



**Politecnico di Bari**  
**Esami di Stato per l'abilitazione alla professione di ingegnere**

**Laurea Magistrale**  
**Ingegneria Meccanica / Energetica / Industriale**

**II Sessione 2010-11**

**Prova pratica**

Si intende utilizzare un motore alternativo alimentato a gas naturale avente le caratteristiche riportate nel foglio allegato allo scopo di realizzare un impianto di cogenerazione per la produzione combinata di energia elettrica e calore. L'utenza industriale richiede la produzione di vapore surriscaldato alla temperatura di  $350^{\circ}\text{C}$  e pressione di 0.6 MPa e restituisce l'acqua in forma di liquido alla temperatura di  $95^{\circ}\text{C}$ . Facendo le opportune assunzioni, si calcoli la portata di vapore  $G_v$  che è possibile produrre. Volendo inoltre utilizzare il calore residuo disponibile per la produzione di acqua calda per riscaldamento, calcolare la portata di acqua  $G_h$  che è possibile produrre (oltre il vapore), sapendo che l'acqua deve essere fornita alla temperatura di  $85^{\circ}\text{C}$  e viene restituita alla temperatura di  $55^{\circ}\text{C}$ .

Facendo le opportune ipotesi si dimensionino lo scambiatore di calore acqua-fumi, indicando la tipologia di scambiatore di calore, la superficie di scambio, il numero ed il diametro dei tubi, le perdite di carico attraverso i tubi.

Infine, supponendo che il motore venga utilizzato a piena potenza per produrre energia elettrica e vapore per 300 gg/anno dalle ore 6:00 alle 22:00, mentre l'acqua calda per usi civili venga prodotta per 12 ore/giorno solo durante il periodo invernale per un totale di 100 gg/anno, determinare la quantità di energia termica prodotta all'anno mediante cogenerazione, l'indice di risparmio energetico IRE e si verifichi il rispetto del limite termico LT, seguendo la normativa vigente in materia.

*Prova pratica*



## TECHNICAL DATA

Generator Set — 1500 rpm/50 Hz/400 Volts		DM5618
G3516E LE Gas Generator Set		
Emission Level (NOx)	mg/N·m <sup>3</sup>	250
Aftercooler SCAC	Deg C	43
Package Performance (1)		
Electrical Efficiency @ 1.0 pf (5)	%	41.6
Power rating @ 1.0 pf	ekW	1618
Power rating @ 0.8 pf	ekW	1600
	kVA	2000
Mechanical Power	bkW	1656
Fuel Consumption (2)		
Low Heat Value (LHV) Fuel Input (ISO3046/1)	kW	3888
100% load without fan without engine driven pumps	N·m <sup>3</sup> /hr	394
75% load without fan without engine driven pumps	N·m <sup>3</sup> /hr	299
50% load without fan without engine driven pumps	N·m <sup>3</sup> /hr	216
Altitude Capability (3)		
At 25° C	M	380
Cooling System		
Ambient Air Temperature	Deg C	25
Jacket water temperature (maximum outlet)	Deg C	94
Exhaust System		
Combustion air inlet flow rate	N·m <sup>3</sup> /min	114
Exhaust gas stack temperature	Deg C	405
Exhaust gas flow rate	N·m <sup>3</sup> /min	121
Exhaust flange size (internal diameter)	mm	360
Heat Rejection (4)		
Heat Rejection to Jacket Water (includes JW, oil cooler, and A/C — Stage 1)	kW	863
Heat Rejection to Exhaust (LHV to 120° C)	kW	803
Heat Rejection to A/C — Stage 2	kW	151
Heat Rejection to atmosphere from engine	kW	109
Heat Rejection to atmosphere from generator	kW	48
Generator		
Motor Starting Capability @ 30% Voltage Dip*	kVA	4028
Frame		826
Temperature Rise	Deg C	105
Lube System		
Refill Volume with Filter Change	L	401
⊗Emissions**		
NOx @ 5% O <sub>2</sub>	mg/N·m <sup>3</sup> (dry)	250
CO @ 5% O <sub>2</sub>	mg/N·m <sup>3</sup> (dry)	1044
HC (total) @ 5% O <sub>2</sub>	mg/N·m <sup>3</sup> (dry)	3205
HC (non-methane) @ 5% O <sub>2</sub>	mg/N·m <sup>3</sup> (dry)	481
Exhaust O <sub>2</sub> (dry)	%	9.6

\*Assume synchronous driver.

\*\*Emissions data measurements are consistent with those described in EPA CFR 40 Part 89 Subpart D & E and ISO8178-1 for measuring HC, CO, PM, NOx. Data shown is based on steady state engine operating conditions of 25° C (77° F), 96.28 kPa (28.43 in Hg) and fuel having an LHV of 35.6 MJ/N·m<sup>3</sup> (905 Btu/cu ft) at 101.60 kPa (30.00 in Hg) absolute and 0° C (32° F). Emission data shown is subject to instrumentation, measurement, facility, and engine fuel system adjustments.

### RATING DEFINITIONS AND CONDITIONS

(1) Ratings are based on pipeline natural gas having an LHV of 35.6 MJ/N·m<sup>3</sup> (905 Btu/cu ft) and 80MN without fan and without engine driven water pumps. For values in excess of the altitude, temperature, inlet/exhaust restriction, or for natural gas composition different from the conditions listed, contact your local Caterpillar dealer.

(2) Ratings and fuel consumption are based on ISO3046/1 standard reference conditions of 25° C or 77° F and 100 kPa (29.61 in Hg) with 0,+5% fuel tolerance.

(3) Altitude capability is based on 2.5 kPa inlet and 5.0 kPa exhaust restriction.

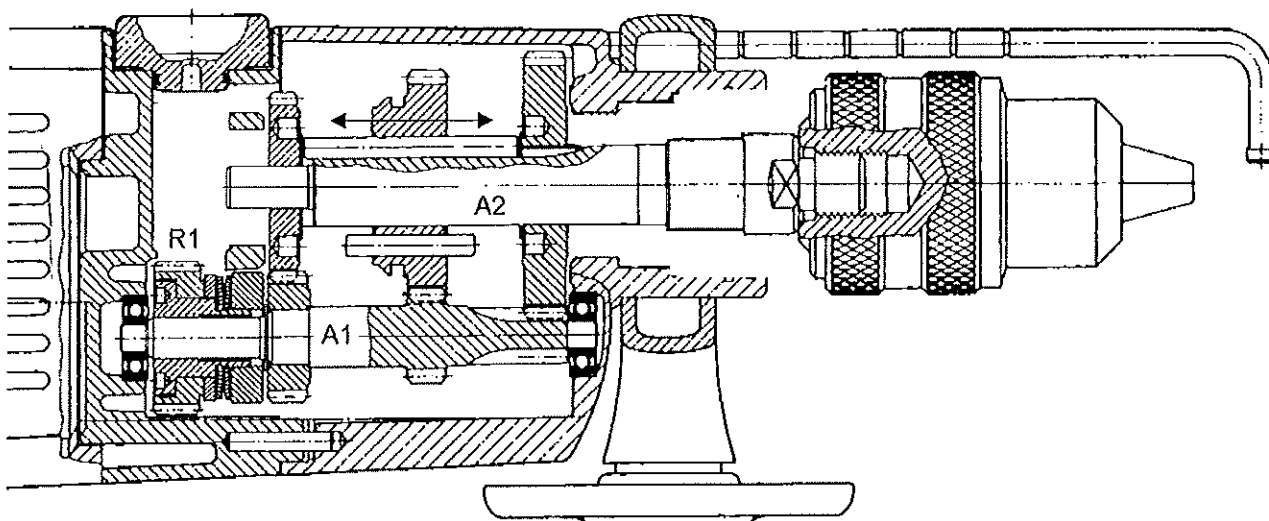
(4) Heat Rejection — values based on ISO3046/1 with fuel tolerance of ±2.5% and 2.5 kPa inlet and 5.0 kPa exhaust restriction.

(5) Efficiency of standard generator is used. For higher efficiency generators contact your local Caterpillar dealer.

*Marcelo*

# Esame di Stato per l'abilitazione alla Professione di Ingegnere

## Laurea Magistrale in ingegneria Meccanica

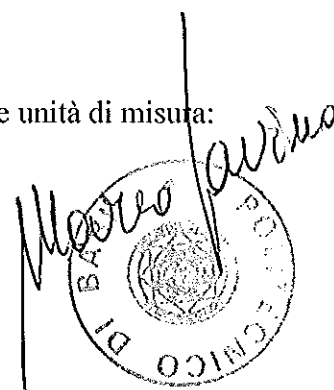


La figura mostra un trapano professionale. Il motore elettrico con potenza pari a 2 kW è collegato alla ruota R1 e l'albero A1 ruota a 1200 giri al minuto.

1. Descrivere i componenti rappresentati nel disegno e il loro funzionamento. Non apportare segni sulla traccia (es. bollatura) ma ricorrere a un disegno aggiuntivo anche semplificato.
2. Disegnare gli schemi cinematici delle possibili condizioni di funzionamento del sistema. Individuare e dimensionare la coppia di ruote dentate (a denti diritti) maggiormente sollecitata. Per le altre ruote assumere lo stesso modulo rispettando l'interasse.
3. Dimensionare a flessione-torsione l'albero A2.
4. Progettare e rappresentare a disegno il montaggio dei cuscinetti per l'albero A2 (verificare la montabilità, la non interferenza tra parti fisse e mobili e l'assenza di labilità nel sistema). Giustificare le scelte adottate e indicare le ralle da montare con interferenza.
5. Dimensionare il collegamento con linguetta tra ruota dentata centrale e albero A2 nella condizione di massima sollecitazione. (facoltativo)
6. Impostare il calcolo dei cuscinetti ipotizzando la durata e i coefficienti di utilizzazione nelle varie condizioni. (facoltativo).

### NOTE:

- Non disegnare o scrivere sulla traccia.
- Scrivere con grafia chiara e ordinata.
- Indicare cognome e nome su ogni foglio.
- Numerare accuratamente la sequenza delle pagine.
- Nell'effettuare i calcoli scrivere la formula, i valori numerici, il risultato e le unità di misura:  
Esempio:  $J = (1/(12))bh^3 = (1/(12))8 \times 5^3 = 83.33 \text{ mm}^4$
- Nei disegni rispettare le normative del disegno tecnico





**ESAME DI STATO PER ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE**  
**"LAUREA SPECIALISTICA" IN**  
**INGEGNERIA MECCANICA E GESTIONALE.**  
**PROVA SCRITTA DEL 24 MARZO 2011**

Si effettui lo studio di valutazione tecnico-economica inerente la localizzazione di un parco eolico composto da aerogeneratori dalla potenza nominale di 2MW facendo riferimento ai seguenti dati:

- Costo specifico aerogeneratore: 1k€/1kW di potenza installata;
- Tasso di ammortamento capitale: 5%.
- Distribuzione annuale delle velocità del vento per le diverse località come riportata in tabella;

Classi di vento	FREQUENZA (ORE/ANNO)			
V (m/s)	LOC 1	LOC 2	LOC 3	LOC 4
0.	250	210	170	50
1.	350	310	270	100
2.	450	410	370	150
3.	550	510	470	230
4.	650	610	570	330
5.	740	700	660	450
6.	820	780	740	590
7.	880	840	800	720
8.	870	880	840	850
9.	850	880	900	930
10.	770	820	860	980
11.	650	700	780	1010
12.	450	500	570	980
13.	260	330	380	780
14.	140	180	230	410
15.	80	100	150	200

- Ricavi dalla vendita di energia elettrica al gestore locale: 22c€/kWh;
- Costi di manutenzione annua: 8%/anno dei ricavi annuali dell'impianto.
- Costo di occupazione terreno: 2k€/mese/aerogeneratore.
- Aliquota tassa: 14%.

Si discutano le condizioni di convenienza tecnico-economica dell'impianto rispetto a scelte alternative di localizzazione identificabil considerando che la potenza teorica disponibile in un tubo di flusso avente sezione trasversale pari ad  $S$ , velocità  $u$  e densità  $\rho$  vale:

$$P_D = \frac{1}{2} \dot{m} \cdot u^2 = \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot u^3$$

Mentre la potenza meccanica effettiva d'impianto si riduce al 30%, quella elettrica al 22% e quella che comprende anche i fermi per manutenzione al 17%.

Si assumano tutti gli altri parametri e fattori di costo ritenuti necessari per lo sviluppo del tema.

