

**POLITECNICO DI MILANO**

**FACOLTA' DI INGEGNERIA BOVISA  
CORSO DI ENERGETICA GENERALE**

PROVA SCRITTA DEL 07-09-12

Nome e Cognome ..... Matr.....

**Tema 1 (punti 9)**

Si consideri una camera di combustione in cui il propano  $C_3H_8$  (gas perfetto con  $c_p = 74 \text{ J/molK}$ ) subisce una combustione completa. Nella camera di combustione entra il combustibile a  $80^\circ\text{C}$  e 10 bar e l'aria comburente (assunta come gas ideale) a  $200^\circ\text{C}$  e 10 bar. I fumi di combustione che fuoriescono presentano una temperatura adiabatica di fiamma che deve essere mantenuta a  $1800^\circ\text{C}$  e una pressione di 10 bar. Assumendo  $T_a = 25^\circ\text{C}$  e  $P_a = 1 \text{ bar}$ , calcolare:

- a) l'eccesso d'aria necessario per fare in modo che la temperatura adiabatica di fiamma non superi i  $1800^\circ\text{C}$ ;
- b) l'exergia distrutta nella combustione adiabatica;
- c) il rendimento exergetico della combustione adiabatica.

Ai fini del calcolo, si utilizzino i dati riportati nella tabella seguente.

	ex a $1800^\circ\text{C}$ kJ/kmol	$\Delta h$ a $1800^\circ\text{C}$ kJ/kmol	ex a $200^\circ\text{C}$ kJ/kmol
CO <sub>2</sub>	66.847	96.223	
H <sub>2</sub> O	51.191	74.302	
N <sub>2</sub>	40.310	58.824	
O <sub>2</sub>	42.210	61.522	
aria			1.104

**Tema 2 (punti 9)**

Uno stabilimento industriale richiede la fornitura media di 240 kW termici per il riscaldamento invernale e l'estrazione media di 120 kW termici per il raffrescamento estivo. In particolare, durante il periodo invernale si vuole mantenere una temperatura interna di circa  $18^\circ\text{C}$ , a fronte di una  $T_a$  media pari a circa  $4^\circ\text{C}$ ; durante il periodo estivo si vuole mantenere una temperatura interna di circa  $22^\circ\text{C}$ , a fronte di una  $T_a$  media pari a circa  $28^\circ\text{C}$ .

A tal fine, viene utilizzato un impianto di cogenerazione integrato da una pompa di calore (COP = 3) per il riscaldamento invernale e un frigorifero a compressione ( $\epsilon = 2$ ) per il condizionamento estivo. Tutta e solo l'energia elettrica prodotta dall'impianto cogenerativo viene utilizzata per alimentare la pompa di calore. Viene invece acquistata l'energia elettrica necessaria per gli impieghi di stabilimento (pari a 70 kW) e l'energia elettrica necessaria in estate per alimentare il frigorifero a compressione: tale energia elettrica si suppone che sia

stata prodotta da una centrale termoelettrica a ciclo combinato con rendimento medio del 53%. Sapendo che:

- le perdite di rete dell'energia elettrica sono pari a circa il 5% della quantità complessivamente prodotta in centrale;
- l'impianto cogenerativo è caratterizzato da motori a combustione interna, ha un indice elettrico effettivo pari a 0,9, un rendimento exergetico medio del 45% e funziona solo nel periodo invernale,

si richiede di calcolare:

- a) l'exergia complessivamente distrutta nel sistema considerato, distinguendo tra l'assetto estivo e quello invernale;
- b) il rendimento exergetico del sistema considerato, distinguendo tra l'assetto estivo e quello invernale.

### **Tema 3 (punti 7)**

Si consideri uno Stato, quale l'India, che nel 2009:

- produce 754 migliaia di barili di petrolio al giorno e consuma complessivamente 151,0 Mtep;
- produce 35,3 Mtep di gas e consuma complessivamente 51,0 miliardi di metri cubi di gas;
- consuma 250,6 Mtep di carbone,
- consuma 3,8 Mtep da fonte nucleare, 24,0 Mtep da fonte idrica, 4,6 Mtep da altre fonti rinnovabili destinate alla produzione di energia elettrica e altri 2 Mtep (stimati) da fonti rinnovabili destinate alla produzione di calore e ai trasporti;
- ha un saldo import-export di energia elettrica pari a 8 TWh;
- ha una produzione termoelettrica, al netto di quella attribuibile alle biomasse, pari a 741,3 TWh;

Con tali ipotesi, si richiede di calcolare:

- a) le quantità, espresse in Mtep, di petrolio e gas naturale importati o esportati;
- b) il consumo interno lordo complessivo di energia primaria, espresso in Mtep;
- c) la penetrazione di energia elettrica, ipotizzando che la produzione termoelettrica (al netto di quella attribuibile alle biomasse) abbia un rendimento medio del 40%;
- d) il consumo finale di energia, nell'ipotesi di trascurare tutte le perdite energetiche dei settori diversi da quello elettrico e nell'ipotesi che i consumi dei servizi ausiliari e le perdite di rete elettriche incidano complessivamente per il 27,3% della produzione e importazione totale di energia elettrica;
- e) l'incidenza del consumo interno lordo e del consumo finale da fonti rinnovabili rispettivamente sul totale del consumo interno lordo di energia e sul totale del consumo finale di energia. A tal fine si ipotizzi che tutta l'energia elettrica importata sia stata prodotta da fonti non rinnovabili.

Per quanto riguarda le fonti nucleare, idrica, altre rinnovabili destinate alla produzione elettrica (comprese le biomasse) e per quanto riguarda l'import e l'export di energia elettrica, si consideri un rendimento medio convenzionalmente pari a 0,38 ai fini della definizione del consumo interno lordo di energia primaria a partire dall'energia elettrica e viceversa.

Nome e Cognome ..... Matr.....

**Tema 4 (punti 5. Ogni risposta esatta 1 punto, ogni risposta errata -0,5 punti)**

1- Con riferimento alla tariffa media per un cliente domestico nel II trimestre 2012, quanto paga in media, in un anno, una famiglia italiana con un consumo pari a 2700 kWh annui per l'incentivazione delle fonti rinnovabili (al netto delle fonti assimilate)?

32 €                                      51 €                                      **67 €**                                      89 €

2- In un impianto di cogenerazione con  $C = K_{\max} = 0,75$ , la frazione di energia elettrica qualificabile come cogenerativa è pari al 79% del totale dell'energia elettrica prodotta. L'indice elettrico di funzionamento di tale impianto è pari a:

**0,95**                                      1,44                                      0,62                                      1,12

3- In un impianto nucleare con reattori PWR la torre evaporativa, se esistente, serve a

- 1- raffreddare il *core* del reattore in condizioni di normale funzionamento;
- 2- raffreddare il *core* del reattore in condizioni di emergenza;
- 3- raffreddare l'acqua per la condensazione del vapore che esce dalla turbina;**
- 4- recuperare le dispersioni termiche di tutto l'impianto.

4- In Giappone sono stati riavviati due reattori nucleari di circa 1200 MW ciascuno. Ipotizzando che funzionino 7800 h/a, possono sopperire al fabbisogno elettrico di circa quanti abitanti, supposto un fabbisogno elettrico pro capite medio di 7500 kWh/a.a

500.000                                      1.250.000                                      **2.500.000**                                      5.000.000

5- Si consideri un sistema a cella a combustibile, con fattore di utilizzazione dell'90%, alimentato con 1,8 kg/h di idrogeno ( $PCI = 120 \text{ MJ/kg}$ ) che produce una potenza elettrica di 33 kW ed energia termica alla temperatura media di  $65^\circ\text{C}$  recuperando tutto il calore generato dalla cella e bruciando la frazione di combustibile inutilizzata ( $T_a = 20^\circ\text{C}$ ). Quanto vale il rendimento exergetico del sistema?

45%                                      55%                                      **61%**                                      65%