

**Variante Programma Integrato di Intervento “Garibaldi - Repubblica”  
COMUNE DI MILANO**

**RAPPORTO PRELIMINARE DEGLI EFFETTI SIGNIFICATIVI  
SULL’AMBIENTE PER LA VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA’ ALLA  
VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA**

**settembre 2010**

**ALLEGATO 5:**

**Sima del Fabbisogno energetico/Emissioni di CO2 della proposta di Variante al PII  
Garibaldi – Repubblica**

**Ariatta S.r.l.**

## Fabbisogno energetico/Emissioni di CO2 – analisi dei 5 scenari di progetto

### Premessa

Utilizzando i dati di simulazione energetica, è possibile stimare una valutazione energetica, dell'intero complesso per i 5 scenari di progetto.

In particolare, i 5 scenari saranno comparati tra un impianto di cogenerazione con gruppi frigoriferi ad aria e l'impianto di progetto costituito da gruppi frigoriferi polivalenti condensati ad acqua di falda.

### Impianto di cogenerazione

Per Cogenerazione si intende un impianto con il quale si produce contemporaneamente energia elettrica ed energia termica.

Tipicamente ad un impianto di cogenerazione viene allacciato un quartiere attraverso un sistema di teleriscaldamento, con il quale si garantisce in inverno il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria del complesso, ed in estate la sola acqua calda sanitaria.

In inverno il sistema viene "regolato" in funzione del caldo che deve produrre.

In estate, invece, essendo molto bassa la quantità di calore che il quartiere richiede, il sistema viene "regolato" in funzione dell'energia elettrica che viene richiesta dalla rete elettrica cittadina e/o nazionale di distribuzione, e tutto il calore di scarto che viene generato dal motore diesel viene riversato in atmosfera con torri evaporative e/o radiatori e/o acqua di falda ecc.

Un impianto di cogenerazione potrebbe essere utilizzato, anche, per produrre in estate energia frigorifera mediante gruppi frigo ad assorbimento (si tratta di macchine che utilizzano il calore anziché l'energia elettrica come energia per l'azionamento del ciclo frigorifero).

In tale caso si parla di impianto di **Trigenerazione**.

Le macchine ad assorbimento, però, hanno costi molto elevati e rendimenti assai bassi.

Un impianto di trigenerazione dimensionato per il carico di riscaldamento di quartiere non è mai normalmente in grado di produrre in estate l'energia frigorifera sufficiente a raffreddare il quartiere stesso.

Pertanto è sempre necessario integrare l'energia frigorifera da trigenerazione con gruppi frigoriferi tradizionali (siano essi ad aria che ad acqua), da installarsi localmente all'interno di ogni singolo edificio del quartiere.

### Impianto di progetto

L'acqua di falda, disponibile a quote quasi superficiali in tutta l'area milanese, può essere estratta dal sottosuolo e utilizzata per scopi energetici che non ne modifichino le caratteristiche chimiche, ma deve essere successivamente scaricata in un corso d'acqua superficiale

Il fatto di avere la Martesana in adiacenza al nostro lotto è stata quindi un'opportunità particolarmente favorevole.

L'impianto di progetto prevede di utilizzare l'acqua di falda sia nella stagione estiva che invernale.

L'acqua di falda è a temperatura costante lungo tutto l'arco dell'anno, 15°C circa.

Le macchine di progetto che vengono utilizzate sono una evoluzione dei tradizionali gruppi frigoriferi reversibili a pompa di calore, in quanto sono in grado di produrre contemporaneamente acqua refrigerata e calda (gruppi polivalenti).

Gli edifici richiedono quasi sempre, nell'arco dell'anno, freddo e caldo contemporaneamente, anche se, ovviamente, in proporzioni diverse.

In tutti quei mesi dell'anno in cui nell'edificio è prevalente la richiesta di freddo (estate e mezze stagioni), il caldo che viene generato sul condensatore è gratuito.

In tutti quei mesi dell'anno in cui nell'edificio è prevalente la richiesta di caldo (inverno pieno), il freddo che viene generato sull'evaporatore è gratuito.

La peculiarità di queste macchine è che in ogni momento dell'anno le stesse sono in grado di massimizzare l'efficienza del ciclo energetico con cui si genera l'energia calda e fredda.

In particolare l'efficienza massima si ha nei periodi medio stagionali nei quali più probabile è la contemporaneità di richiesta di caldo e di freddo.

Se quanto previsto nel P.I.I. fosse stato effettivamente realizzato (centrale di cogenerazione di quartiere), il complesso sarebbe stato allacciato attraverso una rete di teleriscaldamento alla centrale di cogenerazione stessa.

Tutta l'energia termica necessaria al complesso sarebbe stata fornita dalla cogenerazione. Inoltre si sarebbe realizzato un sistema di frigoriferi raffreddati ad aria da installarsi sulle coperture degli edifici.

Nell'eventualità di un possibile futuro allacciamento alla rete è stato individuato per ciascun edificio un locale dove sarà possibile allocare gli scambiatori di calore con la rete di teleriscaldamento.

I dati di ingresso sono:

- costo del kWh termico da rete di teleriscaldamento (si tratta di un prezzo medio di mercato sufficientemente attendibile) = 0,04 Euro per kWh termico
- costo medio del kWh elettrico acquistato in media tensione = 0,12 Euro per kWh elettrico (NON sono considerate fasce orarie e di periodo particolari; il prezzo è mediato su base annua)
- fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria =  $1/0,41 = 2,44$
- fattore di emissione della CO<sub>2</sub> per ogni kWh elettrico consumato = 0,4 circa

**SCENARIO 0 - “PII APPROVATO”**

50.485 m<sup>2</sup> slp uffici  
15.000 m<sup>2</sup> slp residenziale  
10.000 m<sup>2</sup> slp commerciale  
15.000 m<sup>2</sup> slp ricettivo (Hotel)  
20.000 m<sup>2</sup> slp espositivo

**Impianto di PII approvato:****Impianto di Cogen + gruppi frigo ad aria**

- Energia termica consumata nel periodo invernale = 5.661.553 kWh termici
- Energia elettrica consumata nel periodo estivo per i gruppi frigo ad aria = 3.535.503 kWh
- Bolletta energetica riscaldamento =  $5.661.553 \times 0,04 = 226.462 \text{ €}$
- Bolletta energetica raffreddamento =  $3.535.503 \times 0,12 = 424.260 \text{ €}$
- Bolletta energetica totale = 650.723 €
- Energia primaria consumata =  $3.535.503 \times 2,44 = 8.626.628 \text{ kWh}$   
NB: nel calcolo entra la sola energia elettrica di raffreddamento, in quanto energia di riscaldamento è considerata uno “scarto” della produzione di energia elettrica e quindi è conteggiata a ZERO.
- Quantità di CO2 equivalente prodotta =  $3.535.503 \times 0,4 = 1.414 \text{ Tonnellate circa}$

**SCENARIO 1 - “VARIANTE BASE”****Impianto di Progetto**

- Energia elettrica complessivamente consumata in un anno per la produzione sia del caldo che del freddo dai gruppi frigo polivalenti/pompe di calore, compreso pozzi di emungimento = 2.946.577 kWh
- Bolletta energetica =  $2.946.577 \times 0,12 = 353.589 \text{ €}$
- Energia primaria consumata =  $2.946.577 \times 2,44 = 7.189.648 \text{ kWh}$
- Quantità di CO2 equivalente prodotta =  $2.946.577 \times 0,4 = 1.179 \text{ Tonnellate circa}$

**Impianto di Cogen + gruppi frigo ad aria**

- Energia termica consumata nel periodo invernale = 5.226.162 kWh termici
- Energia elettrica consumata nel periodo estivo per i gruppi frigo ad aria = 3.244.042 kWh
- Bolletta energetica riscaldamento =  $5.226.162 \times 0,04 = 209.046 \text{ €}$
- Bolletta energetica raffreddamento =  $3.244.042 \times 0,12 = 389.285 \text{ €}$
- Bolletta energetica totale = 589.332 €
- Energia primaria consumata =  $3.244.042 \times 2,44 = 7.915.463 \text{ kWh}$   
NB: nel calcolo entra la sola energia elettrica di raffreddamento, in quanto energia di riscaldamento è considerata uno “scarto” della produzione di energia elettrica e quindi è conteggiata a ZERO.
- Quantità di CO2 equivalente prodotta =  $3.244.042 \times 0,4 = 1.298 \text{ Tonnellate circa}$

**Conclusioni - Scenario 1 -**

L'impianto di progetto, sulla base dei calcoli di simulazione effettuati, dovrebbe consentire i seguenti risparmi:

- Bolletta energetica = - 244.742 €
- Energia primaria consumata = - 725.815 kWh
- Quantità di CO2 equivalente prodotta = - 119 Tonnellate circa

**SCENARIO 2 - “MASSIMIZZAZIONE UFFICI”****Impianto di Progetto**

- Energia elettrica complessivamente consumata in un anno per la produzione sia del caldo che del freddo dai gruppi frigo polivalenti/pompe di calore, compreso pozzi di emungimento = 2.689.073 kWh
- Bolletta energetica =  $2.689.073 \times 0,12 = 322.689 \text{ €}$
- Energia primaria consumata =  $2.689.073 \times 2,44 = 6.561.338 \text{ kWh}$
- Quantità di CO2 equivalente prodotta =  $2.689.073 \times 0,4 = 1.076 \text{ Tonnellate circa}$

**Impianto di Cogen + gruppi frigo ad aria**

- Energia termica consumata nel periodo invernale = 4.537.783 kWh termici
- Energia elettrica consumata nel periodo estivo per i gruppi frigo ad aria = 2.961.026 kWh
- Bolletta energetica riscaldamento =  $4.537.783 \times 0,04 = 181.511 \text{ €}$
- Bolletta energetica raffreddamento =  $2.961.026 \times 0,12 = 355.323 \text{ €}$
- Bolletta energetica totale = 536.834 €
- Energia primaria consumata =  $2.961.026 \times 2,44 = 7.224.905 \text{ kWh}$   
NB: nel calcolo entra la sola energia elettrica di raffreddamento, in quanto energia di riscaldamento è considerata uno “scarto” della produzione di energia elettrica e quindi è conteggiata a ZERO.
- Quantità di CO2 equivalente prodotta =  $2.961.026 \times 0,4 = 1.184 \text{ Tonnellate circa}$

**Conclusioni - Scenario 2 -**

L'impianto di progetto, sulla base dei calcoli di simulazione effettuati, dovrebbe consentire i seguenti risparmi:

- Bolletta energetica = - 214.146 €
- Energia primaria consumata = - 663.567 kWh

Quantità di CO2 equivalente prodotta = - 109 Tonnellate circa

**SCENARIO 3 - “MASSIMIZZAZIONE RESIDENZE”****Impianto di Progetto**

- Energia elettrica complessivamente consumata in un anno per la produzione sia del caldo che del freddo dai gruppi frigo polivalenti/pompe di calore, compreso pozzi di emungimento = 2.667.246 kWh
- Bolletta energetica =  $2.667.246 \times 0,12 = 320.069 \text{ €}$
- Energia primaria consumata =  $2.667.246 \times 2,44 = 6.508.079 \text{ kWh}$
- Quantità di CO2 equivalente prodotta =  $2.667.246 \times 0,4 = 1.067 \text{ Tonnellate circa}$

**Impianto di Cogen + gruppi frigo ad aria**

- Energia termica consumata nel periodo invernale = 4.687.105 kWh termici
- Energia elettrica consumata nel periodo estivo per i gruppi frigo ad aria = 2.936.297 kWh
- Bolletta energetica riscaldamento =  $4.687.105 \times 0,04 = 187.484 \text{ €}$
- Bolletta energetica raffreddamento =  $2.936.297 \times 0,12 = 352.356 \text{ €}$
- Bolletta energetica totale = 539.840 €
- Energia primaria consumata =  $2.936.297 \times 2,44 = 7.164.565 \text{ kWh}$   
NB: nel calcolo entra la sola energia elettrica di raffreddamento, in quanto energia di riscaldamento è considerata uno “scarto” della produzione di energia elettrica e quindi è conteggiata a ZERO.
- Quantità di CO2 equivalente prodotta =  $2.936.297 \times 0,4 = 1.175 \text{ Tonnellate circa}$

**Conclusioni – Scenario 3 -**

L'impianto di progetto, sulla base dei calcoli di simulazione effettuati, dovrebbe consentire i seguenti risparmi:

- Bolletta energetica = - 219.770 €
- Energia primaria consumata = - 656.485 kWh

Quantità di CO2 equivalente prodotta = - 108 Tonnellate circa

**SCENARIO 4 - “ALTERNATIVO 1”****Impianto di Progetto**

- Energia elettrica complessivamente consumata in un anno per la produzione sia del caldo che del freddo dai gruppi frigo polivalenti/pompe di calore, compreso pozzi di emungimento = 3.043.733 kWh
- Bolletta energetica =  $3.043.733 \times 0,12 = 365.248\text{€}$
- Energia primaria consumata =  $3.043.733 \times 2,44 = 7.426.708 \text{ kWh}$
- Quantità di CO2 equivalente prodotta =  $3.043.733 \times 0,4 = 1.218 \text{ Tonnellate circa}$

**Impianto di Cogen + gruppi frigo ad aria**

- Energia termica consumata nel periodo invernale = 5.235.930 kWh termici
- Energia elettrica consumata nel periodo estivo per i gruppi frigo ad aria = 3.350.975 kWh
- Bolletta energetica riscaldamento =  $5.235.930 \times 0,04 = 209.437 \text{ €}$
- Bolletta energetica raffreddamento =  $3.350.975 \times 0,12 = 402.117 \text{ €}$
- Bolletta energetica totale = 611.554 €
- Energia primaria consumata =  $3.350.975 \times 2,44 = 8.176.378 \text{ kWh}$   
NB: nel calcolo entra la sola energia elettrica di raffreddamento, in quanto energia di riscaldamento è considerata uno “scarto” della produzione di energia elettrica e quindi è conteggiata a ZERO.
- Quantità di CO2 equivalente prodotta =  $3.350.975 \times 0,4 = 1.340 \text{ Tonnellate circa}$

**Conclusioni – Scenario Alternativo 1 -**

L'impianto di progetto, sulla base dei calcoli di simulazione effettuati, dovrebbe consentire i seguenti risparmi:

- Bolletta energetica = - 246.306 €
- Energia primaria consumata = - 749.670 kWh

Quantità di CO2 equivalente prodotta = - 123 Tonnellate circa



**SCENARIO 5 - “ALTERNATIVO 2”****Impianto di Progetto**

- Energia elettrica complessivamente consumata in un anno per la produzione sia del caldo che del freddo dai gruppi frigo polivalenti/pompe di calore, compreso pozzi di emungimento = 2.762.971 kWh
- Bolletta energetica =  $2.762.971 \times 0,12 = 331.557 \text{ €}$
- Energia primaria consumata =  $2.762.971 \times 2,44 = 6.741.649 \text{ kWh}$
- Quantità di CO2 equivalente prodotta =  $2.762.971 \times 0,4 = 1.105 \text{ Tonnellate circa}$

**Impianto di Cogen + gruppi frigo ad aria**

- Energia termica consumata nel periodo invernale = 4.918.738 kWh termici
- Energia elettrica consumata nel periodo estivo per i gruppi frigo ad aria = 3.041.582 kWh
- Bolletta energetica riscaldamento =  $4.918.738 \times 0,04 = 196.750 \text{ €}$
- Bolletta energetica raffreddamento =  $3.041.582 \times 0,12 = 364.990 \text{ €}$
- Bolletta energetica totale = 561.740 €
- Energia primaria consumata =  $3.041.582 \times 2,44 = 7.421.460 \text{ kWh}$   
NB: nel calcolo entra la sola energia elettrica di raffreddamento, in quanto energia di riscaldamento è considerata uno “scarto” della produzione di energia elettrica e quindi è conteggiata a ZERO.
- Quantità di CO2 equivalente prodotta =  $3.041.582 \times 0,4 = 1.216 \text{ Tonnellate circa}$

**Conclusioni – Scenario Alternativo 2 -**

L'impianto di progetto, sulla base dei calcoli di simulazione effettuati, dovrebbe consentire i seguenti risparmi:

- Bolletta energetica = - 230.183 €
- Energia primaria consumata = - 679.811 kWh

Quantità di CO2 equivalente prodotta = - 111 Tonnellate circa

### Conclusioni generali

Le valutazioni energetiche condotte, confrontate con lo *scenario 0 di riferimento* “PIL approvato”, hanno portato a risultati molto omogenei per tutti e 5 gli scenari presi in considerazione, con un evidente risparmio energetico, economico e di quantità di CO<sub>2</sub> prodotta nel caso di utilizzo della tipologia impiantistica di progetto, come esplicitato nella seguente tabella riassuntiva:

	Bolletta energetica	Energia primaria	Q.tà di Co <sub>2</sub> prodotta
	[€]	[kWh]	[t]
<b>Scenario 0 “PIL approvato”</b>	<b>650.723</b>	<b>8.626.628</b>	<b>1.414</b>
Confronto tra <i>Impianto Scenario 0</i> e <i>Impianto di Progetto</i> nei 5 Scenari			
Scenario 1 “VARIANTE BASE”	- 297.134	- 1.436.980	- 235
Scenario 2 “MASSIMIZZAZIONE UFFICI”	- 328.034	- 2.065.290	- 338
Scenario 3 “MASSIMIZZAZIONE RESIDENZE”	- 330.654	- 2.118.549	- 347
Scenario 4 “ALTERNATIVO 1”	- 285.475	- 1.199.920	- 202
Scenario 5 “ALTERNATIVO 2”	- 319.166	- 1.884.979	- 309