

COIBENTAZIONE TUBAZIONI

Le tubazioni vanno coibentate sia nel caso che trasportino fluidi caldi che freddi.

Nel caso di fluido freddi si deve verificare che in tutto lo spessore dell'isolante non si venga a formare condensa che potrebbe danneggiare la tubatura (stillicidio).

Calcolo spessore ottimale isolante. Calcolo temperatura finale all'uscita del tubo.

Tubo all'aperto in cui scorre acqua calda

Verificare che all'uscita del tubo l'acqua abbia una $T > 90^\circ\text{C}$

TH20 in	95 °C				
Taria	10 °C				
di	38,1 mm	Ai	0,00114 m ²		
de	48,3 mm	Ae	0,001831 m ²		
s	5,1 mm				
L	100 m	ro 95°C	961,8 Kg/m ³	densità	
landa tubo	54 w/m k	cs 95°C	4205 J/kg/k	calore specifico	
v acqua	0,25 m/s	m	0,2740 Kg/s	portata	
h int	2000 w/m ² k	h est	10 w/m ² k		

r medio	0,0216 m	del tubo non isolato
U tubo	9,94 w/m ² k	

Calcolo la temperatura in uscita dal tubo non isolato

$$T_{out} = T_a + (T_{in} - T_a) \cdot e^{-(6.28 \cdot r \cdot U \cdot L / m \cdot cs)}$$

$$6.28 \cdot r \cdot U \cdot L / m \cdot cs = 0,1167$$

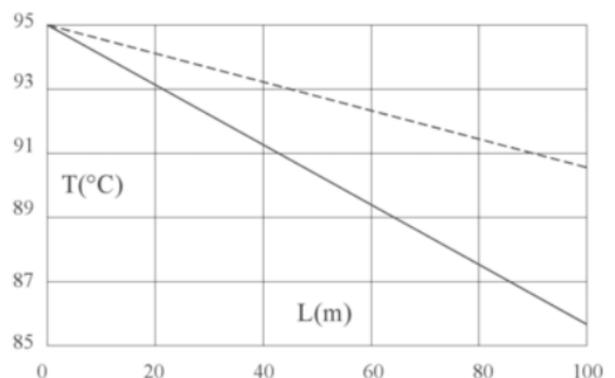
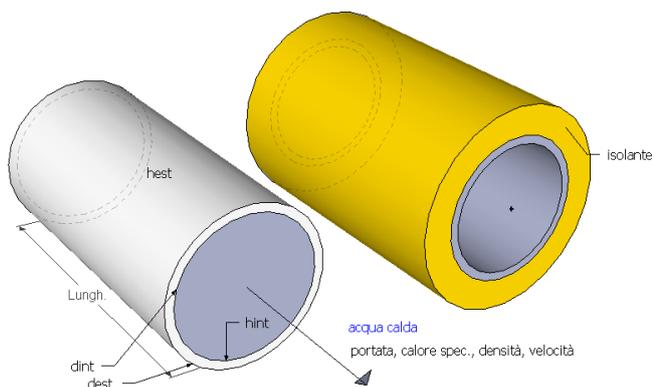
$$T_{out} = 85,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Isoliamo il tubo con 1 cm di lana di roccia 0,01 m

landa l.r	0,058 w/m k
de	68,3 mm
r medio	0,0266 mm
U tubo	3,66 w/m ² k
$6.28 \cdot r \cdot U \cdot L / m \cdot cs$	0,0529

$$T_{out} = 90,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

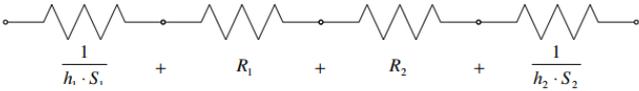
Costruire curva raffreddamento su Excel



raffreddamento dell'acqua in una tubazione di distribuzione;
 — tubo nudo; - - - - - tubo isolato 1 cm.

CALCOLO SPESSORE OTTIMALE ISOLANTE

L'obiettivo è contenere le dispersioni termiche lungo la tubatura.



$$R_{tot} = \frac{1}{h_i \cdot 2\pi \cdot R_1 \cdot L} + \frac{\ln \frac{R_2}{R_1}}{2\pi \cdot \lambda_1 \cdot L} + \frac{\ln \frac{R_3}{R_2}}{2\pi \cdot \lambda_2 \cdot L} + \frac{1}{h_2 \cdot 2\pi \cdot R_3 \cdot L}$$

$$\dot{Q} = \frac{\Delta T}{R_{tot}} = \frac{2\pi \cdot L(T_{int} - T_{est})}{\frac{1}{h_i \cdot R_1} + \frac{\ln \frac{R_2}{R_1}}{\lambda_1} + \frac{\ln \frac{R_3}{R_2}}{\lambda_2} + \frac{1}{h_2 \cdot R_3}}$$

1

$\dot{Q} = K \cdot S \cdot \Delta T$ dove K è il coefficiente globale di scambio termico riferiremo tutto alla superficie interna $S_1=2\pi R_1 L$. Quindi il K interno è:

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{R_1}{\lambda_1} \ln \frac{R_2}{R_1} + \frac{R_1}{\lambda_2} \ln \frac{R_3}{R_2} + \frac{R_1}{R_3} + \frac{1}{h_2}}$$

$$\dot{Q} = 2\pi \cdot R_1 \cdot L \cdot (T_{int} - T_{est}) \cdot \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{R_1}{\lambda_1} \ln \frac{R_2}{R_1} + \frac{R_1}{\lambda_2} \ln \frac{R_3}{R_2} + \frac{R_1}{R_3} + \frac{1}{h_2}}$$

2

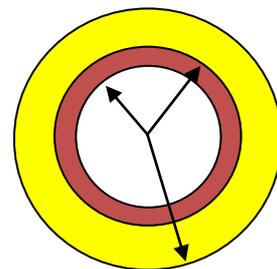
Diametro ottimale isolamento

TH20 in	95 °C				
Taria	10 °C				
di	38,1 mm	Ai	0,0011395 m ²		
de	48,3 mm	Ae	0,0018313 m ²		
s	5,1 mm				
L	100 m	ro 95°C	961,8 Kg/m ³	densità	
landa tubo	54 w/m k	cs 95°C	4205 J/kg/k	calore specifico	
v acqua	0,25 m/s	m	0,2740 Kg/s	portata	
hint	10 w/m ² k	hest	1000 w/m ² k		

Scegliere lo spessore di isolante per ridurre a meno di 1000 w le perdite di calore lungo il tubo

landa iso	0,032 w/m k
r1	0,01905 m
r2	0,02415 m

s	r3	Rtot	Q1	Q2
0,01	0,03415	0,025709	3306,27	3313,37
0,02	0,04415	0,038519	2206,69	2212,20
0,03	0,05415	0,048704	1745,22	1749,83
0,04	0,06415	0,05716	1487,06	1491,12
0,05	0,07415	0,064388	1320,12	1323,79
0,06	0,08415	0,070701	1202,25	1205,63
0,07	0,09415	0,076304	1113,96	1117,13
0,08	0,10415	0,081342	1044,97	1047,97
0,09	0,11415	0,085917	989,32	992,18



IMPIANTI PER LA COGENERAZIONE

COGENERAZIONE CON:	<i>Motore a combustione interna</i>	<i>Turbina a gas</i>	<i>Turbina a vapore</i>	<i>Ciclo combinato</i>
Totale efficienza (%)	70-80	70-75	80	70-90
Costo installazione (€/kW)	700-1400	600-800	700-900	600-800
Temperatura usabile (°C)	300-600	450-800	250-650	300-600
Combustibile	gas, olio, diesel	gas	tutti	gas, liquidi

Tabella. Principali caratteristiche degli impianti con tecnologie di cogenerazione di tipo tradizionale.

Massa e costo del metano

Unità di misura: Smc (standard 101325 Pa 15°C) - Nmc (normal 101325 Pa 0°)

Per il metano : 1 Nmc = 1.056 Smc

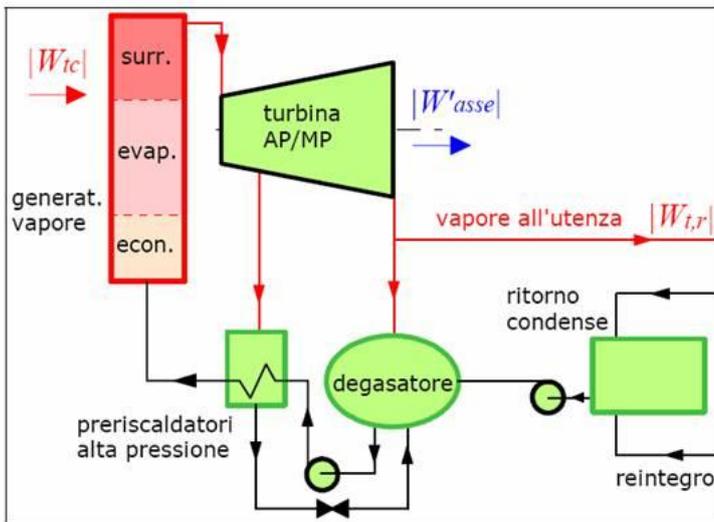
Costo 2018 : 0,26-27 € al sm³

Il metano ha massa volumica, in condizioni di temperatura e pressioni normali, di 0,7174 kg/m³.

Alle condizioni standard la densità del metano vale $\rho = 0,7174 / 1,0561 = 0,68 \text{ Kg/m}^3$

Potere calorifico medio: Pci = 50 MJ / Kg

IMPIANTO DI COGENERAZIONE TURBINA A VAPORE



Una azienda che produce cibo precotto necessita di una portata di vapore pari a 10 Kg / s alla pressione di 1.5 bar e alla temperatura di 80°C.

Valutare l'installazione in azienda di un impianto di cogenerazione con turbina a vapore ($\eta=0,92$) ad un surriscaldamento (T_{max} 350°C e $p_{max}= 30$ bar) per la produzione di energia elettrica e di vapore. Il fabbisogno elettrico dell'azienda è pari 10 Mwatt.

Verificare in quanto tempo l'energia elettrica prodotta dalla turbina (funzionamento 24x7 per tutto l'anno) permette un rientro economico dell'impianto. Il costo dell'energia elettrica è di 0,2 € al Kwh.

Il vapore scaricato dalla turbina a circa 100°C viene utilizzato come fluido caldo in uno scambiatore di calore a piastre (trovare modello con guarnizioni adatte) per produrre il vapore che all'uscita delle linea di distribuzione deve avere una temperatura di 80°C.

Il condotto che porta il vapore alle macchine ha una lunghezza complessiva di 150 m e presenta 2 curve a 90°C e 4 valvole a sfera di sicurezza.

All'uscita della tubatura deve essere garantita una temperatura di 120°C e una pressione di 1,5 bar.

Dimensionare di conseguenza una pompa idraulica lato utenza.

Dimensionare diametro (contenere la velocità sotto 1 m/s) e spessore dell'isolante della tubatura.

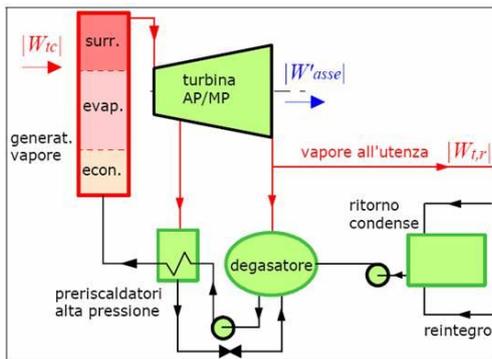
La tubatura è realizzata in acciaio inox con rugosità media di 200 micron.

Come isolante si utilizzi il poliuretano ($\lambda = 0,026$).

Disegnare l'impianti completo di tutti i suoi componenti.

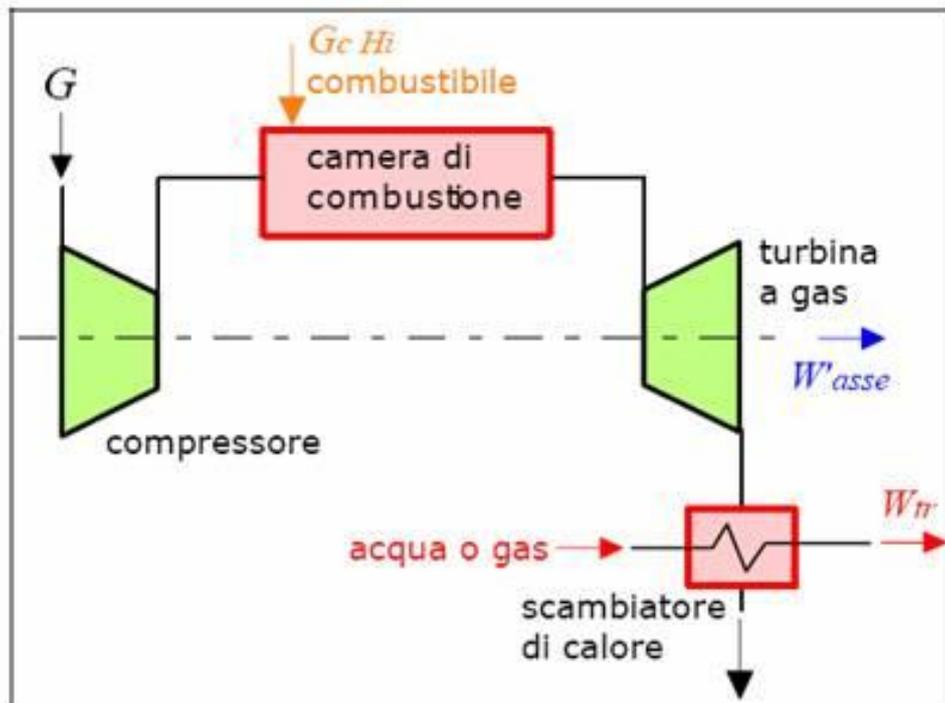
Domande a cui rispondere

1. Disegnare ciclo a vapore su diagramma e ricavare i dati (p , T , h , x) dei punti caratteristici. Verificare i dati ottenuti tramite le tabelle del vapore
2. Trovare il punto 4 (uscita turbina ipotizzando un rendimento turbina pari a 0,92).
3. Calcolare il rendimento del ciclo a vapore
4. Calcolare il rendimento dell'impianto di cogenerazione (η elettrico + η termico)
5. Calcolare il consumo di combustibile ipotizzando un rendimento caldaia pari al 0,92.
6. Calcolare il costo giornaliero di combustibile e il guadagno dell'energia prodotta.
7. Calcolare il tempo di rientro dell'impianto ipotizzando un costo pari 500 € al Kw
8. Dimensionare scambiatore di calore a piastre necessario a fornire l'acqua calda di processo.
9. Dimensionare il condensatore a fascio tubiero del ciclo a vapore e valutare la portata di acqua calda che si potrebbe produrre per riscaldare l'azienda.
10. Dimensionare la tubatura per portare l'acqua calda di processo e calcolare lo spessore di isolante necessario a garantire l'utenza.
11. Calcolare le perdite di carico e dimensionare la pompa necessaria al funzionamento dell'impianto (tubo in acciaio con rugosità 250 micron).
12. Disegnare lo schema dell'impianto utilizzando la simbologia tecnica del settore impiantistico.



esempio non completo

IMPIANTO DI COGENERAZIONE TURBINA A GAS



Una azienda che produce cibo precotto necessita di una portata di vapore pari a 100 Kg / s alla pressione di 1.5 bar e alla temperatura di 120°C.

Valutare l'installazione in azienda di un impianto di cogenerazione con turbina a GAS a metano (T_{max} 800°C) per la produzione di energia elettrica e di vapore.

Il fabbisogno elettrico dell'azienda è pari 300 Kw.

Verificare in quanto tempo l'energia elettrica prodotta dalla turbina (funzionamento 24x7 per tutto l'anno) permette un rientro economico dell'impianto. Il costo dell'energia elettrica è di 0,2 € al Kwh.

Il gas scaricato dalla turbina a 160°C viene utilizzato come fluido caldo in uno scambiatore di calore a piastre (trovare modello con guarnizioni adatte) per produrre il vapore che all'uscita delle linee di distribuzione deve avere una temperatura di 120°C.

Il condotto che porta il vapore alle macchine ha una lunghezza complessiva di 150 m e presenta 2 curve a 90° e 4 valvole a sfera di sicurezza.

All'uscita della tubatura deve essere garantita una temperatura di 120°C e una pressione di 1,5 bar.

Dimensionare di conseguenza una pompa idraulica lato utenza.

Dimensionare diametro (contendere la velocità sotto 1 m/s) e spessore dell'isolante della tubatura.

La tubatura è realizzata in acciaio inox con rugosità media di 200 micron.

Come isolante si utilizzi il poliuretano ($\lambda = 0,026$).

Disegnare l'impianto completo di tutti i suoi componenti.

IMPIANTO REFRIGERAZIONE INDUSTRIA ALIMENTARE

Una azienda che produce cibo lunga conservazione deve necessità di un idoneo impianto di stoccaggio.

IMPIANTO DI RISCALDAMENTO ESTIVO DI UNA PISCINA CON COLLETTORI SOLARI



Si vuole dimensionare un impianto di riscaldamento con pannelli solari termici piani di una piscina olimpionica semicoperta (50x25m profondità 2.5m) nella stagione estiva giugno-settembre.

Si vuole garantire una temperatura media dell'acqua pari a 28°C .

In prima approssimazione si possono considerare nulle solo le perdite di calore dovute alla differenza di temperatura fra aria ambiente acqua della piscina.

Un sistema di pompaggio alimenta l'acqua fornita alla piscina che viene scaldata tramite uno scambiatore a piastre alimentato dall'acqua calda accumulata da appositi boiler lato solare termico.

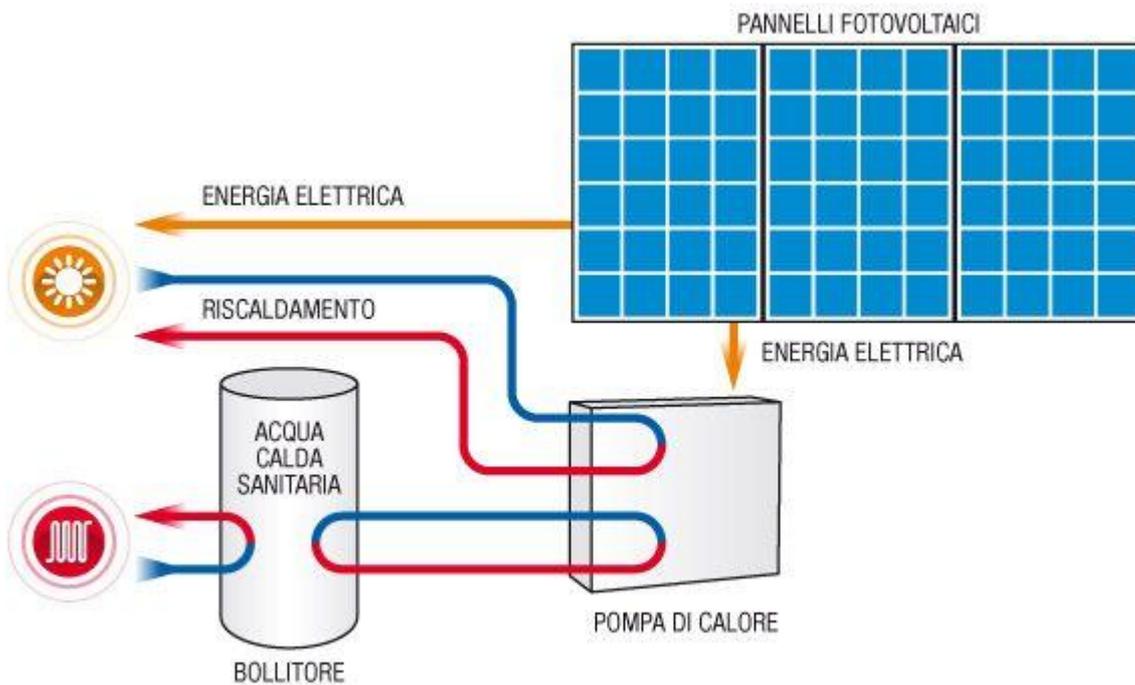
Valutare i costi dell'impianto chiavi in mano ipotizzando 1000 € al m² per pannelli solari piani di qualità.

Dimensionare pompa lato piscina, scambiatore di calore a piastre.

Effettuare un confronto ipotizzando di riscaldare l'acqua con una caldaia industriale.

Disegnare lo schema dell'impianto proposto.

IMPIANTO DI RISCALDAMENTO ESTIVO DI UNA PISCINA CON FOTOVOLTAICO + PDC



Si vuole dimensionare un impianto di riscaldamento con pannelli fotovoltaici + pompa di calore ARIA-ARIA di una piscina olimpionica semicoperta (50x25m profondità 2.5m) nella stagione estiva giugno-settembre. Si vuole garantire una temperatura media dell'acqua pari a 28°C .

Valutare i costi dell'impianto chiavi in mano ipotizzando 1500 € al kwh per pannelli fotovoltaici di qualità.

Un sistema di pompaggio alimenta l'acqua fornita alla piscina che viene scaldata tramite uno scambiatore a piastre alimentato dall'acqua calda prodotta dalla pompa di calore.

Dimensionare pompa lato piscina, scambiatore di calore a piastre.

Effettuare un confronto ipotizzando di riscaldare l'acqua con una caldaia industriale.

Disegnare lo schema dell'impianto proposto.

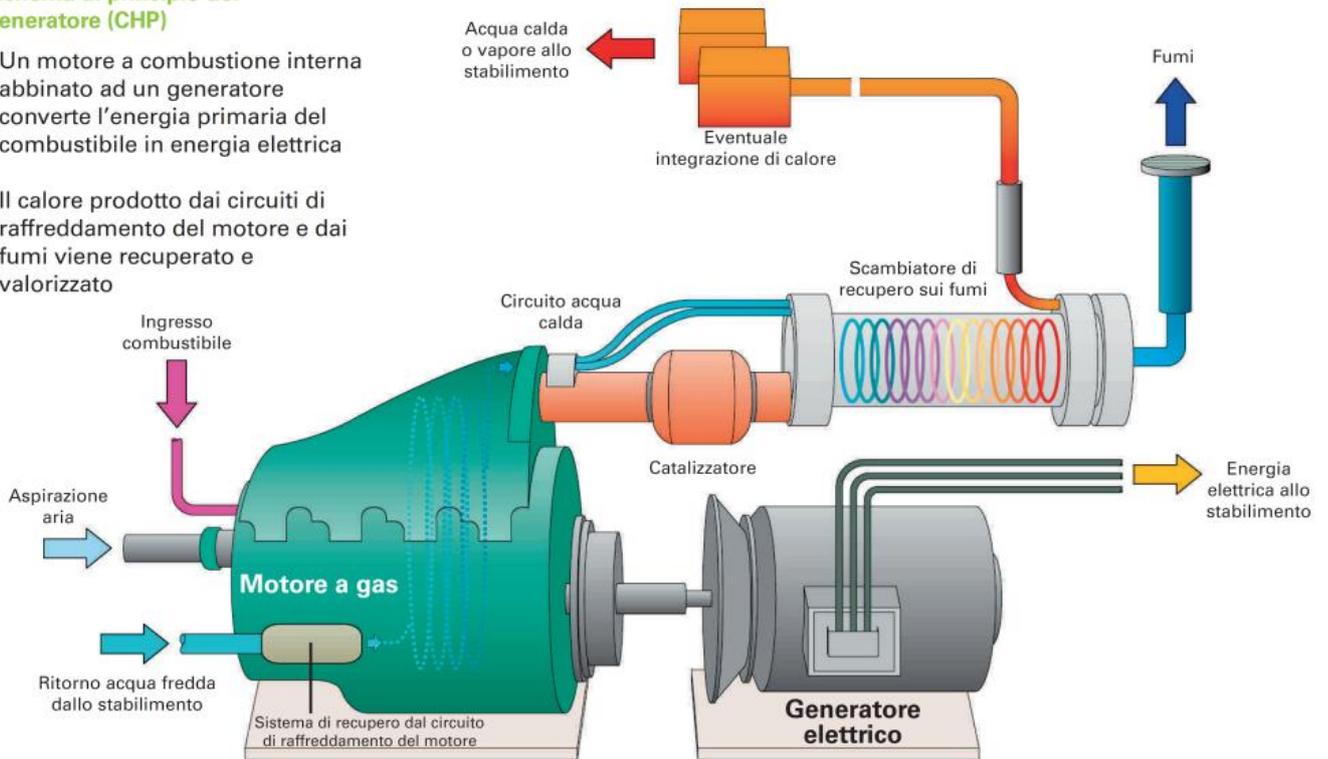
ESERCITAZIONI DI IMPIANTI

Materiale	Temperatura di impiego (°C)	Conducibilità termica (W/m°C)	Densità (kg/m³)
Polistirolo espanso	-30/+80	0.025-0.045	10-40
Poliuretano espanso	-150/+140	0.02-0.05	20-150
Sughero	-80/+50	0.03 – 0.05	140-160
Perlite espansa	-150/+400	0.04 - 0.07	100-150
Vermiculite espansa	-50/+100	0.05 – 0.10	400-500
Lana di vetro	0/+300	0.075 - 0.11	70-120
Lana di roccia	0/+500	0.04 – 0.06	120 – 150
Silicato di calcio	+200/+700	0.04 – 0.06	200 – 250
Caolinite in mattoni	+600/+1500	0.2 – 0.4	500 -700

IMPIANTO COGENERAZIONE CON MOTORE DIESEL

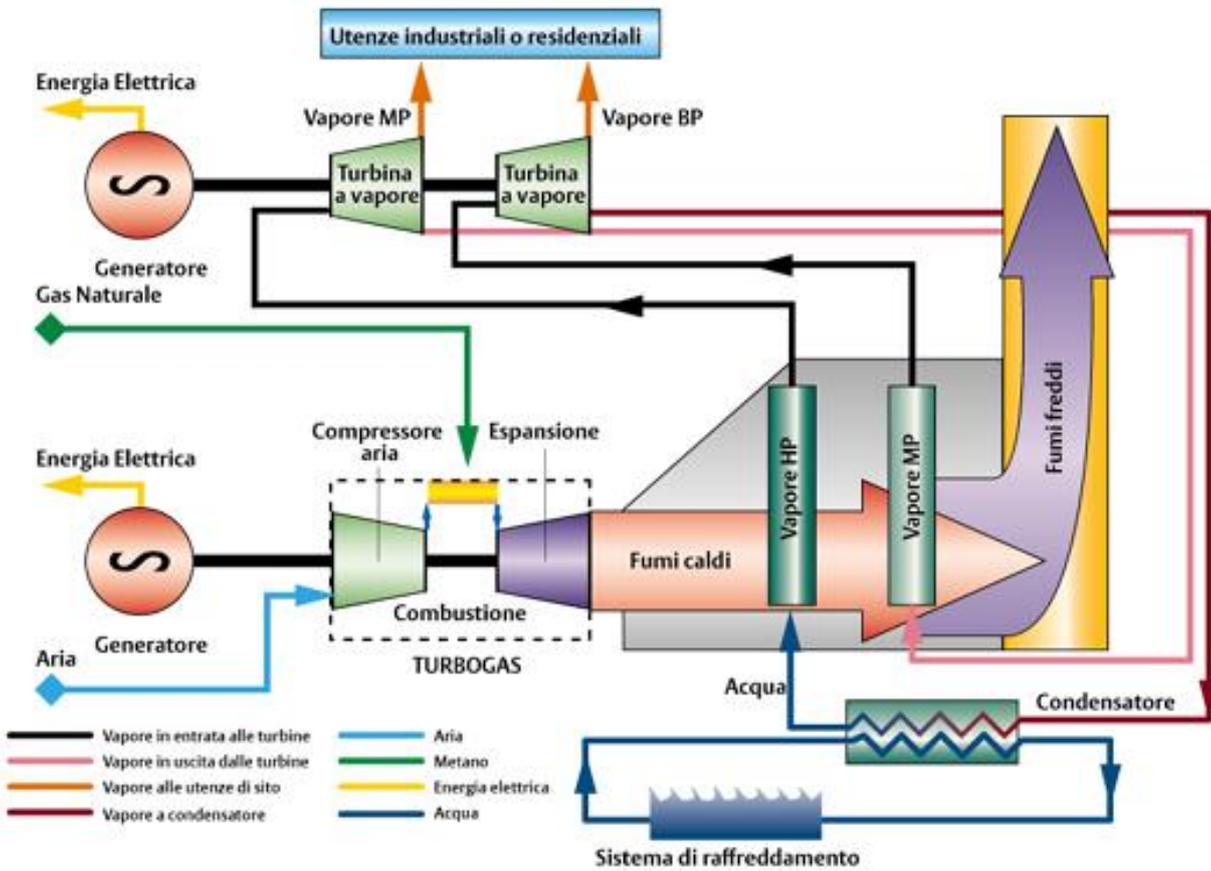
Lo schema di principio del cogeneratore (CHP)

1. Un motore a combustione interna abbinato ad un generatore converte l'energia primaria del combustibile in energia elettrica
2. Il calore prodotto dai circuiti di raffreddamento del motore e dai fumi viene recuperato e valorizzato

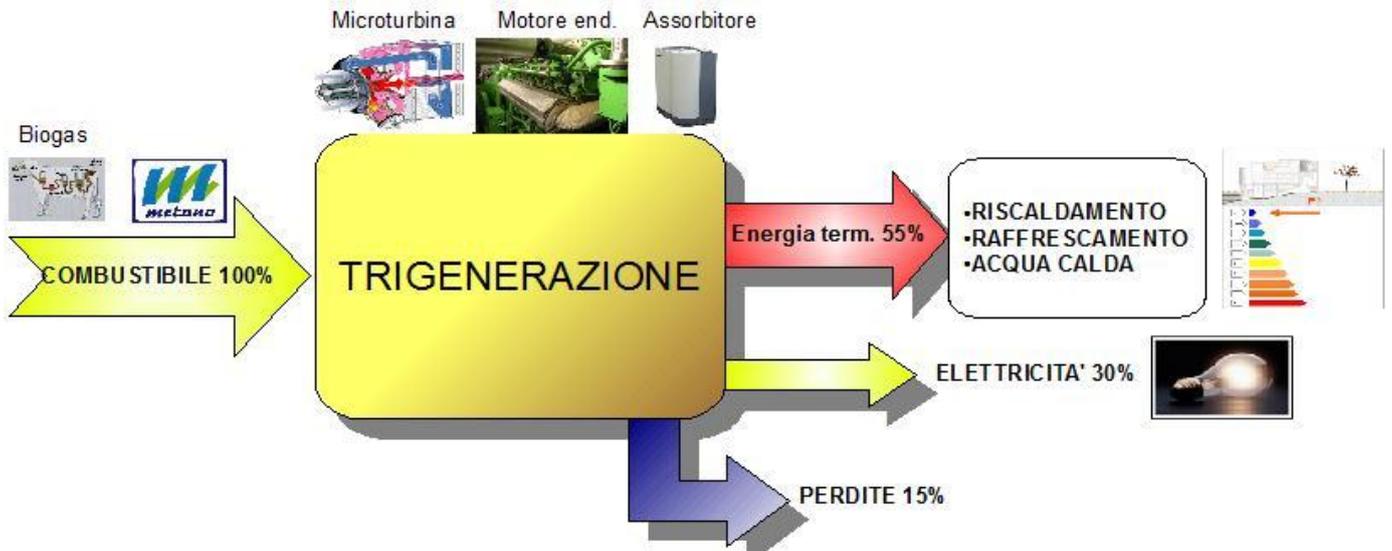


IMPIANTO COGENERAZIONE TURBINA A GAS E A VAPORE

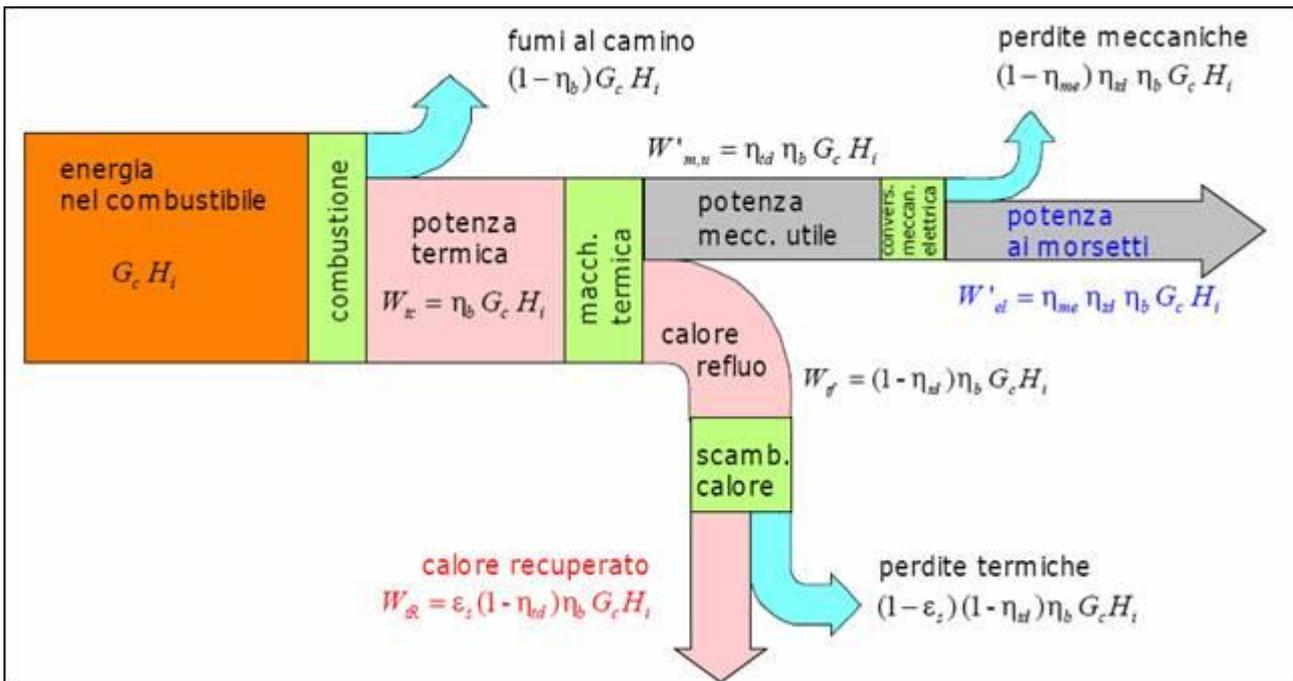
Schema di impianto turbogas in ciclo combinato cogenerativo



TRIGENERAZIONE



RENDIMENTO CALDAIA



COSTO PRODUZIONE ENERGIA TERMICA

- costo dell'elettricità 0,26€ al kWh per le forniture "medie" domestiche
- costo del metano di 0,90€ al metro cubo
- PCI metano circa 10 kWh per metro cubo
- COP di una pompa di calore di media qualità 4,5
- COP di una pompa di calore idronica di media qualità con ventilconvettori a bassa temperatura 3,5
- efficienza di una caldaia a condensazione 107% sul PCI
- efficienza di una caldaia tradizionale (o radiatore a gas) 90% sul PCI
- per definizione un mezzo di riscaldamento resistivo produce una unità di calore per ogni unità di elettricità usata.
- una pompa di calore a gas ad assorbimento a un'efficienza del 170% rispetto al PCI del metano

Quindi abbiamo diverse prospettive:

RISCALDAMENTO ELETTRICO RESISTIVO (A PRESCINDERE DAL TIPO DI TERMINALE)

1 kWh di calore fornito costa 26 centesimi

RISCALDAMENTO ELETTRICO CON POMPA DI CALORE - SPLIT (MEDIO STAGIONALE!)

1 kWh di calore fornito costa 5,7 centesimi (il costo reale è dettato dalle condizioni atmosferiche)

RISCALDAMENTO ELETTRICO CON POMPA DI CALORE - IDRONICO

1 kWh di calore fornito costa 7,4 centesimi (il costo reale è dettato dalle condizioni atmosferiche nel caso di macchina aria-acqua)

RISCALDAMENTO CON CALDAIA A CONDENSAZIONE (AL LORDO DELLE PERDITE DI DISTRIBUZIONE!)

1 kWh di calore fornito costa 8,4 centesimi (senza considerare le perdite di distribuzione che in alcuni edifici possono risultare dello stesso ordine di grandezza del riscaldamento utile!)

RISCALDAMENTO CON CALDAIA TRADIZIONALE O RADIATORE A GAS (AL LORDO DELLE PERDITE DI DISTRIBUZIONE!)

1 kWh di calore fornito costa 10 centesimi (senza considerare le perdite di distribuzione che in alcuni edifici possono risultare dello stesso ordine di grandezza del riscaldamento utile! Ovviamente solo nel caso della caldaia e non del radiatore a gas.)

RISCALDAMENTO CON POMPA DI CALORE AD ASSORBIMENTO A GAS (AL LORDO DELLE PERDITE DI DISTRIBUZIONE!)

1 kWh di calore fornito costa 5,3 centesimi

A conti fatti il sistema più conveniente in assoluto è la pompa di calore a gas ma ha dei costi quasi spropositati per il singolo mentre una pompa di calore di media qualità (alias condizionatore split) è alla portata di tutti, inoltre raffresca economicamente a differenza della pdc a gas che invece in raffrescamento ha dei valori di EER intorno a 0,7 (ossia per produrre una unità di raffrescamento bisogna usare quasi 1,5 unità di energia!)

ESERCITAZIONI DI IMPIANTI

UTILIZZO SOFTWARE FLOW PER ANALISI FLUIDODINAMICA (Cx, forze pressione)

UTILIZZO INVENTOR PER ANALISI SFORZI STELO CILINDRO PNEUMATICO