2.3.B Interventi sull'impianto

#### 3.2.3.B.1 Intervento di manutenzione

<b>Vecchie (Fino al 1945)</b>					
<i>Tipo di impianto di riscaldamento</i>	<i>Numero Abitazioni Interessate</i>	<i>Tep Risparmiati</i>	<i>Tep Risparmiati per abitazione</i>	<i>Investimento per abitazione Lire</i>	<i>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</i>
Elettrico Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Autonomo	109.052	2.001	0,02	180.000	10.300.264
Gassoso Centralizzato	17.888	294	0,02	131.398	8.394.429
Liquido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Liquido Autonomo	13.149	681	0,05	180.000	3.649.282
Liquido Centralizzato	17.069	603	0,04	143.284	4.258.716
Solido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Solido Centralizzato	747	44	0,06	199.625	3.558.545
<b>Totale complessivo</b>	<b>157.905</b>	<b>3.623</b>	<b>0,02</b>	<b>170.618</b>	<b>7.808.041</b>

<b>Vecchie dopo guerra (1946 - 1960)</b>					
<i><b>Tipo di impianto di riscaldamento</b></i>	<i><b>Numero Abitazioni Interessate</b></i>	<i><b>Tep Risparmiati</b></i>	<i><b>Tep Risparmiati per abitazione</b></i>	<i><b>Investimento per abitazione Lire</b></i>	<i><b>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</b></i>
Elettrico Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Autonomo	49.649	799	0,02	180.000	11.744.257
Gassoso Centralizzato	28.459	381	0,01	102.435	8.033.988
Liquido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Liquido Autonomo	6.174	259	0,04	180.000	4.505.351
Liquido Centralizzato	30.735	815	0,03	105.416	4.174.169
Solido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Solido Centralizzato	353	17	0,05	152.521	3.325.412
<b>Totale complessivo</b>	<b>115.370</b>	<b>2.271</b>	<b>0,02</b>	<b>140.913</b>	<b>7.516.502</b>

<b>Intermedie (1961 - 1980)</b>					
<i><b>Tipo di impianto di riscaldamento</b></i>	<i><b>Numero Abitazioni Interessate</b></i>	<i><b>Tep Risparmiati</b></i>	<i><b>Tep Risparmiati per abitazione</b></i>	<i><b>Investimento per abitazione Lire</b></i>	<i><b>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</b></i>
Elettrico Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Autonomo	45.860	764	0,02	180.000	11.344.948
Gassoso Centralizzato	69.502	843	0,01	93.842	8.123.749
Liquido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Liquido Autonomo	15.666	678	0,04	180.000	4.367.071
Liquido Centralizzato	88.639	1.999	0,02	98.880	4.603.738
Solido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Solido Centralizzato	883	42	0,05	165.606	3.655.750
<b>Totale complessivo</b>	<b>220.550</b>	<b>4.326</b>	<b>0,02</b>	<b>120.189</b>	<b>6.433.922</b>

<b>Nuove (dopo 1981)</b>					
<b><i>Tipo di impianto di riscaldamento</i></b>	<b><i>Numero Abitazioni Interessate</i></b>	<b><i>Tep Risparmiati</i></b>	<b><i>Tep Risparmiati per abitazione</i></b>	<b><i>Investimento per abitazione Lire</i></b>	<b><i>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</i></b>
Elettrico Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Autonomo	20.363	195	0,01	180.000	19.736.446
Gassoso Centralizzato	3.463	27	0,01	65.995	8.887.667
Liquido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Liquido Autonomo	1.432	39	0,03	180.000	6.939.692
Liquido Centralizzato	1.557	24	0,02	86.191	5.871.250
Solido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Solido Centralizzato	72	2	0,03	126.944	4.798.500
<b>Totale complessivo</b>	<b>26.887</b>	<b>287</b>	<b>0,01</b>	<b>159.742</b>	<b>15.713.341</b>

Nota alle tabelle

Rispetto ai prezzi dell'energia per combustibile l'intervento non appare in nessun caso (cfr par. 3.2.1, B.4.). L'alto costo del CER deriva dal fatto che, per omogeneità con le altre simulazioni, la cifra necessaria a remunerare il costo dell'intervento è stata assunta come investimento e non come costo operativo annuale.

### 3.2.3.B.2 Intervento di termoregolazione

<b>Vecchie (Fino al 1945)</b>					
<b><i>Tipo di impianto di riscaldamento</i></b>	<b><i>Numero Abitazioni Interessate</i></b>	<b><i>Tep Risparmiati</i></b>	<b><i>Tep Risparmiati per abitazione</i></b>	<b><i>Investimento per abitazione Lire</i></b>	<b><i>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</i></b>
Elettrico Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Autonomo	109.052	6.869	0,06	197.156	301.555
Gassoso Centralizzato	17.888	1.010	0,06	193.659	330.443
Liquido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Liquido Autonomo	13.149	1.205	0,09	268.633	282.412
Liquido Centralizzato	17.069	1.065	0,06	203.683	314.507
Solido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Solido Centralizzato	747	76	0,10	215.435	204.005
<b>Totale complessivo</b>	<b>157.905</b>	<b>10.225</b>	<b>0,06</b>	<b>203.504</b>	<b>302.777</b>

**Vecchie dopo guerra (1946 - 1960)**

<i>Tipo di impianto di riscaldamento</i>	<i>Numero Abitazioni Interessate</i>	<i>Tep Risparmiati</i>	<i>Tep Risparmiati per abitazione</i>	<i>Investimento per abitazione Lire</i>	<i>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</i>
Elettrico Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Autonomo	49.649	2.745	0,06	178.934	311.801
Gassoso Centralizzato	28.459	1.306	0,05	157.345	330.329
Liquido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Liquido Autonomo	6.174	457	0,07	239.893	312.238
Liquido Centralizzato	30.735	1.439	0,05	157.559	324.215
Solido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Solido Centralizzato	353	30	0,08	185.297	210.058
<b>Totale complessivo</b>	<b>115.370</b>	<b>5.977</b>	<b>0,05</b>	<b>171.196</b>	<b>318.361</b>

<b>Intermedie (1961 - 1980)</b>					
<i>Tipo di impianto di riscaldamento</i>	<i>Numero Abitazioni Interessate</i>	<i>Tep Risparmiati</i>	<i>Tep Risparmiati per abitazione</i>	<i>Investimento per abitazione Lire</i>	<i>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</i>
Elettrico Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Autonomo	45.860	2.625	0,06	182.842	307.750
Gassoso Centralizzato	69.502	2.890	0,04	141.065	326.840
Liquido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Liquido Autonomo	15.666	1.198	0,08	236.554	298.022
Liquido Centralizzato	88.639	3.532	0,04	141.981	343.282
Solido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Solido Centralizzato	883	72	0,08	179.513	212.100
<b>Totale complessivo</b>	<b>220.550</b>	<b>10.317</b>	<b>0,05</b>	<b>157.057</b>	<b>323.465</b>



<i>Tipo di impianto di riscaldamento</i>	<b>Nuove (dopo 1981)</b>				
	<i>Numero Abitazioni Interessate</i>	<i>Tep Risparmiati</i>	<i>Tep Risparmiati per abitazione</i>	<i>Investimento per abitazione Lire</i>	<i>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</i>
Elettrico Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Autonomo	20.363	670	0,03	109.051	319.311
Gassoso Centralizzato	3.463	88	0,03	88.585	335.851
Liquido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Liquido Autonomo	1.432	69	0,05	162.633	325.176
Liquido Centralizzato	1.557	45	0,03	98.741	329.148
Solido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Solido Centralizzato	72	4	0,06	113.750	197.261
<b>Totale complessivo</b>	<b>26.887</b>	<b>876</b>	<b>0,03</b>	<b>108.684</b>	<b>321.383</b>

Nota alle tabelle

Rispetto a quanto già esposto nel paragrafo 3.2.1 B.3., l'intervento appare largamente conveniente per tutte le classi di età. Il potenziale di risparmio energetico più consistente si ha nel caso delle abitazioni di età intermedia ove si ha la maggiore concentrazione di impianti centralizzati ed autonomi. In questo caso inoltre, poiché la termoregolazione influisce sulle ore di funzionamento dell'impianto, influisce anche la maggiore concentrazione delle abitazioni nella fascia climatica più fredda (cfr tab.1 del cap. 2).

### 3.2.3.B.3 Intervento di sostituzione con caldaia a gas ad alta efficienza.

<i>Tipo di impianto di riscaldamento</i>	<b>Vecchie (Fino al 1945)</b>				
	<i>Numero Abitazioni Interessate</i>	<i>Tep Risparmiati</i>	<i>Tep Risparmiati per abitazione</i>	<i>Investimento per abitazione Lire</i>	<i>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</i>
Elettrico Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Autonomo	0	0	0,00	0	0
Gassoso Centralizzato	0	0	0,00	0	0
Liquido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Liquido Autonomo	13.149	1.585	0,12	2.100.000	1.678.416
Liquido Centralizzato	17.069	1.276	0,07	513.584	661.890
Solido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Solido Centralizzato	747	272	0,36	1.318.568	348.876
<b>Totale complessivo</b>	<b>30.965</b>	<b>3.133</b>	<b>0,10</b>	<b>1.206.660</b>	<b>1.148.981</b>

<b>Vecchie dopo guerra (1946 - 1960)</b>					
<i>Tipo di impianto di riscaldamento</i>	<i>Numero Abitazioni Interessate</i>	<i>Tep Risparmiati</i>	<i>Tep Risparmiati per abitazione</i>	<i>Investimento per abitazione Lire</i>	<i>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</i>
Elettrico Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Autonomo	0	0	0,00	0	0
Gassoso Centralizzato	0	0	0,00	0	0
Liquido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Liquido Autonomo	6.174	603	0,10	2.100.000	2.071.503
Liquido Centralizzato	30.735	1.720	0,06	309.924	533.552
Solido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Solido Centralizzato	353	107	0,30	824.731	262.132
<b>Totale complessivo</b>	<b>37.262</b>	<b>2.430</b>	<b>0,07</b>	<b>611.401</b>	<b>903.240</b>

<b>Intermedie (1961 - 1980)</b>					
<i>Tipo di impianto di riscaldamento</i>	<i>Numero Abitazioni Interessate</i>	<i>Tep Risparmiati</i>	<i>Tep Risparmiati per abitazione</i>	<i>Investimento per abitazione Lire</i>	<i>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</i>
Elettrico Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Autonomo	0	0	0,00	0	0
Gassoso Centralizzato	0	0	0,00	0	0
Liquido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Liquido Autonomo	15.666	1.579	0,10	2.100.000	2.007.300
Liquido Centralizzato	88.639	4.227	0,05	341.919	690.769
Solido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Solido Centralizzato	883	267	0,30	1.086.059	346.035
<b>Totale complessivo</b>	<b>105.188</b>	<b>6.073</b>	<b>0,06</b>	<b>610.003</b>	<b>1.017.915</b>

<b>Nuove (dopo 1981)</b>					
<i><b>Tipo di impianto di riscaldamento</b></i>	<i><b>Numero Abitazioni Interessate</b></i>	<i><b>Tep Risparmiati</b></i>	<i><b>Tep Risparmiati per abitazione</b></i>	<i><b>Investimento per abitazione Lire</b></i>	<i><b>Costo dell'energia risparmiata Lire/tep</b></i>
Elettrico Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Gassoso Autonomo	0	0	0,00	0	0
Gassoso Centralizzato	0	0	0,00	0	0
Liquido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Liquido Autonomo	1.432	91	0,06	2.100.000	3.183.742
Liquido Centralizzato	1.557	54	0,03	518.696	1.440.870
Solido Apparecchi singoli	0	0	0,00	0	0
Solido Centralizzato	72	13	0,18	1.044.444	557.303
<b>Totale complessivo</b>	<b>3.061</b>	<b>158</b>	<b>0,05</b>	<b>1.270.830</b>	<b>2.371.978</b>

Nota alle tabelle

In accordo con quanto mostrato in precedenza (paragrafo 3.2.1 B.2.) in questo caso l'intervento appare conveniente per le tutte le classi di età per le sole abitazioni dotate di riscaldamento centrale sia a gasolio che a carbone. Ne sono quindi escluse le abitazioni riscaldate da impianti autonomi a gasolio. Come per la simulazione precedente, il bacino energetico maggiore è quello delle case intermedie.

## GLOSSARIO DELLE PRINCIPALI VARIABILI UTILIZZATE NEL RAPPORTO

### Consumi iniziali, finali e unitari

Sono i consumi di energia espressi in tep (tonnellata equivalente di petrolio) degli insiemi di abitazioni considerate rispettivamente prima e dopo gli interventi di risparmio energetico. Per consumi unitari si intendono i consumi di energia per unità abitativa (secondo la definizione censuaria).

### Percentuale di risparmio energetico:

Indica il risparmio di energia conseguibile da un intervento di risparmio energetico misurato in percentuale dell'energia necessaria prima dell'intervento, secondo la formula:

$$\frac{\text{Consumo iniziale prima dell'intervento} - \text{Consumo finale dopo l'intervento}}{\text{Consumo iniziale prima dell'intervento}} * 100$$

### Investimento totale:

Rappresenta la somma dei costi (in miliardi di lire) degli interventi di risparmio energetico relativi allo stock di abitazioni considerate.

### Investimento per abitazione:

Rappresenta il costo (in lire) dell'intervento di risparmio energetico relativo ad una singola abitazione, secondo la formula:

$$\frac{\text{Investimento}}{\text{Stock delle abitazioni considerate}}$$

### Costo medio dell'energia risparmiata (C.E.R.):

Espressa in lire per unità (tep) di energia risparmiata per abitazione, indica il costo da sostenere per ottenere un'unità di energia risparmiata, secondo la formula:

$$\frac{\text{investimento annualizzato} + \text{costi annui di esercizio}}{\text{risparmio di energia (annuale)}}$$

L'investimento annualizzato corrisponde alla rata annuale in cui il capitale investito viene suddiviso in funzione della vita utile dell'investimento e del tasso medio di interesse praticato (5% nelle simulazioni effettuate). I costi di esercizio sono stati trascurati per tutti gli interventi di isolamento di termoregolazione e di sostituzione caldaia. Per la sostituzione con la pompa di calore sono pari al consumo annuo di energia elettrica di questa macchina termica. La rata annuale dell'investimento è data dalla seguente funzione:

$$RATA = \left( int - \frac{int}{1 - (1 + int)^{periodo}} \right) \times inv$$

Con  $int$  = interesse annuo e  $inv.$  = investimento.

### **Tempo di ritorno:**

Indica in anni il tempo necessario per recuperare i costi di investimento relativi ad un intervento di risparmio energetico secondo la formula:

$$\frac{\text{Investimento annuo per abitazione}}{\text{Valore annuo dell'energia risparmiata}}$$

Nel caso della pompa di calore al denominatore viene aggiunto il valore dell'energia elettrica consumata.

### **Valore medio dell'energia risparmiata per abitazione:**

Espressa in lire/anno, indica il valore ai prezzi di mercato correnti dell'energia risparmiata per abitazione, secondo la formula:

$$\text{Consumo iniziale unitario} \times \text{prezzo del combustibile}$$

Per gli interventi di isolamento si assume il prezzo medio dell'energia per la regione in esame (cfr. par. 3.1).