

541815

COMUNE DI PRATO
(PROVINCIA DI PRATO)

252

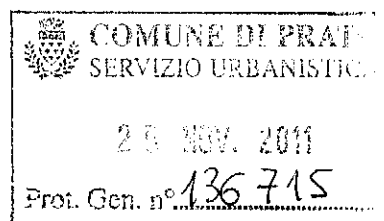
25 NOV. 2011

ESSELUNGA S.p.A.

CENTRO COMMERCIALE 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 481.000kWh. 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.

Mantenendo inalterata la tipologia dei terminali (centrali di trattamento aria con canalizzazioni e diffusori, fan-coil, aerotermini ecc.) sono state ipotizzate 4 soluzioni alternative combinando differenti sistemi di generazione dell'acqua calda necessaria per il riscaldamento, 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%*)
- Caso 2: caldaia a condensazione (*rendimento di 98% al 100% di P_n e rendimento di 103% al 30% di P_n*), motori elettrici con inverter, regolazione PID (*rendimento di regolazione del 99,5%*)
- Caso 3: pompa di calore ad alta efficienza (*$COP > 3$ con $T_{est} = 7^\circ C$*), motori elettrici senza inverter, regolazione proporzionale con banda 1°C (*rendimento di regolazione del 97,0%*)
- Caso 4: pompa di calore ad alta efficienza (*$COP > 3$ con $T_{est} = 7^\circ C$*), motori elettrici con inverter, regolazione PID (*rendimento di regolazione del 99,5%*)

Indicatori di prestazione energetica dell'impianto di riscaldamento

Riscaldamento	U.M.	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Fabbisogno di energia termica per il riscaldamento	kWh	481.208,109	481.208,109	481.208,109	481.208,109
EPi, invol	kWh/(m ² a)	38,429	38,429	38,429	38,429
Fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento	kWh	575.209,573	542.918,013	434.714,258	402.483,826
EPi	kWh/(m ² a)	7,914	7,469	5,981	5,537
EPi limite	kWh/(m ² a)	8,961	8,961	8,961	8,961
Verifica EPi		Positiva	Positiva	Positiva	Positiva
Classe energetica		C	C	B	B
Rendimento di emissione, η_e	%	94,75	94,75	94,75	94,75
Rendimento di regolazione, η_{rg}	%	97,00	99,50	97,00	99,50
Rendimento di distribuzione, η_d	%	90,68	93,75	90,68	93,75
Rendimento di generazione, $\eta_{H,gn}$	%	100,38	100,28	132,83	135,27
Rendimento medio stagionale, $\eta_{g,H}$	%	83,66	88,63	110,70	119,56
Emissioni di CO ₂	KgCO ₂ /(m ² a)	1,650	1,563	1,242	1,155
Fabbisogno di combustibile per riscaldamento	Kg o Nm ³ (t.e.p.)	49.558,628 (40,87)	49.469,913 (40,83)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)
Fabbisogno di energia elettrica da rete per riscaldamento	kWhe (t.e.p.)	37.242,343 (6,96)	23.079,907 (4,31)	196.009,711 (36,27)	181.477,227 (33,84)
Totale t.e.p.	t.e.p.	47,83	45,18	36,27	33,84

Dal raffronto si evince come la scelta impiantistica adottata per l'edificio in oggetto (caso 4) 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: 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 4

Fabbisogno di Energia Primaria:	-172.726kWh	riduzione del 30,0%
Fabbisogno di Energia Elettrica:	+144.235kWhe	aumento del 387,3%(pari a +27tep)
Fabbisogno di Combustibile:	-49.558Nmc	riduzione del 100% (pari a -41tep)
Emissioni annue di CO ₂ :	-0,495 KgCO ₂ /m ³ a	riduzione del 30,0%
Bilancio in termini di t.e.p.:		riduzione del 29,2% (pari a -14tep)

Confronto tra Caso 2 e Caso 4

Fabbisogno di Energia Primaria:	-140.435kWh	riduzione del 25,8%
Fabbisogno di Energia Elettrica:	+158.398kWhe	aumento del 686% (pari a +30tep)
Fabbisogno di Combustibile:	-49.469Nmc	riduzione del 100% (pari a -41tep)
Emissioni annue di CO ₂ :	-0,408 KgCO ₂ /m ³ a	riduzione del 24,7%
Bilancio in termini di t.e.p.:		riduzione del 25,1% (pari a -11tep)

Confronto tra Caso 3 e Caso 4

Fabbisogno di Energia Primaria: -32.231kWh	riduzione del 7,4%
Fabbisogno di Energia Elettrica: -14.532kWh	riduzione del 12,7% (pari a -2,7tep)
Emissioni annue di CO ₂ : -0,087 KgCO ₂ /m ³ a	riduzione del 7,0%
Bilancio in termini di t.e.p.:	riduzione del 7,4% (pari a -2,7tep)

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:

- $Q_{usable} = 481.200\text{kWh}$, pari al fabbisogno di energia termica per il riscaldamento pari a circa 160.400 kWh e **30,00tep**.
- $SPF = 3$ con $T_{est}=7^{\circ}\text{C}$
- $\mu = 0,46$

Essendo ($SPF = 3,00$) 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:

- $E_{RES} = 481.200\text{kWh} * (1-1/3) = 320.800\text{kWh}$, pari al 66% di Q_{usable} raffreddamento pari a circa 109.000 kWh .

Quindi il fabbisogno di energia termica necessario per il riscaldamento dell'edificio in oggetto viene coperto per il **66%** da fonti di energia rinnovabili pari a **19,60tep**.

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:

- $Q_{usable} = 425.000\text{kWh}$, pari al fabbisogno di energia frigorifera per il raffreddamento pari a circa 109.000 kWh e **20,38tep**.
- $SPF = 3,9 = EER$
- $\mu = 0,46$

Essendo ($SPF = 3,90$) 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:

$$E_{RES} = 425.000\text{kWh} \times (1 - 1/3,9) = 316.600\text{kWh}, \text{ pari al } 74\% \text{ di } Q_{usable} \text{ pari a } 81.180 \text{ kWh}$$

Quindi il fabbisogno di energia termica necessario per il condizionamento dell'edificio in oggetto viene coperto per il **74%** da fonti di energia rinnovabili pari a **15,08tep**

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 31.100kWh pari a 3.150 Nm³ di metano e **2,59 tep**.

Tale fabbisogno energetico sarà coperto come segue:

1. 16.500kWh, pari al 53%, mediante un impianto solare termico, composto da n°10 pannelli solari installati sopra la copertura dell'edificio con inclinazione a 45° e azimut 0°;
2. 8.400kWh, pari al 27%, mediante il circuito di recupero di calore dell'impianto frigorifero dei banchi alimentari, calore che altrimenti dovrebbe essere disperso all'esternotramite condensatori ad aria;
3. 6.200kWh, pari al restante 20%, 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 3 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:

- $Q_{usable} = 6.200\text{kWh}$
- $SPF = 2,88$ con $T_{est}=7^{\circ}\text{C}$
- $\mu = 0,46$

Quindi si ha:

$$E_{RES} = 6.200\text{kWh} \times (1 - 1/2,88) = 4.047\text{kWh}, \text{ pari al } 65\% \text{ di } Q_{usable} \text{ e al } 13\% \text{ del fabbisogno totale}$$

Mentre i contributi energetici dei punti 1 e 2 del precedente elenco sono da considerarsi integralmente prodotti da fonte energetica rinnovabile, il contributo energetico del punto 3 è da considerarsi prodotto da fonte energetica rinnovabile per la quota del 13%.

Complessivamente il sistema di produzione di acqua calda sanitaria così concepito consente quindi di coprire il **93%** ($53\% + 27\% + 13\%$) del fabbisogno annuo di energia primaria richiesta mediante fonti rinnovabili equivalente a **2,41tep**.

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 è costituita dal fabbisogno energetico per illuminazione e da quello per la forza motrice destinata ad usi diversi.

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

Per la stima dei consumi elettrici del centro commerciale nel suo complesso si è fatto riferimento ai dati tipici di strutture analoghe per dimensioni e tipologia di attività; considerato che il centro commerciale è costituito da due piani di autorimessa, un piano di negozio Esselunga ed un piano per esercizi commerciali diversi, il calcolo è stato svolto ipotizzando:

- per il settore Esselunga il consumo tipico di una struttura di equivalenti dimensioni così come ricavabile dai dati storici (negozio e due piani di autorimessa interrata);
- per il settore commerciale non Esselunga il consumo tipico di un negozio Esselunga per le utenze di illuminazione a cui è stato aggiunto il 50% del consumo tipico di un negozio Esselunga per le utenze di fm.

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
Negozio Esselunga e autorimessa	Illum	kWh	550.672	696.612
Negozio Esselunga e autorimessa	fm	kWh	423.594	455.477
Spazi commerciali non Esselunga	Illum	kWh	193.403	244.739
Spazi commerciali non Esselunga	fm	kWh	211.797	227.739
Totale		kWh	1.379.466	1.624.488
Totale t.e.p.		t.e.p.	257,96	303,78

Confronto tra Soluzione 1 e Soluzione 2

Fabbisogno di Energia Elettrica: -245.022 kWh e riduzione del 16%
Bilancio in termini di t.e.p.: riduzione del 16% (pari a - 45,82 tep)

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 pari ad 80.

Pertanto nello specifico caso del Centro Commerciale con superficie in pianta pari a 9000 m² la potenza P risulta pari a

$$P = 9000/80 = 112,5 \text{ kW}$$

Viene prevista quindi la realizzazione di un sistema fotovoltaico da ca 115 kWp sulla copertura del centro commerciale.

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

$$E_f = 115 \times 1350 = 155.250 \text{ kWh}$$

Corrispondenti in termini di tep ad un risparmio annuo, come energia rinnovabile, di **29,03 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.

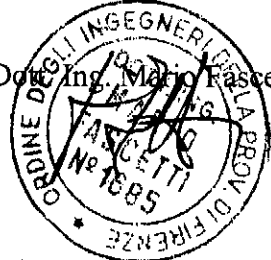
Tipologia energia	U.M.	Q _{usabile}	E _{RES}
Riscaldamento (Par. 3)	t.e.p.	30,00	19,6
Condizionamento (Par. 4)	t.e.p.	20,38	15,08
Acqua calda sanitaria (Par. 5)	t.e.p.	2,59	2,41
Elettrica (Par. 6)	t.e.p.	257,96	29,03
Totale	t.e.p.	310,93	66,12

L'energia prodotta da fonti rinnovabili risulta pertanto pari al **21,3%** di quella totale.

Firenze, novembre 2011

Per la parte impianti termotecnica

Dott. Ing. Mario Fascetti



Per la parte impianti elettrici

Dott. Ing. Gianmario Magnifico

