

**PROPOSTE DI SCHEDE TECNICHE PER LA QUANTIFICAZIONE DEI  
RISPARMI DI ENERGIA PRIMARIA RELATIVI AGLI INTERVENTI DI CUI  
ALL'ARTICOLO 5, COMMA 1, DEI DECRETI MINISTERIALI DEL 24  
APRILE 2001**

*Documento per la consultazione diffuso nell'ambito dei procedimenti avviati con  
delibere dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 11 luglio 2001, n. 156/01 e 11  
luglio 2001, n. 157/01, ai fini della formazione dei provvedimenti di cui ai decreti del  
Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato di concerto con il Ministro  
dell'ambiente 24 aprile 2001*

**16 gennaio 2003**

## ***Premessa***

*I decreti del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato di concerto con il Ministro dell'ambiente, 24 aprile 2001, pubblicati nel Supplemento ordinario, n. 125, alla Gazzetta Ufficiale, Serie generale, n. 117 del 22 maggio 2001 (di seguito: decreti ministeriali 24 aprile 2001) hanno assegnato all'Autorità per l'energia elettrica e il gas (di seguito: l'Autorità) il compito di definire:*

- linee guida per la preparazione, l'esecuzione e la valutazione consuntiva dei progetti di cui all'articolo 5, comma 1, e per il rilascio dei titoli di efficienza energetica di cui all'articolo 10;*
- modalità di controllo e certificazione della quota di riduzione dei consumi di energia primaria effettivamente conseguita dai progetti (articolo 7);*
- criteri per l'eventuale parziale copertura tariffaria degli oneri per la realizzazione dei progetti (articolo 9);*
- modalità di verifica del conseguimento degli obiettivi e le sanzioni da irrogare in caso di inadempienza (articolo 11).*

*Il 4 aprile 2002 l'Autorità ha diffuso il documento per la consultazione “Proposte per l'attuazione dei decreti ministeriali 24 aprile 2001 per la promozione dell'efficienza energetica negli usi finali”.*

*In allegato al documento per la consultazione 4 aprile 2001 l'Autorità ha anche diffuso proposte per un primo gruppo di 9 schede tecniche per la quantificazione dei risparmi di energia primaria conseguibili attraverso altrettanti interventi ammissibili ai sensi dell'articolo 5, comma 1, dei decreti 24 aprile 2001.*

*Con il presente documento l'Autorità sottopone alla consultazione proposte per ulteriori 10 schede tecniche (numerate da 10 a 19) per la quantificazione dei risparmi di energia primaria conseguibili attraverso interventi ammissibili ai sensi dell'articolo 5, comma 1, dei decreti ministeriali 24 aprile 2001. Le proposte di schede tecniche sono state messe a punto con la collaborazione della società Cesi S.p.a. (nell'ambito delle attività di ricerca e sviluppo finalizzate all'innovazione tecnica e tecnologica di interesse generale per il settore elettrico, di cui all'articolo 10 del decreto 26 gennaio 2000 del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale, Serie generale, n. 27 del 3 febbraio 2000) e dell'Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente (ENEA).*

*I soggetti interessati sono invitati a far pervenire osservazioni e suggerimenti per iscritto all'Autorità entro il 28 febbraio 2003.*

**Indirizzo a cui far pervenire osservazioni e suggerimenti:**

Autorità per l'energia elettrica e il gas  
Area consumatori e qualità del servizio  
piazza Cavour 5 – 20121 Milano  
tel. 02 65565.313  
fax 02 65565.230  
e-mail: [a\\_c@autorita.energia.it](mailto:a_c@autorita.energia.it)

## **INDICE**

<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>5</b>
<b>2. PROPOSTE DI SCHEDE TECNICHE</b>	<b>8</b>

## 1. Introduzione

- 1.1 I decreti del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato di concerto con il Ministro dell'ambiente, 24 aprile 2001, pubblicati nel Supplemento ordinario, n. 125 alla Gazzetta Ufficiale, Serie generale, n. 117 del 22 maggio 2001 (di seguito: decreti ministeriali 24 aprile 2001) contengono norme ai fini della promozione dell'uso efficiente delle risorse come previsto rispettivamente all'articolo 9, comma 1, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79 e all'articolo 16, comma 4, del decreto legislativo 23 maggio 2000, n. 164. I due decreti legislativi prevedono rispettivamente che tra gli obblighi connessi al servizio di distribuzione dell'energia elettrica vi sia quello di perseguire l'incremento dell'efficienza energetica e che tra gli obblighi connessi al servizio di distribuzione del gas naturale vi siano quello di perseguire l'efficienza energetica negli usi finali e lo sviluppo delle fonti rinnovabili.
- 1.2 I decreti ministeriali 24 aprile 2001 definiscono obiettivi quantitativi nazionali annuali di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili, espressi in unità di energia primaria (milioni di tonnellate equivalenti di petrolio, Mtep) da conseguire nel periodo 2002-2006. In capo a ciascun distributore di energia elettrica o di gas che serviva almeno 100.000 clienti finali al 31 dicembre 2001, è imposto un obiettivo specifico obbligatorio di risparmio di energia primaria calcolato come quota dell'obiettivo nazionale, in base alla proporzione tra l'energia distribuita dal singolo distributore e il totale nazionale. Il 50% dell'obbligo si riferisce a risparmi negli usi finali di energia elettrica per i distributori di energia elettrica e di gas naturale per i distributori di gas naturale.
- 1.3 I progetti predisposti ai fini del rispetto degli obiettivi di cui al punto precedente possono essere eseguiti con le seguenti modalità:
  - a) mediante azioni dirette dei distributori;
  - b) tramite società controllate dai medesimi distributori;
  - c) tramite società terze operanti nel settore dei servizi energetici, comprese le imprese artigiane e loro forme consortili.
- 1.4 I progetti di cui al punto precedente prevedono *“misure e interventi ricadenti tipicamente nelle tipologie elencate nelle tabelle dell'allegato I”* ai rispettivi decreti (di seguito: interventi). Tali tabelle comprendono sia interventi rivolti alla riduzione dei consumi finali della forma di energia distribuita dai soggetti agli obblighi stabiliti dai decreti (energia elettrica per i distributori di energia elettrica e gas naturale per i distributori di gas naturale), sia interventi che, pur potendo comportare un aumento nei consumi della forma di energia distribuita, realizzano un risparmio di energia primaria. La lista di interventi riportata nell'allegato I ai decreti è esemplificativa e non esaustiva: pertanto l'insieme delle tipologie di misure ed interventi ammissibili ai sensi dei decreti è aperto e non circoscritto.
- 1.5 I decreti dispongono che i progetti devono essere preparati, eseguiti e valutati in base a linee guida definite dall'Autorità in seguito a consultazione dei soggetti interessati, sentite le regioni e le province autonome.
- 1.6 Il 4 aprile 2002 l'Autorità ha diffuso il documento per la consultazione *“Proposte per l'attuazione dei decreti ministeriali 24 aprile 2001 per la promozione*

dell'efficienza energetica negli usi finali" con cui ha presentato le proposte per l'attuazione dei decreti ministeriali 24 aprile 2001. Le proposte dell'Autorità riguardano anche i criteri generali per la valutazione quantitativa dei risultati dei progetti, in termini di energia primaria risparmiata.

- 1.7 L'Autorità propone che i risultati di risparmio di energia primaria conseguiti attraverso le diverse tipologie di intervento ammissibili ai sensi dei decreti ministeriali 24 aprile 2001 vengano valutati attraverso tre tipi di metodi di valutazione:
  - a) metodi di valutazione standardizzata, definiti per le tipologie di intervento ripetibili su larga scala e che permettono di definire il risparmio medio ottenibile per ogni unità fisica di riferimento (apparecchiatura ad alta efficienza) effettivamente installata, date determinate condizioni; il ricorso a tali metodi permette di ridurre al minimo non solo i requisiti in materia di preparazione dei progetti, ma anche la documentazione richiesta per la certificazione dei risultati.
  - b) metodi di valutazione ingegneristica, basati sull'identificazione di un algoritmo di stima dei risparmi di energia primaria, i cui risultati dipendono dai valori consuntivi non solo di unità installate ma anche di parametri di utilizzo, valori che dovranno essere adeguatamente misurati nel corso della vita del progetto
  - c) metodi di valutazione consuntiva, basati su misure dei consumi effettuate secondo piani di monitoraggio energetico approvati tramite verifica preliminare di conformità alle disposizioni dei decreti e delle linee guida ai sensi dell'articolo 5, comma 7 del decreti 24 aprile 2001; tali metodi si applicano alle tipologie di intervento per le quali non sono disponibili né metodi di valutazione standardizzata né metodi di valutazione ingegneristica.
- 1.8 L'Autorità propone che la valutazione dei risparmi di energia tenga conto, attraverso opportuni coefficienti, della persistenza nel tempo dei risparmi conseguiti e, per alcuni tipi di intervento, della quota di risparmi non addizionali (cioè dei risparmi che sarebbero stati comunque ottenuti anche in assenza dei progetti, per effetto della spontanea diffusione delle apparecchiature ad alta efficienza).
- 1.9 Coerentemente con i decreti ministeriali 24 aprile 2001 i risultati dei progetti in termini di energia risparmiata concorrono al conseguimento dell'obiettivo complessivo dei distributori di energia elettrica e di gas naturale per un periodo massimo di cinque anni.
- 1.10 Contestualmente alla pubblicazione del documento per la consultazione 4 aprile 2002 e in allegato ad esso l'Autorità ha diffuso un primo gruppo di 9 schede tecniche esemplificative per la quantificazione dei risparmi di energia primaria conseguibili attraverso altrettanti interventi ammissibili ai sensi dell'articolo 5, comma 1, dei decreti 24 aprile 2001. A seguito del processo di consultazione l'Autorità ha approvato 8 di queste schede con delibera del 27 dicembre 2002, n. 234/02.
- 1.11 Le schede nascono dalla considerazione che la valutazione del risparmio di energia primaria conseguibile attraverso progetti dipende dalla natura degli interventi e richiede la predisposizione di criteri di quantificazione *specifici* per

ogni singolo intervento, a cui l'Autorità ritiene possano fare riferimento i criteri di valutazione di carattere *generale* dei progetti contenuti nelle sopra-richiamate linee guida di cui all'articolo 5, comma 5, dei decreti ministeriali 24 aprile 2001.

- 1.12 Con il presente documento l'Autorità sottopone alla consultazione le proposte di ulteriori 10 schede tecniche per la quantificazione dei risparmi di energia primaria conseguibili attraverso specifici interventi ammissibili ai sensi dei decreti ministeriali 24 aprile 2001.

## 2. Proposte di schede tecniche

<i>Scheda tecnica</i>	<i>Tipo di intervento</i>	<i>Riferimento allegato I decreto ministeriale elettrico<sup>1</sup></i>	<i>Riferimento allegato I decreto ministeriale gas<sup>2</sup></i>
<b>n. 10</b>	Rifasamento di reti elettriche in stabilimenti industriali alimentati in alta tensione	tabella A tipologia 1	tabella B tipologia 6
<b>n. 11</b>	Installazione di pompe di calore elettriche ad aria esterna in edifici di nuova costruzione o ristrutturati in luogo di caldaie a gas	tabella B tipologia 11	tabella B tipologia 13
<b>n. 12</b>	Impianti di cogenerazione con potenza unitaria per modulo maggiore di 0,5 MWe	tabella B tipologia 11	tabella A tipologia 3
<b>n. 13</b>	Impianti di cogenerazione di potenza medio-bassa	tabella B tipologia 11	tabella A tipologia 3
<b>n. 14</b>	Installazione di sistemi elettronici di regolazione di frequenza in motori elettrici	tabella A tipologia 2	tabella B tipologia 7
<b>n. 15</b>	Recupero energetico dalla decompressione del gas naturale	---	tabella B tipologia 5
<b>n. 16</b>	Installazione di motori e meccanismi di trasmissione della forza motrice a più alta efficienza	tabella A tipologia 2	tabella B tipologia 7
<b>n. 17</b>	Sostituzione di frigoriferi, frigo-congelatori, congelatori, lavabiancheria, lavastoviglie, con prodotti analoghi a più alta efficienza	tabella A tipologia 8	tabella B tipologia 12
<b>n. 18</b>	Erogatori per doccia a basso flusso	tabella A tipologia 6	tabella A tipologia 2

<sup>1</sup> Nel presente documento per “decreto ministeriale elettrico 24 aprile 2001” si intende il decreto del Ministro dell’industria, del commercio e dell’artigianato di concerto con il Ministro dell’ambiente 24 aprile 2001, pubblicato nel Supplemento ordinario, n. 125 alla Gazzetta Ufficiale, Serie generale, n. 117, del 22 maggio 2001, recante “Individuazione degli obiettivi quantitativi nazionali di incremento dell’efficienza energetica negli usi finali ai sensi dell’art. 9, comma 1, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79”.

<sup>2</sup> Nel presente documento per “decreto ministeriale gas 24 aprile 2001” si intende il decreto del Ministro dell’industria, del commercio e dell’artigianato di concerto con il Ministro dell’ambiente 24 aprile 2001, pubblicato nel Supplemento ordinario, n. 125 alla Gazzetta Ufficiale, Serie generale, n. 117, del 22 maggio 2001, recante “Individuazione degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili di cui all’art. 16, comma 4, del decreto legislativo 23 maggio 2000, n. 164”.



**n. 19**    Rompigetto areati per rubinetti

tabella A  
tipologia 6

tabella A  
tipologia 2

## **Scheda tecnica n. 10 - Rifasamento di reti elettriche in stabilimenti industriali alimentati in alta tensione**

### **1. ELEMENTI PRINCIPALI**

#### **1.1 Descrizione dell'intervento**

Tipologia di intervento:	rifasamento presso l'utenza finale
Decreto ministeriale elettrico 24 aprile 2001:	tabella A, tipologia di intervento n. 1
Decreto ministeriale gas 24 aprile 2001:	tabella B, tipologia di intervento n. 6
Sotto-tipologia di intervento:	rifasamento reti elettriche in stabilimenti industriali alimentati in alta tensione
Settore di intervento:	industriale

#### **1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria**

Si veda la procedura per il calcolo del risparmio riportata in allegato
---

### **2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE**

Articolo 6 decreti ministeriali 24 aprile 2001.

Norme CEI 33-7, CEI EN 60831-1, CEI EN 60931-1.

# **ALLEGATO ALLA SCHEDA TECNICA N. 10: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA**

## **1 Premessa**

La procedura può essere utilizzata per valutare in modo semplificato l'entità del risparmio energetico conseguente all'installazione di batterie di condensatori sulle sbarre BT e MT, direttamente a valle dei trasformatori MT/BT ed MT/MT, in reti di distribuzione di energia elettrica in ambito industriale.

Come condizioni "base" vengono considerati stabilimenti industriali nei quali si verifichino le seguenti condizioni. Le condizioni elencate sono tipiche ad esempio di impianti petrolchimici senza generazione interna direttamente connessa alle sbarre MT principali:

- a) le batterie di condensatori sono dimensionate in modo da mantenere il  $\cos\phi$  sulle sbarre BT ed MT ad un valore fisso pari a 0,95R;
- b) non sono presenti generatori direttamente connessi alle sbarre MT del quadro principale;

La valutazione che segue prescinde da tutte le implicazioni tecniche ed economiche derivanti dall'installazione di batterie di condensatori sulle sbarre BT della rete di distribuzione (sovratensioni, guasti, manutenzione, problemi di installazione, altro).

Viene fatto riferimento a due tipiche configurazioni di impianto di distribuzione, comuni a molti stabilimenti industriali alimentati in AT: il doppio radiale, rappresentato nella figura 1 e il singolo radiale di Fig. 2. Considerando la prima configurazione, che è la più complessa, si evidenziano i seguenti componenti principali:

- a) due arrivi AT indipendenti
- b) due trasformatori AT/MT, denominati A e B, che alimentano altrettante sbarre di un quadro di distribuzione principale (con tensione nominale nel campo da 10kV a 30kV)
- c) il quadro di distribuzione principale, costituito da due sezioni di sbarre A e B, collegabili tramite un congiuntore
- d) le cabine di distribuzione, sparse per lo stabilimento, contenenti i genere uno o più quadri BT e uno o più quadri MT, ciascuno composto da due sezioni di sbarre (A e B) alimentate da altrettanti trasformatori MT/BT o MT/MT. Questi trasformatori sono generalmente del tipo ONAN/ONAF.

Lo schema di distribuzione singolo radiale è un caso particolare del doppio radiale, essendo quest'ultimo costituito da due singoli radiali tra loro indipendenti e collegabili tra loro tramite i congiuntori presenti sui quadri dei vari livelli di tensione.

Nel calcolo del risparmio energetico vengono considerate le perdite nei trasformatori AT/MT e nei trasformatori di distribuzione MT/BT e MT/MT. Vengono pertanto trascurate le perdite nei cavi che collegano il quadro di distribuzione principale con le varie cabine: negli impianti presi in esame tali linee di distribuzione hanno infatti lunghezza relativamente contenuta e resistenza elettrica poco significativa. Sono inoltre trascurate le perdite nei condensatori stessi, questo compensa in qualche misura le minori perdite che si possono attendere lungo la(e) linea(e) AT che alimenta(n) lo stabilimento industriale in seguito all'installazione dei condensatori. Si raccomanda comunque che le perdite specifiche (angolo di perdita) dei condensatori da installare non superino i 0,3 W/kVAr. Normativa di riferimento: CEI 33-7, CEI EN 60831-1, CEI EN 60931-1.

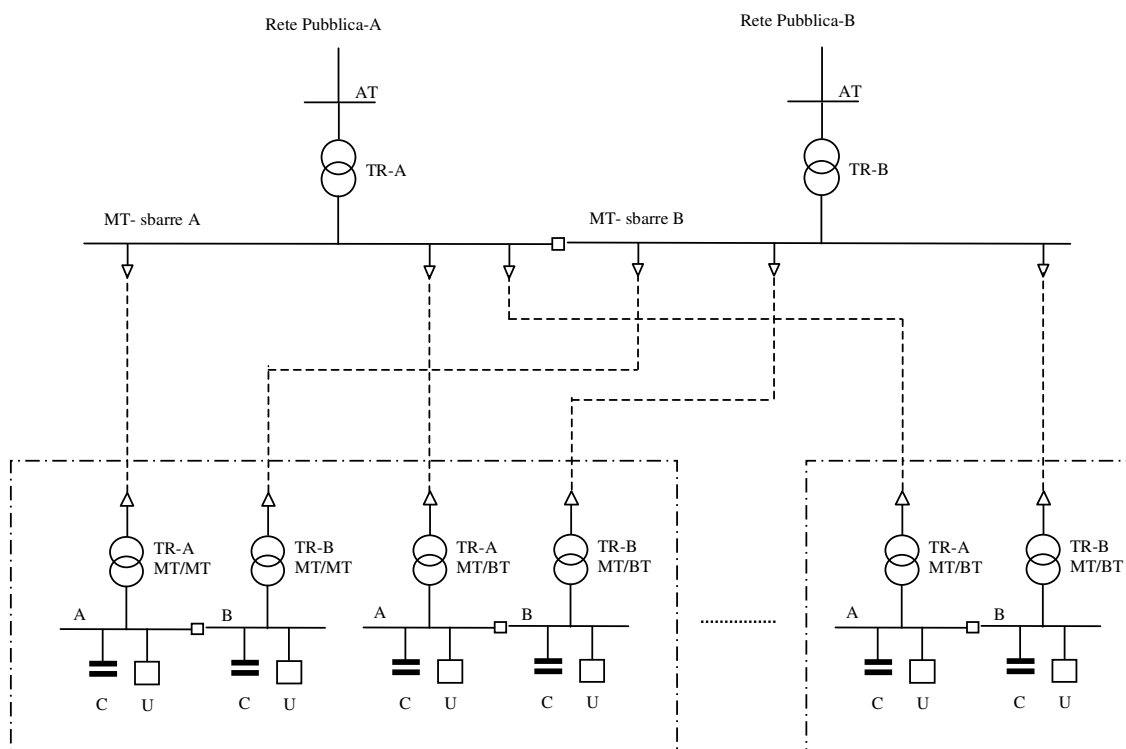


Figura. 1: Tipica rete di distribuzione in doppio radiale

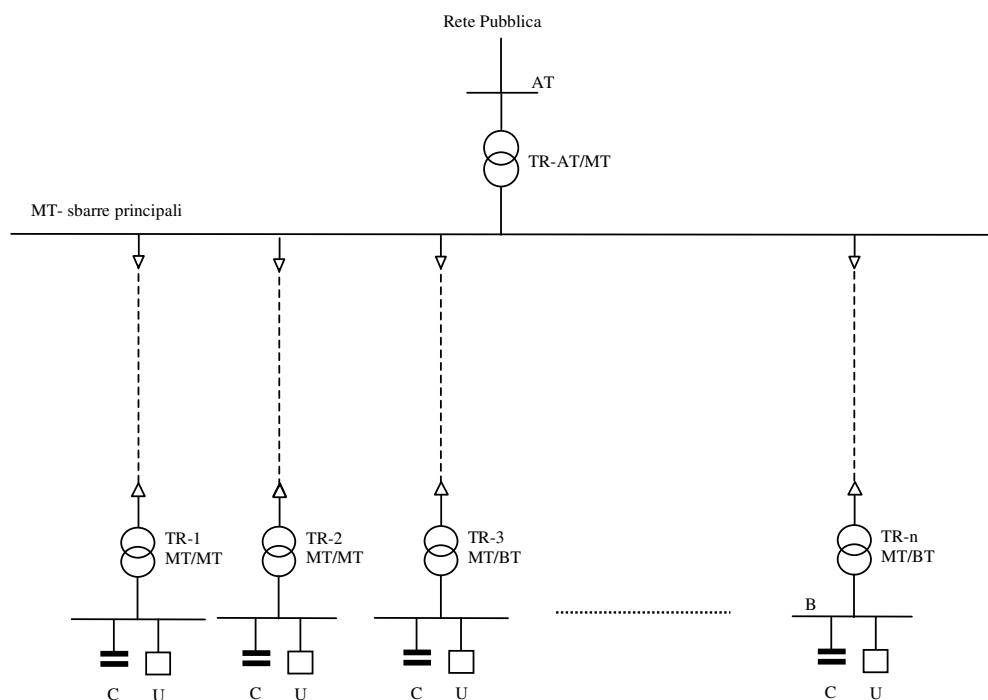


Figura 2: Tipica rete di distribuzione in singolo radiale

## 2 Procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria

La procedura di calcolo dei risparmi di energia primaria si basa sulla conoscenza dettagliata delle caratteristiche dell'impianto su cui si vuole effettuare l'intervento di installazione dei condensatori e precisamente:

- $p_{ccAT}\%$ ,  $p_{ccMT}\%$ : perdite percentuali a carico nominale dei trasformatori AT/MT e dei trasformatori di distribuzione MT/MT e MT/BT. Le perdite a pieno carico sono desumibili dai dati di targa del trasformatore o più semplicemente utilizzando i valori medi indicati nella seguente tabella 1 per i trasformatori AT/MT e un valore medio di 0,9% per i trasformatori di distribuzione MT/BT e MT/MT

$A_{nAT}$ [MVA]	$P_{ccAT}$ %
16	0,525
20	0,535
25	0,448
31.5	0,476
40	0,450
60	0,375

Tabella 1: Valori delle perdite a carico dei trasformatori AT/MT

- $N$ ,  $A_{ni}$ : numero e taglia dei trasformatori di distribuzione MT/MT e MT/BT.
- $A_{nAT}$ : taglia dei trasformatori AT/MT.
- $h_i$ : durata in ore di ciascun periodo di tempo in cui, ai fini del calcolo, è suddiviso l'anno. Tanto più numerosi saranno i periodi di computo, tanto più accurato, ma più complesso risulterà il calcolo. In generale il valore di  $i$  sarà dettato dalla disponibilità di strumenti di misura e registrazione dei consumi presenti nell'impianto. Nell'ipotesi più cautelativa si potrà ritenere che, avendo soltanto i contatori di energia attiva e reattiva con lettura e fatturazione mensile, il numero dei periodi di calcolo sia pari ai mesi dell'anno ( $i=12$ ).
- $fc_i$ : fattore di carico medio nel periodo considerato  $i$ .
- $\cos \varphi_{MT}$ : fattore di potenza medio annuale, sulle sbarre MT del quadro principale prima dell'installazione dei condensatori sulle sbarre MT e BT. Si suppone coincidente con il fattore di potenza nel "punto di consegna".
- $\cos \varphi$ : fattore di potenza medio annuale iniziale dell'impianto nei punti di installazione del rifasamento distribuito. Si suppone coincidente con  $\cos \varphi_{MT}$  nel caso di assenza di rifasamento preesistente sulle sbarre principali MT.

Noti i dati elencati, è possibile calcolare il risparmio energetico totale in un anno e la potenza reattiva totale da installare nell'impianto utilizzando le formule indicate nel paragrafo successivo.

### 3 Modalità di calcolo del risparmio di energia primaria

Definendo come  $E_p$  l'energia persa nei singoli trasformatori prima dell'installazione dei condensatori e come  $E'_p$  quella persa dopo aver rifasato l'impianto, l'energia risparmiata in un anno sarà data da:

$$\Delta E_p = E_p - E'_p = \sum_1^T (P_{pi} - P'_{pi}) \cdot h_i \quad [1]$$

Sono indicati con:

$P_p$ : la somma delle perdite nei trasformatori (medie in un periodo  $h_i$ )  
 $T$ : il numero di intervalli di tempo in cui è stato suddiviso l'anno

L'impostazione consente di prendere in considerazione, nel caso di reti in doppio radiale (Fig. 1), una sola sezione: quella denominata con la lettera 'A'.

Ai fini del calcolo del risparmio energetico, tale sistema può essere ulteriormente ridotto ad una rete costituita da un trasformatore AT/MT che alimenta  $N$  trasformatori tutti uguali di potenza nominale pari a:

$$A_{eq} = (\sum_i A_{ni}) / N \quad [2]$$

dove:

$A_{ni}$ : è la potenza nominale (ONAN) dell' $i$ -esimo trasformatore alimentato dalla sbarra A del quadro di distribuzione principale in kVA;

$N$ : è il numero totale di trasformatori alimentati dalla sbarra A del quadro di distribuzione principale.

In base alle ipotesi fatte, sviluppando l'equazione e mettendo in evidenza i parametri di interesse, si ottiene:

$$\Delta E_p = \left( \frac{P_{ccAT}\%}{100 \cdot A_{nAT}} + \frac{P_{ccMT}\%}{100 \cdot N \cdot A_{eq}} \right) \cdot N^2 \cdot A_{eq}^2 \cdot k_\varphi \cdot 0.22 \cdot 10^{-3} \cdot \sum_1^T f_{ci}^2 \cdot h_i \quad [tep / anno] \quad [3]$$

Sono indicati con:

$P_{ccMT}\%$ : le perdite medie di corto circuito dei trasformatori di distribuzione MT/BT e MT/MT;

$P_{ccAT}\%$ : le perdite di corto circuito del trasformatore AT/MT. I valori delle perdite percentuali sono state desunte dalle caratteristiche dei trasformatori di alcuni costruttori e indicate in tabella 1;

$A_{nAT}$ : la potenza nominale del trasformatore AT/MT in kVA;

$0.22 \cdot 10^{-3}$  il fattore di conversione da kWh a tep

$k_\varphi$ : è il coefficiente definito dalla seguente relazione:

$$k_\varphi = 1 - \left( \frac{k'}{k} \cdot \frac{\cos \varphi}{\cos \varphi'} \right)^2 \quad [4]$$

con:

$\cos \varphi$ : fattore di potenza medio annuale iniziale alle sbarre MT e BT

$\cos \varphi'$ : fattore di potenza medio annuale, sulle sbarre MT e BT dopo l'installazione dei condensatori (orientativamente pari a 0,95)

$k, k'$ : fattori di correzione che tengono conto del fatto che il  $\cos \varphi$  a monte del trasformatore (MT/MT o MT/BT) è inferiore rispetto al valore a valle a causa della potenza reattiva impegnata dal trasformatore stesso ( $k=1,03$ ;  $k'=1,015$ ).

$f_{ci}$ : fattore di carico medio dell'impianto durante il periodo  $i$ , definito dalla seguente relazione:

$$f_{ci} = \frac{A_i}{N \cdot A_{eq}} \quad [5]$$

dove  $A_i$  rappresenta la potenza apparente (in kVA) assorbita dall'impianto, media sul periodo  $i$  prima dell'installazione dei condensatori, definita dalla:

$$A_i = \frac{1}{h_i} \cdot \sqrt{E_{ai}^2 + E_{ri}^2} \quad [6]$$

con:

$E_{ai}$ : energia attiva assorbita nel periodo  $i$ -esimo

$E_{ri}$ : energia reattiva assorbita nel periodo  $i$ -esimo

$h_i$ : ore del periodo preso in esame.

Nel caso sia presente un sistema di rifasamento sulle sbarre MT principali, ai soli fini di mantenere il  $\cos \varphi$  al punto di consegna entro limiti accettabili per non incorrere in penali o per ridurre gli oneri conseguenti al prelievo di energia reattiva, è possibile calcolare il risparmio energetico con la seguente relazione, ottenuta sviluppando la relazione [3]:

$$\Delta E_p = \left( \frac{P_{ccAT} \%}{100 \cdot A_{nAT}} \cdot k_{\varphi 2} + \frac{P_{ccMT} \%}{100 \cdot N \cdot A_{eq}} \cdot k_{\varphi 1} \right) \cdot N^2 \cdot A_{eq}^2 \cdot k_\varphi \cdot 0.22 \cdot 10^{-3} \cdot \sum_1^T f_{ci}^2 \cdot h_i \quad [tep / anno] \quad [7]$$

con:

$k_\varphi$ : coefficiente  $k_\varphi$  definito dalla relazione [4]

$k_{\varphi 2}$ : coefficiente definito dalla seguente relazione:

$$k_{\varphi 2} = 1 - \left( k' \cdot \frac{\cos \varphi_{MT}}{\cos \varphi} \right)^2 \quad [8]$$

con:

$\cos \varphi$ : fattore di potenza medio annuo iniziale sulle sbarre MT e BT

$\cos \varphi'$ : fattore di potenza medio annuo, sulle sbarre MT e BT dopo l'installazione dei condensatori (orientativamente 0,95)

$\cos \varphi_{MT}$ : fattore di potenza medio annuo, sulle sbarre MT del quadro principale prima dell'installazione dei condensatori sulle sbarre MT e BT. Nel caso di stabilimenti con rifasamento centralizzato sulle sbarre MT di distribuzione principale, il calcolo del fattore di potenza del carico, prima dell'intervento, può essere determinato nel seguente modo, tenendo in considerazione che, nel caso di reti in doppio radiale bisogna sempre considerare un emisistema:

- si rileva la potenza reattiva  $Q_{MT}$  (kVar) della batteria di condensatori complessivamente installata sulle sbarre MT del quadro principale. Nel caso di batterie inseribili in modo modulare, come  $Q_{MT}$  si consideri convenzionalmente l'80% del totale installato
- si calcola il fattore di potenza medio sulle sbarre MT di distribuzione principale,  $\cos \varphi_{MT}$ , noti i valori di energia attiva e reattiva totali.
- si risale al valore del fattore di potenza medio del carico tramite la seguente relazione:

$$\cos \varphi = \cos \arctg \left( \frac{Q_{MT} \cdot 8760}{E_{a-tot}} + tg \varphi_{MT} \right)$$

$k'$ : fattore di correzione che tiene conto del fatto che il  $\cos \varphi$  a monte del trasformatore è inferiore rispetto al valore a valle a causa della potenza reattiva impegnata dal trasformatore stesso ( $k'=1,015$ ).

Una volta installati i condensatori sulle sbarre MT e BT dei quadri di distribuzione, i condensatori inseriti sulle sbarre MT del quadro principale dovranno essere disinseriti.

Per il calcolo della potenza reattiva totale da installare sulle sbarre MT e BT si utilizza per reti in singolo radiale la seguente relazione:

$$Q_{tot} = N \cdot A_{eq} \cdot f_{c-max} \cdot (Tg \varphi - Tg \varphi') \quad [kVar] \quad [9]$$

e per reti in doppio radiale la seguente relazione:

$$Q_{tot} = 2 \cdot N \cdot A_{eq} \cdot f_{c-max} \cdot (Tg \varphi - Tg \varphi') \quad [kVar] \quad [10]$$

avendo indicato con  $f_{c-max}$  il valore massimo del fattore di carico che si presenta durante un anno. Infatti la batteria di condensatori, di tipo modulabile a gradini, deve mantenere il fattore di potenza prossimo a 0.95 in tutte le condizioni di funzionamento. La batteria va quindi dimensionata in funzione della massima potenza attiva assorbita dall'impianto, o comunque del valor medio valutato in un periodo in cui è massimo l'assorbimento.



## 4 Esempio di applicazione della formula di calcolo del risparmio

- 4.1 Si consideri una rete industriale, in doppio radiale, costituita da:
- 2 trasformatori AT/MT da 25 MVA
  - 6 quadri BT (doppia sbarra) alimentati da 12 trasformatori MT/BT da 2000 kVA
  - 4 quadri MT (doppia sbarra) alimentati da 8 trasformatori MT/MT da 8000 kVA
  - nessun sistema di rifasamento presente sulle sbarre MT del quadro di distribuzione principale

In impianto sono stati reperiti i seguenti dati:

- *bollette dell'anno precedente l'installazione dei condensatori* (nella tabella i consumi sono relativi ad un solo arrivo, quello denominato con A; se la bolletta è unica si possono dividere i consumi per due, data la simmetria che caratterizza il doppio radiale);

Mese	Energia attiva $E_a$ [kWh]	Energia reattiva $E_r$ [kVArh]
gennaio	13.000.000	9.700.000
febbraio	10.000.000	7.700.000
marzo	14.000.000	10.100.000
aprile	13.500.000	10.225.000
maggio	15.000.000	11.150.000
giugno	14.000.000	10.400.000
luglio	13.500.000	10.225.000
agosto	3.000.000	2.550.000
settembre	13.500.000	10.025.000
ottobre	14.000.000	10.400.000
novembre	13.500.000	10.025.000
dicembre	13.000.000	9.650.000
<b>Totale</b>	<b>151.000.000</b>	<b>113.100.000</b>

- *perdite a carico dei trasformatori*  $p_{ccMT}$ :  
2000 kVA 0.95%  
8000 kVA 0.825%
- $p_{ccAT}$ : 0,448 %

- 4.2 Si calcola la potenza nominale equivalente facendo la somma delle potenze nominali, in kVA (funzionamento ONAN), di tutti i trasformatori alimentati dalla sbarra “A” di distribuzione principale e dividendo per il numero dei trasformatori alimentati:

$$A_{eq} = (6 \cdot 2.000 + 4 \cdot 8.000) / 10 = 4.400 \text{ kVA}$$

- 4.3 Si calcola il fattore di potenza medio iniziale (non essendoci rifasamento sulle sbarre MT di distribuzione principale, il valore trovato è quello medio del carico):

$$\cos \varphi = \cos \arctg \frac{E_{r-tot}}{E_{a-tot}} = \cos \arctg \frac{113.100.000}{151.000.000} = 0,80$$

4.4 Assumendo un fattore di potenza finale pari a 0,95, applicando la [4] si ottiene:

$$k_{\varphi} = 1 - \left( \frac{1,015}{1,03} \cdot \frac{0,8}{0,95} \right)^2 = 0,311$$

4.5 Si calcolano i fattori di carico dei vari mesi, utilizzando la relazione [5]:

i	Mese	gg	h <sub>i</sub> [h]	A <sub>i</sub> [kVA]	f <sub>ci</sub>
1	gennaio	31	744	21801,14	0,49548
2	febbraio	28	672	18781,27	0,426847
3	marzo	31	744	23202,91	0,527339
4	aprile	30	720	23521,1	0,53457
5	maggio	31	744	25121,2	0,570936
6	giugno	30	720	24222,48	0,550511
7	luglio	31	744	22762,35	0,517326
8	agosto	31	744	5292,099	0,120275
9	settembre	30	720	23354,43	0,530783
10	ottobre	31	744	23441,11	0,532752
11	novembre	30	720	23354,43	0,530783
12	dicembre	31	744	21761,02	0,494569

4.6 Utilizzando la relazione [3] si ricava il risparmio energetico:

$$\Delta E_p = \left( \frac{0,448}{100 \cdot 25.000} + \frac{0,9}{100 \cdot 10 \cdot 4.400} \right) \cdot 10^2 \cdot 4.400^2 \cdot 0,311 \cdot 0,22 \cdot 10^{-3} \cdot \sum_1^{12} f_{ci}^2 \cdot h_i = 111,1 \left[ \frac{tep}{anno} \right]$$

4.7 Per il calcolo della totale potenza reattiva da installare nell'impianto per portare il cosφ a 0,95 si utilizza la relazione [10]. Tenuto conto che il periodo con più elevato assorbimento è il mese di maggio, con un fattore di carico medio pari a 0.5709, si ha che:

$$Q_{tot} = 2 \cdot 10 \cdot 4400 \cdot 0.5709 \cdot (0.75 - 0.328) = 21200 kVar$$

## 5 Procedura di verifica

Nel caso di verifiche a campione dovranno essere reperiti presso l'impianto i dati utilizzati nell'esempio applicativo del paragrafo 4, ed eseguiti:

- a) verifica dell'assenza di condensatori sulle sbarre MT di distribuzione principale
- b) verifica che il fattore di potenza al punto di consegna prossimo a 0,95 (la verifica del fattore di potenza può essere fatta direttamente mediante lettura del cosfmetro se presente, ovvero calcolandolo dai valori di energia attiva e reattiva indicati nelle bollette, tramite la formula del punto 2 del paragrafo "Esempio di applicazione della formula").
- c) esame della documentazione di acquisto con specifiche tecniche dei sistemi di rifasamento e verifica della rispondenza dei condensatori alle relative norme CEI e delle loro prestazioni in termini di perdite specifiche (angolo di perdita) a quanto indicato nella presente procedura (0,3 W/kVAr).
- d) verifica della presenza di condensatori di rifasamento sulle sbarre MT e BT e controllo che la totale potenza reattiva installata nell'impianto sia superiore al valore determinato con l'applicazione della relazione [9] o della relazione [10] del paragrafo 2.

# Scheda tecnica n. 11 - Installazione di pompe di calore elettriche ad aria esterna in edifici di nuova costruzione o ristrutturati in luogo di caldaie a gas

## 1. ELEMENTI PRINCIPALI

### 1.1 Descrizione dell'intervento

Tipologia di intervento:	climatizzazione ambienti e recuperi di calore in edifici climatizzati con l'uso di fonti energetiche non rinnovabili
Decreto ministeriale elettrico 24 aprile 2001:	tabella B, tipologia di intervento n. 11
Decreto ministeriale gas 24 aprile 2001:	tabella B, tipologia di intervento n. 13
Sotto-tipologia di intervento:	installazione di pompe di calore elettriche ad aria esterna in luogo di caldaie in edifici di nuova costruzione o ristrutturati
Settore di intervento:	domestico
Tipo di utilizzo:	riscaldamento dei locali

### 1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Unità fisica di riferimento:

appartamento tipo riscaldato con pompa di calore elettrica ad aria esterna

Risparmio specifico di energia primaria conseguibile per singola unità fisica di riferimento (RSL):

$$RSL = tep \cdot 10^{-3} / \text{appartamento/anno}$$

Risparmio medio annuo di energia primaria, espresso in tep annue per appartamento, per le varie zone climatiche e per pompe di calore con diversi COP nominali, per un appartamento avente una superficie di 82 m<sup>2</sup>. Per valori intermedi del fattore di forma S/V o per valori intermedi del COP in condizioni nominali, il risparmio di energia primaria può essere ricavato per interpolazione lineare.

Pompa di calore elettrica con COP nominale pari a 3,0

S/V	Zona B	Zona C	Zona D
[m <sup>-1</sup> ]	[tep·10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]	[tep·10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]	[tep·10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]
0.20	11	20	23
0.30	14	28	31
0.40	18	36	41
0.50	23	44	50
0.60	29	54	60
0.70	35	63	70
0.80	41	73	80
0.90	47	84	90

Pompa di calore elettrica con COP nominale pari a 3,5

S/V	Zona B	Zona C	Zona D
[m <sup>-1</sup> ]	[tep·10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]	[tep·10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]	[tep·10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]
0.20	16	32	46
0.30	22	44	61

0.40	28	56	77
0.50	36	69	93
0.60	44	83	110
0.70	52	98	127
0.80	61	113	145
0.90	70	128	162
Pompa di calore elettrica con COP nominale pari a 4,0			
S/V	Zona B	Zona C	Zona D
[m <sup>-1</sup> ]	[tep·10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]	[tep·10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]	[tep·10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]
0.20	21	42	63
0.30	27	56	83
0.40	36	71	104
0.50	45	88	126
0.60	55	105	148
0.70	65	123	170
0.80	77	142	193
0.90	88	161	216
Persistenza dei risparmi energetici nel tempo: 100% rispetto all'anno precedente			
Taglia minima: da definire a seguito della consultazione			
Documentazione da trasmettere e da conservare: da definire a seguito della consultazione			

## 2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

Articolo 6, decreti ministeriali 24 aprile 2001.

Norma UNI EN 255

# ALLEGATO ALLA SCHEDA TECNICA N. 11: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA

## 1. Procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria

La procedura di calcolo si basa sulle seguenti assunzioni.

### 1.1 Dati relativi alla pompa di calore elettrica

Si considera una pompa di calore elettrica ad aria esterna avente le seguenti caratteristiche:

a) decadimento della potenza termica resa in funzione della temperatura esterna come in figura 1:

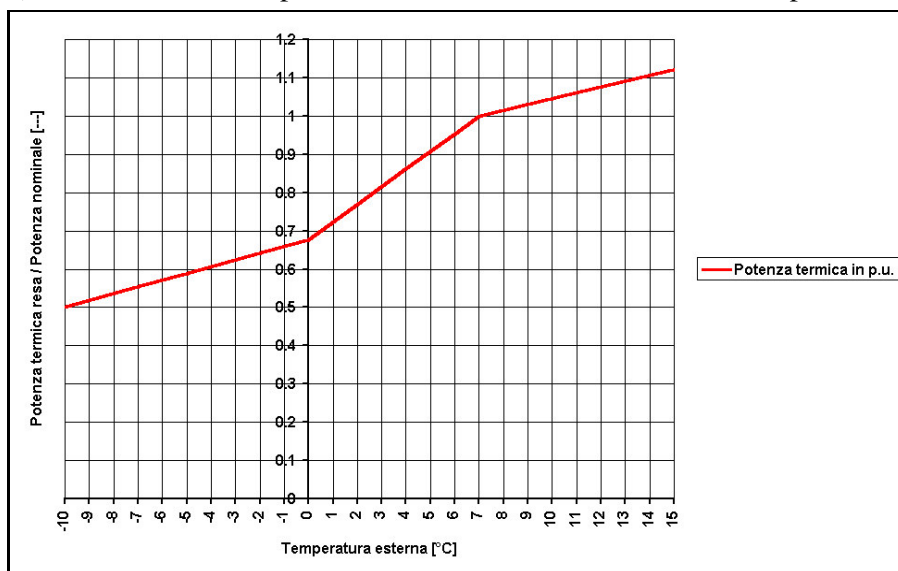


Figura 1

b) decadimento del rapporto fra COP e COP nominale in funzione della temperatura esterna come in figura 2:

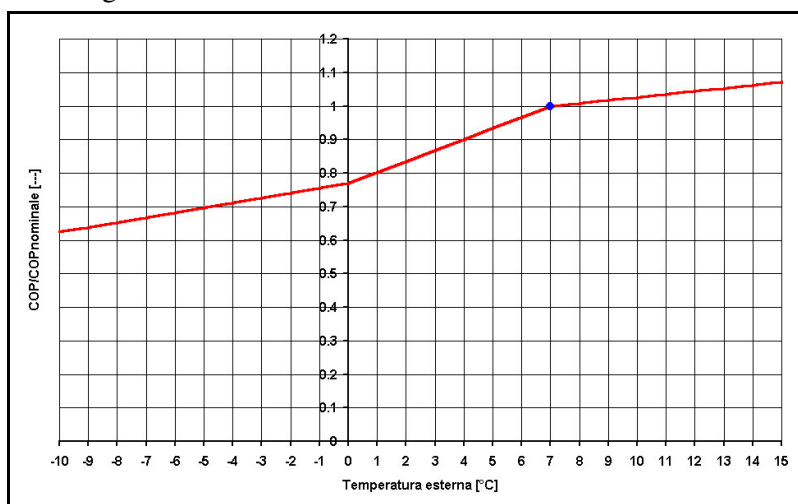


Figura 2

- riferimento al COP in condizioni nominali, cioè alle condizioni di prova (T1) della norma UNI EN 255 (temperatura aria esterna di 7 °C BS (6 °C BU) e temperatura acqua di 50 °C per pompe di calore aria/acqua; temperatura aria esterna di 7 °C BS (6 °C BU) e temperatura aria interna di 20 °C per pompe di calore aria/aria); tale COP deve essere misurato come prescritto dalla suddetta norma, escludendo però dai consumi la potenza elettrica assorbita dalla pompa di circolazione dell'acqua dell'impianto. Tale consumo non viene considerato nel confronto energetico perché si assume che esso sia identico a quello della pompa di circolazione dell'acqua per l'impianto con caldaia.
- c) fattore di degradazione (PLF) del COP a carico parziale per regolazione di tipo ON/OFF dato dalla:

$$PLF = 1 - K_d \cdot (1 - PLR)$$

dove PLR è il rapporto di parzializzazione del carico e  $K_d$  è un coefficiente di degradazione pari a 0,229 (figura 3). La funzione che descrive la degradazione del COP a carico parziale per pompe di calore residenziali dotate di un solo compressore è adottata a livello internazionale.

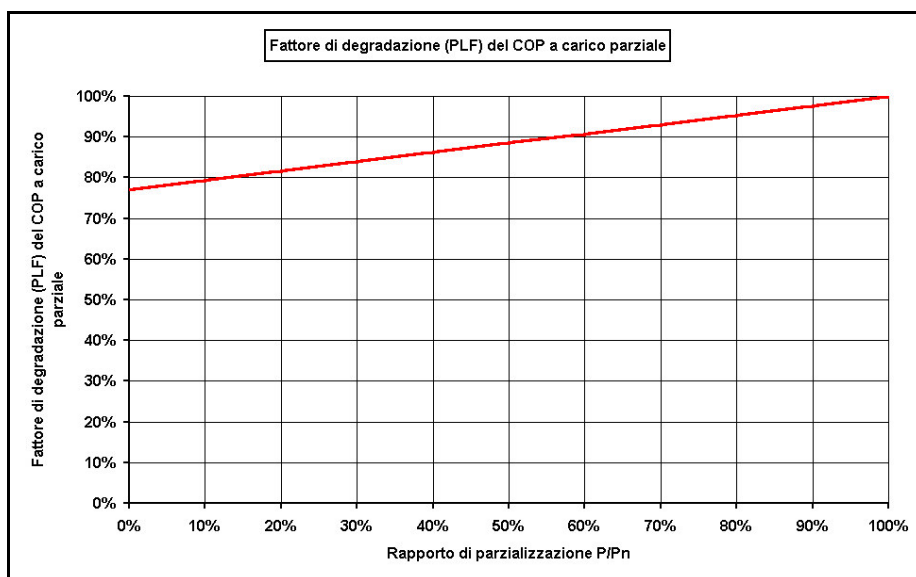


Figura 3: Fattore di degradazione (PLF) del COP a carico parziale

Si considera il consumo di energia elettrica dovuto ai ventilconvettori (pompa di calore aria/acqua) o alle unità interne (pompa di calore aria/aria).

Le funzioni di decadimento della potenza termica resa e del COP in funzione della temperatura esterna sono state ricavate da prove sperimentali.

## 1.2 Dati relativi alla caldaia a gas

Si considera come situazione alternativa una caldaia a una/due stelle di rendimento (DPR 15/11/96, n.660), con rendimento medio stagionale pari all'80%. Secondo le statistiche di vendita, tale tipologia di caldaia è scelta nel 99% delle nuove installazioni.

## 1.3 Fabbisogno termico stagionale

Il fabbisogno termico stagionale viene valutato in funzione del coefficiente di dispersione volumico  $C_d$ , della superficie dell'appartamento e della zona climatica. Sono state considerate nel calcolo le perdite per trasmissione attraverso l'involucro, per ventilazione (ricambi d'aria) e gli apporti gratuiti.

E' stata impostata una temperatura interna di 20 °C durante le ore di attivazione dell'impianto, e di 16 °C nel periodo di attenuazione.

Per la simulazione oraria sono stati utilizzati i dati climatici relativi agli anni-tipo di località italiane rappresentative delle condizioni climatiche medie (in termini di gradi-giorno) delle rispettive zone climatiche.

Non è stata considerata la zona E perché le sue caratteristiche climatiche non si prestano, in generale, all'impiego esclusivo della pompa di calore elettrica ad aria esterna. A maggior ragione le pompe di calore ad aria esterna si ritengono inapplicabili in zona F.

Si è considerato un appartamento di dimensione media avente una superficie di 82 m<sup>2</sup>.

Per l'ammissibilità ai fini dei decreti ministeriali 24 aprile 2001, il  $C_d$  volumico del modulo abitativo, in funzione della zona climatica, dei gradi-giorno della località e del fattore di forma (rapporto S/V), deve essere inferiore ai valori limite riportati nella tabella 1. Tali valori sono stati utilizzati per il calcolo dei fabbisogni termici degli appartamenti; per ciascuna zona climatica si è considerato un numero di gradi-giorno intermedio. Le caratteristiche termiche dell'edificio ed il rispetto del vincolo sul  $C_d$  devono essere asseverati con perizia giurata da un ingegnere o perito termotecnico iscritto al pertinente albo professionale.

	ZONA CLIMATICA									
	A	B		C		D		E		F
	Gradi Giorno	Gradi Giorno		Gradi Giorno		Gradi Giorno		Gradi Giorno		Gradi Giorno
S/V	fino a 600	da 601 a 750	da 751 a 900	da 901 a 1150	da 1151 a 1400	da 1401 a 1750	da 1751 a 2100	da 2101 a 2550	da 2551 a 3000	oltre 3000
0,2	0,42	0,42	0,37	0,37	0,33	0,33	0,26	0,26	0,23	0,23
0,9	0,99	0,99	0,87	0,87	0,75	0,75	0,60	0,60	0,55	0,55

Tabella 1 – Valori limite di  $C_d$  volumico previsti dai decreti ministeriali 24 aprile 2001



La tabella 2 riporta, per l'appartamento tipo, il fabbisogno energetico di riferimento per il riscaldamento, in funzione della zona climatica e del fattore di forma. Per valori intermedi del fattore di forma S/V i fabbisogni termici possono essere ricavati per interpolazione lineare.

<b>S/V</b>	<b>Zona B</b>	<b>Zona C</b>	<b>Zona D</b>
[m <sup>-1</sup> ]	[Mcal/app.to/anno ]	[Mcal/app.to/anno ]	[Mcal/app.to/anno ]
0,20	404	839	1454
0,30	538	1118	1896
0,40	694	1423	2354
0,50	868	1746	2820
0,60	1059	2083	3293
0,70	1260	2427	3769
0,80	1468	2779	4249
0,90	1680	3135	4732

Tabella 2. Fabbisogno energetico per un appartamento di 82 m<sup>2</sup>.

#### **1.4 Consumo energetico della pompa di calore elettrica**

La procedura di calcolo adottata assume che le norme tecniche e le regole di buona progettazione siano correttamente applicate

Il consumo della pompa di calore elettrica è stato calcolato in funzione della temperatura esterna, e quindi della zona climatica, in quanto con essa variano la potenza resa, il rapporto di parzializzazione e il COP.

Sono stati considerati apparecchi con diversi COP in condizioni nominali, pari a 3,0, 3,5 e 4,0.

Nel calcolo è stato considerato anche il consumo di energia elettrica dei ventilconvettori (pompa di calore aria/acqua) o delle unità interne (pompa di calore aria/aria), che è invece assente nel caso dell'impiego della caldaia del tipo considerato.

Il consumo di energia primaria è stato calcolato moltiplicando l'energia elettrica consumata [in kWh] per il fattore di energia primaria  $F_{el} = 0,22 \times 10^{-3}$  tep/kWh.

#### **1.5 Consumo energetico della caldaia a gas**

Il consumo della caldaia dipende dal grado di parzializzazione con cui opera, cioè dal carico termico in funzione della temperatura esterna (zona climatica); il risultato è un rendimento medio stagionale. Tale rendimento è stato assunto pari all'80%.

L'energia primaria, in tep, associata al consumo di gas è stata calcolata a partire dall'energia termica consumata (in Mcal) in base alla seguente relazione:

$$E_{gas\ primaria} = E_{term.gas} \cdot 10^{-4} \quad [tep]$$

### 1.5 Risparmio energetico

Per un appartamento avente una superficie di 82 m<sup>2</sup>, il risparmio medio annuo di energia primaria, espresso in tep annue per appartamento, per le varie zone climatiche e per pompe di calore con diversi COP nominali, è riportato nelle tabelle 3, 4 e 5.

Per valori intermedi del fattore di forma S/V o per valori intermedi del COP in condizioni nominali, il risparmio di energia primaria può essere ricavato per interpolazione lineare.

Pompa di calore elettrica con COP nominale pari a 3.0			
S/V	Zona B	Zona C	Zona D
[m <sup>-1</sup> ]	[tep•10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]	[tep•10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]	[tep•10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]
0,20	11	20	23
0,30	14	28	31
0,40	18	36	41
0,50	23	44	50
0,60	29	54	60
0,70	35	63	70
0,80	41	73	80
0,90	47	84	90

Tabella 3. Risparmio di energia primaria con pompa di calore elettrica avente COP nominale pari a 3,0 in sostituzione di caldaia a due stelle per un appartamento di 82 m<sup>2</sup>.

Pompa di calore elettrica con COP nominale pari a 3.5			
S/V	Zona B	Zona C	Zona D
[m <sup>-1</sup> ]	[tep•10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]	[tep•10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]	[tep•10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]
0,20	16	32	46
0,30	22	44	61
0,40	28	56	77
0,50	36	69	93
0,60	44	83	110
0,70	52	98	127
0,80	61	113	145
0,90	70	128	162

Tabella 4. Risparmio di energia primaria con pompa di calore elettrica avente COP nominale pari a 3,5 in sostituzione di caldaia a due stelle per un appartamento di 82 m<sup>2</sup>.

Pompa di calore elettrica con COP nominale pari a 4.0			
S/V	Zona B	Zona C	Zona D
[m <sup>-1</sup> ]	[tep•10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]	[tep•10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]	[tep•10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]
0,20	21	42	63
0,30	27	56	83
0,40	36	71	104
0,50	45	88	126
0,60	55	105	148
0,70	65	123	170
0,80	77	142	193
0,90	88	161	216

Tabella 5. Risparmio di energia primaria con pompa di calore elettrica avente COP nominale pari a 4,0 in sostituzione di caldaia a due stelle per un appartamento di 82 m<sup>2</sup>.

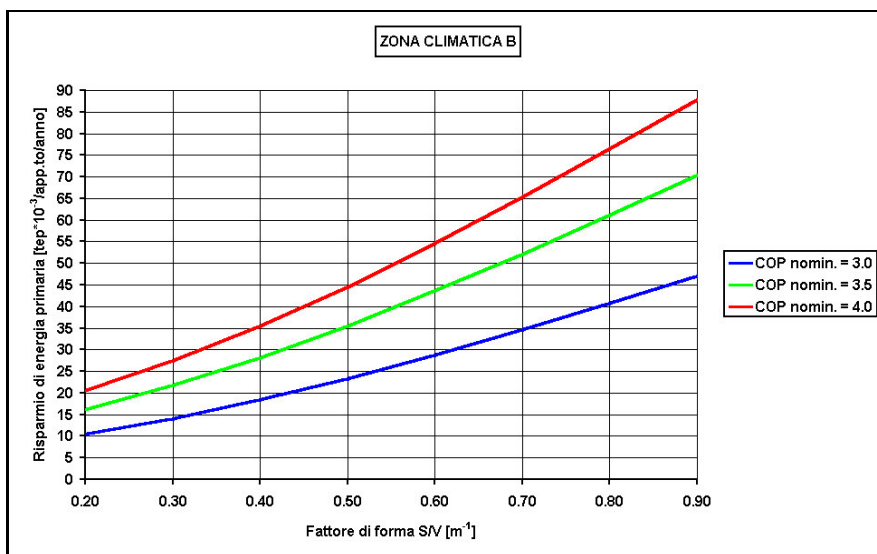


Figura 4. Zona B: Risparmio di energia primaria al variare di S/V, per diversi valori di COP nominale.

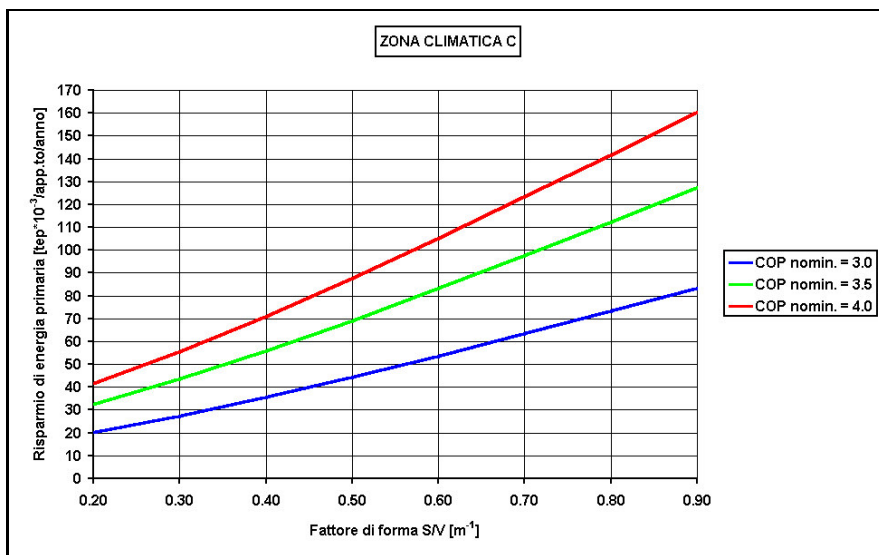


Figura 5. Zona C: Risparmio di energia primaria al variare di S/V, per diversi valori di COP nominale.

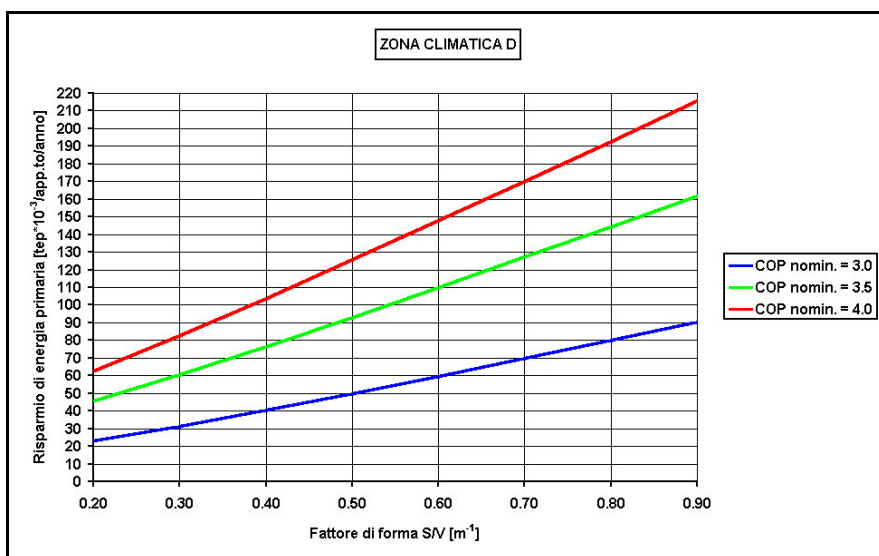


Figura 6. Zona D: Risparmio di energia primaria al variare di S/V, per diversi valori di COP nominale.

A titolo di esempio, considerando un'unità abitativa di 82 m<sup>2</sup> con un fattore di forma S/V = 0,5 che rispetti i vincoli sul C<sub>d</sub> volumico stabiliti dai decreti ministeriali 24 aprile 2001, si ottiene:

	ZONA CLIMATICA B	ZONA CLIMATICA C	ZONA CLIMATICA D
COP nominale	Risparmio di energia primaria	Risparmio di energia primaria	Risparmio di energia primaria
[---]	[tep•10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]	[tep•10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]	[tep•10 <sup>-3</sup> /app.to/anno]
3,0	23	44	50
3,5	36	69	93
4,0	45	88	126

Tabella 6. Risparmi di energia primaria per un appartamento di 82 m<sup>2</sup> con S/V = 0,5 e C<sub>d</sub> entro i limiti stabiliti dai decreti ministeriali 24 aprile 2001, ottenibili impiegando pompe di calore elettriche con diversi COP nominali.

## Scheda tecnica n. 12 – Impianti di cogenerazione con potenza unitaria per modulo maggiore di 0,5 MW elettrici

### 1. ELEMENTI PRINCIPALI

#### 1.1 Descrizione dell'intervento

Tipologia di intervento:	climatizzazione ambienti e recuperi di calore in edifici climatizzati con l'uso di fonti energetiche non rinnovabili
Decreto ministeriale elettrico 24 aprile 2001:	tabella B, tipologia di intervento n. 11
Decreto ministeriale gas 24 aprile 2001:	tabella A, tipologia di intervento n. 3
Sotto-tipologia di intervento:	<ul style="list-style-type: none"> <li>cogenerazione e sistemi di microgenerazione come definiti dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas</li> <li>climatizzazione diretta tramite teleriscaldamento da cogenerazione</li> </ul>
Settore di intervento:	civile, industriale
Tipo di utilizzo :	riscaldamento, raffrescamento, raffreddamento, generazione elettrica, usi diversi in processi produttivi

#### 1.2 Calcolo del risparmio dei risparmi di energia primaria

Grandezze da fornire:	<u>Impianto di cogenerazione</u>	Unità di misura
	Energia primaria della cogenerazione $E_{p_G}$	tep/anno
	<p>Dettaglio dei combustibili usati: quantità annue di combustibile utilizzato per tipo e rispettivi poteri calorifici inferiori. Esempio:</p> <p>MCOMB(1) PCI(1) (come definito dall'Autorità nelle Linee guida di cui all'articolo 5, comma 5 dei decreti ministeriali 24 aprile 2001)</p> <p>... ..</p> <p>MCOMB(i) PCI(i) (come definito dall'Autorità nelle Linee guida di cui all'articolo 5, comma 5 dei decreti ministeriali 24 aprile 2001)</p> <p>... ..</p>	
	Energia elettrica netta_cogenerata $E_e$	MWh/anno
	<p><u>Riscaldamento</u></p> <p>Energia termica fornita alle utenze (somma degli usi di riscaldamento e igienico-sanitari) <math>E_{t_C}</math></p>	MWh/anno
	<p><u>Refrigerazione</u></p> <p>Energia frigorifera fornita dall'impianto ad assorbimento <math>E_{t_F}</math></p>	MWh/anno
	Energia elettrica fornita dalla rete all'impianto ad assorbimento per alimentare tutti i consumi ausiliari $E_{e_{ASS}}$	MWh/anno
Risparmio netto di energia primaria conseguibile RTN:		

$RTN = (E_{p_{CONV}} - E_{p_{COG}}) \quad [tep/anno]$	
dove $E_{p_{CONV}}$ e $E_{p_{COG}}$ sono valutate con la procedura descritta nel seguito	
$E_{p_{CONV}}$	= energia primaria convenzionale per produzione separata di elettricità e calore [tep/anno]
$E_{p_{COG}}$	= energia primaria della cogenerazione, come definita nel seguito [tep/anno]
Coefficiente correttivo per risparmi non addizionali: $a = 0$ per progetti avviati nel periodo 2001-2004	
Persistenza dei risparmi energetici nel tempo:	100 % rispetto all'anno precedente
Taglia minima:	da definire a seguito della consultazione
Documentazione da trasmettere e da conservare:	da definire a seguito della consultazione

## 2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

Articolo 6, decreti ministeriali 24 aprile 2001.

Per le misure di energia elettrica prodotta o assorbita dalla rete: circolare del Ministero delle finanze, Direzione Generale Dogane, Ufficio Tecnico Centrale delle Imposte di Fabbricazione, prot. N. 3455/U.T.C.I.F. del 9 dicembre 1982 recante "Energia Elettrica - Utilizzazione di contatori elettrici trifase negli accertamenti fiscali" e successive modificazioni.

Per le misure del calore o delle frigorifiche fornite alle utenze: norma UNI EN 1434.

Deliberazione dell'Autorità 19 marzo 2002, n. 42/02 recante "Condizioni per il riconoscimento della produzione combinata di energia elettrica e calore come cogenerazione ai sensi dell'articolo 2, comma 8 del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79", pubblicata nella Gazzetta Ufficiale, Serie generale, n. 79 del 4 aprile 2002

# **ALLEGATO ALLA SCHEDA TECNICA N. 12: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA**

## **1. Premessa**

Questa procedura si applica per la determinazione del risparmio energetico conseguibile a seguito degli interventi per l'incremento dell'efficienza negli usi finali dell'energia derivante dall'utilizzo di sistemi di produzione combinata di energia elettrica e calore, sostitutivi di sistemi che utilizzano energia elettrica assorbita dalla rete ed energia termica prodotta con caldaia tradizionale alimentata mediante combustibili fossili.

La procedura proposta si propone di :

- a) minimizzare la quantità di dati forniti dal proponente,
- b) consentire una valutazione semplificata dell'intervento sia pure prevedendo la misura in campo di alcuni parametri.

Nella metodologia proposta si è cercato di limitare al massimo le misure su impianto e la richiesta di dati, introducendo, ove possibile, ipotesi semplificative. Queste riguardano i rendimenti delle varie apparecchiature sostituite (caldaia e condizionatore) e le perdite di distribuzione (trascurate)

Una valutazione più accurata è possibile, ma presuppone una richiesta di un numero maggiore di dati e quindi un maggiore onere nella eventuale verifica.

## **2. La tecnologia**

Ai fini della procedura proposta, l'impianto di produzione è definito all'articolo 1 della delibera 19 marzo 2002, n. 42/02 della Autorità per l'energia elettrica e il gas, pubblicata nella Gazzetta Ufficiale Serie generale, n. 79 del 4 aprile 2002 (di seguito: deliberazione n. 42/02):

"Impianto di produzione combinata di energia elettrica e calore: sistema integrato che converte l'energia primaria di una qualsivoglia fonte di energia nella produzione congiunta di energia elettrica e di energia termica (calore), entrambe considerate effetti utili, conseguendo, in generale, un risparmio di energia primaria ed un beneficio ambientale rispetto alla produzione separata delle stesse quantità di energia elettrica e termica". Il calore generato viene trasferito all'utilizzatore in forme diverse e può essere destinato ad usi civili di riscaldamento, raffrescamento o raffreddamento o ad usi industriali in diversi processi produttivi.

## **3. Requisiti**

Si propone che abbiano diritto ai titoli di efficienza energetica i risparmi sugli usi finali dell'energia che derivano dall'utilizzo di calore prodotto da sistemi di produzione combinata di energia elettrica e calore che:

- a) soddisfino alle condizioni della deliberazione n. 42/02 dell'Autorità;
- b) abbiano il rapporto tra energia termica utile (articolo 1 lettera o), della citata delibera) e energia elettrica netta prodotta (articolo 1, lettera n, della citata delibera) superiore ad 1;
- c) abbiano ottenuto l'autorizzazione all'esercizio dopo il 24 aprile 2001, data di pubblicazione dei decreti ministeriali 24 aprile 2001.



#### 4. Definizioni

$E_{p_{COG}}$  energia primaria della cogenerazione [tep/anno]

$E_{p_{CONV}}$  energia primaria convenzionale per la produzione separata di elettricità e calore [tep/anno]

Dettaglio dei combustibili utilizzati: elencare le quantità di combustibile utilizzato per tipo ed i rispettivi poteri calorifici inferiori così come definiti dall'Autorità nell'ambito delle previste linee guida di cui all'articolo 5, comma 5, dei decreti ministeriali 24 aprile 2001.

MCOMB consumo annuo del generico tipo di combustibile dell'impianto di cogenerazione

PCI potere calorifico inferiore del generico tipo di combustibile

NCOMB numero di tipi di combustibili utilizzati nell'impianto di cogenerazione nel corso dell'anno

$E_{p_G}$  energia primaria del combustibile consumato dell'impianto di cogenerazione [tep/anno]

$E_e$  energia elettrica prodotta dall'impianto di cogenerazione (al netto dei servizi ausiliari e del consumo elettrico dell'eventuale compressore gas) [MWh/anno]

$E_{p_E}$  energia primaria equivalente all'energia elettrica cogenerata [tep/anno]

$E_{t_C}$  energia termica fornita all'utenza dall'impianto di cogenerazione. (somma degli usi di riscaldamento e igienico-sanitari) [MWh/anno]

$E_{p_C}$  energia primaria equivalente all'energia termica fornita alle utenze [tep/anno]

$E_{t_F}$  energia frigorifera prodotta dal gruppo ad assorbimento e fornita alle utenze [MWh/anno]

$E_{p_F}$  energia primaria equivalente all'energia frigorifera fornita alle utenze [tep/anno]

$E_{e_{ASS}}$  energia elettrica fornita al gruppo ad assorbimento al lordo dei servizi ausiliari (assorbitore, ausiliari di macchina, eventuali pompe di circolazione e torre di raffreddamento) [MWh/anno]

$E_{p_{ASS}}$  energia primaria equivalente all'energia elettrica lorda fornita al gruppo ad assorbimento [tep/anno]

$f_C$  fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria, da kWh a tep ( $0,22 \cdot 10^{-3}$ )

$\eta_t$  rendimento generatore di calore di riferimento (valore proposto: 0,8)

$\varepsilon_{fr}$  = efficienza stagionale del gruppo frigorifero di riferimento (valore proposto: 2,5)

## 5. Procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria

### 5.1 Generalità

Il risparmio energetico determinato con la procedura qui definita, si applica:

- a) per intero, agli impianti di nuova costruzione.
- b) nel caso di rifacimenti, con o senza potenziamento, il risparmio energetico netto si calcola come differenza tra il risparmio energetico ottenuto con la procedura che segue, applicata per l'impianto nuovo, e il risparmio energetico ottenuto applicando la procedura citata per l'impianto preesistente.

### 5.2 Procedura

Con riferimento alla figura 1, il risparmio energetico viene calcolato utilizzando la procedura di seguito descritta.

#### a) Calcolo dell'energia primaria consumata dalla cogenerazione

- 1) energia primaria del consumo di gas

$$E_{p_G} = \sum_{i=1, N_{COMB}} M_{COMB}(i) * PCI(i) \quad [tep/anno]$$

- 2) energia primaria del consumo di elettricità dell'assorbitore

$$E_{p_{ASS}} = E_e * f_C * 1000 \quad [tep/anno]$$

Consumo di energia primaria della cogenerazione:

$$E_{p_{COG}} = E_{p_G} + E_{p_{ASS}} \quad [tep/anno]$$

#### b) Calcolo dell'energia primaria consumata dalla produzione convenzionale (consumo evitato della produzione separata di elettricità e calore)

- 1) energia primaria equivalente all'energia elettrica cogenerata.

$$E_{p_E} = E_e * f_C * 1000 \quad [tep/anno]$$

- 2) energia primaria equivalente all'energia termica fornita alle utenze

$$E_{p_C} = 8,6 * 10^{-2} * (E_{t_C} / \eta_{t_C}) \quad [tep/anno]$$

- 3) energia primaria equivalente all'energia frigorifera fornita alle utenze

$$E_{p_F} = (E_{t_F} / \epsilon_{fr}) * f_C * 1000 \quad [tep/anno]$$

Consumo di energia primaria della produzione convenzionale:

$$E_{p_{CONV}} = E_{p_E} + E_{p_C} + E_{p_F} \quad [\text{tep/anno}]$$

### Calcolo del risparmio di energia primaria

$$RTN = [E_{p_{CONV}} - E_{p_{COG}}] \quad [\text{tep/anno}]$$

## **6. Grandezze da fornire**

### **6.1 Premessa**

Le grandezze da fornire sono dipendenti dal tipo di impianto. In tutti i casi:

$E_e$  vale l'autocertificazione dal gestore dell'impianto redatta in base alla lettura del contatore di impianto. La misura indicata si riferisce al saldo netto fra l'energia elettrica prodotta e quella assorbita dagli ausiliari della cogenerazione, ivi compreso l'eventuale compressore di gas combustibile.

$E_{e_{ASS}}$  vale l'autocertificazione dal gestore dell'impianto redatta in base alle letture dei contatori di impianto. Nella misura va compreso anche il consumo elettrico del sistema di raffreddamento dell'assorbitore (torre evaporativa o simile)

MCOMB(i) per i combustibili commerciali vale l'autocertificazione del gestore dell'impianto, redatta in base alle bollette di acquisto. Per i combustibili non commerciali vale l'autocertificazione del gestore dell'impianto.

Per la misura dell'energia termica si considerano due casi:

### **6.2 Produzione di elettricità e calore per riscaldamento**

Occorre fornire:

$$E_{p_G}, E_e, E_{t_C}$$

Possono distinguersi due sottocasi:

a) Utilizzo del calore nel luogo di produzione.

$E_{t_C}$  corrisponde all'energia termica utile come definita nell'art. 1 lettera o della Delibera 42/02. Vale l'autocertificazione del gestore dell'impianto redatta sulla base della lettura del contatore di calore installato sulla uscita del recuperatore.

b) Utilizzo del calore per teleriscaldamento.

$E_{t_C}$  vale l'autocertificazione del gestore dell'impianto, redatta sulla base delle misurazioni dell'energia venduta.

### 6.3 *Produzione di elettricità, calore per riscaldamento e refrigerazione*

Occorre fornire:

$$E_{p,G}, E_e, E_{t,C}, E_{t,F}, E_{e,ASS}$$

Possono distinguersi due sottocasi:

- a) Utilizzo del calore per riscaldamento e del raffrescamento nel luogo di produzione.  
 $E_{t,C}$  vale l'autocertificazione del gestore dell'impianto redatta sulla base della lettura del contatore di calore installato a monte dell'utenza.  
 $E_{t,F}$  vale l'autocertificazione del gestore dell'impianto redatta sulla base della lettura del contatore di calore installato a valle dell'assorbitore.
- b) Utilizzo del calore per teleriscaldamento e utilizzo del raffrescamento nel luogo di produzione.  
 $E_{t,C}$  vale l'autocertificazione del gestore dell'impianto, redatta in base alle misurazioni dell'energia venduta.  
 $E_{t,F}$  vale l'autocertificazione del gestore dell'impianto redatta in base alla lettura del contatore di calore installato a valle dell'assorbitore.

## 7. Semplificazioni

In via transitoria ed allo scopo di semplificare la messa in atto degli interventi in oggetto, riducendo ulteriormente l'onere della misura, può essere omessa la misura diretta del termine  $E_{t,F}$ , il quale può

desumersi dall'energia termica utile ( $E_t$ , misurata ai sensi della deliberazione n.42/02) nel seguente modo:

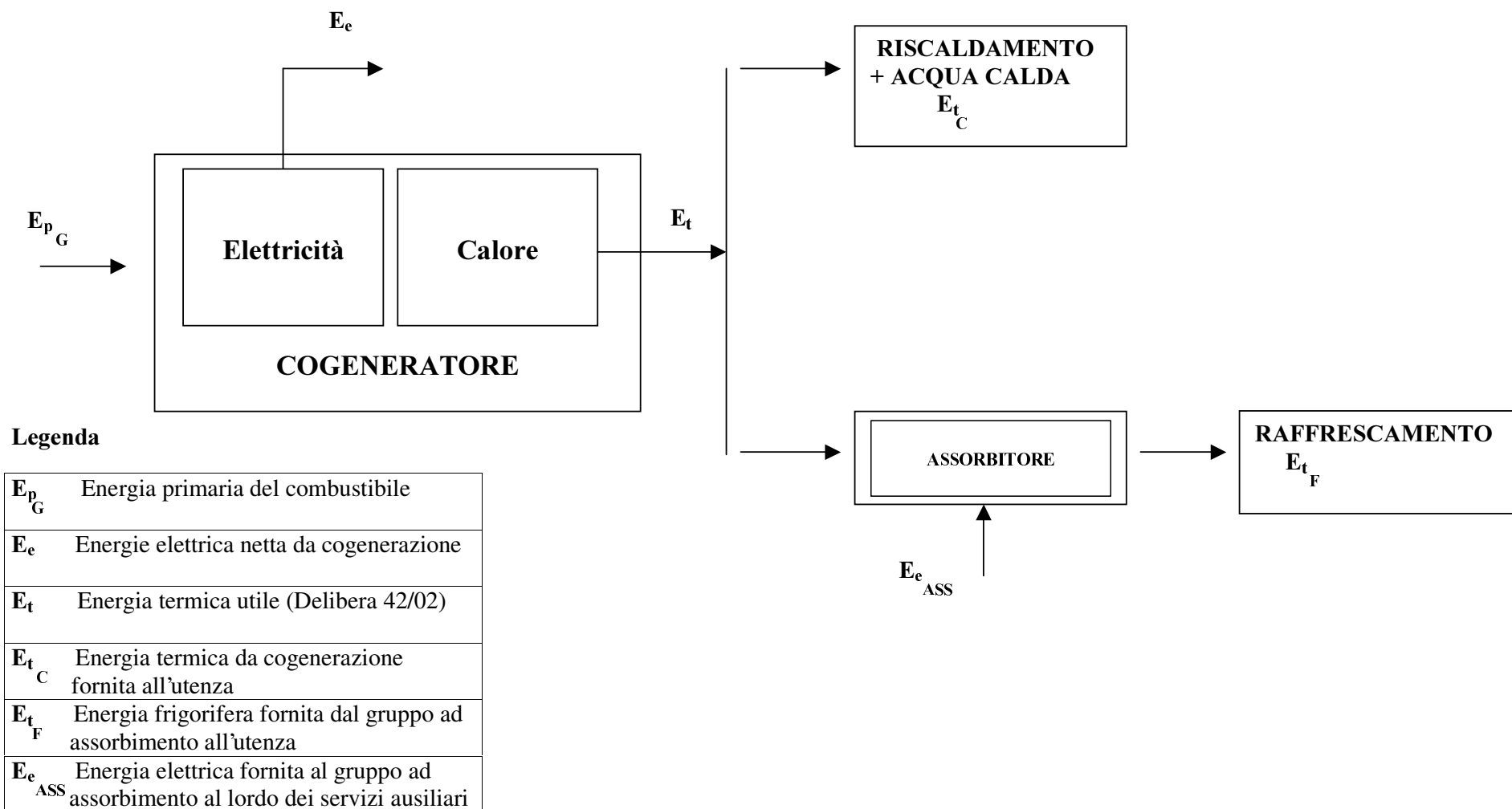
$$E_{t,F} = (E_t - E_{t,C}) * \eta_{ASS}$$

dove  $\eta_{ASS}$  rappresenta il rendimento dell'assorbitore, con valore assunto pari a 0,7.

## COGENERAZIONE: sintesi degli elementi per il calcolo del risparmio energetico

Grandezze da fornire					
Definizione	Simbolo	Valore	Unità di misura		
Consumo annuo di combustibile	$\begin{matrix} \text{MCOMB}(1) \\ \text{MCOMB}(2) \\ \text{-----} \\ \text{MCOMB}(\text{NCOMB}) \end{matrix}$				a
Potere calorifico inferiore del combustibile	$\begin{matrix} \text{PCI}(1) \\ \text{PCI}(2) \\ \text{-----} \\ \text{PCI}(\text{NCOMB}) \end{matrix}$				b
Energia primaria del combustibile, pari a $\sum_{i=1, \text{NCOMB}} \text{MCOMB}(i) * \text{PCI}(i)$	$E_{p_G}$		tep/anno		c
Energia elettrica netta da cogenerazione	$E_e$		MWh/anno		d
Energia termica fornita all'utenza	$E_{t_C}$		MWh/anno		e
Energia frigorifera fornita all'utenza	$E_{t_F}$		MWh/anno		f
Energia elettrica consumata da tutti gli ausiliari dell'impianto ad assorbimento	$E_{e_{ASS}}$		MWh/anno		g
Fattori di conversione e rendimenti					
Fattore di conversione da kWh a tep	$f_C$	$0,22 * 10^{-3}$	tep/kWh		h
Rendimento del generatore di calore di riferimento	$\eta_{t_C}$	0,8			i
Efficienza stagionale del gruppo frigorifero di riferimento	$\varepsilon_{fr}$	2,5			l
Modalità di calcolo dei consumi e del risparmio annuo					
Definizione	Simbolo	Procedura	Valore	Unità di misura	
Energia primaria equivalente all'energia elettrica lorda fornita al gruppo assorbitore	$E_{p_{ASS}}$	$g * h / 1000$		tep/anno	m
Energia primaria della cogenerazione	$E_{p_{COG}}$	$c + m$		tep/anno	n
Energia primaria equivalente all'energia elettrica generata	$E_{p_E}$	$d * h / 1000$		tep/anno	o
Energia primaria equivalente all'energia termica fornita alle utenze	$E_{p_C}$	$8,6 * 10^{-2} * (e/i)$		tep/anno	p
Energia primaria equivalente all'energia frigorifera fornita alle utenze	$E_{p_F}$	$(f/l) * h / 1000$		tep/anno	q
Energia primaria convenzionale per la produzione separata di elettricità e calore	$E_{p_{CONV}}$	$o + p + q$		tep/anno	r
Risparmio annuo di energia primaria	REP	$r - n$		tep/anno	

**Figura 1. Schema d'impianto di cogenerazione per la produzione di elettricità, calore e raffrescamento**





## Scheda tecnica n. 13 – Impianti di cogenerazione di potenza medio-bassa

### 1. ELEMENTI PRINCIPALI

#### 1.1 Descrizione dell'intervento

Tipologia di intervento:	climatizzazione ambienti e recuperi di calore in edifici climatizzati con l'uso di fonti energetiche non rinnovabili
Decreto ministeriale elettrico 24 aprile 2001:	tabella B, tipologia di intervento n. 11
Decreto ministeriale gas 24 aprile 2001:	tabella A, tipologia di intervento n. 3
Sotto-tipologia di intervento:	cogenerazione e sistemi di microgenerazione come definiti dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas
Settore di intervento:	civile/terziario e piccola - media industria con possibile abbinamento a rete di teleriscaldamento di quartiere
Tipo di utilizzo:	produzione di energia elettrica e calore per uso riscaldamento ambienti (sotto forma di acqua calda come recupero termico dal motore o dai gas di scarico della turbina) con potenza elettrica massima di 500 kW.

#### 1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Unità fisica di riferimento:	kWh/anno di energia elettrica prodotta
Parametri di utilizzo da misurare:	energia elettrica prodotta E (kWh/a)
Risparmio netto di energia primaria conseguibile per singola installazione [tep 10 <sup>-3</sup> /anno]: $RTN = 0,136 \times E$	
dove: E è l'energia elettrica prodotta [kWh/a]	
Persistenza dei risparmi energetici nel tempo:	100 % rispetto all'anno precedente
Taglia minima:	da definire a seguito della consultazione
Documentazione da trasmettere e da conservare:	da definire a seguito della consultazione

### 2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

Articolo 6, decreti ministeriali 24 aprile 2001.

Deliberazione dell'Autorità del 19 marzo 2002, n. 42/02 recante "Condizioni per il riconoscimento della produzione combinata di energia elettrica e calore come cogenerazione ai sensi dell'articolo 2, comma 8 del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79", pubblicata nella Gazzetta Ufficiale, Serie generale, n. 79 del 4 aprile 2002 (di seguito: deliberazione n. 42/02)

Norma UNI 8887 "Sistemi per processi di cogenerazione", febbraio 1987.



# ALLEGATO 1 ALLA SCHEDA TECNICA N. 13: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA

## 1. Premessa

Il risparmio energetico è determinato in base alla misura dell'energia elettrica prodotta, che già ora avviene con contatori fiscali vidimati dall'UTF.

La scheda si applica ad interventi in cui tutta l'energia termica cogenerata viene utilizzata.

Il rapporto tra le potenze termica ed elettrica (e le corrispondenti energie) si può dunque considerare costante e pari a quello definito dalla specifica tecnica della macchina (il calore per impianti medio-piccoli è reso generalmente sotto forma di acqua calda). Mediamente tale rapporto, per gruppi cogenerativi con motore alternativo con potenza elettrica nel campo 20 – 500 kW vale: 1,50.

## 2. Procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria

Il risparmio di energia primaria è calcolato per differenza tra i consumi attribuiti alla produzione separata di elettricità e calore e quello in cogenerazione:

- il rendimento stagionale per la produzione di calore in normali caldaie per riscaldamento centralizzato è assunto pari a 0,8
- l'equivalente in energia primaria corrispondente all'energia elettrica è pari a  $0,22 \cdot 10^{-3}$  come fissato dai decreti ministeriali 24 aprile 2001

Detta E l'energia elettrica prodotta (espressa in kWh), risulta:

E1: energia primaria corrispondente alla produzione elettrica

$$E1 = E \cdot 0,22 \cdot 10^{-3} \text{ (tep/anno)}$$

E2: energia primaria corrispondente alla produzione termica

$$E2 = (E \cdot 1,50 / 0,8 \cdot 1,16) \cdot 10^{-4} = E \cdot 0,162 \cdot 10^{-3} \text{ (tep/anno)}$$

Ep<sub>TOT</sub>: energia primaria corrispondente alla produzione separata è quindi pari ad

$$Ep_{TOT} = (E1 + E2) = E \cdot (0,22 + 0,162) \cdot 10^{-3} = E \cdot 0,382 \cdot 10^{-3} \text{ (tep/anno):}$$

Assumendo il rendimento per produzione elettrica in cogenerazione  $\eta_E$  pari a 0,35

EP<sub>COG</sub> energia primaria consumata per cogenerazione, espressa in tep/anno, tramite gli opportuni coefficienti di conversione risulta:

$$EP_{COG} = E \cdot (860 / \eta_E) \cdot 10^{-7} = E \cdot (860 / 0,35) \cdot 10^{-7} = E \cdot 0,246 \cdot 10^{-3} \text{ (tep/anno):}$$

Il risparmio totale netto RTN si ottiene per differenza tra i valori prima calcolati:

$$RNT = Ep_{TOT} - EP_{COG} = E \cdot (0,382 - 0,246) \cdot 10^{-3} = E \cdot 0,136 \cdot 10^{-3} \text{ (tep/anno):}$$

### 3. Note

I valori:

- del rapporto tra la potenza termica ed elettrica pari a 1,50
- del rendimento stagionale per la produzione di calore in caldaie per riscaldamento centralizzato pari a 0,8
- del rendimento per produzione elettrica in cogenerazione  $\eta_E$  pari a 0,35

utilizzati nelle formule della scheda tecnica, sono medie di valori pubblicati sui cataloghi delle case fornitrici di impianti per cogenerazione, nell'intervallo di potenza considerata.

Il valore dell'equivalente in energia primaria corrispondente all'energia elettrica pari a  $0,22 \cdot 10^{-3}$  tep/kWh è fissato dai decreti ministeriali 24 aprile 2001.

La procedura esposta contiene le seguenti approssimazioni:

- a) il calore cogenerato è utilizzato per intero; esistono perdite per calore dei fumi e perdite di irraggiamento che non vengono considerate; l'errore stimato è del 15 - 20 %.
- b) il calore cogenerato viene sempre utilizzato; da procedura non è possibile distinguere se il calore viene effettivamente utilizzato o se disperso in ambiente (se, cogenerazione per riscaldamento locali, non utilizzata nel periodo estivo).

# Scheda tecnica n. 14 - Installazione di sistemi elettronici di regolazione di frequenza in motori elettrici

## 1. ELEMENTI PRINCIPALI

### 1.1 Descrizione dell'intervento

Tipologia di intervento:	motori elettrici e loro applicazioni
Decreto ministeriale elettrico 24 aprile 2001:	tabella A, tipologia di intervento n. 2
Decreto ministeriale gas 24 aprile 2001:	tabella B, tipologia di intervento n. 7
Sotto-tipologia di intervento:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• installazione di sistemi elettronici di regolazione di frequenza</li> <li>• ottimizzazione di impianto e gestionale di sistemi di pompaggio azionati da motori elettrici</li> </ul>
Settore di intervento:	industriale, civile
Tipo di utilizzo:	sistemi di pompaggio azionati da motori elettrici con potenza massima di 22 kW

### 1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Unità fisica di riferimento:	1 kW di potenza elettrica installata nelle pompe alle quali si applicano gli azionamenti variabili			
Grandezze da fornire:	$P_T$ = potenza di targa media dei motori presenti $H_{ST}$ = prevalenza statica  Ore di lavoro annue (tipologia di attività)			<i>unità di misura</i> kW % della prevalenza nominale  si veda paragrafo 6
Risparmio netto di energia primaria conseguibile:				
$RTN = P_T \times REP_{PE}$ [tep/anno]				
dove:				
$P_T$ (kW) è la potenza di targa del singolo motore, media di quella dei motori presenti $REP_{PE}$ (tep/anno/kW) è il risparmio energetico per unità di potenza di targa e viene ottenuto tramite la relazione (20) o mediante la seguente tabella:				
	Prevalenza statica (% della prevalenza nominale)			
Tipologia attività	0	20	40	60
Industriale 1 turno di lavoro	0,09783	0,07487	0,05191	0,02895
Industriale 2 turni di lavoro	0,19565	0,14974	0,10382	0,05791
Industriale 3 turni di lavoro	0,37565	0,28750	0,19934	0,11118
Industriale stagionale	0,10565	0,08086	0,05606	0,03127
Persistenza dei risparmi energetici nel tempo:	100 % rispetto all'anno precedente			
Taglia minima:	da definire a seguito della consultazione			
Documentazione da trasmettere e da conservare:	da definire a seguito della consultazione			

## **2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE**

- Articolo 6, decreti ministeriali 24 aprile 2001.

# **ALLEGATO 1 ALLA SCHEDA TECNICA N. 14: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA**

## **1. Premessa**

Questa procedura si applica per la determinazione del risparmio energetico conseguibile a seguito dell'installazione di sistemi elettronici di regolazione di frequenza in motori elettrici operanti su sistemi di pompaggio.

La procedura proposta si applica ad una singola pompa e mira a soddisfare le seguenti condizioni:

- a) minimizzare la quantità di dati forniti dal proponente
- b) consentire una valutazione di tipo standard.

Entrambi questi vincoli impongono l'assunzione di ipotesi che, se da un lato rispondono all'esigenza di disporre di una procedura semplice nelle fasi di elaborazione, verifica e controllo, dall'altro implicano una maggiore approssimazione nei valori dell'energia risparmiata.

Le ipotesi riguardano:

- a) il profilo temporale di portata richiesto, per il quale viene assunta una distribuzione nel corso dell'anno dedotta dalla letteratura e dalla pratica ed opportunamente resa conservativa;
- b) il tipo di pompa adottata, che per motivi di conservatività si considera sempre a curva caratteristica ripida, per motivi esposti nel paragrafo 5.2;
- c) i valori dei rendimenti delle pompe, dei motori e dell'inverter in condizioni nominali, desunti anch'essi dalla letteratura specialistica e dai manuali tecnici;
- d) la variabilità dei rendimenti in funzione del carico.

Una valutazione più accurata presuppone la richiesta di un numero maggiore di dati e quindi un maggiore onere nella eventuale verifica.

## **2. La tecnologia**

Con riferimento alla figura 1, una pompa P è chiamata ad erogare una portata prefissata in un circuito, fornendo una prevalenza pari a quella statica (un'eventuale differenza di livello liquido tra il serbatoio di ingresso SM e quello di uscita SV del circuito), incrementata delle perdite di carico per dissipazioni attraverso il circuito stesso. Normalmente il livello di portata richiesta non è costante durante l'operazione del circuito, per una varietà di motivi sui quali non ci si sofferma; ne consegue comunque la necessità di una regolazione della portata nel tempo.

Un metodo tradizionalmente adottato per la regolazione della portata (figura 1.a) consiste nello strozzamento di una valvola VR posta a valle della pompa, con il che si introduce una variazione della resistenza idraulica del circuito ed una corrispondente variazione della portata. Questa procedura, sebbene di semplice applicazione, comporta una inevitabile dissipazione di energia attraverso l'elemento regolatore e lo spostamento del punto di lavoro della pompa in zone lontane da quella nominale, che è quella di massima efficienza.

Un secondo metodo (figura 1.b) consiste nell'interporre tra la pompa ed il circuito un serbatoio S (chiuso o aperto) in grado di soddisfare, in modo sistematico e su tempi lunghi, un carico variabile attraverso la propria capacità idraulica; il serbatoio viene alimentato dalla pompa, in modo asincrono rispetto alla domanda di carico, esclusivamente nell'intervallo di tempo in cui il livello liquido è compreso tra prefissati valori minimi e massimi. Dunque la pompa funziona sempre in condizioni prossime a quelle nominali esclusivamente per il tempo necessario a mantenere adeguato il grado di riempimento del serbatoio e rimane invece inattiva per tutto il tempo rimanente. Tale

funzionamento è conosciuto come “on-off” ed è di provata maggiore efficienza rispetto a quello precedentemente descritto.

Un terzo metodo (figura 1.c) prevede la presenza di un azionamento variabile della pompa, realizzato tramite l'alimentazione del motore della pompa mediante un inverter, ossia un dispositivo in grado di modulare la frequenza elettrica in modo pressoché continuo e proporzionale ad un assegnato segnale di set point. In tal modo è possibile richiedere alla pompa di operare in condizioni di similitudine idraulica con quelle nominali, con evidenti vantaggi per il rendimento conseguibile. Oltre che per tale motivo, la regolazione della portata  $Q$ , mediante il controllo della velocità, permette di risparmiare energia rispetto ai metodi tradizionali anche per motivi qui di seguito commentati.

L'energia risparmiata, solitamente espressa in [kWh/anno], dipende da:

- caratteristica prevalenza – portata ( $H - Q$ ) della macchina operatrice: tipo piatto, si veda la figura 2, ovvero tipo ripido, si veda la figura 3;
- prevalenza statica nell'impianto: più è alta, minore sarà il risparmio ottenibile regolando la velocità;
- ore di lavoro annue;
- campo di variazione delle variabili di processo: maggiore è la variazione delle grandezze del processo, maggiore sarà il risparmio ottenibile;
- efficienza dell'azionamento elettrico;
- perdita di prevalenza su eventuali valvole di regolazione, anche se completamente aperte;
- punto di lavoro nominale della macchina centrifuga: spesso non è conosciuto a priori con precisione e ciò porta ad un inevitabile sovradimensionamento.
- Il sovradimensionamento dipende dalla scarsa conoscenza delle perdite di carico lungo l'impianto. In termini quantitativi un progettista tiene sempre un margine dell'ordine del 20% rispetto alla prevalenza totale richiesta alla macchina in condizioni di portata nominale, spostando il valore nominale della portata effettiva a circa il 110%.

Il risparmio di energia che si ottiene con l'azionamento variabile rispetto all'utilizzo di una valvola di regolazione, è proporzionale all'area tratteggiata ( $Q \times H$ ) in figura 4, relativa all'ottenimento di una portata pari all'80% di quella nominale. Il risparmio di energia che si ottiene con l'azionamento on-off rispetto all'utilizzo di una valvola di regolazione è ancora mostrato in figura 4. Si assimila in tal modo il funzionamento on-off in condizioni nominali ad un funzionamento continuo ad una portata pari all'80% della nominale e a prevalenza nominale.

La figura mostra l'andamento del consumo di energia nelle due diverse regolazioni e la differenza tra i due andamenti in funzione della portata: maggiore è il campo di regolazione delle variabili del processo, maggiore è il risparmio che possiamo ottenere con la regolazione elettronica della velocità del motore.

Secondo dati dell'associazione di categoria ANIMA, il peso delle tipologie di regolazione degli impianti di pompaggio attualmente è all'incirca il seguente:

Tipologia di regolazione	Peso percentuale
Valvola di strozzamento	30%
On-off	50%
Azionamento variabile	10%
Altro	10%

La procedura di calcolo dei risparmi di energia primaria mette a confronto il funzionamento con azionamento variabile rispetto a quello con azionamento on-off. Il motivo principale di tale scelta è quello di disporre di una valutazione sufficientemente realistica (la pratica di progettazione dei circuiti di pompaggio sembra da tempo propendere per l'azionamento “on-off” rispetto alla valvola

di regolazione e i dati di diffusione forniti da ANIMA lo confermano) e nel contempo conservativa (per quanto sopra detto, il risparmio che consegue da questo confronto è certamente minore di quello ottenibile con il confronto con la valvola di regolazione). Nel caso in cui, nella realtà, sia necessario confrontare una regolazione con inverter con una con valvola a strozzamento, per i motivi sopra citati di conservatività si assumeranno come valide le valutazioni qui presentate; nel caso in cui si ritenga che i risparmi energetici risultino molto maggiori di quelli indicati dalla presente procedura, si suggerisce l'adozione della così detta procedura ingegneristica, la quale sarà descritta in una differente scheda.

### 3. Requisiti

I decreti ministeriali 24 aprile 2001 non prevedono particolari limitazioni all'ambito di applicazione del presente intervento.

### 4. Definizioni

$Q_n$	portata nominale della pompa ( $m^3/h$ )
$H_n$	prevalenza nominale della pompa (m)
$H_M$	prevalenza della pompa a bocca chiusa (m)
$H_{ST}$	prevalenza statica dell'impianto (m)
$\eta_p$	efficienza della pompa in condizioni nominali (p.u.)
$\eta_m$	efficienza del motore elettrico in condizioni nominali (p.u.)
$\eta_I$	efficienza inverter in condizioni nominali (p.u.)
$T_M$	ore totali annue di operazione (h/anno)
$T_j(\%)$	percentuale annua di ore lavorate al $j\%$ della portata nominale ( $j = 30, 40, \dots, 100$ )
$\rho$	densità dell'acqua ( $kg/m^3$ )
$g$	accelerazione di gravità ( $m/s^2$ )

### 5. Procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria

#### 5.1 Procedura estesa

Il risparmio energetico viene determinato mediante confronto tra il consumo annuo relativo all'impianto di pompaggio regolato in on/off e quello dello stesso impianto alimentato da dispositivi elettronici di regolazione della frequenza. La procedura di calcolo descritta nel seguito è valida per una pompa singola.

#### a) Calcolo delle grandezze fondamentali

Con riferimento alla figura 6, vengono calcolate le seguenti grandezze:

- 1) potenza idraulica nominale che la pompa fornisce al fluido da movimentare

$$P_{in} = \frac{\rho g Q_n H_n}{3600} 10^{-3} \quad [kW] \quad (1)$$

- 2) potenza meccanica nominale richiesta all'asse della pompa

$$P_{pn} = \frac{\rho g Q_n H_n}{3600 \eta_p} 10^{-3} \quad [kW] \quad (2)$$

3) potenza elettrica richiesta dal motore

$$P_{mn} = \frac{\rho g Q_n H_n}{3600 \eta_p \eta_m} 10^{-3} \quad [kW] \quad (3)$$

4) curva di prevalenza della pompa  $H_p(Q)$  e curva caratteristica resistiva del circuito  $H_c(Q)$ .

Si ipotizza per tali curve un andamento parabolico, secondo quanto mostrato nelle figure 2 e 3.

Le grandezze vengono calcolate per 11 valori della portata (figura 7):

$$Q_i = i Q_n \quad (i = 0, 0.1 \dots 1)$$

secondo le seguenti relazioni:

$$H_{p,i} = H_M - \left( \frac{Q_i}{Q_n} \right)^2 (H_M - H_n) \quad (4)$$

$$H_{c,i} = H_{ST} + \left( \frac{Q_i}{Q_n} \right)^2 (H_n - H_{ST}) \quad (5)$$

#### **b) Calcolo dell'energia primaria consumata adottando un azionamento on/off**

1) prodotto annuo massimo elaborabile dalla pompa

$$W_M = T_M Q_n \quad [m^3 / anno] \quad (6)$$

2) prodotto annuo effettivo relativo ad una portata  $Q_i$

$$W_i = T_j (\%) T_M Q_i \quad (i = 0, 0.1 \dots 1, \quad j = 100i) \quad (7)$$

3) prodotto annuo totale effettivo della pompa

$$W = \sum_i W_i \quad [m^3 / anno] \quad (8)$$

4) ore annue di effettivo funzionamento della pompa

$$T = T_M \frac{W}{W_M} \quad [h / anno] \quad (9)$$

5) energia annua assorbita dalla rete

$$E_{oo} = P_{mn} T \quad [kWh / anno] \quad (10)$$

#### **c) Calcolo dell'energia primaria consumata adottando un azionamento variabile**

1) potenza elettrica assorbita dalla rete dal sistema pompa/motore/inverter ad un carico parziale



$$P_{PI,i} = \frac{\rho g Q_i H_{c,i}}{3600 \eta_m c_{m,i} \eta_p \eta_l c_{l,i}} 10^{-3} \quad (i = 0, 0, 1, \dots, 1) \quad [kW] \quad (11)$$

I coefficienti  $c_m$  e  $c_l$  sono coefficienti correttivi rispettivamente del rendimento nominale del motore e dell'inverter che tengono conto della dipendenza di queste grandezze dal carico. Nessuna modifica viene invece apportata al rendimento idraulico della pompa la quale, proprio in virtù dell'azionamento variabile, lavora in condizioni sempre omologhe rispetto a quelle nominale (quindi di massimo rendimento). Questo è vero a rigore solo nel caso in cui la prevalenza statica è nulla, ossia nel caso in cui la pompa sia chiamata a vincere le sole perdite di carico nel circuito idraulico. Per semplicità, tale assunzione viene generalizzata anche nel caso di prevalenza statica non nulla.

2) energia annua assorbita dal gruppo per un valore  $i$ -esimo del carico parziale

$$E_{PI,i} = P_{PI,i} T_j (\%) T_M \quad (i = 0, 0, 1, \dots, 1) \quad [kWh / anno] \quad (12)$$

6) energia annua assorbita dalla rete

$$E_{PI} = \sum_i E_{PI,i} \quad [kWh / anno] \quad (13)$$

#### d) Calcolo del risparmio di energia primaria (RTN)

$$RTN = (E_{oo} - E_{PI}) 0.22 10^{-3} \quad [tep / anno] \quad (14)$$

### 5.2 Procedura semplificata

La metodologia proposta mira a minimizzare la quantità di dati forniti dal proponente e a consentire una valutazione di tipo standard. Per raggiungere tale obiettivo, si è reso necessario effettuare in via preliminare un utilizzo estensivo della metodologia sopra esposta, allo scopo di appurare la sensibilità del risultato alle variazioni dei parametri delineati nel paragrafo precedente.

I parametri considerati ed i rispettivi campi di variazione sono stati i seguenti:

Parametro	Valore minimo	Valore massimo
Potenza meccanica	4 kW	22 kW
Curva caratteristica della pompa	Piatta	Ripida
Prevalenza statica	0% della prevalenza nominale	75% della prevalenza nominale
Ore totali annue di funzionamento	2000	8000

Secondo dati forniti dall'ANIMA, il range di potenza indicato nella prima colonna copre una quota significativa del parco pompe italiano che potrebbe candidarsi per l'utilizzo dell'azionamento variabile. Al di sopra di tale range si suggerisce l'applicazione della procedura ingegneristica oggetto di altra scheda di valutazione risparmi.

I valori di altri parametri sono calcolati. Per la prevalenza e portata nominali della pompa si è considerato che per un assegnato valore di potenza meccanica, la prevalenza e la portata nominale di una pompa sono legate dalle seguenti relazioni:

$$P_{pn} = \frac{\rho g Q_n H_n}{3600 \eta_p} 10^{-3} \quad [kW] \quad (\text{potenza meccanica})$$

$$\frac{\sqrt[3]{Q_n}}{H_n^{\frac{3}{4}}} = K \quad K = \begin{cases} 1,778 & (\text{caratteristica piatta}) \\ 7,113 & (\text{caratteristica ripida}) \end{cases} \quad (\text{numero di giri caratteristico})$$

e possono essere valutate di conseguenza.

Per altri parametri si assumono dei valori apriori

1) Rendimento nominale della pompa:

$$\eta_p = \begin{cases} 0,81 & (\text{caratteristica piatta}) \\ 0,84 & (\text{caratteristica ripida}) \end{cases}$$

2) Rendimento nominale dell'inverter

Si è constatato che nel campo delle potenze in gioco, tale valore può essere considerato costante:

$$\eta_I = 0,96$$

3) Rendimento nominale del motore

Per tale grandezza si è fatto riferimento ai motori a 4 poli, che sono i più diffusi, ipotizzando una classe di efficienza standard pari alla classe eff2 (secondo l'accordo CEMEP e la Commissione europea del 1999). Si ha allora, in funzione della potenza meccanica di targa nominale:

Potenza (kW)	Rendimento
4	0,83
5,5	0,84
7,5	0,86
11	0,87
15	0,88
18,5	0,88
22	0,89

4) Dipendenza dei rendimenti dal carico

Il rendimento del motore e quello dell'inverter mostrano una dipendenza dal carico della quale si tiene conto mediante i coefficienti correttivi  $c_{m,i}$  e  $c_{l,i}$  (si veda la relazione 11) ai quali sono attribuiti i seguenti valori in funzione del grado di parzializzazione del carico:

Portata (% della portata nominale)	$c_{m,i}$	$c_{l,i}$
------------------------------------	-----------	-----------

<b>Portata (% della portata nominale)</b>	<b>c<sub>m,i</sub></b>	<b>c<sub>l,i</sub></b>
30	0,79	0,98
40	0,83	0,99
50	0,87	0,99
60	0,90	0,99
70	0,93	1,00
80	0,96	1,00
90	0,98	1,00
100	1,00	1,00

#### 5) Regolazione di portata e percentuale oraria di funzionamento

Si suppone il seguente profilo di carico, desunto da profili tipici di prelievo forniti dalla letteratura (ISR-University of Coimbra: “VSDs for Electric Motor Systems”, European Commission, DG TREN, SAVE II Programme, 2000), opportunamente spostati verso valori di portata più alta per evitare valutazioni eccessivamente ottimistiche.

<b>Portata (% della portata nominale)</b>	<b>Tempo di funzionamento (% del tempo annuo totale)</b>
40	0
50	8
60	31
70	38
80	15
90	8
100	0

Tale profilo risulta certamente conservativo rispetto alla tipiche curve di prelievo di utenze civili (acquedotti, ecc), mentre presenta connotazioni che la citata letteratura specialistica ha considerato come mediamente realistiche.

Si osserva che mediante una siffatta distribuzione si tiene conto in modo implicito della pratica di sovradimensionamento della pompa seconda quanto specificato nel primo paragrafo.

I risultati del calcolo parametrico sono sintetizzati nelle figure 8 e 9 e vengono qui di seguito commentati.

Con riferimento ai valori del consumo energetico annuo in funzionamento on-off  $E_{oo}$ , del consumo energetico annuo in funzionamento con inverter  $E_{pi}$  e del risparmio percentuale:

$$REP\% = \frac{(E_{oo} - E_{pi})}{E_{oo}} 100 \quad (15)$$

conseguente da quest'ultima soluzione rispetto all'altra, si osserva che le tre grandezze sopra citate variano proporzionalmente alle ore totali annue di operazione  $T_M$ . Inoltre, a parità di ore annue di utilizzo:

- a) il consumo energetico annuo in funzionamento on-off  $E_{oo}$  dipende dalla potenza del motore e dal tipo di curva caratteristica della pompa (piatta o ripida), secondo la relazione:

$$E_{oo} = F_1(curva)P_{pn} \quad (16)$$

- b) il risparmio percentuale di energia dell'utilizzo dell'inverter rispetto alla regolazione di tipo on-off dipende essenzialmente dal carico statico, mentre non varia al variare della potenza e del tipo di curva caratteristica della pompa

$$REP\% = A - BH_{ST} \quad (17)$$

Assumendo come valori di riferimento quelli relativi ad un funzionamento di 4000 ore/anno e ad una potenza di targa di 4 kW, l'analisi parametrica svolta ha portato ai seguenti risultati numerici:

$$A = 28,55$$

$$B = \frac{28,55 - 8,446}{60} = 0,335$$

$$E_{oo} = \begin{cases} 12.460 \frac{P_{pn}}{4} \text{ (kWh/anno)} & - \text{ curva ripida} \\ 12.752 \frac{P_{pn}}{4} \text{ (kWh/anno)} & - \text{ curva piatta} \end{cases} \quad (18)$$

Se si assume inoltre, in termini conservativi, l'espressione di  $E_{oo}$  valida per la curva ripida, risulta infine:

$$REP = \left\{ \left[ REP\%(H_{ST}) E_{oo}(P_{pn}, \text{curva}) 10^{-2} \right] \frac{T_M}{4000} \right\} 0,22 \cdot 10^{-3} =$$

$$= \left\{ \left[ (28,55 - 0,335 H_{ST}) \frac{12460}{4} P_{pn} 10^{-2} \right] \frac{T_M}{4000} \right\} 0,22 \cdot 10^{-3} \quad (\text{tep/anno}) \quad (19)$$

Il risparmio energetico per kW di potenza di targa risulta dunque esprimibile come:

$$REP_{PE} = \frac{REP}{P_{pn}} = \left\{ \left[ (28,55 - 0,335 H_{ST}) \frac{12460}{4} 10^{-2} \right] \frac{T_M}{4000} \right\} 0,22 \cdot 10^{-3} \left( \frac{\text{tep}}{\text{kW anno}} \right) \quad (20)$$

Si osserva che tale relazione, essendo il risultato di una normalizzazione, mantiene la sua validità anche nel caso in cui la potenza di targa sia sovradimensionata rispetto a quella nominale. La valutazione del risparmio sarà tanto più realistica quanto più la curva di prelievo assunta per il calcolo è prossima a quella dello specifico caso reale.

La valutazione nel numero di ore annue dell'attività produttiva  $T_M$  viene svolta sulla base dei turni di lavoro che ad esse corrispondono. Tale metodologia approssimata fornisce un criterio immediato e semplice per una scelta che sarebbe altrimenti più articolata e forse inutilmente complessa. La valutazione viene svolta come delineato nel seguito:

1 turno	Attività che si svolgono otto ore al giorno per cinque/sei giorni alla settimana. Si assume un valore intermedio totale di 2000 ore/anno
2 turni	Attività che si svolgono in due turni di otto ore al giorno ciascuno per cinque/sei giorni alla settimana. Si assume un valore intermedio totale di 4000 ore/anno
3 turni	Attività che si svolgono in tre turni di otto ore al giorno ciascuno per sette giorni alla settimana. Si assume un valore totale di 7680 ore/anno
Stagionale	Attività che si svolgono in tre mesi di lavoro continuato per 24 ore giornaliere. Si assume un valore totale di 2160 ore/anno

Sulla base delle osservazioni svolte e sulla (19) si ottiene la tabella sintetica di risparmi energetici ottenibili presentata nella scheda.

Ovviamente, l'assunzione di ipotesi semplificative da un lato risponde all'esigenza di avere una metodologia semplice nelle fasi di elaborazione, verifica e controllo, dall'altro implica forzatamente una maggiore approssimazione nei valori dell'energia risparmiata.

Le assunzioni che per il caso esaminato presentano una criticità nel senso sopra accennato riguardano:

- il profilo di portata richiesto
- la variabilità dei rendimenti in funzione del carico

Una valutazione più accurata è possibile, ma presuppone una richiesta di un numero maggiore di dati e quindi un maggiore onere nella verifica.

## 6. Grandezze da fornire

Le grandezze da fornire sono le seguenti:

- 1)  $P_T$  potenza di targa media dei motori delle singole pompe (kW), compresa tra 4 e 22 kW.
- 2)  $H_{ST}$  prevalenza statica, intesa come il valore di carico, legato al dislivello tra le estremità del circuito idraulico, che la pompa deve vincere congiuntamente alle perdite di carico dissipative (si veda la figura 1). La prevalenza statica va espressa come percentuale (generalmente compresa tra 0 e 60%) della prevalenza nominale della pompa.
- 3) Ore di lavoro annue. Per quanto descritto nel paragrafo 0, esse sono valutabili sulla base del numero di turni dell'attività produttiva, secondo la seguente tabella:

Tipo di operazione	Ore/anno
1 turno	2000
2 turni	4000
3 turni	7680
Stagionale	2160

## 7. Esempio

Stazione di pompaggio composta da 5 pompe identiche in parallelo da 22 kW, operanti su 2 turni e con prevalenza statica nulla. Sostituzione di regolazione di tipo on-off con regolazione ad inverter su tutte e cinque le pompe.

Risparmio annuo totale di energia primaria:

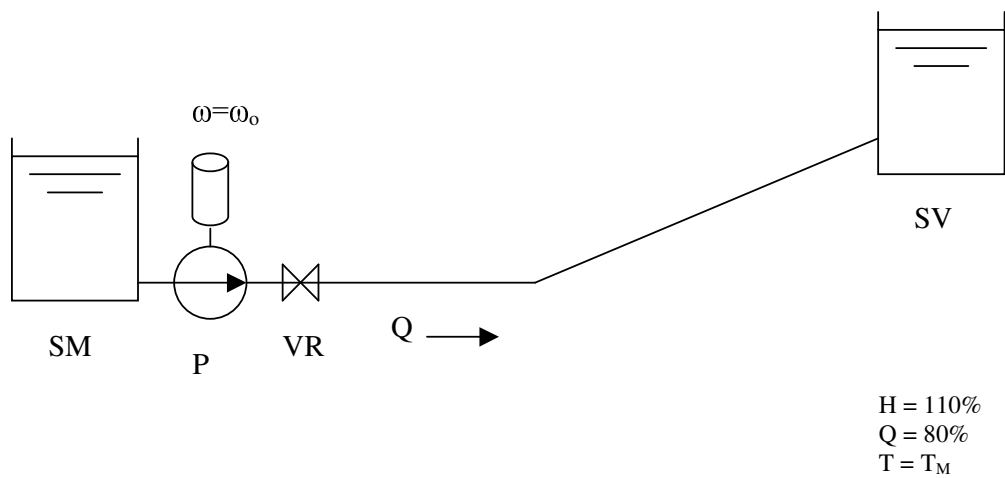
$$RTN = 22 * 0,19565 * 5 = 21.5215 \text{ tep/anno}$$

**POMPE AD AZIONAMENTO VARIABILE: sintesi degli elementi per il calcolo del risparmio energetico**

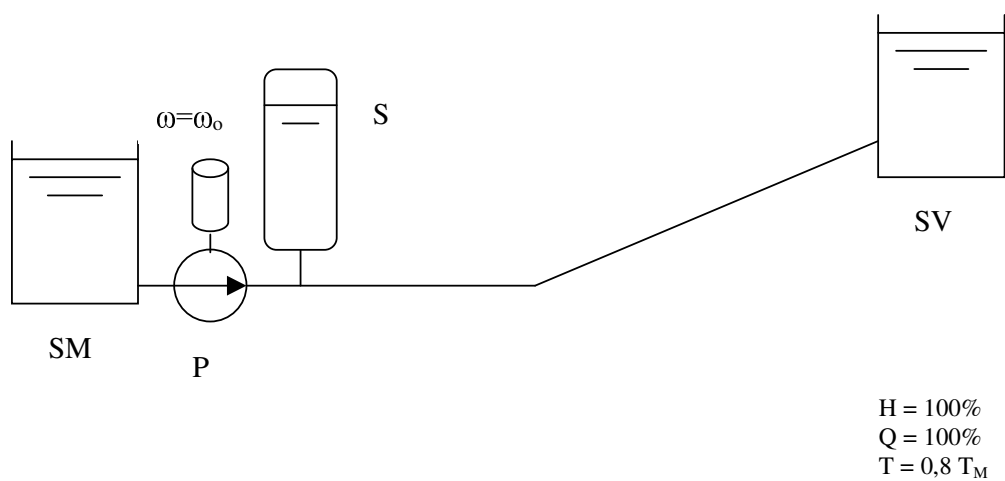
Grandezze da fornire					
Definizione	Simbolo	Valore	Unità di misura		
Potenza di targa media del motore delle singole pompe	$P_T$		kW	<b>a</b>	
Prevalenza statica	$H_{ST}$		%	<b>b</b>	
Ore di lavoro annue (tipologia di attività)	$T_M$		ore/anno	<b>c</b>	
Fattori di conversione e rendimenti					
Definizione	Simbolo	Valore	Unità di misura		
Fattore di conversione da kWh a tep	$f_c$	$0,22 \cdot 10^{-3}$	tep/kWh	<b>d</b>	
Modalità di calcolo dei consumi e del risparmio annuo di una singola pompa					
Definizione	Simbolo	Procedura	Valore	Unità di misura	
Risparmio annuo di energia primaria per pompa e per unità di potenza	$REP_{PE}$	$\left[ (28,55 - 0,335b) \frac{12460}{4} 10^{-2} \right] \frac{c}{4000} d$	Si veda la tabella riportata nella prima pagina relativa al $REP_{PE}$	$\frac{tep}{anno \text{ kW}}$	<b>e</b>
Risparmio annuo di energia primaria	RTN	<b>e x a</b>		tep/anno	

Figura 1. Circuito di pompaggio: modalità di regolazione della portata

a) Valvola di regolazione



b) On-off



c) Azionamento variabile

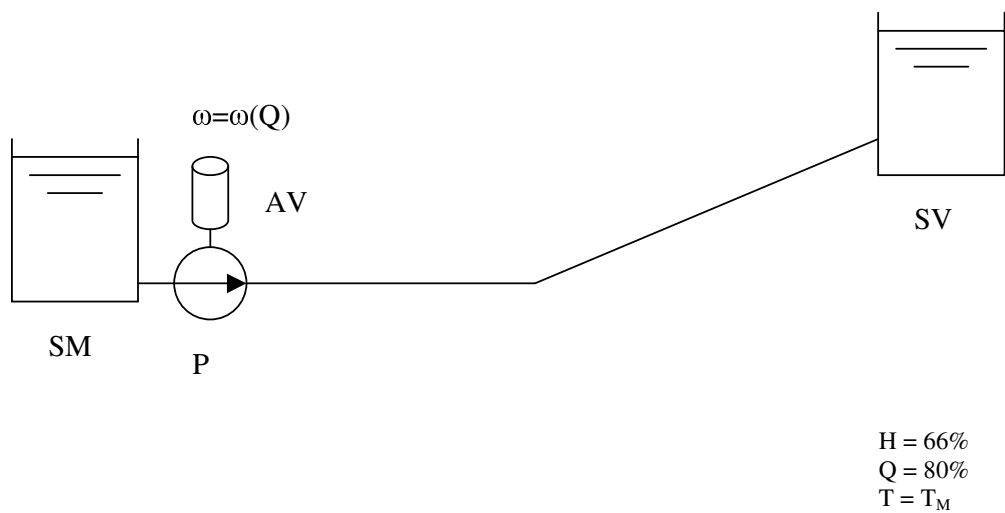


Figura 2. Curva caratteristica piatta

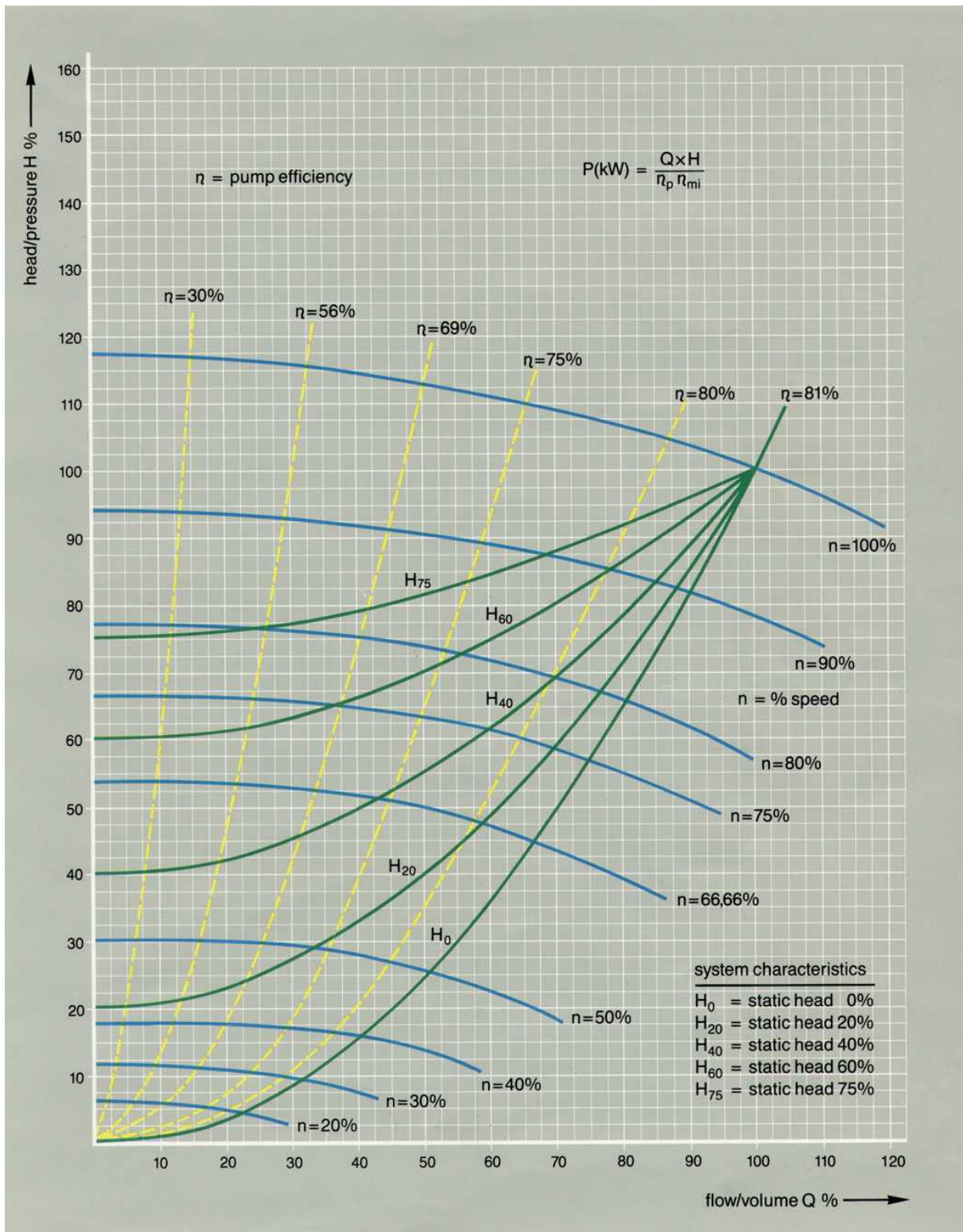




Figura 3. Curva caratteristica ripida

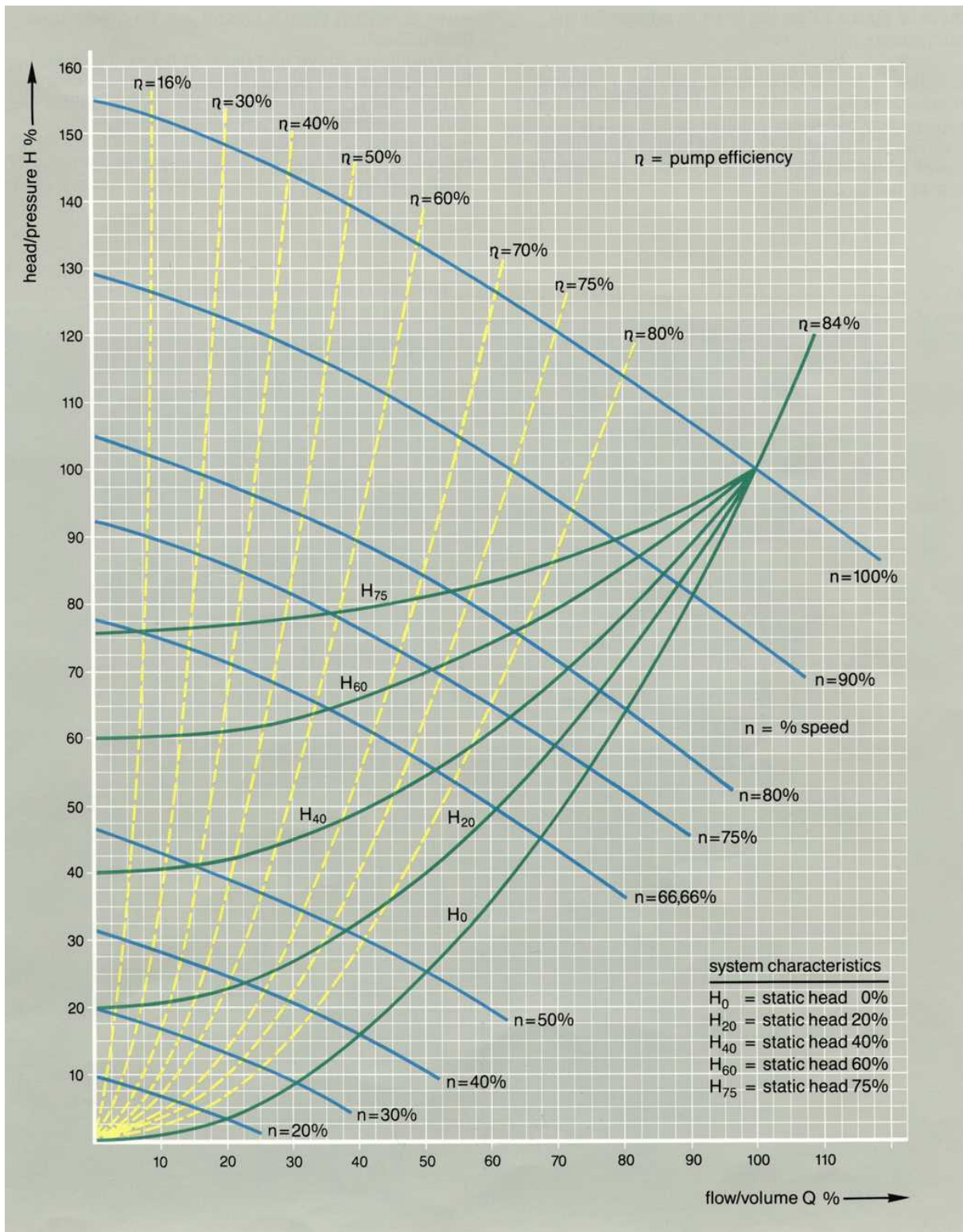
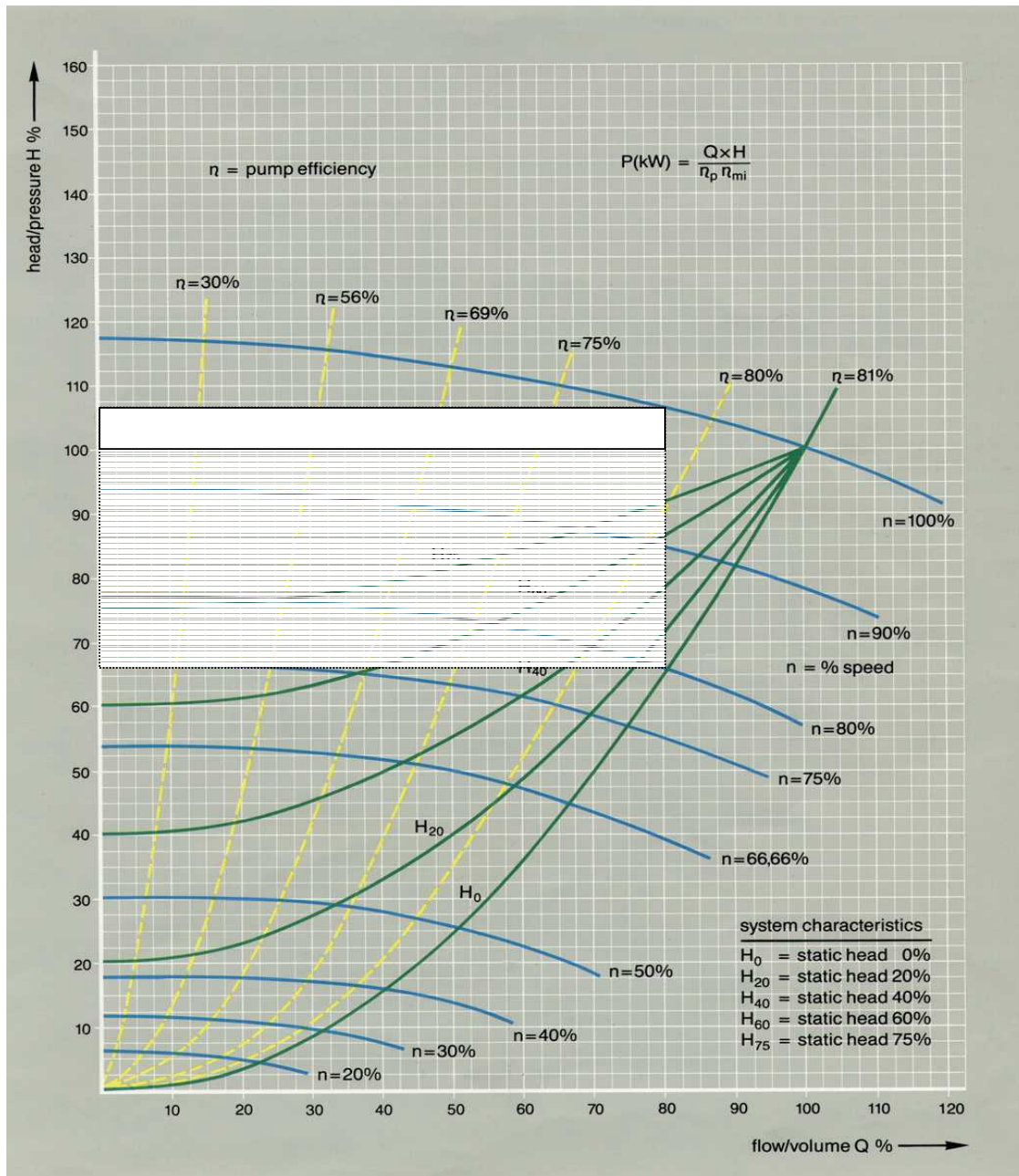
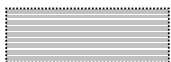


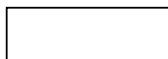
Figura 4. Confronto tra funzionamento con valvola di regolazione e con inverter



+



inverter rispetto a valvola di regolazione



on-off rispetto a valvola di regolazione

Figura 5. Risparmio energetico tra funzionamento con valvola di regolazione e con inverter

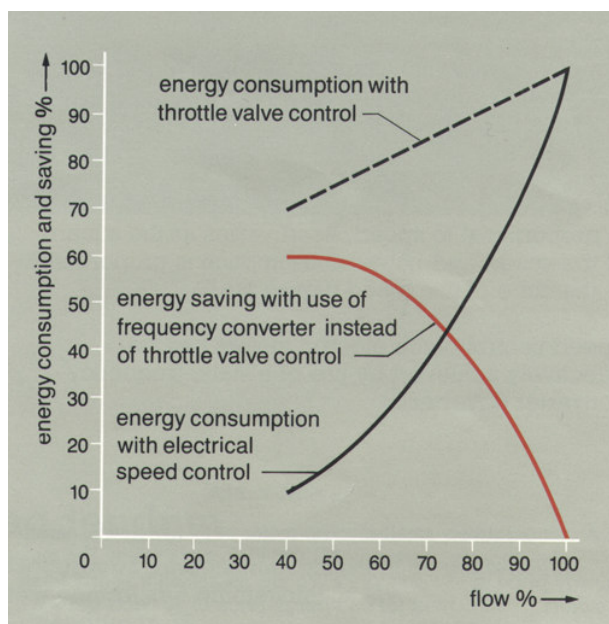


Figura 6. Potenze in gioco

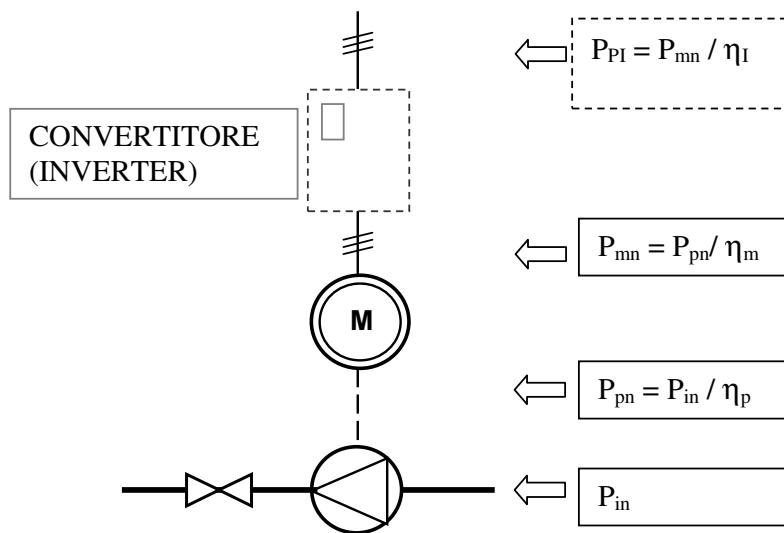


Figura 7. Curve caratteristiche della pompa e del circuito

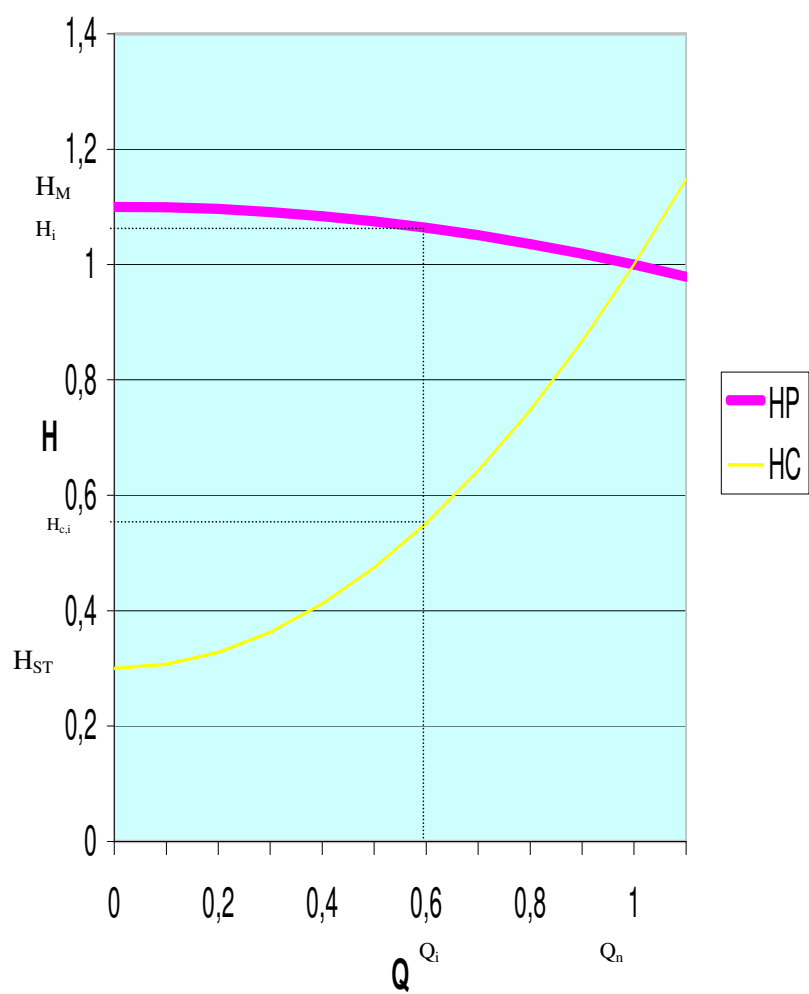


Figura 8. Curva di prevalenza piatta – analisi parametrica –  $T_M = 4000$  ore,  $P_{pn} = 4$  kW

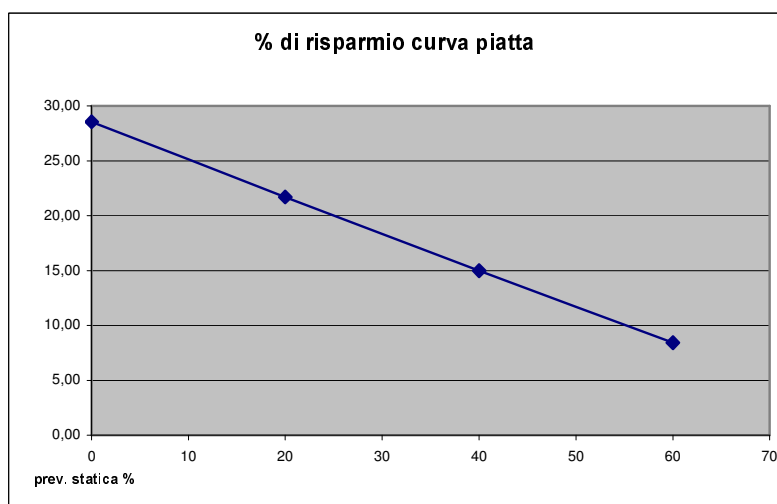
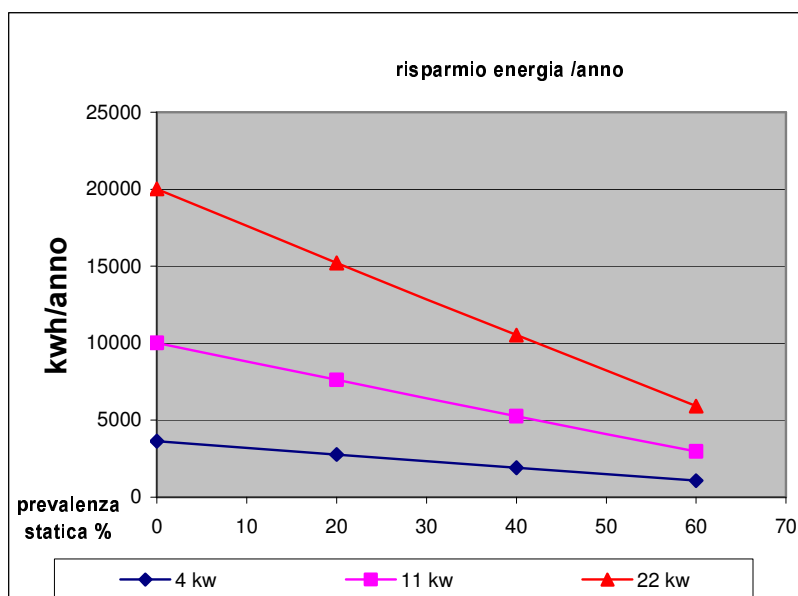
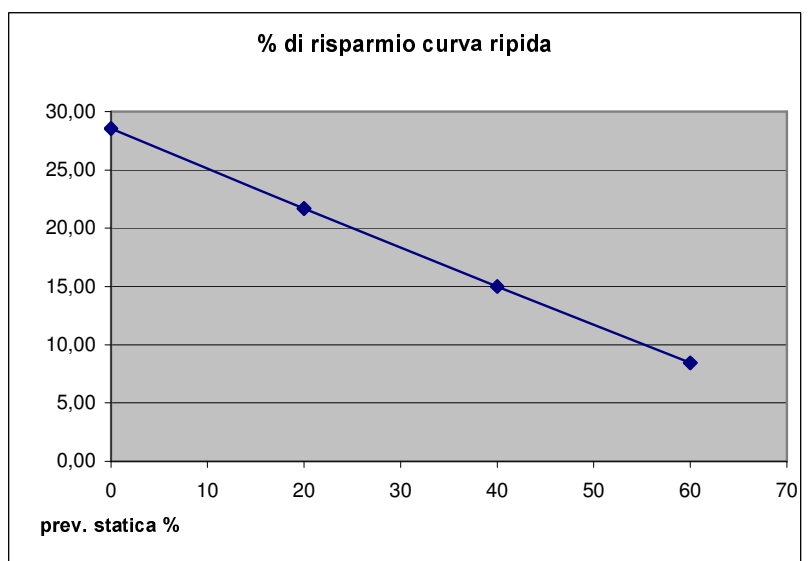
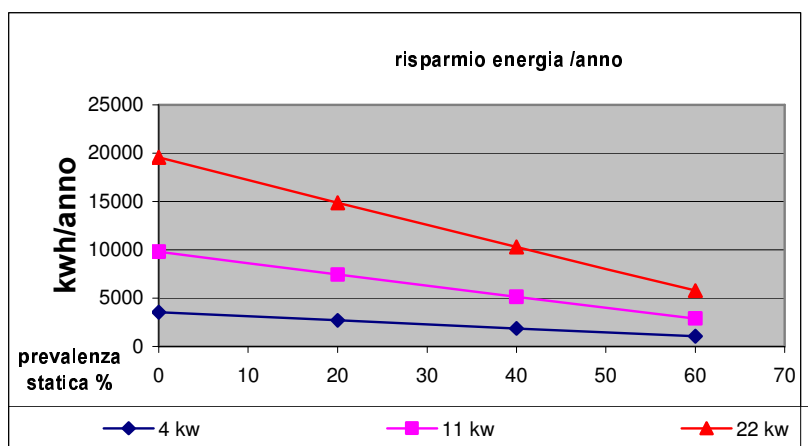


Figura 9. Curva di prevalenza ripida – analisi parametrica -  $T_M = 4000$  ore,  $P_{pn} = 4$  kW



## Scheda tecnica n. 15 – Recupero energetico dalla decompressione del gas naturale

### 1. ELEMENTI PRINCIPALI

#### 1.1 Descrizione dell'intervento

Tipologia di intervento:	recupero di energia sulla rete del gas
Decreto ministeriale elettrico 24 aprile 2001:	----
Decreto ministeriale gas 24 aprile 2001:	tabella B, tipologia di intervento n. 5
Sotto-tipologia di intervento:	interventi per la sostituzione di dispositivi esistenti con altri a più elevata efficienza
Settore di intervento:	reti gas
Tipo di utilizzo:	produzione di energia elettrica dalla decompressione del gas

#### 1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Unità fisica di riferimento:	impianto da 1 MW
Risparmio specifico netto di energia primaria conseguibile per singola unità fisica di riferimento (RSN):	$RSN = E_L * 0,1375 * 10^{-3}$ tep/anno dove: $E_L$ energia elettrica netta prodotta con l'espansione (kWh/anno)
Persistenza dei risparmi energetici nel tempo:	100 %
Taglia minima:	da definire a seguito della consultazione
Documentazione da trasmettere e da conservare:	da definire a seguito della consultazione

### 2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

Articolo 6 decreti ministeriali 24 aprile 2001.



# ALLEGATO 1 ALLA SCHEDA TECNICA N. 15: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA

## 1. Premessa

La procedura proposta è di tipo a consuntivo, si basa sulla misura, al contatore fiscale, dell'energia elettrica netta prodotta da un alternatore azionato da un turboespansore o da un motore alternativo.

L'energia ricavabile è funzione di due parametri caratteristici principali:

- rapporto di espansione
- andamento delle portate

I valori dell'energia ricavati all'asse del turboespansore (o motore alternativo) risentono inoltre dei rendimenti isoentalpici e meccanici.

Nell'espansione il gas si raffredda e viene quindi preriscaldato; ciò avviene in misura minore anche nella laminazione. Il preriscaldamento avviene a mezzo di scambiatore termico in appositi scambiatori ad acqua calda prodotta con caldaie. Il risparmio in energia primaria conseguito sono le tep equivalenti all'energia elettrica prodotta meno la differenza tra le tep necessarie al preriscaldamento.

## 2. Procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria

### 2.1 Parametri di utilizzo:

$E_L$	energia elettrica netta prodotta con l'espansione (kWh/anno)
$E_P$	energia primaria equivalente ad $E_L$ (tep/anno)
$E_G$	energia primaria consumata nell'impianto espansore
$C_G$	consumo specifico medio di gas per il preriscaldamento aggiuntivo pari a $0,1 \text{ Sm}^3/\text{kWh}$ , desunto dall'esperienza di esercizio di un impianto di espansione con turbina
$f_c$	fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria, da kWh a tep ( $0,22 \cdot 10^{-3}$ ) DM 24 aprile 2001, articolo 2, comma 3.3
PCI	potere calorifico inferiore del gas naturale $8.250 \text{ kcal/Sm}^3$

### 2.2 Calcolo del risparmio specifico netto di energia primaria conseguibile per singolo intervento

Detta  $E_L$  l'energia elettrica netta (kWh/anno) prodotta con l'espansione del gas naturale in turbina, il risparmio si ottiene per differenza tra l'energia primaria necessaria a produrre  $E_L$  negli impianti allacciati alla rete e l'energia primaria consumata nell'impianto turboespansore.

- 1) consumo di energia primaria per produzione di elettricità negli impianti allacciati alla rete

$$E_P = E_L \cdot f_c \quad [\text{tep/anno}]$$

- 2) consumo di energia primaria consumata nell'impianto espansore

$$E_G = E_L \cdot C_G \cdot \text{PCI} \cdot 10^{-7} \quad [\text{tep/anno}]$$

- 3) risparmio specifico netto

$$\text{RSN} = E_P - E_G = E_L \cdot 0,1375 \cdot 10^{-3} \quad [\text{tep/anno}]$$

## Scheda tecnica n. 16 - Installazione motori e meccanismi di trasmissione della forza motrice a più alta efficienza

### 1. ELEMENTI PRINCIPALI

#### 1.1 Descrizione dell'intervento

Tipologia di intervento:	motori elettrici e loro applicazioni
Decreto ministeriale elettrico 24 aprile 2001:	tabella A, tipologia di intervento n. 2
Decreto ministeriale gas 24 aprile 2001:	tabella B, tipologia di intervento n. 7
Sotto-tipologia di intervento:	installazione motori e meccanismi di trasmissione della forza motrice a più alta efficienza
Settore di intervento:	industria

#### 1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Risparmio specifico netto di energia primaria conseguibile: $RSN = d \times g$	<p>potenza totale motori sostituiti: d</p> <p>numero motori sostituiti: n</p> <p>potenza media motori sostituiti: <math>e = d/n</math></p>						
dove g si ricava dalla tabella sottostante in funzione della potenza media "e" calcolata in precedenza							
	g (tep/kW)						
Tipologia attività	$e \leq 1,5$	$1,5 < e \leq 3$	$3 < e \leq 5,5$	$5,5 < e \leq 11$	$11 < e \leq 22$	$22 < e \leq 45$	$e > 45$
Industriale 1 turno di lavoro	0,0314	0,0215	0,0149	0,0106	0,0083	0,0053	0,0040
Industriale 2 turni di lavoro	0,0627	0,0429	0,0297	0,0211	0,0165	0,0106	0,0079
Industriale 3 turni di lavoro	0,1204	0,0824	0,0570	0,0406	0,0317	0,0203	0,0152
Industriale stagionale	0,0339	0,0232	0,0160	0,0114	0,0089	0,0057	0,0043
Persistenza dei risparmi energetici nel tempo:	100 %						
Taglia minima di progetto:	da decidere a seguito di consultazione						
Documentazione da trasmettere e da conservare:	da decidere a seguito di consultazione						

### 2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

Articolo 6 decreti ministeriali 24 aprile 2001.

Ogni motore deve avere la marcatura indicante la classe di efficienza eff1 secondo l'accordo CEMEP (Comitato europeo costruttori macchine rotanti e elettronica di potenza) e la certificazione della misura di rendimento a pieno carico e a 3/4 del carico secondo la norme EN 60034/2.

# **ALLEGATO 1 ALLA SCHEDA TECNICA N. 16: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA**

## **1. Premessa**

La procedura si applica per la determinazione del risparmio energetico conseguibile a seguito della sostituzione di motori elettrici nel settore industriale con altri ad alta efficienza.

La procedura mira a soddisfare le seguenti condizioni:

- a) consentire una valutazione di tipo standard;
- b) minimizzare la quantità di dati e informazioni forniti dal proponente.

Entrambi questi vincoli impongono l'assunzione di ipotesi che se da un lato rispondono all'esigenza di avere una metodologia semplice nelle fasi di elaborazione, verifica e controllo, dall'altro implicano forzatamente una maggiore approssimazione nei valori di energia risparmiata.

Le ipotesi che per il caso esaminato presentano una criticità nel senso sopra accennato riguardano:

- a) la suddivisione dei motori in classi di potenza;
- b) la suddivisione delle ore di funzionamento in turni di lavorazione;
- c) l'eguaglianza a 1 del coefficiente di utilizzo.

I motori sono stati suddivisi in classi e per ogni classe è stato individuato un valore medio di efficienza.

Viene proposta la determinazione delle ore di funzionamento esclusivamente in funzione del numero dei turni di lavorazione e della tipologia della produzione (normale o stagionale).

## **2. La tecnologia**

I motori ad alta efficienza sono motori che hanno minori perdite rispetto a quelli tradizionali.

Le perdite in un motore elettrico sono classificabili in:

- a) perdite meccaniche, per attrito (nei cuscinetti e alle spazzole) e per ventilazione;
- b) perdite nel ferro a vuoto (proporzionali al quadrato della tensione), costituite da perdite per isteresi consistenti nell'energia dispersa nei cambi di direzione del flusso, e perdite per correnti parassite causate dalle correnti circolanti entro il nucleo, indotte dai cambiamenti di flusso.
- c) perdite per effetto Joule (proporzionali al quadrato della corrente), negli avvolgimenti di statore e rotore.

Nei motori ad alta efficienza queste perdite sono state ridotte intervenendo sui materiali o modificando alcuni elementi costruttivi quali:

- a) nucleo, realizzato con lamierini a basse perdite che diminuiscono le perdite a vuoto;
- b) sezione maggiorata dei conduttori dello statore e del rotore per ridurre le perdite per effetto Joule;
- c) attenta scelta del numero di cave e della geometria delle stesse.

Queste modifiche comportano una minore produzione di calore e di conseguenza l'impiego di ventole di raffreddamento più piccole e quindi minori perdite meccaniche.

Si possono ottenere così motori che a parità di potenza hanno un rendimento migliore di quello standard ed una curva del rendimento più piatta cioè tale da garantire anche in caso di spostamenti del carico un rendimento sempre vicino a quello ottimale.

### 3. Procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria

#### 3.1 Premessa

Il risparmio annuale, conseguibile con l'installazione di un motore ad alta efficienza in sostituzione di un motore esistente con efficienza standard, può essere determinato attraverso la seguente formula:

$$R = P \times C_c \times h \times C_u \times (1/\text{eff}2 - 1/\text{eff}1)$$

dove:

R: risparmio energetico annuo [kWh]

P: potenza di targa del motore [kW]

$C_c$ : coefficiente di carico del motore, cioè la percentuale rispetto al pieno carico alla quale lavora il motore

h: numero di ore annuo dell'attività produttiva a cui si fa riferimento [h/a]

$C_u$ : coefficiente di utilizzo del motore, cioè la percentuale rispetto alle ore di lavoro dello stabilimento alla quale lavora il motore

eff2: rendimento di un motore standard al punto di lavoro

eff1: rendimento del motore ad alta efficienza.

Per ottenere un valore preciso del risparmio energetico conseguibile con la sostituzione di motori ad efficienza standard con quelli ad alta efficienza è necessario introdurre per tutti i parametri di cui sopra i valori reali legati ad ogni singolo caso in esame.

Una valutazione standard del risparmio energetico, se pure approssimata, può essere ottenuta introducendo delle semplificazioni sul calcolo del numero di ore di funzionamento, sui fattori di carico e utilizzazione e sul rendimento del motore prima e dopo la sostituzione.

#### 3.2 Numero di ore anno dell'attività produttiva

In mancanza di dati ufficiali (ISTAT, Confindustria) sulle ore medie di lavorazione annuali per i diversi settori industriali e considerando le difficoltà di percorrere possibili soluzioni alternative (indagine ad hoc) si propone la determinazione del numero di ore sulla base dei turni di lavoro che sono a queste direttamente correlati. Tale scelta se pur approssimativa ha il vantaggio dell'estrema semplicità e di consentire una immediata verifica in caso di controllo.

In particolare:

- |          |   |
|----------|---|
| 1 turno. | In questo caso, di norma, le attività si svolgono otto ore giorno per cinque o sei giorni la settimana. Cioè 20 o 25 giorni mese che corrispondono, considerate le fermate programmate, a 220 o 275 giorni anno. Cioè si va da un minimo di 1760 a un massimo di 2200 ore anno. Si è assunto il valore intermedio che corrisponde ad un totale di 2000 ore. |
| 2 turni. | In maniera analoga, per due turni, si va da un minimo di 3520 a un massimo di 4400 ore anno. Si è assunto il valore intermedio di 4000 ore anno.  |
| 3 turni. | Nei tre turni normalmente non c'è l'interruzione della domenica e quindi i giorni lavorativi anno sono circa 320 per un totale di 7680 ore.   |

Stagionale. Si ipotizzano tre mesi di lavoro continuati per un numero di ore di lavoro giornaliere pari a 24. Il totale delle ore sarà quindi pari a 2160.

### 3.3 Rendimento dei motori

Riguardo ai rendimenti si deve osservare quanto segue:

- il rendimento di un motore varia al variare del numero di poli, della potenza e, a parità di numero di poli e potenza, del carico;
- la differenza tra rendimento di un motore ad alta efficienza ed uno standard diminuisce man mano che aumenta la potenza elettrica del motore;
- nel 1999 il CEMEP (Comitato europeo costruttori macchine rotanti e elettronica di potenza) e la Commissione europea hanno definito le nuove classi di efficienza per i motori elettrici. Le classi di efficienza individuate sono la eff1, la eff2 e la eff3 che si differenziano in funzione del rendimento ( la eff1 è la migliore, la eff3 la peggiore);
- ogni casa costruttrice, nell'ambito delle classi sopra citate, ha i suoi standard che sono diversi da quelli di un'altra.

Nelle scelte dei rendimenti di riferimento si sono fatte le seguenti ipotesi:

- Si è fatto riferimento ai motori a 4 poli (questi motori sono quelli tra i più diffusi).
- Il rendimento del motore standard è stato considerato pari al minimo richiesto dalla classe di efficienza eff2 che praticamente coincide con il massimo della classe di efficienza eff3.
- Il rendimento del motore ad alta efficienza è stato considerato pari al minimo richiesto dalla classe di efficienza eff1.

La tabella seguente riporta le grandezze di cui ai punti precedenti al variare della potenza del motore.

<b>kW</b>	<b>eff2</b>	<b>eff1</b>	<b>delta eff</b>	<b>(1/eff2 - 1/eff1)</b>
1,1	76,2%	83,8%	7,6%	0,119
1,5	78,5%	85,0%	6,5%	0,097
2,2	81,0%	86,4%	5,4%	0,077
3	82,6%	87,4%	4,8%	0,066
4	84,2%	88,3%	4,1%	0,055
5,5	85,7%	89,2%	3,5%	0,046
7,5	87,0%	90,1%	3,1%	0,040
11	88,4%	91,0%	2,6%	0,032
15	89,4%	91,8%	2,4%	0,029
18,5	90,0%	92,2%	2,2%	0,027
22	90,5%	92,6%	2,1%	0,025
30	91,4%	93,2%	1,8%	0,021
37	92,0%	93,6%	1,6%	0,019
45	92,5%	93,9%	1,4%	0,016
55	93,0%	94,2%	1,2%	0,014
75	93,6%	94,7%	1,1%	0,012
90	93,9%	95,0%	1,1%	0,012

Il termine  $(1/eff2 - 1/eff1)$  diminuisce man mano che si va dai motori piccoli a quelli grandi (come si può vedere dall'ultima colonna della tabella precedente), per questo motivo anche volendo semplificare al massimo, non sembra proponibile un unico valore per tutti i motori.

In prima approssimazione si propone la suddivisione dei motori in sei classi imponendo per il termine  $(1/eff2 - 1/eff1)$  i seguenti valori percentuali:

<i>Classe di potenza (P)</i>	<i><math>(1/eff2 - 1/eff1)</math></i>
$P \leq 1,5 \text{ kW}$	9,5 %
$1,5 \text{ kW} < P \leq 3 \text{ kW}$	6,5%
$3 \text{ kW} < P \leq 5,5 \text{ kW}$	4,5%
$5,5 \text{ kW} < P \leq 11 \text{ kW}$	3,2%
$11 \text{ kW} < P \leq 22 \text{ kW}$	2,5%
$22 \text{ kW} < P \leq 45 \text{ kW}$	1,6%
$P > 45$	1,2 %

Il valore di  $(1/eff2 - 1/eff1)$  utilizzato nei calcoli corrisponde a quello più basso nell'intervallo considerato (ipotesi conservativa). Per esempio tra 1,5 e 3,0 kW è stato individuato 6,5% corrispondente al motore di 3,0 kW di potenza. Questo comporta, nel caso di utilizzo di motori con potenza di 2,2 kW, una sottostima del risparmio energetico.

### ***3.4 Coefficiente di carico del motore***

Per vari motivi la potenza di un motore può essere più grande di quella effettivamente necessaria. Quindi non è raro che un motore lavori ad una frazione della sua potenza massima. Questo valore varia notevolmente da caso a caso ma per le valutazioni di risparmio energetico si propone di adottare un valore del coefficiente pari a 0,75.

### ***3.5 Coefficiente di utilizzo del motore***

All'interno di uno stabilimento non tutti i motori vengono utilizzati per un numero di ore pari a quello di funzionamento dello stabilimento stesso. Di norma tale numero è inferiore e dipende dal tipo di utilizzo. Anche in questo caso esso può variare notevolmente, però vista la schematizzazione già effettuata a livello di ore di lavorazione dello stabilimento si è preferito considerare questo dato pari a 1.

## **Scheda tecnica n. 17 - Sostituzione di frigoriferi, frigocongelatori, congelatori, lavabiancheria, lavastoviglie con prodotti analoghi a più alta efficienza**

### **1. NOTA**

Se dalla consultazione emergeranno dati certi, affidabili e verificabili relativamente ai frigocongelatori e congelatori che partecipano al programma volontario “Energy+” l’Autorità considererà l’opportunità di inserire tali modelli nella scheda, fornendo una procedura di calcolo per i risparmi ad essi relativi.

### **2. ELEMENTI PRINCIPALI**

#### **2.1 Descrizione dell’intervento**

Tipologia di intervento:	elettrodomestici e apparecchiature per ufficio ad elevata efficienza
Decreto ministeriale elettrico 24 aprile 2001: Decreto ministeriale gas 24 aprile 2001:	tabella A, tipologia di intervento n. 8 tabella B, tipologia di intervento n. 12
Sotto-tipologia di intervento:	sostituzione di frigoriferi, lavabiancheria, lavastoviglie, scaldacqua, forni, pompe di circolazione acqua, ecc. con prodotti analoghi a più alta efficienza
Settore di intervento:	domestico

#### **2.2 Calcolo del risparmio di energia primaria**

Unità fisica di riferimento:	frigorifero, frigocongelatore, congelatore, lavabiancheria, lavastoviglie
Risparmio specifico netto di energia primaria conseguibile:	[tep/a]
frigorifero, frigocongelatore (FRG)	$RSN = 18,638 \times 10^{-3}$
congelatore (CNG)	$RSN = 22,341 \times 10^{-3}$
lavabiancheria (LVB)	$RSN = 8,825 \times 10^{-3}$
lavastoviglie (LVS)	$RSN = 8,003 \times 10^{-3}$
Persistenza dei risparmi energetici nel tempo:	100 %
Documentazione da trasmettere e da conservare:	da definire a seguito della consultazione
Taglia minima di progetto:	da decidere a seguito di consultazione

### **3. NORME TECNICHE DA RISPETTARE**

Articolo 6 decreti ministeriali 24 aprile 2001.

# **ALLEGATO 1 ALLA SCHEDA TECNICA N. 17: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA**

## **1. Premessa**

I risparmi energetici conseguibili verranno calcolati, con riferimento alla prima casa, considerando la sostituzione di elettrodomestici con altri più efficienti dal punto di vista energetico.

Per le seconde case si potrebbe pensare a coefficienti di riduzione dovuti al minor utilizzo degli elettrodomestici installati.

Mentre per il caso degli elettrodomestici del freddo esiste solo la classe di efficienza energetica, per gli elettrodomestici del lavaggio esistono più classificazioni, in particolare relative al consumo di acqua ed efficacia nella centrifugazione (lavabiancheria) o nell'asciugatura (lavastoviglie). Questi parametri non saranno presi in considerazione.

## **2. Procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria**

Assumiamo che tutti gli acquisti di nuovi elettrodomestici da parte degli utenti finali avvengano in base a:

- a) sostituzione di esemplari non più funzionanti o inadeguati
- b) acquisto di nuovo tipo di elettrodomestico (ad esempio congelatore o lavastoviglie)
- c) (raramente) incremento del numero di esemplari (ad esempio secondo frigorifero)

In tutti i casi, la situazione preesistente è da considerarsi ininfluente ai fini del presente calcolo. Infatti, nel caso di nuovo acquisto non c'è nessuna situazione pregressa di consumo energetico mentre nel caso di sostituzione, le prestazioni dell'apparecchio vecchio non sono importanti in quanto in ogni caso il vecchio apparecchio non è più operativo.

L'utente, al momento dell'acquisto del nuovo elettrodomestico, si trova di fronte all'offerta del mercato. In assenza di incentivazione, probabilmente i criteri di scelta saranno svariati, ma uno importante sarà il prezzo.

Esistono studi che confrontano l'offerta del mercato con le vendite [1]. Pertanto è possibile definire l'elettrodomestico 'medio' che viene offerto e che viene preferito dall'acquirente.

L'incentivazione tende a indirizzare la scelta verso gli apparecchi più efficienti. Pertanto, a parità delle altre caratteristiche (quali volume, capacità ecc.): il risparmio energetico è quello che si ottiene installando un apparecchio efficiente invece di uno medio disponibile sul mercato al momento dell'acquisto

## **3. Definizioni e parametri essenziali**

I parametri essenziali per il calcolo del risparmio energetico sono in pratica quelli relativi ai calcoli dell'etichetta energetica degli elettrodomestici esaminati. Alcuni di questi parametri sono presenti sull'etichetta energetica stessa (contrassegnati con (x) nei seguenti elenchi).

Si fa notare che il consumo reale degli elettrodomestici può essere diverso da quanto scritto sull'etichetta energetica, e questa precisazione è chiaramente scritta sull'etichetta energetica stessa. Si ritiene che i valori di consumo utilizzati per l'etichetta energetica rappresentino valori di



consumo sovrastimati, nel caso di una installazione e un utilizzo corretto degli apparecchi da parte degli utenti.

#### 4. Apparecchi di refrigerazione domestici: frigoriferi, frigocongelatori, congelatori

I vari tipi di apparecchi di refrigerazione domestici sono definiti da norme tecniche di riferimento specifiche. Esistono altre classificazioni di tipo commerciale o di installazione, quali apparecchi a libera installazione (o free standing), da incasso (o built-in)...

In particolare:

- a) frigorifero ad uso domestico: armadio isolato termicamente di volume ed equipaggiamento idoneo per l'uso domestico, raffreddato da uno o più dispositivi che utilizzano energia e avente uno o più scomparti concepiti per la conservazione dei cibi. Almeno uno di questi scomparti deve essere adatto alla conservazione di cibi freschi [7]. Temperatura di riferimento per lo scomparto cibi freschi +5°C. Un frigorifero può avere scomparti di vario tipo:
  - cantina
  - per cibi deperibili, normalmente chiamato scomparto 0°C
  - a bassa temperatura - per la produzione di ghiaccio
  - a bassa temperatura - per la conservazione di cibo congelato. Questi scomparti sono classificati secondo la loro temperatura di conservazione, e in particolare:
    - (\*) o 1 stella, con temperatura di conservazione  $\leq -6^{\circ}\text{C}$
    - (\*\*) o 2 stelle, con temperatura di conservazione  $\leq -12^{\circ}\text{C}$
    - (\*\*\*) o 3 stelle, con temperatura di conservazione  $\leq -18^{\circ}\text{C}$
- b) congelatore per uso domestico: armadio isolato termicamente di volume ed equipaggiamento idoneo per l'uso domestico, raffreddato da uno o più dispositivi che utilizzano energia e avente uno o più scomparti per congelare cibi freschi (*la norma indica le caratteristiche minime di quantità di carico congelabile in 24 ore in funzione del volume dell'apparecchio*). Inoltre esso è adatto alla conservazione di cibi congelati ad una temperatura minore o uguale a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Viene indicato con il simbolo (\*(\*\*)) o 4 stelle [7]. Un congelatore può avere una sezione a 2 stelle (\*\*)
- c) frigorifero-congelatore ad uso domestico, altrimenti detto frigocongelatore: armadio isolato termicamente di volume ed equipaggiamento idoneo per l'uso domestico, raffreddato da uno o più dispositivi che utilizzano energia e avente due o più scomparti. Almeno uno di questi scomparti (lo scomparto per la conservazione di cibi freschi) è adatto alla conservazione di cibi non congelati, ed almeno uno di questi scomparti (o scomparto congelatore) è adatto al congelamento di cibi freschi e alla conservazione di cibi congelati ad una temperatura minore o uguale a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Viene indicato con il simbolo (\*(\*\*)) o 4 stelle [7]
- d) apparecchio domestico con circolazione ad aria forzata (normalmente denominato "no frost" o "frost free"): armadio isolato termicamente di volume ed equipaggiamento idoneo per l'uso domestico, raffreddato da uno o più dispositivi che utilizzano energia, in cui tutti gli scomparti vengono sbrinati automaticamente, con eliminazione automatica dell'acqua di sbrinamento, e almeno uno scomparto è raffreddato con sistema di circolazione ad aria forzata. Il sistema di circolazione ad aria forzata funziona automaticamente in modo da evitare la formazione permanente di brina su tutte le superfici raffreddate [7]

Parametri per il calcolo del risparmio energetico:

- a) consumo energetico (x), espresso in kWh/anno [3], misurato conformemente alle norme tecniche di riferimento
- b) volume utile (x), espresso in l. E' dato dal volume lordo (rappresenta grosso modo tutto lo spazio interno di un apparecchio) meno alcuni volumi considerati inutilizzabili per lo stoccaggio di alimenti [7]. Nell'etichetta energetica [3] vengono indicati:
  - la somma del volume utile di tutti gli scomparti senza stelle, ossia con temperatura di riferimento superiore a  $-6^{\circ}\text{C}$
  - la somma del volume utile di tutti gli scomparti con stelle, ossia con temperatura di riferimento minore o uguale a  $-6^{\circ}\text{C}$
 Il volume utile non è l'effettivo spazio a disposizione dell'utente per il carico
- c) volume equivalente, o volume corretto, espresso in l. E' calcolato in base al volume utile dei singoli scomparti che costituiscono l'apparecchio e alle relative temperature di conservazione [3]. E' usato, insieme con il consumo, per calcolare l'indice di efficienza energetica e quindi la classe di efficienza energetica
- d) indice di efficienza energetica. E' il rapporto tra il consumo di un apparecchio e quello di un ipotetico apparecchio di riferimento dello stesso tipo e dello stesso volume equivalente [3]
- e) classe di efficienza energetica (x). E' assegnata in base all'indice di efficienza energetica [3], su una scala da A (efficienza massima) a G (efficienza minima)

## 5. Lavabiancheria

- a) consumo energetico (x) espresso per kWh/ciclo [4]. Si riferisce ai risultati di prove standard per il ciclo di cotone a  $60^{\circ}\text{C}$  (in base alle norme tecniche di riferimento)
- b) consumo medio annuo di energia [4]. E' definito come il consumo annuo stimato di una famiglia di 4 persone, ed è calcolato sulla base di 200 lavaggi con ciclo cotone a  $60^{\circ}\text{C}$
- c) capacità (x), espressa in kg [4]. Si riferisce alla capacità dell'apparecchio per il ciclo di cotone a  $60^{\circ}\text{C}$
- d) classe di efficienza energetica (x) [4]. E' assegnata in base al consumo di energia in kWh per kg lavato con ciclo normale cotone a  $60^{\circ}\text{C}$ , conformemente alle norme tecniche di riferimento, su una scala da "A" (massima efficienza) a "G" (minima efficienza).

## 6. Lavastoviglie

- a) consumo energetico (x), espresso per kWh per ciclo normale [5]. Si riferisce al ciclo di prova normale con acqua fredda in base alle norme tecniche di riferimento
- b) consumo medio annuo di energia [5]. E' definito come il consumo stimato annuo, calcolato sulla base di 220 cicli normali
- c) capacità della lavastoviglie (x), espressa in numero di coperti normali in base alle norme tecniche di riferimento [5]

- d) indice di efficienza energetica. E' il rapporto tra il consumo di un apparecchio e quello di riferimento, quest'ultimo calcolato in base alla capacità dell'apparecchio [3]
- e) classe di efficienza energetica (x). E' assegnata in base all'indice di efficienza energetica, su una scala da "A" (massima efficienza) a "G" (minima efficienza) [5]

## 7. Calcolo dei risparmi di energia primaria

### 7.1 Apparecchi di refrigerazione domestica: frigoriferi, frigocongelatori e congelatori

Gli elettrodomestici del freddo possono essere esaminati nel loro insieme o raggruppati in due grandi categorie, corrispondenti a due diversi tipi di utilizzo da parte degli utenti finali:

- 1) i frigoriferi e frigocongelatori
- 2) i congelatori

Nell'anno 2001 la classe di efficienza energetica degli apparecchi del mercato italiano è divisa come segue (fonte ENEA):

Classe di efficienza energetica	% di apparecchi: frigoriferi, frigocongelatori, congelatori (su 957 modelli)	% di apparecchi: solo frigoriferi, frigocongelatori (su 674 modelli)	% di apparecchi: solo congelatori (su 283 modelli)
A	38,9	41,7	32,2
B	32,2	37,4	19,8
C	22,5	20,8	26,5
D	1,8	0,0	6,0
E	4,1	0,1	13,4
F	0,6	0,0	2,1
G	0,0	0,0	0,0

Limite di validità: apparecchi a libera installazione (cioè non da incasso), dimensione della banca dati: 957 modelli, di cui 674 frigoriferi e frigocongelatori, 283 congelatori.

#### *Situazione delle vendite rispetto a quella dell'offerta [1]*

I valori medi importanti ai fini del calcolo del risparmio energetico sono riportati nella seguente tabella (fonte ENEA):

Media 2001				
		Frigoriferi, frigocongelatori, congelatori	Frigoriferi, frigocongelatori	Congelatori
	unità			
volume lordo	[l]	286,2	308,6	232,8
volume equivalente	[l]	389,9	359,1	459,3
consumo	[kWh/anno]	370,89	384,33	338,88

Si ritiene fattibile la sola proposta di sostituzione degli apparecchi con modelli in classe A.

Sono stati analizzati gli indici di efficienza energetica per tutti gli apparecchi in classe A della banca dati ENEA, per cercare una diversa classificazione, in modo da privilegiare 'i più efficienti tra gli apparecchi efficienti', ma tale classificazione si ritiene improponibile. Infatti, la maggior parte dei modelli ha un indice di efficienza energetica intorno al limite superiore della classe (limite superiore della classe = 55, indice medio dei modelli in classe A > 52), perciò una imposizione dell'indice di efficienza massimo ammissibile, oltre all'appartenenza alla classe A, limiterebbe di molto la possibilità di scelta da parte dell'utente finale. Questo perché: 1) il numero di modelli disponibili è molto ridotto; 2) il tipo di apparecchi disponibili è molto ridotto; 3) il prezzo degli apparecchi con indice di efficienza energetica molto elevato è così alto che l'intervento si ripagherebbe probabilmente in un periodo superiore alla vita dell'apparecchio stesso.

I valori medi importanti ai fini del calcolo del risparmio energetico per gli apparecchi di classe A sono riportati nella seguente tabella (fonte ENEA):

Media 2001 Classe A				
		Frigoriferi, frigocongelatori, congelatori	Frigoriferi, frigocongelatori	Congelatori
	unità			
volume lordo	[l]	290,3	305,8	244,1
volume equivalente	[l]	393,9	363,7	484,7
consumo	[kWh/anno]	284,04	299,61	237,33

Per il calcolo del risparmio si considera la differenza di consumo tra l'apparecchio di dimensione media di classe A e l'apparecchio di dimensione media dell'offerta di mercato. Il calcolo così definito è possibile in quanto il volume medio e quello equivalente degli apparecchi di classe A e quello di tutti gli apparecchi disponibili sul mercato sono molto simili, considerando il caso di tutti gli elettrodomestici del freddo insieme oppure i frigoriferi e frigocongelatori. C'è una differenza di volume più marcata per i congelatori, tuttavia si ritiene ancora applicabile il metodo prescelto.

Differenza tra tutti gli apparecchi del mercato e quelli di classe A anno 2001				
		Frigoriferi, frigocongelatori, congelatori	Frigoriferi, frigocongelatori	Congelatori
	unità			
volume lordo	[l]	-4,2	2,8	-11,2
volume equivalente	[l]	-4,0	-4,5	-25,4
consumo	[kWh/anno]	86,85	84,72	101,55

Segue quindi che:

Risparmio energetico per sostituzione di elettrodomestico del freddo:

per frigorifero, frigocongelatore:  $\text{risparmio (tep/anno)} = 84,72 \times 0,22 \times 10^{-3}$

per congelatore:  $\text{risparmio (tep/anno)} = 101,55 \times 0,22 \times 10^{-3}$

dove:

84,72, 101,55    risparmio energetico (kWh/anno) rispettivamente per frigoriferi  
e    frigocongelatori, congelatori

$0,22 \times 10^{-3}$     fattore di conversione kWh – tep

ammissibilità delle proposte:

l'apparecchio nuovo deve essere in classe A

(ai sensi del decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato del 2 aprile 1998)

## 7.2 Lavabiancheria

Nell'anno 2001 la classe di efficienza energetica degli apparecchi del mercato italiano è come segue (fonte ENEA):

Classe di efficienza energetica	% di apparecchi: (su 964 modelli)
A	32,2
B	13,6
C	49,7
D	4,5
E	0,1
F	0,0
G	0,0

Limite di validità: apparecchi a libera installazione (cioè non da incasso), dimensione della banca dati: 964 modelli.

Ricordiamo che per le lavabiancheria esistono anche le classi di efficacia di lavaggio e di efficacia di centrifugazione, che tuttavia non sono qui prese in considerazione.

*Situazione delle vendite rispetto a quella dell'offerta [1]*

I valori medi importanti ai fini del calcolo del risparmio energetico sono riportati nella seguente tabella (fonte ENEA):

Lavabiancheria		
	unità	media 2001
capacità	[kg]	5,0
consumo medio per ciclo	[kWh/ciclo]	1,14
consumo medio annuo (su 200 cicli di lavaggio)	[kWh]	227,43

Si ritiene fattibile la sola proposta di sostituzione degli apparecchi con modelli in classe A di efficienza energetica.

I valori medi importanti ai fini del calcolo del risparmio energetico per gli apparecchi di classe A sono riportati nella seguente tabella (fonte ENEA):

Lavabiancheria		
	unità	media classe A energia 2001
capacità	[kg]	5,1
consumo medio per ciclo	[kWh/ciclo]	0,94
consumo medio annuo	[kWh]	187,32

Per il calcolo del risparmio si considera la differenza di consumo tra l'apparecchio di capacità media (kg di carico) di classe A di efficienza energetica e l'apparecchio di capacità media dell'offerta di mercato esistente. Il confronto così fatto è possibile perché la capacità media degli apparecchi di classe A e quella di tutti gli apparecchi disponibili sul mercato sono molto simili.

Lavabiancheria		
		differenza tra tutti gli apparecchi del mercato e quelli di classe A
capacità		-0,2
consumo medio per ciclo	[kWh/ciclo]	0,20
consumo annuo	[kWh]	40,12

Segue quindi che:

Risparmio energetico per sostituzione di lavabiancheria:		
$\text{risparmio} = 40,12 \times 0,22 \times 10^{-3} \quad [\text{tep/anno}]$		
dove:		
40,12	risparmio energetico [kWh/anno]	
$0,22 \times 10^{-3}$	fattore di conversione tra kWh e tep	
ammissibilità delle proposte:		
l'apparecchio nuovo deve essere in classe A di efficienza energetica		
(ai sensi del decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato del 7 ottobre 1998)		

### 7.3 Lavastoviglie

Nell'anno 2001 la classe di efficienza energetica degli apparecchi del mercato italiano è divisa come segue (fonte ENEA):

Classe di efficienza energetica	% di apparecchi: (su 396 modelli)
A	38,9
B	26,5
C	26,0
D	6,1
E	2,5
F	0,0
G	0,0

Limite di validità: apparecchi a libera installazione (cioè non da incasso), dimensione della banca dati: 396 modelli.

Ricordiamo che per le lavastoviglie esistono anche le classi di efficacia di lavaggio e di efficacia di asciugatura che, tuttavia, non sono qui prese in considerazione.

#### *Situazione delle vendite rispetto a quella dell'offerta [1]*

I valori medi importanti ai fini del calcolo del risparmio energetico sono riportati nella seguente tabella (fonte ENEA):

Lavastoviglie		
	unità	media 2001
numero medio di coperti		11,7
consumo medio per ciclo	[kWh/ciclo]	1,21
consumo medio annuo (220 cicli)	kWh	265,42

Si ritiene fattibile la sola proposta di sostituzione degli apparecchi con modelli in classe A di efficienza energetica.

I valori medi importanti ai fini del calcolo del risparmio energetico per gli apparecchi di classe A sono riportati nella seguente tabella (fonte ENEA):

Lavastoviglie		
	unità	media classe A energia 2001
numero medio di coperti		11,9
consumo medio per ciclo	[kWh/ciclo]	1,04
consumo medio annuo (220 cicli)	kWh	229,04

Per il calcolo del risparmio energetico si considera la differenza di consumo tra l'apparecchio di capacità media (numero di coperti medio) di classe A di efficienza energetica e l'apparecchio di capacità media dell'offerta di mercato esistente. Il confronto così fatto è possibile perché la capacità

media degli apparecchi di classe A e quella di tutti gli apparecchi disponibili sul mercato sono molto simili.

Lavastoviglie		
		differenza tra tutti gli apparecchi del mercato e quelli di classe A
numero medio di coperti		-0,2
consumo medio per ciclo	[kWh/ciclo]	0,17
consumo medio annuo	kWh	36,38

Segue quindi che:

Risparmio energetico per sostituzione di lavastoviglie:		
	$\text{risparmio (tep/anno)} = 36,38 \times 0,22 \times 10^{-3}$	
dove		
36,38	risparmio energetico (kWh/anno)	
$0,22 \times 10^{-3}$	fattore di conversione kWh – tep	
ammissibilità delle proposte:		
l'apparecchio nuovo deve essere in classe A di efficienza energetica		
(ai sensi del decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato del 10 novembre 1999)		

## 8. Scheda di sintesi

La bozza di scheda che segue è stata realizzata tenendo conto delle ipotesi precedentemente assunte.

Dati i seguenti coefficienti:

Coefficienti di risparmio energetico in base alla tipologia di elettrodomestico		
<i>Tipo di elettrodomestico</i>	<i>Coefficiente di risparmio</i>	<i>Valore del coefficiente (tep/anno)</i>
frigorifero, frigocongelatore	CRFRG	$18,638 \times 10^{-3}$
congelatore	CRCNG	$22,341 \times 10^{-3}$
lavabiancheria	CRLVB	$8,825 \times 10^{-3}$
lavastoviglie	CRLVS	$8,003 \times 10^{-3}$

Gli elettrodomestici ammissibili devono essere in classe A di efficienza energetica secondo i decreti ministeriali 24 aprile 2001.

Il risparmio energetico è calcolato sull'uso normale nella prima casa, pertanto l'elettrodomestico nuovo va installato nella prima casa, con documentazione relativa.



## 9. Bibliografia

- 1) Rapporto ENEA – Milena Presutto 2001 "Effetti delle politiche e misure comunitarie per l'efficienza energetica sul mercato degli elettrodomestici in Europa e in Italia nel 1991-2000"
- 2) DPR 9 marzo 1998, n.107, "Regolamento recante norme per l'attuazione della direttiva 92/75/CE concernente le informazioni sul consumo di energia degli apparecchi domestici", pubblicato nella Gazzetta Ufficiale, Serie generale, n. 89 del 17 aprile 1998
- 3) Decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato 2 aprile 1998, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale, Serie generale, n. 104 del 7 maggio 1998 recante "Modalità di applicazione della etichettatura energetica a frigoriferi domestici, congelatori e relative combinazioni",
- 4) Decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato 7 ottobre 1998, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale, Serie generale, n. 148 del 23 ottobre 1998, recante "Modalità di applicazione della etichettatura energetica a lavabiancheria, asciugatrici e lavasciuga ad uso domestico",
- 5) Decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato del 10 novembre 1999, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale, Serie generale, n. 269 del 16 novembre 1999, recante "Modalità di applicazione della etichettatura energetica alle lavastoviglie ad uso domestico, in conformità alle direttive 92/75/CE e 97/17/CE"
- 6) Decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato del 10 novembre 1999, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale, Serie generale, n. 269 del 16 novembre 1999, recante "Norme sui requisiti di rendimento energetico di frigoriferi, congelatori e loro combinazioni di uso domestico, in conformità alla direttiva comunitaria 96/57/CE"
- 7) Norme tecniche per apparecchi di refrigerazione per uso domestico: Norma UNI EN 153, EN 28187, UNI EN ISO 5155, UNI EN ISO 7371, UNI EN ISO 8561

## Scheda tecnica n. 18 - Installazione di erogatori per doccia a basso flusso (EBF)

### 1. ELEMENTI PRINCIPALI

#### 1.1 Descrizione dell'intervento

Tipologia di intervento:	riduzione dei consumi di gas o di energia elettrica per usi termici
Decreto ministeriale gas 24 aprile 2001:	tabella A, tipologia di intervento n° 2
Decreto ministeriale elettrico 24 aprile 2001:	tabella A, tipologia di intervento n° 6
Sotto-tipologia di intervento:	installazione di sistemi e prodotti per la riduzione delle esigenze di acqua calda
Settore di intervento:	a) domestico b) alberghi e pensioni (solo per intervento di cui al decreto ministeriale gas 24 aprile 2001) c) impianti sportivi (solo per intervento di cui al decreto ministeriale gas 24 aprile 2001)

#### 1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Unità fisica di riferimento:	Erogatore a basso flusso (EBF). Il risparmio specifico netto di energia primaria RSN è riconosciuto per <u>un solo EBF per utenza</u>
Risparmio specifico netto (RSN) di energia primaria conseguibile con intervento di cui al decreto gas:	$RSN(a) = 10,2 \times 10^{-3}$ tep/anno/unità di riferimento (per EBF installati presso le sole utenze domestiche in possesso di scaldacqua a gas) $RSN(b) = 9,9 \times 10^{-3}$ tep/anno/unità di riferimento (per EBF installati presso alberghi e pensioni) $RSN(c) = 52,5 \times 10^{-3}$ tep/anno/unità di riferimento (per EBF installati presso impianti sportivi)
Risparmio specifico netto (RSN) di energia primaria conseguibile con intervento di cui al decreto elettrico:	$RSN = 20,4 \times 10^{-3}$ tep/anno/unità di riferimento (per EBF installati presso le sole utenze in possesso di scaldacqua elettrici)
Persistenza dei risparmi energetici nel tempo:	100%
Documentazione da trasmettere e da conservare:	da decidere a seguito di consultazione
Taglia minima di progetto:	da decidere a seguito di consultazione

### 2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

Articolo decreti ministeriali 24 aprile 2001.

# ALLEGATO 1 ALLA SCHEDA TECNICA N. 18: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA

## 1. La tecnologia

Gli erogatori per doccia a basso flusso sono dispositivi aventi la funzione di ridurre la portata di acqua delle docce miscelandola con aria, ma dando l'impressione all'utilizzatore di beneficiare della stessa quantità di acqua normalmente utilizzata.

Tali dispositivi possono essere facilmente installati in sostituzione dei normali erogatori delle docce.

## 2. Procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria

### 2.1 Abitazioni

I produttori degli erogatori per doccia a basso flusso dichiarano risparmi di acqua che possono raggiungere il 50% [1, 2], in relazione al flusso di acqua utilizzato durante la doccia.

Infatti gli erogatori hanno la caratteristica di mantenere un flusso pressoché costante, indipendentemente dalla pressione dell'acqua, per cui il risparmio di acqua dipende dal flusso che l'utente richiederebbe in assenza di EBF, cioè tanto maggiore è quest'ultimo, tanto più grande è il risparmio ottenuto.

Sulla base di dati ricavati da pubblicazioni varie [3-6], e in considerazione dei flussi di acqua presumibilmente utilizzati nelle docce, è stato qui assunto un valore medio di risparmio di acqua calda per ciascuna doccia pari al 20%.

Per il calcolo del consumo medio di acqua calda giornaliero per doccia per persona sono stati presi a riferimento alcuni dati reperiti in letteratura [7], relativi ad indagini statistiche sulle abitudini igienico-sanitarie degli italiani, da cui sono state dedotte le frequenze con cui sono effettuate le docce, mentre i quantitativi di acqua usati per ogni doccia sono stati stimati in base ad altri dati riportati in letteratura [3, 4]. La temperatura media della doccia (45 °C) è stata fissata in base a considerazioni di benessere fisico medio.

Da quanto sopra è risultato che il consumo medio di acqua calda giornaliero per persona per doccia è di 18,2 litri.

Nell'ipotesi di considerare un numero di giorni l'anno di utilizzazione pari a 350 (assumendo una media di 15 giorni/anno di non utilizzazione per ferie o altro), ed una temperatura media dell'acqua di acquedotto di 15 °C, si ha:

a) Caso di utenze con scaldacqua a gas:

assumendo un rendimento medio degli scaldacqua a gas pari a 0,7 [8, 9, 19] il consumo medio annuale di energia elettrica per persona attribuibile alle docce è pari a:

$$\text{Consumo medio annuale di energia per docce pro-capite} = \frac{18,2 \times 30 \times 350}{0,7 \times 10^3} \times 4,186 = 1142,8 \text{ (MJ)}$$

e pertanto un risparmio annuo di energia termica conseguibile con l'erogatore a basso flusso per persona di:

$$\text{Risparmio pro-capite di energia termica annuo conseguibile con EBF} = 1142,8 \times 0,2 = 228,6 \text{ (MJ)}$$

b) Caso di utenze con scaldacqua elettrico:

assumendo un rendimento medio degli scaldacqua elettrici pari a 0,9 [8, 9] ne deriva che il consumo medio annuale di energia elettrica per persona attribuibile alle docce è pari a:

$$\text{Consumo medio annuale per docce pro-capite} = \frac{18,2 \times 30 \times 350}{860 \times 0,9} = 246,9 \text{ (kWh)}$$

e pertanto un risparmio annuo di energia elettrica conseguibile con l'erogatore a basso flusso per persona di:

$$\text{Risparmio elettrico pro-capite annuo conseguibile con EBF} = 246,9 \times 0,2 = 49,4 \text{ (kWh)}$$

Il risparmio totale ottenuto in ciascuna abitazione è stato supposto uguale al prodotto del risparmio annuale pro-capite per il numero di abitanti medio per famiglia ( $N=2,6$ ) [10], ridotto di un coefficiente  $K_u$  (coefficiente di utilizzazione dell'EBF), che tiene conto della possibilità che alcune docce possano essere fatte in punti doccia senza erogatore, e di un ulteriore coefficiente  $K_R$  (coefficiente di residenza), che tiene conto del fatto che la residenza possa essere abituale o meno.

Pertanto si ha:

c) Caso di utenze con scaldacqua a gas:

$$\text{Risparmio medio di energia termica annuo con EBF per abitazione} = 228,6 \times N \times K_U \times K_R \text{ (MJ)}$$

d) Caso di utenze con scaldacqua elettrico:

$$\text{Risparmio elettrico medio annuo con EBF per abitazione} = 49,4 \times N \times K_U \times K_R \text{ (kWh)}$$

Il coefficiente di utilizzazione dell'EBF è dato dal prodotto dei due coefficienti  $K_e$  e  $K_p$ , di cui il primo è dato dal rapporto tra numero di EBF installati e numero di punti doccia presenti nell'appartamento ed è  $\leq 1$ ; il secondo esprime la preferenza verso l'utilizzo dei punti doccia con EBF, ed è da considerare  $\geq 1$ , in quanto è ovvio che se è stata decisa l'installazione di un dispositivo di risparmio energetico, ci sarà una certa propensione alla sua utilizzazione.

Allo scopo di standardizzare la scheda, per determinare un valore medio di  $K_e$  ci si è riferiti ai dati del censimento ISTAT 1991 relativi al numero di abitazioni occupate suddivise per numero di stanze.

Abitazioni occupate								Abitazioni non occupate	Totale abitazioni
1 stanza	2 stanze	3 stanze	4 stanze	5 stanze	6 stanze	7 e più stanze	totale abitazioni occupate		
218.687	1.465.301	3.833.997	6.605.764	4.594.754	1.688.708	1.328.702	19.735.913	5.292.609	25.028.522

Si è supposto che in una generica abitazione sia presente un

- numero di bagni pari a 1 per numero di stanze  $= 1 \div 3$ ;
- numero di bagni pari a 1,5 per numero di stanze  $= 4$ ;
- numero di bagni pari a 2 per numero di stanze  $= 5 \div 6$ ;
- numero di bagni pari a 3 per numero di stanze  $= 7$  e più.

Con queste assunzioni si è ottenuto Numero di bagni/ Abitazione = 1,62.

Assumendo pari ad 1 il numero degli EBF installati in ciascuna abitazione, risulta:

$$K_e = (\text{numero EBF installati}/\text{Abitazione})/(\text{Numero di bagni}/\text{Abitazione})=1/1,62 = 0,62$$

Per determinare il valore medio del coefficiente  $K_p$  sono state fatte le seguenti considerazioni: il valore minimo di  $K_p$  è, come sopra riportato pari ad 1, che corrisponde alla situazione in cui il punto doccia con EBF è utilizzato mediamente come gli altri, mentre il valore massimo si ha quando è utilizzato solo il punto doccia con EBF, anche in presenza di altri punti doccia. In quest'ultimo caso  $K_p = 1,62$ . È stato pertanto assunto il valore medio  $K_p = 1,31$ .

Ne deriva:

$$K_U = K_e \times K_p = 0,81.$$

Per il calcolo del coefficiente di residenza, abbiamo supposto che l'utilizzo delle docce nelle residenze secondarie sia dell'ordine del 10% di quello nelle residenze abituali.

Dai dati del Censimento ISTAT 1991, emerge che le abitazioni non occupate per 100 abitazioni sono pari a 21,1. Di queste solo il 51,2% sono da considerare ai fini dell'utilizzo delle docce, come risulta dalla tabella seguente:

Abitazioni non occupate per 100 abitazioni	Abitazioni uso vacanza per 100 abitazioni non occupate	Abitazioni uso lavoro e/o studio per 100 abitazioni non occupate	Abitazioni uso altro o inutilizzate per 100 abitazioni non occupate	Abitazioni uso vendita o affitto per 100 abitazioni non occupate
21,1	51,2	7,8	41,0	5,2

Da queste considerazioni consegue che per ciascuna abitazione si ha: residenze abituali =  $(1-0,211) \times \text{totale residenze}$ ; residenze secondarie =  $0,211 \times 0,512 \times \text{totale residenze}$ ; residenze abituali + residenze secondarie =  $0,897 \times \text{totale residenze}$ ; residenze abituali/(residenze abituali + residenze secondarie) =  $0,789/0,897=0,88$ ; residenze secondarie/(residenze abituali + residenze secondarie) =  $0,108/0,897=0,12$ :

$$\text{Coefficiente di residenza} = 0,88 \times 1 + 0,12 \times 0,1 = 0,89$$

A questo punto è possibile definire un risparmio di energia termica medio annuo conseguibile con l'installazione di un EBF in una abitazione:

e) Caso di utenze con scaldacqua a gas:

$$\text{Risparmio di energia termica medio annuo con EBF per abitazione} = 228,6 \times 2,6 \times 0,89 \times 0,81 = 428,5 \text{ (MJ)}$$

f) Caso di utenze con scaldacqua elettrico:

$$\text{Risparmio elettrico medio annuo con EBF per abitazione} = 49,4 \times 2,6 \times 0,89 \times 0,81 = 92,6 \text{ (kWh)}$$

In termini di energia primaria (tep) si ha:

Risparmio di energia primaria con EBF per abitazione con scaldacqua alimentato a gas

$$RSN = \frac{428,5}{41,86} \times 10^{-3} = 10,2 \times 10^{-3} \text{ (tep)}$$

Risparmio di energia primaria con l'EBF per abitazione con scaldacqua elettrico:

$$RSN = 92,6 \times 0,22 \times 10^{-3} = 20,4 \times 10^{-3} \text{ tep}$$

## 2.2 Alberghi e pensioni (applicabile solo per interventi di cui al decreto ministeriale gas 24 aprile 2001)

Il quantitativo presumibile medio di acqua calda a 45 °C utilizzato per ciascuna doccia è stato fissato in 50 l, in base ad indicazioni esistenti in letteratura [3, 4].

Ne è derivato un consumo medio di energia attribuibile alla singola doccia pari a:

$$\text{Consumo medio di energia termica per singola doccia} = \frac{50 \times 30 \times 4,186}{0,7} = 8970 \text{ [KJ]}$$

e pertanto un risparmio per doccia conseguibile con l'erogatore a basso flusso di:

$$\text{Risparmio di energia termica per doccia conseguibile con l'EBF} = 8970 \times 0,2 = 1794 \text{ [KJ]}$$

Attraverso l'analisi di dati ISTAT sugli esercizi alberghieri (numero di esercizi, di letti, di camere, di bagni), e sulle presenze annue [12,13] è stata eseguita una stima teorica dei numeri medi di stanze per albergo, di bagni per albergo, di presenze per bagno, e di bagni per stanza.

Inoltre, facendo l'ipotesi che il rapporto tra numero di bagni e numero di stanze (numero di bagni per stanza, vedi Tab. 1) coincida con il numero di docce effettuate per presenza, cioè supponendo che mediamente ogni avventore faccia la doccia solo se ha il bagno in camera, si è dedotto il numero di docce effettuate annualmente in ogni bagno.

Anno	N° Esercizi	N° Letti	N° Camere	N° Bagni	N° presenze/anno	N° stanze per albergo	N° bagni per albergo	N° presenze annuali per bagno	N° bagni per stanza	N° docce annuali per bagno
1998	33.540	1.782.382	949.805	912.152	213.370.426	28,3	27,2	233,9	0,96	224,6
1999	33.341	1.807.275	955.757	923.134	218.473.452	28,7	27,7	236,7	0,97	228,6
2000	33.361	1.854.101	966.138	938.172	233.612.807	29,0	28,1	249,0	0,97	241,8
<b>Media</b>	<b>33.414</b>	<b>1.814.586</b>	<b>957.233</b>	<b>924.486</b>	<b>221.818.895</b>	<b>28,6</b>	<b>27,7</b>	<b>239,9</b>	<b>0,97</b>	<b>231,7</b>

Tabella 1

A questo punto è stato possibile definire un risparmio di energia termica medio annuo conseguibile con l'installazione di un EBF in un bagno di albergo,

$$\text{Risparmio medio annuo di energia per EBF} = \frac{1,794}{41,86} \times 10^{-3} \times \text{numero di docce annuali /bagno (tep)}$$

Il numero di docce annuali per bagno è risultato pari a 231,7, come da tabella 1

Risparmio specifico netto di energia primaria conseguibile con l'EBF in un albergo

$$\text{RSN} = 9,9 \times 10^{-3} \text{ tep}$$

### **2.3 Impianti sportivi (applicabile solo per interventi di cui al decreto ministeriale gas 24 aprile 2001)**

Da rapporti Enea [14,15,16] sui consumi energetici negli impianti sportivi, si evidenzia una notevole incertezza circa il quantitativo medio di acqua calda utilizzato per ciascuna doccia, tra l'altro variabile anche a seconda del tipo di sport praticato. Comunque il valore più frequentemente citato, che riteniamo più plausibile e che abbiamo assunto per il calcolo, è di 50 litri a 45°.

Supposto che l'acqua fredda di acquedotto abbia una temperatura media annuale di 15 °C, che la caldaia abbia un rendimento pari a 0,7, ne deriva:

$$\text{Consumo medio di energia termica per singola doccia} = \frac{50 \times 30 \times 4,186}{0,7} = 8970 \text{ (KJ)}$$

Pertanto, tenuto conto del risparmio percentuale di acqua calda conseguibile con l'erogatore a basso flusso, il risparmio energetico per ciascuna doccia effettuata è:

$$\text{Risparmio di energia termica per ogni doccia eseguita con l'EBF} = 8970 \times 0,2 = 1794 \text{ (KJ)}$$

Il risparmio di energia primaria ottenibile con ciascun EBF è dato da:

$$\text{Risparmio medio annuo di energia per EBF} = \frac{1,794}{41,86} \times 10^{-3} \times \text{numero di docce annuali per EBF (tep)}$$

Per il calcolo del numero medio di docce eseguite annualmente con un EBF negli impianti sportivi si è proceduto in base ai dati contenuti nel rapporto del CONI [17] in cui per ciascuna attività sportiva sono riportati tra l'altro il numero di impianti e il numero di praticanti, suddivisi in continuativi (agonismo, giovanili, amatori) e saltuari, considerando solo le attività sportive con maggior numero di praticanti (calcio, ginnastica e attività di palestra, nuoto, tennis e atletica leggera), sono stati determinati, per ciascuna tipologia di sport, il numero di impianti, e il numero di presenze medio per impianto.

Per stimare il numero di presenze medio giornaliero si è supposto che un impianto sportivo sia mediamente aperto 46 settimane l'anno, che i praticanti l'agonismo lo frequentino mediamente 230 giorni l'anno, i praticanti giovanili 184 giorni, gli amatori 138 giorni e gli altri 92.

In base a considerazioni sulle presenze medie giornaliere per impianto, tenendo anche conto della normativa CONI sulle dotazioni minime degli impianti [18], è stato dedotto un numero plausibile

medio di punti doccia per ogni tipologia di impianto, e quindi di docce eseguite giornalmente per punto doccia.

Il numero medio di docce eseguite per punto doccia di un generico impianto sportivo è stato determinato come media pesata di quelli relativi alle singole tipologie di impianto. Al risultato è stato applicato un coefficiente di riduzione per tener conto di coloro che non fanno la doccia al termine dell'attività sportiva. Nella maggior parte costoro sono i ragazzi molto giovani, cioè circa il 10% dei praticanti totali, per cui il coefficiente di riduzione è stato fissato in 0,9.

Pertanto il numero medio annuale di docce eseguite per punto doccia di un generico impianto sportivo è stato assunto pari a 1225.

Risparmio specifico netto di energia primaria conseguibile con l'EBF in un impianto sportivo

$$RSN = 52,5 \times 10^{-3} \text{ tep}$$

### 3. Bibliografia

- [1] TONIX - Produttore di EBF - [www.tonics.it](http://www.tonics.it)
- [2] ECOLCAP - Produttore di EBF - [www.ecolcap.it](http://www.ecolcap.it)
- [3] USEPA - "Water Conservation Plan Guidelines - Appendix B" - 1998
- [4] EEA - "Sustainable Water Use in Europe" - Environmental Issue Report N°19 - 2001
- [5] R. Neighbors, R. Durand - "Effectiveness of Retrofit in Single Family Residences"- 1993
- [6] Proposta di Legambiente alla Regione Emilia Romagna per il risparmio idrico negli usi civili - 2002
- [7] Risultati del Sondaggio S&G riportati da "Il Giornale" del 5/5/99
- [8] ENEA - Collana "Sviluppo sostenibile"
- [9] ENEA- Rapporto energia e ambiente – 2000
- [10] ISTAT - Bilancio demografico nazionale anno 2000 e Dati provvisori del Censimento 2001
- [11] Directorate General for Energy (DGXVII) of the Commission of the European Communities- "Analysis of energy efficiency of domestic electric storage water heaters"- Contract No. SAVE-4.1031/E/95-013, March 1998
- [12] ISTAT – Statistiche del turismo - Anno 2000- [www.istat.it](http://www.istat.it)
- [13] Annuario statistico regionale: Lombardia - Movimenti turistici - [www.ring.lombardia.it](http://www.ring.lombardia.it)
- [14] ENEA - Rapporto sullo stato d'avanzamento della indagine sugli impianti sportivi del CONI presenti nella regione Lazio - C.Gargiulo - Fare/Isp
- [15] ENEA - Monitoraggio sull'impianto CONI "Stella Polare - Carapellucci, Caselli, Livan, Maccari - Accordo Enea-Coni - Fare
- [16] ENEA - Caratteristiche e consumi energetici nei servizi - Guarino, Minischetti - Fare/Uren
- [17] CONI - Dal 1997 al 1998 bilanci e prospettive dello sport italiano rapporto annuale – 1998 - [www.federvolley.it](http://www.federvolley.it)
- [18] Norme CONI per l'impiantistica sportiva - [www.conisiracusa.it](http://www.conisiracusa.it)
- [19] Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio - "Fonti rinnovabili ed efficienza energetica" - [www.minambiente.it](http://www.minambiente.it)



## Scheda tecnica n. 19 - Installazione di rompigetto aerati per rubinetti (RA)

### 1. ELEMENTI PRINCIPALI

#### 1.1 Descrizione dell'intervento

Tipologia di intervento:	riduzione dei consumi di gas per usi termici
Decreto ministeriale gas 24 aprile 2001:	tabella A, tipologia di intervento n. 2
Decreto ministeriale elettrico 24 aprile 2001:	tabella A, tipologia di intervento n. 6
Sotto-tipologia di intervento:	installazione di sistemi e prodotti per la riduzione delle esigenze di acqua calda
Settore di intervento:	domestico

#### 1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Unità fisica di riferimento:	rompigetto (RA)
Risparmio specifico netto (RSN) di energia primaria conseguibile con un RA installato in abitazione con scaldacqua a gas:	$RSN = 1,1 \times 10^{-3}$ tep/anno/unità di riferimento (per RA installati presso le sole utenze in possesso di scaldacqua a gas)
Risparmio specifico netto (RSN) di energia primaria conseguibile con un RA installato in abitazione con scaldacqua elettrico:	$RSN = 2,2 \times 10^{-3}$ tep/anno/unità di riferimento (per RA installati presso le sole utenze in possesso di scaldacqua elettrici)
Persistenza dei risparmi energetici nel tempo:	100%
Documentazione da trasmettere e conservare:	da decidere a seguito di consultazione
Taglia minima di progetto:	da decidere a seguito di consultazione

### 2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

Articolo 6 decreti ministeriali 24 aprile 2001

# **ALLEGATO 1 ALLA SCHEDA TECNICA N. 19: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA**

## **1. La tecnologia**

I rompigetto sono dispositivi atti a ridurre il flusso di acqua dei rubinetti; tali dispositivi possono essere facilmente installati in sostituzione dei normali erogatori.

## **2. Procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria**

Dai dati reperibili in letteratura [1 - 6] risulta che il risparmio percentuale di acqua conseguibile con i rompigetto aerati, funzione del flusso di acqua dei rubinetti, è compreso in un range abbastanza ampio. Sulla base di considerazioni circa i flussi medi utilizzati in genere nelle abitazioni, e tenendo conto dei valori di risparmio più frequentemente citati in letteratura, si è ritenuto plausibile assumere pari al 20% il risparmio percentuale medio di acqua calda.

Il consumo totale medio giornaliero per persona di acqua calda è stato desunto dal consumo medio degli scaldacqua elettrici delle famiglie (1059 kWh/anno), riportato in [7] assumendo un rendimento medio degli scaldacqua pari a 0,9 [8, 9].

Facendo l'ipotesi che il numero medio annuale di giorni di utilizzazione sia pari a 350 (assumendo una media di 15 giorni/anno di non utilizzazione per ferie o altro), che la temperatura media dell'acqua di acquedotto sia di 15 °C, la temperatura di utilizzazione di 45 °C, e tenuto conto che il numero medio di componenti per famiglia è 2,6 [10], si ha:

$$\text{Consumo medio di acqua calda giornaliero per persona} = \frac{1059 \times 0,9 \times 860}{350 \times 30 \times 2,6} = 30 \text{ [litri]}$$

Ipotizzando un consumo medio di acqua calda settimanale per persona a 45 °C per doccia o bagno pari a 150 litri (assumendo che il consumo di acqua calda per le docce ( $\cong 127$  litri, vedi scheda EBF) sia circa l'85% del consumo settimanale complessivo per docce e bagni), corrispondente ad un consumo medio giornaliero di 21,4 litri, ne consegue un utilizzo per altri usi, tramite rubinetti, di 8,6 litri/persona /giorno.

Una parte di questa acqua, che ragionevolmente può essere supposta pari al 20%, viene consumata per riempimento di recipienti e quindi non va considerata ai fini della determinazione della riduzione dei consumi di acqua calda per effetto dei rompigetto aerati.

In queste condizioni, l'acqua calda a 45 °C (ACS) per abitazione erogata annualmente dai rubinetti (senza riempimento di recipienti) è pari a:

$$\text{Consumo di ACS annuo per abitazione} = 350 \times 2,6 \times 8,6 \times 0,8 = 6261 \text{ [litri]}$$

Volendo esplicitare il flusso medio di ACS erogato da un singolo rubinetto è necessario calcolare il numero medio di rubinetti presenti in ciascuna abitazione. Per questo calcolo ci si è riferiti ai dati del censimento ISTAT 1991 relativi al numero di abitazioni occupate suddivise per numero di stanze, analogamente a quanto fatto nella procedura di calcolo per la scheda sugli erogatori a basso flusso e sono state fatte analoghe assunzioni relativamente al numero di bagni per stanze. Qui di seguito si riportano i dati per comodità.

Abitazioni occupate								Abitazioni non occupate	Totale abitazioni
1 stanza	2 stanze	3 stanze	4 stanze	5 stanze	6 stanze	7 e più stanze	totale abitazioni occupate		
218.687	1.465.301	3.833.997	6.605.764	4.594.754	1.688.708	1.328.702	19.735.913	5.292.609	25.028.522

Si è supposto di considerare un

- numero di bagni pari a 1 per numero di stanze =  $1 \div 3$ ;
- numero di bagni pari a 1,5 per numero di stanze = 4;
- numero di bagni pari a 2 per numero di stanze = 5;
- numero di bagni pari a 3 per numero di stanze = 7 e più.

Con queste assunzioni si è ottenuto numero di bagni/ abitazione = 1,62.

Assumendo pari ad 2 il numero dei rubinetti per bagno (un rubinetto per il lavabo e uno per il bidet; non si è considerato il rubinetto della vasca da bagno in quanto presumibilmente utilizzato per il riempimento di recipienti) e pari a 1 il numero di rubinetti per cucina, si ha un numero medio di rubinetti installati in ciascuna abitazione di

$$2 \times 1,62 + 1 = 4,24$$

Il flusso medio annuale di ACS erogato per ciascun rubinetto risulta pari a

$$\text{Flusso medio annuale di ACS erogato per rubinetto} = \frac{6261}{4,24} = 1477 \text{ [litri]}$$

e pertanto, il risparmio annuo di acqua calda a 45 °C per rubinetto conseguibile con un rompigetto aerato è pari a

$$\text{Risparmio di ACS annuo conseguibile con un RA} = 1477 \times 0,2 = 295 \text{ [litri]}$$

a) Caso scaldabagno a gas:

assumendo un rendimento medio degli scaldacqua a gas pari a 0,7 [7, 8], ne deriva un risparmio annuo lordo di energia termica:

$$\text{risparmio lordo annuo di energia termica conseguibile con un RA} = \frac{295 \times 30 \times 4,186}{0,7 \times 1000} = 52,9 \text{ [MJ]}$$

b) Caso scaldabagno elettrico:

assumendo un rendimento medio degli scaldacqua pari a 0,9 [7], ne deriva un risparmio elettrico annuo lordo di:

$$\text{risparmio elettrico lordo annuo conseguibile con un RA} = \frac{295 \times 30}{860 \times 0,9} = 11,4 \text{ [kWh]}$$

Il risparmio totale netto per ciascun RA è stato supposto uguale al prodotto del risparmio annuale per un coefficiente  $K_R$ , che tiene conto del fatto che la residenza possa essere abituale o meno (coefficiente di residenza):

c) Caso scaldabagno a gas:

$$\text{risparmio medio annuo per RA} = 52,9 \times K_R \quad [\text{MJ}]$$

d) Caso scaldabagno elettrico:

$$\text{risparmio elettrico medio annuo per RA} = 11,4 \times K_R \quad [\text{kWh}]$$

Per il calcolo del coefficiente di residenza, abbiamo supposto che l'utilizzo dei rubinetti nelle residenze secondarie sia dell'ordine del 10% di quello nelle residenze abituali.

Analogamente a quanto fatto nella procedura di calcolo per la scheda sugli erogatori a basso si è fatto riferimento ai dati del censimento ISTAT 1991, dai quali emerge che le abitazioni non occupate per 100 abitazioni sono pari a 21,1. Di queste solo il 51,2% sono utilizzate per vacanze, come risulta dalla tabella seguente:

Abitazioni non occupate per 100 abitazioni	Abitazioni uso vacanza per 100 abitazioni non occupate	Abitazioni uso lavoro e/o studio per 100 abitazioni non occupate	Abitazioni uso altro o inutilizzate per 100 abitazioni non occupate	Abitazioni uso vendita o affitto per 100 abitazioni non occupate
21,1	51,2	7,8	41,0	5,2

Ne consegue che mediamente si ha: residenze abituali =  $(1 - 0,211) \times \text{totale residenze}$ ; residenze secondarie =  $0,211 \times 0,512 \times \text{totale residenze}$ ; residenze abituali + residenze secondarie =  $0,897 \times \text{totale residenze}$ ; residenze abituali/(residenze abituali + residenze secondarie) =  $0,789/0,897 = 0,88$ ; residenze secondarie/(residenze abituali + residenze secondarie) =  $0,108/0,897 = 0,12$ ; quindi

$$\text{Coefficiente di residenza} = 0,88 \times 1 + 0,12 \times 0,1 = 0,89$$

Risulta pertanto:

e) Caso scaldabagno a gas:

$$\text{risparmio medio annuo di energia termica per RA} = 52,9 \times 0,89 = 47,1 \quad \text{MJ}$$

f) Caso scaldabagno elettrico:

$$\text{risparmio elettrico medio annuo per RA} = 11,4 \times 0,89 = 10,1 \quad \text{kWh}$$

In termini di energia primaria (tep) si ha:

g) Caso scaldabagno a gas:

Risparmio specifico netto di energia primaria conseguibile con un RA in abitazione con scaldacqua a gas

$$\text{RSN} = \frac{47,1}{41,86} \times 10^{-3} = 1,1 \times 10^{-3} \text{ tep}$$

h) Caso scaldabagno elettrico:

Risparmio specifico netto di energia primaria conseguibile con un RA in abitazione con scaldacqua elettrico:

$$RSN = 10,1 \times 0,22 \times 10^{-3} = 2,2 \times 10^{-3} \text{ tep}$$

### 3. Bibliografia

- [1] TONIX - Produttore di EBF - [www.tonics.it](http://www.tonics.it)
- [2] ECOLCAP - Produttore di EBF - [www.ecolcap.it](http://www.ecolcap.it)
- [3] USEPA - "Water Conservation Plan Guidelines - Appendix B" - 1998
- [4] EEA - "Sustainable Water Use in Europe" - Environmental Issue Report N°19 - 2001
- [5] R. Neighbors, R. Durand - "Effectivness of Retrofit in Single Family Residences"- 1993
- [6] Proposta di Legambiente alla Regione Emilia Romagna per il risparmio idrico negli usi civili - 2002
- [7] ENEA- Rapporto energia e ambiente – 2000
- [8] ENEA - Collana "Sviluppo sostenibile"
- [9] Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio - "Fonti rinnovabili ed efficienza energetica" - [www.minambiente.it](http://www.minambiente.it)
- [10] ISTAT - Bilancio demografico nazionale anno 2000 e Dati provvisori del Censimento 2001
- [11] Directorate General for Energy (DGXVII) of the Commission of the European Communities- "Analysis of energy efficiency of domestic electric storage water heaters"- Contract SAVE-4.1031/E/95-013, March 1998