

POLITECNICO DI TORINO

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

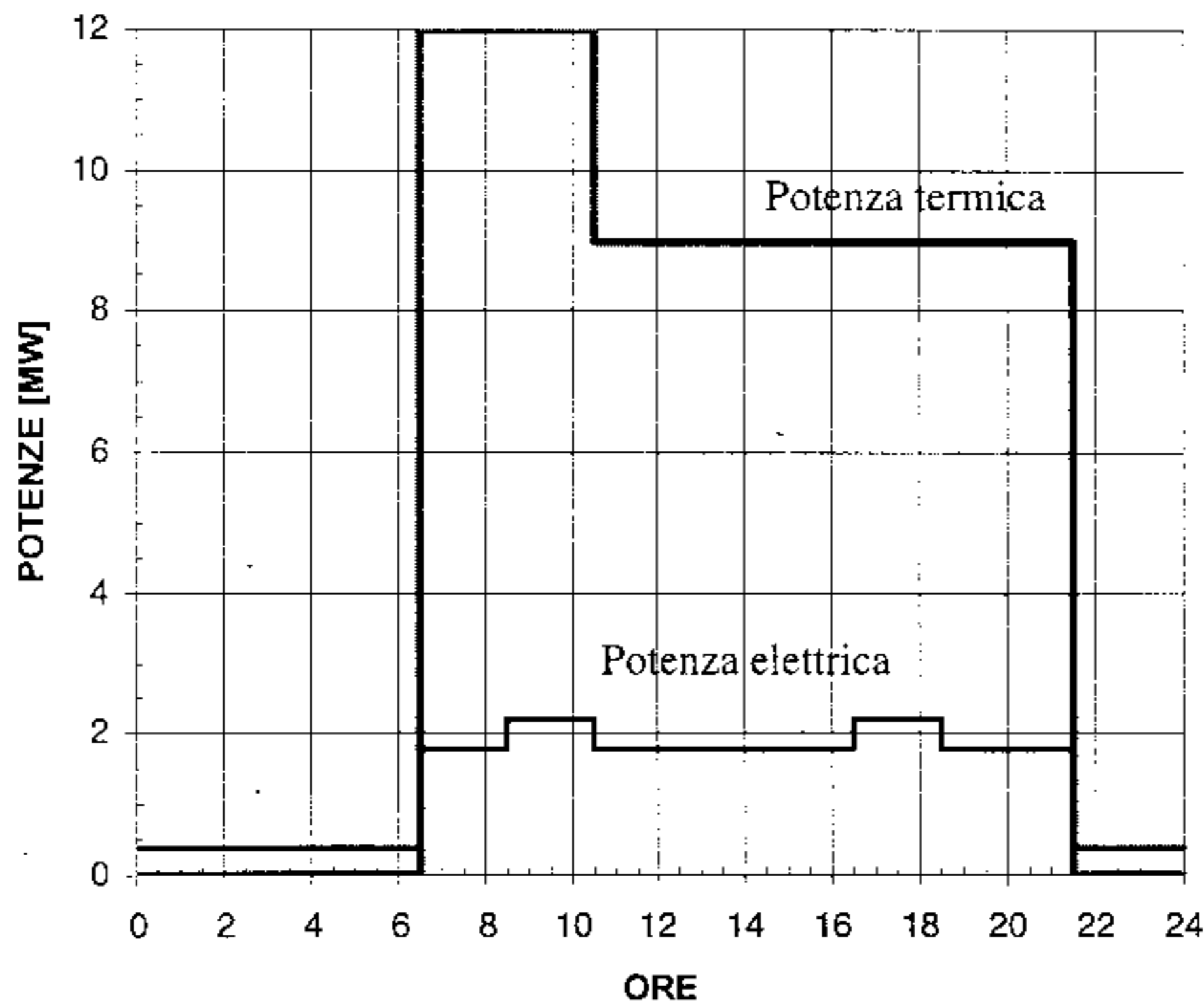
I SESSIONE - ANNO 1999

Ramo INGEGNERIA GESTIONALE

TEMA N. 1

Studio di fattibilità di un impianto di cogenerazione (produzione contemporanea di energia elettrica e calore)

Un'azienda del settore civile necessita, per svolgere la sua attività, di energia nelle quantità espresse nella figura 1 (potenze elettrica e termica richieste nell'arco delle 24 ore di una giornata tipo). Si supponga, per semplicità di calcolo, che dette richieste rimangano costanti nel periodo invernale (ottobre-marzo). Infatti, l'energia termica viene utilizzata solo per il riscaldamento degli ambienti in questo periodo ed è nulla per la parte restante dell'anno. L'energia elettrica, con l'esclusione del mese di agosto, in cui la richiesta è nulla, si ammetta che venga consumata nella stessa quantità degli altri mesi



Il servizio energetico viene garantito, nella situazione attuale, utilizzando delle caldaie (con rendimento dell'85%) e acquistando energia elettrica dalla rete.

Il combustibile utilizzato nelle caldaie è gas naturale (Potere calorifico inferiore pari a 47450 KJ/kg densità 0.72 kg/Sm^3) e il contratto di fornitura per utenze civili prevede un costo complessivo di 900 Lire/Sm^3 . I costi di esercizio, manutenzione e spese generali ammontano a $100 \text{ Milioni di Lire/anno}$, mentre per il personale 70 Milioni annui per addetto per n. 5 addetti.

Il contratto di fornitura dell'energia elettrica prevede una quota fissa legata alla potenza impegnata (potenza massima) nei vari periodi dell'anno, in ragione di 126240 Lire/kW, e una quota proporzionale al consumo articolata in fasce orarie come dalla seguente tabella

Tabella 1: Tariffe elettriche per media utilizzazione

Fasce	orarie	orario	giorni	periodo	tariffa Lire/kWh
F1	ore di punta	8.30 - 10.30 16.30 - 18.30	lun/ven	invernale	142.2
F2	ore alto carico	6.30 - 8.30 10.30 - 16.30 18.30 - 21.30	lun/ven	invernale	100.7
		8.30 - 12.30	lun/ven	estivo (escl. agosto)	
F3	ore medio carico	6.30 - 8.30 12.00 - 21.30	lun/ven	estivo (escl. agosto)	48.1
F4	ore vuote	0.00 - 6.30	lun/ven	estivo/invernale	12
		21.30 - 24	lun/ven	estivo/invernale	
		0.00 - 24	sab/dom	estivo/invernale	
		0.00 - 24	tutti i giorni	agosto	

In più occorre aggiungere il sovrapprezzo termico, pari a $50.3 \frac{\text{Lire}}{\text{kWh}}$, le tasse, pari a $12.95 \frac{\text{Lire}}{\text{kWh}}$, e sul totale l'IVA al 9%.

L'attività lavorativa dell'azienda si svolge dal lunedì al venerdì, con fermata settimanale il sabato e la domenica.

A fronte della forte incidenza delle spese energetiche sul bilancio, l'azienda commissiona uno studio di fattibilità per un impianto di cogenerazione, con l'evidente obiettivo di ridurre i costi energetici.

Compito del candidato é di predisporre tale studio di fattibilità tenendo conto dei vincoli e delle informazioni di seguito fornite.

1. Il cogeneratore sia costituito da un impianto motore a gas con le seguenti prestazioni

portata in massa di gas combusti	9.92 kg/s
rapporto di compressione	14
Potenza utile del turbogas (morsetti alternatore)	1840 kW
rendimento del combustore	0.992
temperatura di scarico della turbina	550°C
rendimento meccanico (incluso alternatore)	0.96
Potenza elettrica assorbita dagli ausiliari	100 kW
condizioni ambiente	101.3 kPa, 15°C
Potere calorifico del gas naturale a 15°C	47450 kJ/kg

2. Il vettore energetico per il fabbisogno termico é acqua surriscaldata. La portata d'acqua é costante e pari a $1200 \text{ m}^3/\text{h}$. La potenza termica richiesta viene soddisfatta variando la differenza di temperatura

dell'acqua. Il ritorno dall'utilizzazione (impianto di riscaldamento) é a 2 bar e 72.5°C. L'impianto di cogenerazione é in grado di elevare questa temperatura fino a 79°C (4 bar), per spingersi oltre occorre far intervenire le caldaie.

3. Le attuali caldaie verranno utilizzate nella funzione di integrazione e riserva dell'impianto di cogenerazione.

4. Le spese per il personale, esercizio, manutenzione caldaie, spese generali rimangono invariate. Le spese di manutenzione dell'impianto cogenerativo ammontano al 5% dell'investimento per anno. Il contratto di soccorso (in caso di indisponibilità dell'impianto cogenerativo) con il fornitore dell'energia elettrica prevede una tariffa di 2800 Lire/kW/mese in base alla potenza massima impegnata.

5. Il combustibile utilizzato rimane il gas naturale, con una riduzione di costo, pari a $30 \frac{\text{Lire}}{\text{Sm}^3}$ di tasse, perché utilizzato in un impianto cogenerativo.

6. La differenza di temperatura al pinch point dello scambiatore di calore a recupero sia pari a 33.5°C

7. Adottare un postcombustore, ove necessario.

8. L'investimento richiesto per la costruzione dell'intero impianto, chiavi in mano, con tempi di consegna inferiori all'anno, é pari a $1200000 \frac{\text{Lire}}{\text{kW}}$.

9. Vita utile dell'impianto 10 anni.

10. Per semplicità, si assuma che le condizioni ambiente rimangano sempre quelle standard.

11. Per l'eventuale cessione di energia elettrica alla rete si consideri un prezzo medio di cessione di 50 Lire/kWh.

Il candidato predisponga un layout di impianto idoneo a soddisfare, per quanto possibile, i carichi elettrici e termici richiesti, considerando la possibilità di poter utilizzare le caldaie di integrazione e la connessione alla rete elettrica per conseguire pienamente l'obiettivo.

Il candidato esegua lo studio di fattibilità, se lo ritiene opportuno, mediante l'analisi dei flussi di cassa annuali *differenziali* (cioé confrontando la situazione attuale e quella futura con l'impianto di cogenerazione), assumendo valori plausibili di ulteriori dati necessari.

Per comodità del candidato si riportano i kWh complessivamente consumati e acquistati nella situazione attuale nelle varie fasce orarie nel semestre invernale e estivo (con esclusione di agosto) calcolati sulla base di 22 giorni/mese feriali e 8 giorni/mese festivi (sabato e domenica)

Tabella 2:

Fasce orarie	Invernale	Estivo
F1	1161600	0
F2	2613600	484000
F3	0	2662000
F4	936000	780000