

**COMUNE DI PRATO
(PROVINCIA DI PRATO)**

ESSELUNGA S.p.A.

FABBRICATO DIREZIONALE NUOVA PRATILIA

VIA FIORENTINA

PRATO

VERIFICA NUMERICA DEI CONSUMI TERMICI ED ELETTRICI
RELATIVA AL CONTENIMENTO DEI CONSUMI ENERGETICI ED
ALL'INCIDENZA DELLE FONTI RINNOVABILI

Firenze, novembre 2011

1. Generalità

Facendo seguito alla relazione relativa agli “*Approfondimenti su riduzione dei consumi energetici e l'utilizzo di fonti rinnovabili*” del marzo 2011 ed alla richiesta di integrazione da parte del Servizio 4U del Comune di Prato del 14/06/11, qui di seguito si riportano indicazioni in merito alle soluzioni impiantistiche adottate per dimostrare la bontà delle scelte effettuate, si riportano i consumi termici ed elettrici calcolati e/o stimati ed infine il calcolo della quota parte di energia rinnovabile (RES) per l'intero complesso.

2. Fabbisogno di Energia Termica e Fabbisogno di Energia Primaria

In base alla tipologia di strutture termiche utilizzate per l'involucro dell'edificio di cui alla Relazione Tecnica della Pratica della Legge 10/91 ed in base ai calcoli elaborati secondo le norme UNI/TS 11300-1, il fabbisogno di energia termica per il riscaldamento del fabbricato risulta essere pari a circa 257.000kWh. A tale fabbisogno corrisponde un fabbisogno di energia primaria che dipende dalla scelta impiantistica adottata.

Di seguito si riportano gli indicatori di prestazione energetica relativi a quattro possibili soluzioni impiantistiche alternative, tutte rispondenti alle prescrizioni di legge di cui al DPR n°59 del 02/04/09.

Sono state ipotizzate 2 soluzioni alternative confrontando un sistema di generazione dell'acqua calda necessaria per il riscaldamento del tipo tradizionale con centrale termica centralizzata con il sistema previsto ad espansione diretta a pompa di calore con inoltre differenti tipologie di motori elettrici (con inverter o meno) e differenti tipologie di regolazione d'impianto (Proporzionale-Integrale-Derivativo o Proporzionale con banda 1°C). come di seguito indicato:

- Caso 1: caldaia a condensazione (*rendimento di 98% al 100% di P_n e rendimento di 103% al 30% di P_n*), motori elettrici senza inverter, regolazione proporzionale con banda 1°C (*rendimento di regolazione del 97,0%*) con terminali a fan coil e centrale di trattamento aria per il ristorante.
- Caso 2: sistema multi split a VRV in pompa di calore ad alta efficienza (*COP>3 con T_{est}=7°C*), motori elettrici con inverter, regolazione PID (*rendimento di regolazione del 99,5%*) con terminali a split e roof top per il ristorante.

Indicatori di prestazione energetica dell'impianto di riscaldamento

Riscaldamento	U.M.	Caso 1	Caso 2
Fabbisogno di energia termica per il riscaldamento	kWh	256.995,222	256.995,222
E _{Pi,inv}	kWh/(m ² ·a)	34,075	34,075
Fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento	kWh	274.614,790	147.257,682
E _{Pi}	kWh/(m ³ ·a)	9,532	5,112
E _{Pi} limite	kWh/(m ³ ·a)	9,761	8,961
Verifica E _{Pi}		Positiva	Positiva
Classe energetica		C	B
Rendimento di emissione, η _e	%	97,00	97,00
Rendimento di regolazione, η _{rg}	%	97,70	99,50
Rendimento di distribuzione, η _d	%	100,00	93,75
Rendimento di generazione, η _{H,gn}	%	98,75	180,82
Rendimento medio stagionale, η _{g,H}	%	93,58	174,52
Emissioni di CO ₂	KgCO ₂ /(m ³ ·a)	2,007	1,102
Fabbisogno di combustibile per riscaldamento	Kg o Nm ³ (t.e.p.)	27.420,887 (22,60)	0,00 (0,00)
Fabbisogno di energia elettrica da rete per riscaldamento	kWhe (t.e.p.)	924,859 (0,17)	66.397,491 (12,41)
Totale t.e.p.	t.e.p.	22,77	12,41

Dal raffronto si evince come la scelta impiantistica adottata per l'edificio in oggetto (caso 2) consente di ridurre sensibilmente il fabbisogno di energia primaria e, conseguentemente, di ridurre il fabbisogno di energia elettrica, il fabbisogno di combustibile e le emissioni di CO₂ in ambiente.

In particolare di seguito vengono confrontati i risultati ottenuti per i vari casi evidenziando le riduzioni ottenibili ed un bilancio energetico in termini di "t.e.p." (tonnellate di petrolio equivalente) avendo assunto i seguenti coefficienti:

- Equivalenza energetica: 1 kWh_{elettrico} = 0,187x10⁻³ t.e.p. (come da Delibera dell'AEEG)
- Equivalenza energetica: 1 t.e.p. = 1.213,3 Nm³ di Metano
- Potere Calorifico Inferiore del Metano (CH₄): 34.500 kJ/Nm³
- Rilascio di CO₂ per combustione di 1 kg di CH₄: 2,75 kgCO₂/kgCH₄
- Rilascio di CO₂ per produzione di 1 kWh_{elettrico}: 0,6 kgCO₂/ kWh_{elettrico}

Confronto tra Caso 1 e Caso 2

Fabbisogno di Energia Primaria:	-127.357kWh	riduzione del 46,3%
Fabbisogno di Energia Elettrica:	+65.473kWhe	aumento di 70 volte (pari a +12,24tep)
Fabbisogno di Combustibile:	-27.420Nmc	riduzione del 100% (pari a -22,60tep)
Emissioni annue di CO ₂ :	-0,905 KgCO ₂ /m ³ ·a	riduzione del 45,0%
Bilancio in termini di t.e.p.:		riduzione del 45,5% (pari a -10,36tep)

3. Pompe di calore per il riscaldamento

La quantità di energia aerotermica, geotermica o idrotermica catturata dalle pompe di calore da considerarsi energia da fonti rinnovabili ai fini del D.Lgs nr.28 del 3 marzo 2011, E_{RES} , è calcolata in base alla formula seguente:

$$E_{RES} = Q_{usable} * (1 - 1/SPF) \quad (1)$$

dove:

- Q_{usable} è il calore totale stimato prodotto da pompe di calore che rispondono ai criteri che saranno definiti sulla base degli orientamenti stabiliti dalla Commissione ai sensi dell'allegato VII della direttiva 2009/28/CE, applicato nel seguente modo: solo le pompe di calore per le quali $SPF > 1,15 * 1/\mu$ sarà preso in considerazione;
- SPF è il fattore di rendimento stagionale medio stimato per tali pompe di calore;
- μ è il rapporto tra la produzione totale lorda di elettricità e il consumo di energia primaria per la produzione di energia e sarà calcolato come media a livello UE sulla base dei dati Eurostat.

Nel caso in esame si assume:

- $Q_{usable} = 257.000\text{kWh}$, pari al fabbisogno di energia termica per il riscaldamento pari a circa 65.000 kWh e **12,2 tep**.
- $SPF = 3,95$ con $T_{est}=7^{\circ}\text{C}$
- $\mu = 0,46$

Essendo ($SPF = 3,95$) e ($1,15 * 1/0,46 = 2,5$), risulta soddisfatta la condizione $SPF > 1,15 * 1/\mu$ che consente di determinare la quota parte di energia rinnovabile con la formula (1) di cui sopra e quindi si ha:

$$E_{RES} = 257.000\text{kWh} * (1 - 1/3,95) = 191.936\text{kWh}, \text{ pari al } 74,6\% \text{ di } Q_{usable}$$

Quindi il fabbisogno di energia termica necessario per il riscaldamento dell'edificio in oggetto viene coperto per il **74,6%** da fonti di energia rinnovabili pari a **9,1 tep**.

4. Pompe di calore per il raffrescamento

La quantità di energia aerotermica, geotermica o idrotermica catturata dalle pompe di calore funzionanti in raffreddamento estivo da considerarsi energia da fonti rinnovabili ai fini del D.Lgs nr.28 del 3 marzo 2011, E_{RES} , è calcolata in base alla formula seguente:

$$E_{RES} = Q_{usable} * (1 - 1/SPF) \quad (1)$$

dove:

- Q_{usable} è il calore totale stimato prodotto da pompe di calore che rispondono ai criteri che saranno definiti sulla base degli orientamenti stabiliti dalla Commissione ai sensi dell'allegato VII della direttiva 2009/28/CE, applicato nel seguente modo: solo le pompe di calore per le quali $SPF > 1,15 * 1/\mu$ sarà preso in considerazione;
- SPF è il fattore di rendimento stagionale medio stimato per tali pompe di calore in refrigerazione;
- μ è il rapporto tra la produzione totale lorda di elettricità e il consumo di energia primaria per la produzione di energia e sarà calcolato come media a livello UE sulla base dei dati Eurostat.

Nel caso in esame si assume:

- $Q_{usable} = 320.000\text{kWh}$, pari al fabbisogno di energia frigorifera per il raffreddamento pari a circa 78.000 kWh e **14,6 tep**.
- $SPF = 4,1 = EER$
- $\mu = 0,46$

Essendo ($SPF = 4,10$) e ($1,15 \times 1/0,46 = 2,5$), risulta soddisfatta la condizione $SPF > 1,15 * 1/\mu$ che consente di determinare la quota parte di energia rinnovabile con la formula (1) di cui sopra e quindi si ha:

$$E_{RES} = 320.000kWh \times (1-1/4,1) = 242.000kWh, \text{ pari al } 75\% \text{ di } Q_{usable}$$

Quindi il fabbisogno di energia termica necessario per il condizionamento dell'edificio in oggetto viene coperto per il **75%** da fonti di energia rinnovabili pari a circa **10,95 tep**.

5. Acqua calda sanitaria

In base ai profili di utilizzo e di fabbisogno dell'acqua calda sanitaria, il fabbisogno di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria risulta di circa 37.000kWh pari a circa 3.750 Nm³ di metano e **3,09 tep**.

Tale fabbisogno energetico sarà coperto come segue:

1. 19.000kWh, pari al 51%, mediante un impianto solare termico, composto da n°12 pannelli solari installati sopra la copertura dell'edificio con inclinazione a 45° e azimuth 0°;
2. 18.000kWh, pari al restante 49%, mediante un impianto a pompa di calore ad alta temperatura con COP di 2,88 dedicato alla sola produzione di acqua calda sanitaria, quale integrazione della fabbisogno mancante e capace comunque di soddisfare fino ad un back-up del 100% del fabbisogno totale in caso di necessità;

Dato che la pompa di calore di cui al punto 2 ha un COP di 2,88 e soddisfa quindi la condizione " $SPF > 1,15 * 1/\mu$ " prevista nel D.Lgs nr.28 del 3 marzo 2011 ($2,88 > 1,15 \times 1/0,46 = 2,5$), è possibile determinare la quota parte di energia prodotta da fonti rinnovabili secondo la formula (1) riportata nel paragrafo precedente assumendo in questo caso:

- $Q_{usable} = 18.000kWh$
- $SPF = 2,88$ con $T_{est}=7^{\circ}C$
- $\mu = 0,46$

Quindi si ha:

$E_{RES} = 18.000kWh \times (1-1/2,88) = 11.750kWh$, pari al 65% di Q_{usable} e al 31,7% del fabbisogno totale

Mentre i contributi energetici del punto 1 del precedente elenco sono da considerarsi integralmente prodotti da fonte energetica rinnovabile, il contributo energetico del punto 2 è da considerarsi prodotto da fonte energetica rinnovabile per la quota del 31,7%.

Complessivamente il sistema di produzione di acqua calda sanitaria così concepito consente quindi di coprire il **84,7%** ($51\% + 31,7\%$) del fabbisogno annuo di energia primaria richiesta mediante fonti rinnovabili pari a **2,60 tep**.

6. Energie elettrica (con esclusione di quella per gli impianti termici) e fotovoltaico

Ai fini della valutazione complessiva del fabbisogno di energia primaria è necessario valutare anche il fabbisogno per energia elettrica diversa da quella destinata al funzionamento degli impianti di produzione dei fluidi termovettori che, nello specifico, è, in parte preponderante, costituita dal fabbisogno energetico per illuminazione.

In questo caso il confronto viene svolto tra la soluzione 1 di progetto, che prevede l'impiego di apparecchi equipaggiati con reattore elettronico e la gestione dei sistemi di illuminazione attraverso un sistema BMS (Building Management System) in grado di attivare l'impianto di illuminazione a seconda della necessità in base alla fascia oraria ed alla presenza o meno di occupanti ed la soluzione 2 che prevede l'utilizzo di apparecchi equipaggiati con reattori tradizionali senza che sia presente un sistema BMS.

Tenuto conto che la Torre Direzionale ha al suo interno differenti tipologie di attività (negozi, autorimessa, uffici e ristorante) è stata svolta una valutazione dei consumi di energia stimati in base alla soluzione di progetto ed alle fasce di presumibile utilizzo degli ambienti secondo i criteri di seguito evidenziati:

- per i negozi sono state ipotizzate otto ore di funzionamento con illuminazione completamente attiva e tre ore di funzionamento con un quarto della potenza totale (vetrine accese la sera) per 350 giorni all'anno;
- per l'autorimessa sono state ipotizzate dodici ore di funzionamento con illuminazione completamente attiva e dodici ore di funzionamento con un metà della potenza totale per 365 giorni all'anno;
- per il ristorante sono state ipotizzate sei ore di funzionamento con illuminazione completamente attiva e tre ore di funzionamento con un metà della potenza totale per 300 giorni all'anno;
- per gli uffici sono state ipotizzate sei ore di funzionamento con illuminazione completamente attiva per 300 giorni all'anno.

Partendo dalle ipotesi in precedenza evidenziate il raffronto tra la situazione tradizionale senza utilizzo di apparecchi illuminanti con reattore elettronico e senza impiego di BMS e la situazione di progetto è evidenziato nella seguente tabella:

Tipologia attività	U.M.	Sol 1	Sol 2
Negozi PT-P1-P2	kWh	40.462	51.185
Autorimessa 1 e 2 interrato	kWh	253.691	320.925
Ristorante e copertura	kWh	20.105	25.433
Uffici e viabilità	kWh	48.416	61.247
Totale	kWh	362.674	458.790
Totale t.e.p.	t.e.p.	67,82	85,79

Confronto tra Soluzione 1 e Soluzione 2

Fabbisogno di Energia Elettrica: -103.351 kWh riduzione del 21%
Bilancio in termini di t.e.p.: riduzione del 21% (pari a -17,97tep)

Quanto sopra evidenziato individua i risparmi energetici che si possono ottenere con la soluzione di progetto indipendentemente dall'uso di fonti rinnovabili, il cui utilizzo viene comunque previsto dal progetto nei termini fissati dall'Allegato 3 al Dlgs n 28 del 3/3/2011 anche se alla data di richiesta del titolo edilizio tali disposizioni di legge non risultavano operanti.

Come obiettivo è stato individuato il livello di potenza prodotta con fonte rinnovabile previsto per gli edifici la cui richiesta del titolo edilizio sarà presentata a partire dal 31 maggio 2012; per essi

l'allegato 3 sopraccitato stabilisce che la potenza P degli impianti alimentati da fonti rinnovabili va calcolata con la formula:

$$P = S/K$$

Dove S è la superficie in pianta dell'edificio e K è un coefficiente parti ad 80.

Pertanto nello specifico caso della Torre Direzionale con superficie in pianta pari a 925 m² la potenza P risulta pari a

$$P = 925/80 = 11,56 \text{ kW}$$

Viene prevista quindi la realizzazione di un sistema fotovoltaico da 20 kWp.

Considerata in prima approssimazione una produzione media annua di 1350 kWh per kWp alla latitudine di Firenze la produzione attesa annua risulta pari a:

$$E_f = 20 \times 1350 = 27.000 \text{ kWh}$$

Corrispondenti in termini di tep ad un risparmio annuo di **5,05 tep.**

7. Bilancio energetico globale

Qui di seguito si riporta l'energia globale necessaria, espressa in **t.e.p.**, e quella prodotta come fonte rinnovabile, sempre espressa in **t.e.p.**, al fine di ricavare la percentuale di incidenza della stessa.

Tipologia energia	U.M.	Q _{usable}	E _{RES}
Riscaldamento (Par. 3)	t.e.p.	12,20	9,10
Condizionamento (Par. 4)	t.e.p.	14,60	10,95
Acqua calda sanitaria (Par. 5)	t.e.p.	3,09	2,60
Elettrica (Par. 6)	t.e.p.	67,82	5,05
Totale	t.e.p.	97,71	27,70

L'energia prodotta da fonti rinnovabili risulta pertanto pari al **28,3%** di quella totale.

Firenze, novembre 2011

Per la parte impianti termotecnica

Dott. Ing. **Mario Fascetti**



Per la parte impianti elettrici

Dott. Ing. **Gianmario Magnifico**

