

# POLITECNICO DI TORINO

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

I SESSIONE - ANNO 2004

Ramo MECCANICA

TEMAN.2

Si consideri uno stabilimento industriale in cui sono impiegati vapore ed energia elettrica per usi tecnologici e acqua calda per riscaldamento ambientale. Le esigenze di vapore sono riassunte nella tabella riportata, mentre i fabbisogni di energia elettrica sono deducibili dal diagramma della distribuzione temporale di frequenza della potenza richiesta.

Per la copertura di questi fabbisogni energetici, si è scelto di realizzare un impianto cogenerativo con turbina a gas (TG) e generatore di vapore a recupero (GVR). Per il progetto dell'impianto di cogenerazione è possibile fare riferimento ad un eventuale contratto di scambio con il fornitore di energia elettrica (prelievo e cessione di energia in tempi diversi), mentre per quanto riguarda il metano la disponibilità è vincolata unicamente alla pressione massima di fornitura pari a 6 bar.

E' richiesta la definizione della taglia del gruppo turbo-gas e del generatore di vapore a recupero, nonché il dimensionamento di massima della rete di distribuzione dell'acqua calda asservita ad aerotermini disposti all'interno dello stabilimento.

Assegnate le condizioni di riferimento dell'ambiente esterno, per definire la taglia del TG e del GVR è necessario stabilire i valori nominali delle seguenti grandezze:

- cadute di pressione nella camera di combustione e nel GVR lato fumi;
- rapporto di compressione;
- pressione di introduzione del metano nella camera di combustione;
- temperatura massima di ingresso in turbina;
- rendimenti isoentropici del compressore e della turbina;

Per il dimensionamento della rete di distribuzione dell'acqua calda sono assegnati i seguenti dati:

- dimensioni in pianta dello stabilimento 100 m x 150 m, altezza utile 6 m;
- potenza di progetto per riscaldamento 2 MW;

In base alle grandezze nominali assegnate e ai dati forniti, si chiede di:

1. Definire la potenza elettrica prodotta dal TG in ragione dell'eventuale regime di scambio stabilito con il fornitore;
2. Completare la definizione della taglia del TG calcolando la portata d'aria e di metano necessarie, nonché la potenzialità del compressore eventualmente predisposto sulla linea di adduzione del metano dalla rete di fornitura;

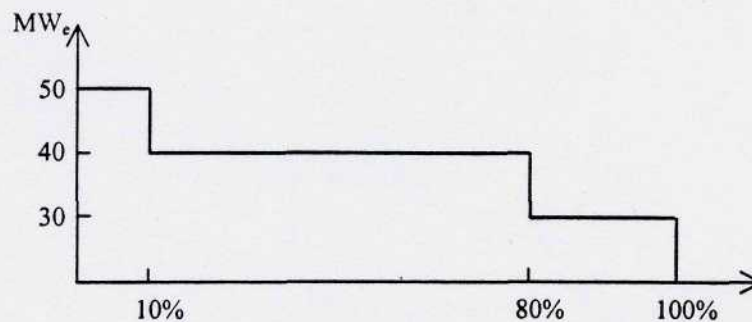
3. Definire le potenzialità dell'economizzatore, del vaporizzatore e del surriscaldatore, di alta e bassa pressione, attraverso il calcolo delle potenze termiche scambiate, tenendo presente che:
  - la potenza termica necessaria al riscaldamento ambientale è prelevata sulla linea del vapore a bassa pressione per mezzo di uno scambiatore esterno al GVR, situato all'interno dello stabilimento;
  - la temperatura e la pressione di ritorno delle condense, a valle del reintegro, sono rispettivamente pari a 40 °C e 1 bar;
4. Tracciare lo schema di massima dell'impianto di cogenerazione, indicando i componenti principali del TG e del GVR ed eventualmente quelli accessori ritenuti necessari, riportando i diversi stati termodinamici dei fluidi su tabelle e diagrammi;
5. Tracciare lo schema della rete di distribuzione dell'acqua per il riscaldamento ambientale e la localizzazione in pianta degli aerotermi all'interno dello stabilimento;
6. Dimensionare le principali tubazioni della rete di distribuzione secondo quanto stabilito al punto precedente, valutando anche la potenzialità della pompa di circolazione;
7. Descrivere in una sintetica relazione le scelte operate e le caratteristiche dei diversi componenti d'impianto, commentando i risultati del progetto.

**ALLEGATI:**

- Diagramma e tabelle delle proprietà dell'acqua.

**VAPORE PER USI TECNOLOGICI**

Portata (t/h)	Pressione (bar)	Temperatura (°C)
15	25	450
60	6	210



**DISTRIBUZIONE DI FREQUENZA DELLE RICHIESTE DI POTENZA ELETTRICA**

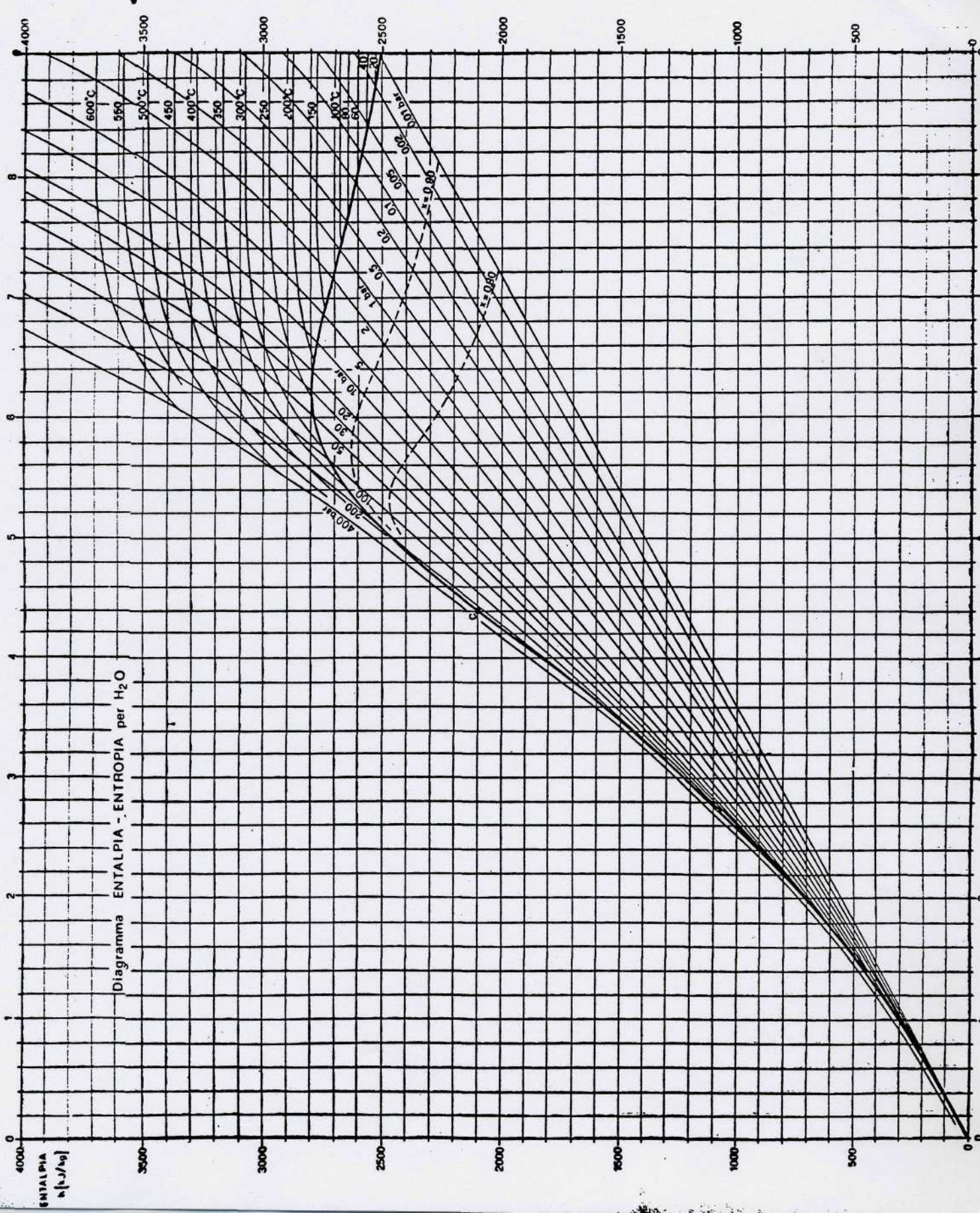


Diagramma ENTALPIA - ENTROPIA per H<sub>2</sub>O

ENTALPIA  
h [kJ/kg]

4000 3500 3000 2500 2000 1500 1000 500 0

0 1 2 3 4 5 6 7 8



Temperatura °C	Pressione bar	Volume massico m <sup>3</sup> /kg		Entalpia massica kJ/kg		Entropia massica kJ/kg·K	
		Liquido	Vapore	Liquido	Vapore	Liquido	Vapore
0	0,0061	0,00100021	205,29	0,00	2500	0,000	9,154
10	0,01227	0,0010004	106,42	41,99	2519	0,151	8,902
20	0,02337	0,0010018	57,84	83,9	2538	0,296	8,666
30	0,04242	0,0010044	32,93	125,7	2556	0,436	8,455
40	0,07375	0,0010079	19,543	167,5	2574	0,572	8,256
50	0,12335	0,0010121	12,045	209,3	2592	0,703	8,078
60	0,1992	0,0010171	7,678	251,1	2609	0,831	7,908
80	0,4736	0,0010290	3,408	334,9	2643	1,075	7,611
100	1,0132	0,0010435	1,673	419,1	2676	1,307	7,355
120	1,985	0,0010603	0,8916	503,8	2706	1,528	7,130
140	3,614	0,0010798	0,5086	589,1	2734	1,739	6,930
160	6,180	0,0011021	0,3068	675,5	2758	1,942	6,750
180	10,03	0,0011275	0,1938	763,1	2778	2,139	6,586
200	15,55	0,0011565	0,1272	852,4	2793	2,331	6,432
220	23,20	0,0011900	0,08607	943,7	2801	2,518	6,285
240	33,48	0,0012291	0,05967	1038	2803	2,702	6,142
260	46,94	0,0012755	0,04215	1135	2796	2,885	6,001
280	64,19	0,0013321	0,03013	1237	2780	3,068	5,857
300	85,92	0,0014036	0,02164	1345	2749	3,255	5,705
320	112,9	0,0014992	0,01545	1462	2700	3,449	5,536
340	146,1	0,001639	0,01078	1595	2623	3,661	5,336
350	165,4	0,001741	0,00880	1672	2565	3,780	5,218
360	186,7	0,001894	0,00694	1761	2481	3,916	5,053
370	210,5	0,002225	0,00493	1892	2331	4,114	4,795
374,15	221,2	0,00317	0,00317	2084	2084	4,406	4,406

Tab. 2.1. Proprietà del liquido saturo e del vapore saturo (Brunelli, Codogone, 1969).