

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE IUNIOR
I SESSIONE 2015 - 24 GIUGNO 2015
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

**PROVA SCRITTA
(PROVA DI SETTORE)**

TEMA N. 1

Nelle società ad economia avanzata, e specificamente in quelle dei paesi dell'Europa occidentale, si assiste da anni alla progressiva diminuzione delle attività produttive manifatturiere ed alla contemporanea crescita delle attività legate alla creazione e fornitura di servizi.

Il candidato esprima le proprie considerazioni in merito, focalizzandosi in particolare sul ruolo dell'ingegnere industriale in questo scenario di trasformazione.

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE IUNIOR
I SESSIONE 2015 - 24 GIUGNO 2015
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

**PROVA SCRITTA
(PROVA DI SETTORE)**

TEMA N. 2

Le innovazioni tecnologiche degli ultimi anni hanno modificato e impattato in modo significativo sulla società e sulla vita civile.

In questo scenario hanno assunto sempre maggiore importanza gli aspetti legati alla facilità di utilizzo ed amichevolezza (user friendly) dei prodotti.

Il candidato, facendo riferimento ad uno o più esempi concreti, esprima le proprie considerazioni in merito e formuli suggerimenti migliorativi sulla formazione culturale e sull'approccio ingegneristico rispetto alla tematica in oggetto.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE IUNIOR
I SESSIONE 2015 - 24 GIUGNO 2015
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 1

Il candidato discuta esaustivamente l'impianto antighiaccio presente a bordo dei velivoli, illustrandone in modo critico le problematiche progettuali, i principali vincoli, le soluzioni adottabili per l'intero impianto e per i singoli equipaggiamenti costitutivi dell'impianto stesso.

Evidenzi, inoltre, i criteri di dimensionamento in funzione delle differenti classi di velivoli e i passi necessari ad effettuare il dimensionamento dell'intero impianto.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE JUNIOR
I SESSIONE 2015 - 24 GIUGNO 2015
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 2

Il candidato prenda in considerazione un dispositivo biomedico impiantabile nell'ambito cardiovascolare e descriva il ruolo dell'Ingegnere Biomedico nella progettazione e nella industrializzazione del dispositivo.

Il candidato descriva:

- come procederebbe, indicando gli step principali del lavoro da condurre
- come, nella fase di progettazione, i diversi ambiti dell'ingegneria possono contribuire alla realizzazione del dispositivo stesso.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE IUNIOR
I SESSIONE 2015 - 24 GIUGNO 2015
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 3

Nel dimensionamento e nella progettazione di un sistema di controllo è importante descrivere in forma linearizzata i modelli dei sistemi dinamici nell'intorno di punti di funzionamento. Il candidato, facendo eventualmente riferimento ad un esempio applicativo, descriva la procedura di linearizzazione del modello intorno ad un punto di equilibrio discutendone l'esistenza. Si proponga poi un possibile sistema di controllo per il sistema linearizzato e si discutano le problematiche di progetto e realizzazione di tale sistema di controllo.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE IUNIOR
I SESSIONE 2015 - 24 GIUGNO 2015
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 4

In allegato viene riportato il Process Flow Diagram (PFD) di un impianto per la conversione di gas naturale in gas di sintesi mediante *steam reforming*.

Il PFD fa riferimento ad un impianto realizzato dalla società Davy McKee nel 1991, in grado di processare circa 10'000 lb/h di gas naturale (4536 kg/h) alla pressione di 400 psig (27 atm).

Si allega inoltre un diagramma P&I della sezione di impianto attorno allo *steam drum* V-504.

Il candidato:

- (i) facendo uso del PFD descriva il processo di produzione del gas di sintesi, chiarendo lo scopo delle apparecchiature coinvolte nello stesso;
- (ii) facendo uso del P&I descriva i sistemi di controllo e di sicurezza a servizio delle apparecchiature V-504, E-501 ed E-502;
- (iii) chiarisca le ragioni per le quali il reformer è costituito da una sezione radiante e da una sezione convettiva.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE JUNIOR
I SESSIONE 2015 - 24 GIUGNO 2015
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 5

Il rifasamento dei carichi industriali. Il candidato affronti questa tematica mettendo in evidenza i vantaggi, le problematiche e le possibili soluzioni. Non si richiedono calcoli e dimensionamenti.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE IUNIOR
I SESSIONE 2015 - 24 GIUGNO 2015
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 6

NELL'AMBITO DELLA GESTIONE DEI SISTEMI LOGISTICI E PRODUTTIVI:

1. SI ILLUSTRINO E DESCRIVANO GLI INDICATORI DI PRESTAZIONE LEGATI AL "SERVIZIO AL CLIENTE";
2. SI ILLUSTRI E DESCRIVA IL PROCESSO DI MISURA DELLE "PRESTAZIONI INTERNE" DEI SISTEMI LOGISTICI E PRODUTTIVI, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLA MISURAZIONE DELLA PRODUTTIVITA' DEGLI IMPIANTI PRODUTTIVI;
3. SI ILLUSTRINO E DESCRIVANO GLI OBIETTIVI, FASI E CRITICITA' DEL PROCESSO DI PIANIFICAZIONE DEI FABBISOGNI DI COMPONENTI E MATERIE PRIME.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2015 - 24 GIUGNO 2015
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 7

Il candidato presenti i terminali per il riscaldamento e il condizionamento dell'aria al servizio degli edifici residenziali e industriali, descrivendone i principi di funzionamento e i parametri dai quali dipendono le loro prestazioni.

Discussi i vantaggi e gli svantaggi dal punto di vista energetico e dal punto di vista del comfort ambientale, il candidato scelga una tipologia, ne descriva la procedura per un dimensionamento di massima, discutendone i rendimenti che devono essere valutati e gli accessori a corredo che devono essere installati ai fini della regolazione e della contabilizzazione del calore, in base alla legislazione vigente.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE IUNIOR
I SESSIONE 2015 - 24 GIUGNO 2015
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 8

IL CANDIDATO REDIGA UNA RELAZIONE PROGETTUALE GENERALE RELATIVA AD UN ARGANO MANUALE PER IL SOLLEVAMENTO DI PICCOLI CARICHI (< 200 kg). IN PARTICOLARE SI CHIEDE DI EVIDENZIARE E DISCUTERE OPPORTUNAMENTE:

1. I DATI DI PROGETTO IPOTIZZATI
2. I CRITERI ASSUNTI PER LA CORRETTA PROGETTAZIONE DELL'IMPIANTO
3. EVENTUALI NORMATIVE DI RIFERIMENTO

IL CANDIDATO ILLUSTRI INOLTRE:

4. GLI ACCORGIMENTI ED I DISPOSITIVI NECESSARI AL FUNZIONAMENTO IN SICUREZZA DI TALE SISTEMA
5. POSSIBILI COLLAUDI EFFETTUABILI SULL'IMPIANTO.

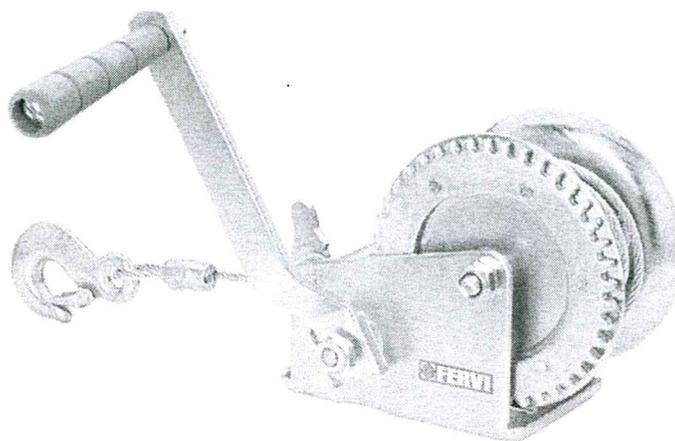


Fig.1 - ARGANO MANUALE

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE IUNIOR
I SESSIONE 2015 - 24 GIUGNO 2015
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 9

ILLUSTRARE I CRITERI DI PROGETTAZIONE DA SEGUIRE PER REALIZZARE UNA GIUNZIONE TRA DUE MATERIALI METALLICI O TRA DUE MATERIALI POLIMERICI.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE JUNIOR
 I SESSIONE 2015 - 3 SETTEMBRE 2015
 SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

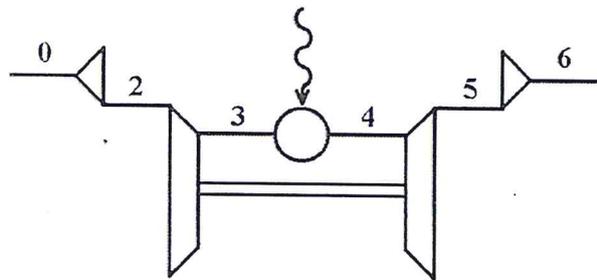
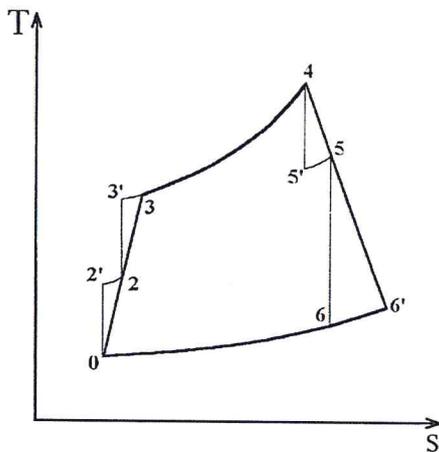
III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

PROVA PRATICA

TEMA N. 1

Il candidato esamini le prestazioni di un motore turbogetto semplice che funziona con un ciclo reale di turbina a gas (Joule-Brayton): velocità di efflusso, velocità di volo, spinta specifica, rendimento termodinamico, rendimento propulsivo, rendimento globale.



Il motore funziona a 1000 m di quota.

- $T_0=225\text{K}$
- $p_0=0.24\text{ bar}$
- $k=1.4$
- $c_p=287\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Caratteristiche del propulsore:

- $Ma=0,85$
- Rapporto di compressione $\beta=p^*_3/p^*_2=15$
- Temperatura massima $T^*_4=1400\text{ K}$
- Potere calorifico del carburante: $H_f=43953\text{ kJ/kg}$
- Rendimento della presa dinamica $\epsilon_{PD}=0,98$
- Rendimento isoentropico del compressore $\eta_c=0,85$
- Rendimento isoentropico della turbina $\eta_{TB}=0,85$
- Rendimento dell'ugello $0,99$

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2015 - 3 SETTEMBRE 2015
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

PROVA PRATICA

TEMA N. 2

I materiali metallici e i materiali ceramici sono ampiamente utilizzati in campo biomedico. In campo ortopedico, vengono impiegati materiali metallici, ceramici e polimerici con differenti applicazioni. Il candidato illustri quali sono i principali impieghi di ciascuno di questi materiali (max 2 facciate A4).

Nella tabella 1 vengono espresse le principali delle caratteristiche meccaniche dei principali materiali metallici.

Tabella 1 – Principali caratteristiche meccaniche dei materiali metallici impiegati in campo biomedico

	E (GPa)	σ_y (MPa)	σ_r (MPa)	ϵ_r (%)
AISI 316L	200	220	517	50
Ti c.p. grado 2	110	230	345	20
Ti6Al4V	110	780	860	10
CoCrMo	230	450	655	8
Allumina*	300	--	2100	--
Zirconia*	205	--	2000	--
UHMWPE	0.69	21	48	350
PMMA	2.53	--	36	1.62

*: caratteristiche a compressione

Dovendo progettare uno stelo di protesi femorale ed una testa femorale, il candidato:

1. illustri quali sono i principali requisiti di progetto richiesti e quali sono le proprietà che tale dispositivo deve possedere
2. selezioni il materiale con il quale si intendono realizzare le protesi in esame giustificando la scelta
3. disegni, in modo approssimativo, la curva sforzo/deformazione per il materiale selezionato, indicando quali sono i parametri meccanici di interesse per la realizzazione dei due componenti della protesi e l'intervallo sforzo/deformazione in cui i componenti dovrebbero lavorare
4. esegua una verifica di resistenza statica per la protesi o per uno dei suoi componenti.

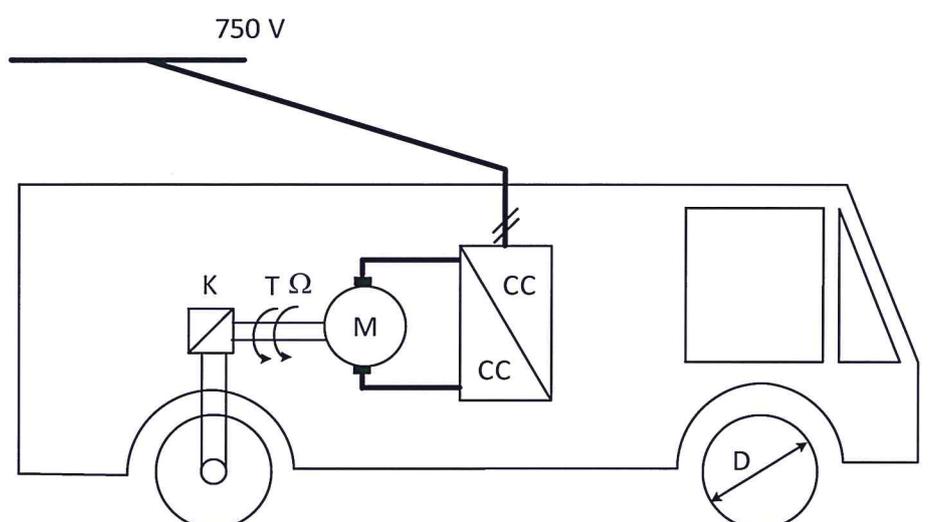
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE JUNIOR
I SESSIONE 2015 - 3 SETTEMBRE 2015
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

PROVA PRATICA

TEMA N. 3



Un filobus è alimentato da una linea aerea a 750 V in CC ed è mosso da due azionamenti in CC che presentano la struttura indicata in figura. L'azionamento è costituito da un convertitore CC/CC abbassatore direttamente connesso alla linea di alimentazione che alimenta un motore in corrente continua a magneti permanenti a due poli con i seguenti dati di targa:

$V_n = 400 \text{ V}$	Tensione nominale
$P_n = 75 \text{ kW}$	Potenza nominale
$\Omega_n = 1400 \text{ rpm}$	Velocità nominale
$R_a = 40 \text{ m}\Omega$	Resistenza di armatura
$L_a = 5 \text{ mH}$	Induttanza di armatura
$J = 1.25 \text{ kg m}^2$	Inerzia del rotore

Il motore genera una coppia all'albero motore proporzionale alla corrente di armatura ovvero $T_m = K I_a$ e la rotazione genera a vuoto una tensione proporzionale alla velocità ovvero $E = K \Omega$ con $K = 2.2$

Il veicolo presenta una massa equivalente (traslante e rotante) alla singola ruota motrice pari a 9000 kg (essendo accettabile l'ipotesi di considerare metà veicolo ai fini del progetto) e i motori sono

accoppiati alle ruote di diametro 1000 mm con un riduttore di massa trascurabile e rapporto di riduzione $K = \Omega_{motore}/\Omega_{ruota} = 10$

Le resistenze all'avanzamento del moto in direzione tangenziale possono essere modellate dalla seguente formula:

$$F_{res} = \frac{1}{2} \rho C_a S v^2 + \mu N$$

Dove ρ è la densità dell'aria pari a 1 kg/m^3 , μ il coefficiente di attrito volvente pari a 0.0023, v la velocità espressa in m/s, C_a il coefficiente aerodinamico del veicolo ipotizzato pari a 0,4 e S la sezione equivalente frontale del veicolo pari a 8 m^2 .

Il candidato risponda alle seguenti domande:

1. Si determini il modello dinamico dell'azionamento elettrico SOLO dal punto di vista elettrico, considerando come ingresso la tensione di armatura e come uscita la coppia T_m e si consideri la forza elettromotrice E un disturbo non misurabile.
2. A partire dal modello ottenuto si progetti un controllore di coppia in anello chiuso tale che:
 - a. Il sistema retroazionato sia asintoticamente stabile
 - b. Il sistema retroazionato abbia una banda passante opportuna
 - c. Il sistema di controllo sia in grado di annullare asintoticamente l'effetto di una variazione a gradino del disturbo
3. Si determini il modello completo del sistema (parte elettrica e parte meccanica) utilizzando come variabile di ingresso la tensione e come variabile di uscita la velocità angolare del motore.
4. Si linearizzi il sistema nell'intorno del punto di regime corrispondente alla velocità di 40 km/h e si progetti un regolatore di velocità tale che:
 - a. Il sistema sia asintoticamente stabile
 - b. Abbia banda passante opportuna
5. Si discutano i problemi legati ai sensori opportuni per realizzare il controllo del punto 4.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2015 - 3 SETTEMBRE 2015
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

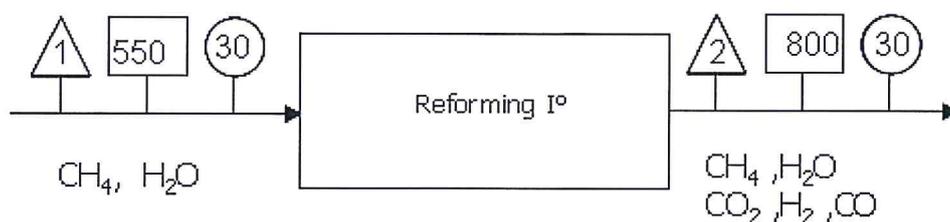
PROVA PRATICA

TEMA N. 4

Nello stadio di Reforming Primario avviene la prima reazione per la preparazione dei gas di sintesi a partire da gas naturale. Il processo può essere schematizzato secondo le seguenti reazioni:



La reazione (2) è la reazione di Water Gas Shift (WGS). La reazione (1) è la reazione di reforming del metano con vapore (steam reforming). I gas (portate in tabella) entrano alla temperatura di 550°C ed escono alla temperatura di 800°C. Si chiede di calcolare la composizione di uscita ipotizzando l'equilibrio termodinamico. Si chiede inoltre di calcolare la quantità di calore Q da fornire al processo.



DATI e IPOTESI:

Corrente 1: P = 30 ata T = 550°C

Corrente 2: P = 30 ata T = 800°C

Ipotesi: Equilibrio termodinamico per entrambe le reazioni

Miscela ideale di gas ideali

Composizione	Portata (Nm ³ /h)
CH ₄	22.486
H ₂ O	94.015

Per ciascuna reazione, sono fornite le seguenti espressioni linearizzate per il calcolo del $\Delta G^0_R(T)$:

$$\Delta G^0_{R,SR}(T) = 53717 - 60.25 \cdot T \quad \text{cal/mol} \quad 600\text{K} < T < 1500\text{K}$$

$$\Delta G^0_{R,WGS}(T) = -8514 + 7.71 \cdot T \quad \text{cal/mol} \quad 600\text{K} < T < 1500\text{K}$$

dove il riferimento è composto puro, gas ideale a 1 atm.

Sono inoltre noti:

Specie	$\Delta H^0_F(298\text{K})$ [cal/mol]	a	b x 10 ³	c x 10 ⁶	d x 10 ⁹
H ₂	0	6.483	2.215	-3.298	1.826
CO	-26420	7.373	-3.070	6.662	-3.037
CO ₂	-94050	4.728	17.54	-13.38	4.097
CH ₄	-17890	4.598	12.450	2.860	-2.709
H ₂ O	-57800	7.701	0.4595	2.521	-0.859

con $Cp_i(T) = a_i + b_i \cdot T + c_i \cdot T^2 + d_i \cdot T^3$ [cal/mol] e T in [K].

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2015 - 3 SETTEMBRE 2015
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

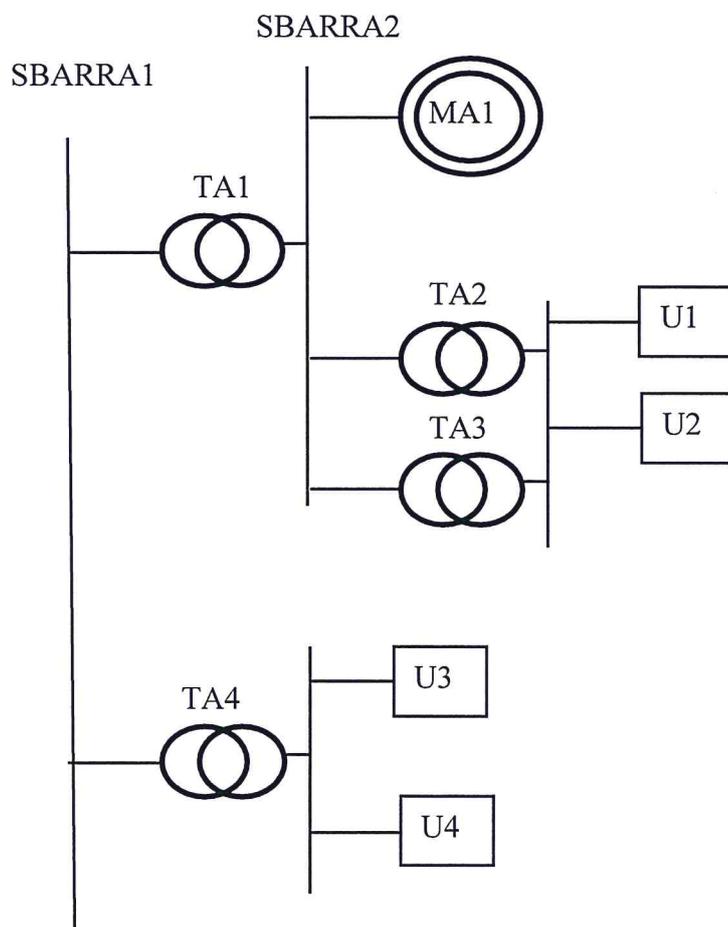
III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

PROVA PRATICA

TEMA N. 5

L'impianto elettrico di un'attività industriale presenta lo schema rappresentato in figura. La SBARRA1 alimenta due trasformatori (TA1 e TA4). Il trasformatore TA1 è collegato alla SBARRA2 e alimenta un motore asincrono trifase MA1e, attraverso i due trasformatori TA2 e TA3, i due carichi trifase U1 e U2. Il trasformatore TA4 alimenta i due carichi trifase U3 e U4. Sono noti i dati riportati nel seguito.



Motore Asincrono MA1

Potenza nominale	[kW]	30
Tensione nominale	[kV]	10
Numero di poli	:	6
Frequenza nominale	[Hz]	50
Velocità nominale	[giri/min]	980
Collegamento avvolgimenti di statore	:	stella
Rotore a gabbia		
Resistenza di una fase di statore	[Ω]	0.035
<i>Prova a vuoto</i>		
Tensione	[kV]	10
Corrente	[A]	3
Potenza assorbita	[W]	330
<i>Prova a rotore bloccato effettuate a corrente nominale</i>		
Tensione di corto circuito percentuale	[%]	20
Corrente	[A]	15
Potenza assorbita	[W]	1000

Trasformatore TA1

Potenza nominale $An = 700$ kVA
Tensioni nominali 20 kV/10 kV
Tensione di corto circuito percentuale $vcc\% = 5\%$
Potenza di corto circuito: $Pcc = 1500$ W
Corrente a vuoto percentuale $io\% = 2.5\%$
Potenza a vuoto $Po = 800$ W

Trasformatore TA2

Potenza nominale $An = 300$ kVA
Tensioni nominali 10 kV/400 V
Tensione di corto circuito percentuale $vcc\% = 5\%$
Potenza di corto circuito: $Pcc = 6000$ W
Corrente a vuoto percentuale $io\% = 0.6\%$
Potenza a vuoto $Po = 1100$ W

Trasformatore TA3

Potenza nominale $An = 200$ kVA
Tensioni nominali 10 kV/400 V
Tensione di corto circuito percentuale $vcc\% = 6\%$
Potenza di corto circuito: $Pcc = 5800$ W
Corrente a vuoto percentuale $io\% = 1\%$
Potenza a vuoto $Po = 950$ W

Trasformatore TA4

Potenza nominale $An = 300$ kVA
Tensioni nominali 15 kV/380 V
Tensione di corto circuito percentuale $vcc\% = 4\%$
Potenza di corto circuito: $Pcc = 900$ W
Corrente a vuoto percentuale $io\% = 2\%$
Potenza a vuoto $Po = 300$ W

Carico trifase U1

Tensione nominale $V_n = 380 \text{ V}$

Corrente nominale $I_n = 400 \text{ A}$

Fattore di potenza nominale $\cos \varphi_n = 0.7$.

Carico trifase U2

Tensione nominale $V_n = 380 \text{ V}$

Corrente nominale $I_n = 250 \text{ A}$

Fattore di potenza nominale $\cos \varphi_n = 0.8$.

Carico trifase U3

Corrente nominale $I_n = 400 \text{ A}$

Fattore di potenza nominale $\cos \varphi_n = 1$.

Carico trifase U4

Corrente nominale $I_n = 250 \text{ A}$

Fattore di potenza nominale $\cos \varphi_n = 0.8$.

Il candidato risponda ai seguenti quesiti:

- Determinare i principali parametri dei due trasformatori TA2 e TA3.
- Determinare il rapporto tra correnti erogate dai due trasformatori TA2 e TA3 e le rispettive correnti nominali (fattori di carico) ipotizzando che i carichi trifase U1 e U2 assorbano la corrente nominale con fattore di potenza nominale e siano alimentati a tensione nominale.
- Determinare i principali parametri del motore asincrono MA1
- Determinare la tensione di SBARRA2.
- Determinare la tensione di SBARRA1 ipotizzando che il motore asincrono MA1 assorba l'80% della potenza nominale con fattore di potenza pari a 0.8.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
 I SESSIONE 2015 - 3 SETTEMBRE 2015
 SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

PROVA PRATICA

TEMA N. 6

L'AZIENDA *PRODUCO* DAL 2005 ASSEMBLA, IMBALLA E COMMERCIALIZZA SOTTO-ASSIEMI DI TRE DIVERSE TIPOLOGIE, A, B, C PER L'INDUSTRIA AUTOMOBILISTICA, CON CLIENTELA SIA NAZIONALE CHE INTERNAZIONALE.

NEL 2014 IL TEAM COMMERCIALE HA EFFETTUATO UN'ANALISI PER PREVEDERE LA DOMANDA DEI TRE SOTTO-ASSIEMI PER L'ANNO 2015. TALE ANALISI HA IMPIEGATO IL PERSONALE DELL'UNITÀ MARKETING E VENDITE PER 40 ORE, COSÌ SUDDIVISE: 5 ORE RESPONSABILE COMMERCIALE (COSTO ORARIO 50 €); 35 ORE ANALISTI (COSTO ORARIO 20 €).

I DATI FORNITI DALL'UNITÀ COMMERCIALE A PREVENTIVO PER IL 2015 SONO RIPORTATI IN TABELLA 1.

	Sotto-assieme A	Sotto-assieme B	Sotto-assieme C
Quantità	3.100 pz	4.200 pz	5.000 pz
Prezzo	800 €/pz	900 €/pz	930 €/pz

TABELLA 1. PREVISIONI DI VENDITA SOTTO-ASSIEMI A, B, C PER IL 2015

I SOTTO-ASSIEMI A, B E C SONO A LORO VOLTA COSTITUITI DA ALCUNI COMPONENTI, X, Y, Z. I COEFFICIENTI DI IMPIEGO DI TALI COMPONENTI PREVENTIVATI IN SEDE DI BUDGET PER IL 2016 COMPAIONO IN TABELLA 2.

	Costo Acquisto Componente nell'anno 2015	Sottoassieme A	Sottoassieme B	Sottoassieme C
Componente X	50 €/u	3 u/pz	2 u/pz	1 u/pz
Componente Y	60 €/u	2 u/pz		2 u/pz
Componente Z	65 €/u		4 u/pz	4 u/pz

TABELLA 2 – COSTI E CONSUMI STANDARD PER I COMPONENTI X, Y, Z

LA COOPERAZIONE TRA LE UNITÀ DI APPROVVIGIONAMENTO, PRODUZIONE, DISTRIBUZIONE E CONTROLLO DI GESTIONE HA CONSENTITO INOLTRE DI RACCOGLIERE ALTRI DATI POTENZIALMENTE RILEVANTI.

LA TABELLA 3 RIPORTA I TEMPI DI LAVORAZIONE RICHIESTI PER OGNI PRODOTTO, PER QUANTO CONCERNE LE FASI DI ASSEMBLAGGIO, *PACKAGING* E CONTROLLO QUALITÀ (TUTTE EFFETTUATE INTERNAMENTE).

	Assemblaggio (ore macchina)	Packaging (ore uomo)	Controllo qualità (ore macchina)
Sottoassieme A	2,5 h/pz	1,5 h/pz	1 h/pz
Sottoassieme B	3,5 h/pz	1,5 h/pz	1 h/pz
Sottoassieme C	2 h/pz	1,5 h/pz	1 h/pz

TABELLA 3. TEMPI E COSTI DELLE OPERAZIONI DI ASSEMBLAGGIO, PACKAGING E CONTROLLO QUALITÀ

È INOLTRE NOTO CHE:

- LA FASE DI ASSEMBLAGGIO È INTERAMENTE AUTOMATIZZATA. LA CAPACITÀ PRODUTTIVA MASSIMA NEL 2015 È PARI A 26.040 H;
- LA FASE DI PACKAGING È EFFETTUATA DA MANODOPERA DIRETTA NON LICENZIABILE, A RETRIBUZIONE FISSA ANNUA, CHE LAVORA IN QUESTA FASE METTENDO A DISPOSIZIONE UN NUMERO COMPLESSIVO DI ORE ALL'ANNO PARI A 20.000. IL COSTO ORARIO DI TALE MANODOPERA È DI 20 €/H;
- LA FASE DI CONTROLLO QUALITÀ È ANCH'ESSA INTERAMENTE AUTOMATIZZATA. PER IL 2015 NON SI PREVEDONO CRITICITÀ IN TERMINI DI CAPACITÀ PRODUTTIVA PER QUESTA FASE DI LAVORAZIONE.

LA TABELLA 4 RIPORTA I COSTI PER ENERGIA E MATERIALI DI PACKAGING PER OGNUNO DEI TRE SOTTO-ASSIEMI.

	Sotto-assieme A	Sotto-assieme B	Sotto-assieme C
Costi per l'energia	5 €/pz	5 €/pz	6 €/pz
Materiali per il <i>packaging</i>	6 €/pz	6 €/pz	8 €/pz

TABELLA 4. COSTI PER ENERGIA E MATERIALI DI PACKAGING

NEL 2015 SI PREVEDE ANCHE DI SOSTENERE LE SEGUENTI SPESE:

- COSTI DI RISCALDAMENTO E MANUTENZIONE PER STRUTTURE PRODUTTIVE PARI A 15.000 €;
- SPESE PUBBLICITARIE PARI A 15.000 €;
- SPESE DI RAPPRESENTANZA PARI A 5.000 €;
- COSTI GENERALI ED AMMINISTRATIVI PARI A 50.000 €;
- AMMORTAMENTI IMPIANTI PRODUTTIVI (IMPIEGATI NELLE OPERAZIONI DI ASSEMBLAGGIO E DI CONTROLLO QUALITÀ) PARI A 170.300 €;
- PERSONALE INDIRETTO DI PRODUZIONE PARI A 210.300 €.

PER GARANTIRE LA SUA OPERATIVITÀ PRODUTTIVA E DISACCOPIARE ALMENO PARZIALMENTE LA PRODUZIONE DALLA DOMANDA, *PRODUCO* FA LEVA SULLA MESSA A SCORTA DI SOTTO-ASSIEMI E COMPONENTI, LE CUI SCORTE INIZIALI E FINALI SONO RIPORTATE NELLA TABELLA 5. AL FINE DI OTTIMIZZAZIONE LA GESTIONE DEL MAGAZZINO, LA POLITICA DELLE SCORTE NON È IN ALCUN MODO

MODIFICABILE (E LE SCORTE SONO VALORIZZATE CON LOGICA LIFO). LA *PRODUCO* NON MANTIENE SCORTE DI MATERIALI PER IL PACKAGING.

Tipo	Scorte iniziali (quantità e valore)	Scorte finali
Sotto-assieme A	200 pz, 600 €/pz	100 pz
Sotto-assieme B	200 pz, 650 €/pz	100 pz
Sotto-assieme C	100 pz, 700 €/pz	100 pz
Componente X	200 u, 50 €/u	200 u
Componente Y	300 u, 60 €/u	200 u
Componente Z	100 u, 65 €/u	200 u

TABELLA 5. SCORTE INIZIALI E FINALI RICHIESTE DALLA *PRODUCO*

DOMANDA 1

REDIGERE IL BUDGET DELLE VENDITE, DELLA PRODUZIONE, DEL COSTO DEL VENDUTO E DEI COSTI DI PERIODO DELLA *PRODUCO* PER IL 2015. REDIGERNE INOLTRE IL CONTO ECONOMICO FINO AL MON, CONSIDERANDO CHE LA *PRODUCO* VERSA IN UNA SITUAZIONE ECONOMICA DIFFICILE A FRONTE DELLA CONGIUNTURA ECONOMICA NEGATIVA E NON È IN GRADO DI ESPANDERE LA CAPACITÀ PRODUTTIVA RELATIVAMENTE ALL'ANNO 2015, NÉ TANTO MENO DI RICORRERE A SUBFORNITURA.

DOMANDA 2

SI IPOTIZZI CHE A CONSUNTIVO PER IL 2015 VENGANO RILEVATI I SEGUENTI DATI RELATIVI AL SOTTO-ASSIEME A:

- I VALORI INIZIALI E FINALI DELLE SCORTE SONO STATI PARI A QUANTO PREVISTO;
- IL MERCATO TOTALE DI QUESTO TIPO DI PRODOTTO È STATO DI 40.000 PEZZI, LA QUOTA DI MERCATO DELLA *PRODUCO* È STATA DEL 7%;
- LE STIME DI VENDITA DI BUDGET ERANO FATTE IPOTIZZANDO UNA QUOTA DI MERCATO DEL 6%;
- IL PREZZO DI VENDITA PER IL SOTTO-ASSIEME A È STATO DI 790 €/PZ.

EFFETTUARE L'ANALISI DEGLI SCOSTAMENTI DI PRIMO E SECONDO LIVELLO PER I RICAVI RELATIVI AL SOTTO-ASSIEME A E SI COMMENTINO DETTAGLIATAMENTE I RISULTATI OTTENUTI.

AL TERMINE DEL 2015 LA *PRODUCO* STA INOLTRE VALUTANDO L'OPPORTUNITÀ MODIFICARE LA TECNOLOGIA DI AUTOMAZIONE DELLA FASE DI ASSEMBLAGGIO. LO STAFF AMMINISTRATIVO HA QUINDI COMMISSIONATO AD UNA SOCIETÀ TERZA UNA ANALISI DI MERCATO INTERNA ED ESTERNA (PROCESSO ESTREMAMENTE LUNGO E COMPLESSO, COSTATO ALL'IMPRESA 10.000 €, DA CORRISPONDERE POSTICIPATAMENTE ENTRO GIUGNO 2016) CHE HA PORTATO ALLA RACCOLTA DEI SEGUENTI DATI, PRESENTATI IN MANIERA DESTRUTTURATA:

- RISPARMIO IN EFFICIENZA ENERGETICA: 5.000 €/ANNO.
- RISPARMIO IN COSTO DEI MATERIALI: 7.000 €/ANNO.
- TASSO DI INTERESSE APPLICATO AD 2/3 DEL CAPITALE DI DEBITO: 10%.
- TASSO DI INTERESSA APPLICATO AD 1/3 DEL CAPITALE DI DEBITO: 8%.
- RAPPORTO DI LEVA: 2.

- RIDUZIONE DEL TEMPO DI ASSEMBLAGGIO DI 0,5 ORE MACCHINA PER OGNUNO DEI SOTTO-ASSIEMI A, B, C.
- AUMENTO ANNUO DELLA DOMANDA RISPETTO AL 2015 PARI AL 10% PER SOTTO-ASSIEME A, AL 5% PER IL SOTTO-ASSIEME B E AL 10% PER IL SOTTO-ASSIEME C (SI NOTI CHE TALI AUMENTI SI MANIFESTANO DALL'ISTANTE DI INTRODUZIONE DELL'AUTOMAZIONE E RIMANGONO COSTANTI LUNGO TUTTO L'ORIZZONTE CONSIDERATO);
- COSTO AUTOMAZIONE ASSEMBLAGGIO: 100.000 €.
- ALIQUOTA FISCALE: 40%.
- IMPIANTO AUTOMATIZZATO CEDIBILE AL TERMINE DEL 2020 PER 10.000 €.
- RENDIMENTO ATTESO DI INVESTIMENTI ALTERNATIVI: 15%.
- MANAGEMENT TENDENZIALMENTE AVVERSO AL RISCHIO.
- POSITIVITÀ DELL'UTILE COMPLESSIVO NON INFLUENZATA DALL'INVESTIMENTO SPECIFICO.
- AMMORTAMENTO AUTOMAZIONE ASSEMBLAGGIO SU 10 ANNI.

TUTTI I DATI, SE NON DIVERSAMENTE INDICATO, SI MANIFESTANO SU TUTTO L'ORIZZONTE DI VALUTAZIONE.

DOMANDA 3

VALUTARE LA CONVENIENZA DEL MIGLIORAMENTO DELLA TECNOLOGIA DI ASSEMBLAGGIO ADOTTANDO LA LOGICA DEL CAPITALE INVESTITO AL NETTO DELLE IMPOSTE.

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2015 - 3 SETTEMBRE 2015
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

PROVA PRATICA

TEMA N. 7

Una turbina a recupero totale sviluppa una potenza meccanica di 1500 kW e scarica una potenza termica di 9600 kW sotto forma di vapore saturo secco alla pressione di 1 bar, da condensare completamente.

È richiesto il dimensionamento di massima della turbina con le seguenti caratteristiche: velocità di rotazione $n = 3000$ r/min; elementi simili ad azione a salti di pressione con diametro medio (84 cm) ed altezza costanti; grado di parzializzazione variabile (ma nullo all'ultimo stadio); angolo $\alpha_1 = 20^\circ$ e girante "simmetrica"; rendimento organico $\eta_{org} = 0.9$. In particolare il candidato dovrà determinare le condizioni di alimentazione turbina, il numero di stadi, il grado di parzializzazione dello stadio di testa.

tabelle termodinamiche: acqua in condizioni di saturazione

T [°C]	P [MPa]	L	V	L	V	L	V	L	V
		ρ [kg/m ³]	ρ [kg/m ³]	v [m ³ /kg]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	s [kJ/kg-K]
5	0.0009	1000	0.007	1.000E-03	1.470E+02	21	2510	0.076	9.025
15	0.0017	999	0.013	1.001E-03	7.788E+01	63	2528	0.224	8.780
25	0.0032	997	0.023	1.003E-03	4.334E+01	105	2547	0.367	8.557
35	0.0056	994	0.040	1.006E-03	2.521E+01	147	2565	0.505	8.352
45	0.0096	990	0.066	1.010E-03	1.525E+01	188	2582	0.639	8.163
55	0.0158	986	0.105	1.015E-03	9.564E+00	230	2600	0.768	7.990
65	0.0250	981	0.161	1.020E-03	6.194E+00	272	2618	0.894	7.830
75	0.0386	975	0.242	1.026E-03	4.129E+00	314	2635	1.016	7.681
85	0.0579	969	0.354	1.032E-03	2.826E+00	356	2651	1.135	7.543
95	0.0846	962	0.505	1.040E-03	1.981E+00	398	2668	1.250	7.415
105	0.1209	955	0.705	1.047E-03	1.418E+00	440	2683	1.363	7.295
115	0.1692	947	0.965	1.056E-03	1.036E+00	483	2699	1.474	7.183
125	0.2322	939	1.299	1.065E-03	7.700E-01	525	2713	1.582	7.077
135	0.3132	931	1.719	1.075E-03	5.817E-01	568	2727	1.687	6.977
145	0.4157	922	2.242	1.085E-03	4.460E-01	611	2740	1.791	6.883
155	0.5435	912	2.886	1.096E-03	3.465E-01	654	2752	1.892	6.793
165	0.7009	903	3.671	1.108E-03	2.724E-01	697	2763	1.992	6.707
175	0.8926	892	4.617	1.121E-03	2.166E-01	741	2773	2.091	6.624
185	1.1235	882	5.750	1.134E-03	1.739E-01	785	2781	2.188	6.545
195	1.3988	870	7.098	1.149E-03	1.409E-01	830	2789	2.283	6.468
205	1.7243	859	8.690	1.165E-03	1.151E-01	875	2795	2.378	6.393
215	2.1058	847	10.562	1.181E-03	9.468E-02	921	2799	2.471	6.320
225	2.5497	834	12.755	1.199E-03	7.840E-02	967	2802	2.564	6.248
235	3.0625	820	15.314	1.219E-03	6.530E-02	1014	2803	2.656	6.178
245	3.6512	806	18.297	1.240E-03	5.465E-02	1062	2802	2.748	6.107
255	4.3229	791	21.768	1.264E-03	4.594E-02	1110	2799	2.839	6.037
265	5.0853	776	25.809	1.289E-03	3.875E-02	1160	2794	2.931	5.966
275	5.9464	759	30.520	1.318E-03	3.277E-02	1211	2785	3.022	5.894
285	6.9147	741	36.028	1.349E-03	2.776E-02	1263	2774	3.115	5.821
295	7.9991	722	42.501	1.385E-03	2.353E-02	1317	2759	3.208	5.745
305	9.2094	702	50.167	1.425E-03	1.993E-02	1373	2739	3.303	5.666
315	10.5560	679	59.344	1.472E-03	1.685E-02	1432	2715	3.400	5.582
325	12.0510	654	70.506	1.528E-03	1.418E-02	1494	2684	3.500	5.491
335	13.7070	626	84.407	1.597E-03	1.185E-02	1560	2645	3.605	5.391
345	15.5410	594	102.360	1.685E-03	9.769E-03	1632	2595	3.718	5.276
355	17.5700	553	127.090	1.808E-03	7.868E-03	1714	2527	3.844	5.138
365	19.8210	496	166.350	2.017E-03	6.012E-03	1818	2423	4.001	4.950
373.5	21.9460	381	263.600	2.627E-03	3.794E-03	1996	2195	4.270	4.579

T temperatura
 p pressione
 ρ massa volumica
 v volume specifico alla massa
 h entalpia specifica alla massa
 s entropia specifica alla massa
 L liquido
 V vapore

tabelle termodinamiche: acqua in condizioni di saturazione

T [°C]	P [MPa]	L	V	L	V	L	V	L	V
		ρ [kg/m ³]	ρ [kg/m ³]	v [m ³ /kg]	v [m ³ /kg]	h [kJ/kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	s [kJ/kg-K]
7.0	0.0010	1000	0.008	1.000E-03	1.292E+02	29	2514	0.106	8.975
24.1	0.0030	997	0.022	1.003E-03	4.565E+01	101	2545	0.354	8.576
32.9	0.0050	995	0.035	1.005E-03	2.819E+01	138	2561	0.476	8.394
39.0	0.0070	993	0.049	1.008E-03	2.052E+01	163	2572	0.559	8.275
43.8	0.0090	991	0.062	1.009E-03	1.620E+01	183	2580	0.622	8.186
45.8	0.0100	990	0.068	1.010E-03	1.467E+01	192	2584	0.649	8.149
69.1	0.0300	978	0.191	1.022E-03	5.228E+00	289	2625	0.944	7.768
81.3	0.0500	971	0.309	1.030E-03	3.240E+00	341	2645	1.091	7.593
89.9	0.0700	965	0.423	1.036E-03	2.365E+00	377	2659	1.192	7.479
96.7	0.0900	961	0.535	1.041E-03	1.869E+00	405	2670	1.270	7.394
99.6	0.1000	959	0.590	1.043E-03	1.694E+00	418	2675	1.303	7.359
133.5	0.3000	932	1.651	1.073E-03	6.058E-01	561	2725	1.672	6.992
151.8	0.5000	915	2.668	1.093E-03	3.748E-01	640	2748	1.860	6.821
165.0	0.7000	903	3.666	1.108E-03	2.728E-01	697	2763	1.992	6.707
175.4	0.9000	892	4.654	1.121E-03	2.149E-01	743	2773	2.094	6.621
179.9	1.0000	887	5.145	1.127E-03	1.944E-01	763	2777	2.138	6.585
212.4	2.0000	850	10.042	1.177E-03	9.959E-02	909	2798	2.447	6.339
233.9	3.0000	822	15.001	1.217E-03	6.666E-02	1008	2803	2.646	6.186
250.4	4.0000	798	20.090	1.253E-03	4.978E-02	1088	2801	2.797	6.070
263.9	5.0000	777	25.351	1.286E-03	3.945E-02	1155	2794	2.921	5.974
275.6	6.0000	758	30.818	1.319E-03	3.245E-02	1214	2785	3.028	5.890
285.8	7.0000	740	36.525	1.352E-03	2.738E-02	1268	2773	3.122	5.815
295.0	8.0000	722	42.507	1.385E-03	2.353E-02	1317	2759	3.208	5.745
303.3	9.0000	705	48.804	1.418E-03	2.049E-02	1364	2743	3.287	5.679
311.0	10.0000	688	55.463	1.453E-03	1.803E-02	1408	2726	3.361	5.616
318.1	11.0000	672	62.541	1.489E-03	1.599E-02	1450	2706	3.430	5.555
324.7	12.0000	655	70.106	1.526E-03	1.426E-02	1492	2685	3.497	5.494
330.9	13.0000	638	78.245	1.567E-03	1.278E-02	1532	2663	3.561	5.434
336.7	14.0000	621	87.069	1.610E-03	1.149E-02	1571	2638	3.623	5.373
342.2	15.0000	604	96.727	1.657E-03	1.034E-02	1610	2611	3.685	5.311
347.4	16.0000	585	107.420	1.709E-03	9.309E-03	1650	2581	3.746	5.246
352.3	17.0000	565	119.460	1.769E-03	8.371E-03	1690	2548	3.808	5.179
357.0	18.0000	544	133.300	1.840E-03	7.502E-03	1732	2510	3.872	5.106
361.5	19.0000	519	149.760	1.927E-03	6.677E-03	1777	2466	3.940	5.026
365.8	20.0000	490	170.500	2.040E-03	5.865E-03	1827	2412	4.016	4.931
369.8	21.0000	453	200.160	2.206E-03	4.996E-03	1888	2339	4.106	4.808
373.7	22.0000	370	274.160	2.704E-03	3.648E-03	2011	2173	4.295	4.545

T temperatura
 p pressione
 ρ massa volumica
 v volume specifico alla massa
 h entalpia specifica alla massa
 s entropia specifica alla massa
 L liquido
 V vapore

Tabelle termodinamiche: vapore d'acqua surriscaldato

p [Mpa]	0.005			0.010			0.020		
T [°C]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]
50	0.034	2593	8.498	0.067	2592	8.174			
75	0.031	2641	8.639	0.062	2640	8.317	0.125	2638	7.993
100	0.029	2688	8.770	0.058	2688	8.449	0.116	2686	8.126
125	0.027	2736	8.893	0.054	2735	8.573	0.109	2734	8.251
150	0.026	2783	9.010	0.051	2783	8.689	0.103	2782	8.368
175	0.024	2832	9.120	0.048	2831	8.800	0.097	2831	8.479
200	0.023	2880	9.225	0.046	2880	8.905	0.092	2879	8.584
225	0.022	2929	9.326	0.044	2928	9.005	0.087	2928	8.685
250	0.021	2978	9.422	0.041	2977	9.102	0.083	2977	8.781
275	0.020	3027	9.514	0.040	3027	9.194	0.079	3027	8.874
300	0.019	3077	9.603	0.038	3077	9.283	0.076	3077	8.963
325	0.018	3127	9.689	0.036	3127	9.368	0.072	3127	9.048
350	0.017	3178	9.771	0.035	3178	9.451	0.070	3177	9.131
375	0.017	3229	9.852	0.033	3229	9.532	0.067	3228	9.212
400	0.016	3280	9.929	0.032	3280	9.609	0.064	3280	9.289
425	0.016	3332	10.005	0.031	3332	9.685	0.062	3332	9.365
450	0.015	3384	10.078	0.030	3384	9.758	0.060	3384	9.438
475	0.014	3437	10.150	0.029	3437	9.830	0.058	3437	9.510
500	0.014	3490	10.220	0.028	3490	9.900	0.056	3490	9.580
525	0.014	3543	10.288	0.027	3543	9.968	0.054	3543	9.648
550	0.013	3597	10.354	0.026	3597	10.034	0.053	3597	9.714
575	0.013	3652	10.419	0.026	3652	10.099	0.051	3651	9.780
600	0.012	3706	10.483	0.025	3706	10.163	0.050	3706	9.843

p [Mpa]	0.050			0.100			0.200		
T [°C]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]	ρ [kg/m ³]	h [kJ/kg]	s [kJ/kg-K]
100	0.293	2682	7.695	0.590	2676	7.361			
125	0.274	2732	7.823	0.550	2727	7.493	1.114	2717	7.153
150	0.257	2780	7.941	0.516	2777	7.615	1.042	2769	7.281
175	0.243	2829	8.053	0.487	2826	7.728	0.980	2820	7.398
200	0.230	2878	8.159	0.460	2876	7.836	0.926	2871	7.508
225	0.218	2927	8.260	0.437	2925	7.937	0.877	2921	7.612
250	0.207	2976	8.357	0.416	2975	8.035	0.834	2971	7.710
275	0.198	3026	8.450	0.396	3024	8.128	0.795	3022	7.804
300	0.189	3076	8.539	0.379	3075	8.217	0.760	3072	7.894
325	0.181	3126	8.625	0.363	3125	8.303	0.727	3123	7.981
350	0.174	3177	8.708	0.348	3176	8.387	0.698	3174	8.064
375	0.167	3228	8.788	0.335	3227	8.467	0.671	3225	8.145
400	0.161	3279	8.866	0.322	3279	8.545	0.645	3277	8.224
425	0.155	3331	8.942	0.311	3331	8.621	0.622	3329	8.300
450	0.150	3384	9.015	0.300	3383	8.695	0.600	3382	8.373
475	0.145	3436	9.087	0.290	3436	8.766	0.580	3434	8.445
500	0.140	3489	9.157	0.280	3489	8.836	0.561	3488	8.515
525	0.136	3543	9.225	0.272	3542	8.904	0.544	3541	8.584
550	0.132	3597	9.291	0.263	3596	8.971	0.527	3595	8.650
575	0.128	3651	9.356	0.256	3651	9.036	0.511	3650	8.715
600	0.124	3706	9.420	0.248	3706	9.100	0.497	3705	8.779

T temperatura
 p pressione
 ρ massa volumica
 h entalpia specifica alla massa
 s entropia specifica alla massa

Tabelle termodinamiche: vapore d'acqua surriscaldato

p [Mpa]	0.5			1.0			2.0		
T	ρ	h	s	ρ	h	s	ρ	h	s
[°C]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]
175	2.503	2801	6.943						
200	2.353	2856	7.061	4.854	2828	6.696			
225	2.223	2909	7.170	4.553	2887	6.817	9.633	2836	6.416
250	2.108	2961	7.272	4.297	2943	6.927	8.969	2903	6.548
275	2.006	3013	7.369	4.074	2998	7.029	8.427	2965	6.663
300	1.914	3065	7.461	3.876	3052	7.125	7.968	3024	6.768
325	1.830	3116	7.550	3.699	3105	7.216	7.568	3082	6.866
350	1.754	3168	7.635	3.540	3158	7.303	7.215	3138	6.958
375	1.684	3220	7.716	3.395	3211	7.386	6.899	3193	7.046
400	1.620	3272	7.796	3.262	3265	7.467	6.613	3248	7.129
425	1.561	3325	7.872	3.139	3318	7.545	6.353	3303	7.209
450	1.506	3378	7.947	3.026	3371	7.620	6.115	3358	7.287
475	1.454	3431	8.019	2.921	3425	7.693	5.895	3413	7.361
500	1.407	3485	8.089	2.824	3479	7.764	5.692	3468	7.434
525	1.362	3538	8.158	2.733	3534	7.833	5.504	3524	7.504
550	1.320	3593	8.225	2.648	3588	7.901	5.328	3579	7.573
575	1.281	3647	8.290	2.568	3643	7.967	5.164	3635	7.639
600	1.244	3703	8.354	2.493	3699	8.031	5.010	3691	7.704

p [Mpa]	5.0			10.0			20.0		
T	ρ	h	s	ρ	h	s	ρ	h	s
[°C]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]
275	24.132	2840	6.057						
300	22.053	2926	6.211						
325	20.495	3001	6.339	50.308	2810	5.760			
350	19.242	3069	6.452	44.564	2924	5.946			
375	18.193	3134	6.554	40.719	3016	6.091	130.270	2603	5.228
400	17.290	3197	6.648	37.827	3097	6.214	100.500	2817	5.553
425	16.497	3258	6.737	35.509	3172	6.323	87.129	2953	5.751
450	15.792	3317	6.821	33.578	3242	6.422	78.609	3062	5.904
475	15.157	3376	6.901	31.923	3310	6.514	72.423	3156	6.032
500	14.581	3435	6.978	30.478	3375	6.600	67.598	3241	6.145
525	14.054	3493	7.052	29.196	3439	6.681	63.661	3321	6.246
550	13.570	3551	7.124	28.047	3502	6.759	60.346	3396	6.339
575	13.122	3609	7.193	27.006	3564	6.833	57.492	3469	6.426
600	12.706	3667	7.261	26.057	3626	6.905	54.991	3539	6.508

T temperatura
 p pressione
 ρ massa volumica
 h entalpia specifica alla massa
 s entropia specifica alla massa

Tabelle termodinamiche: vapore d'acqua surriscaldato

T [°C]	50			100			150		
p	ρ	h	s	ρ	h	s	ρ	h	s
[Mpa]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]
0.002	0.013	2594	8.923	0.012	2688	9.194	0.010	2784	9.433
0.004	0.027	2594	8.601	0.023	2688	8.873	0.020	2784	9.113
0.006	0.040	2593	8.413	0.035	2688	8.686	0.031	2783	8.926
0.008	0.054	2593	8.279	0.047	2688	8.552	0.041	2783	8.793
0.01	0.067	2592	8.174	0.058	2688	8.449	0.051	2783	8.689
0.02				0.116	2686	8.126	0.103	2782	8.368
0.04				0.234	2684	7.801	0.206	2781	8.046
0.06				0.352	2681	7.608	0.309	2780	7.856
0.08				0.470	2679	7.470	0.412	2778	7.720
0.1				0.590	2676	7.361	0.516	2777	7.615
0.2							1.042	2769	7.281
0.4							2.124	2753	6.931

T [°C]	200			250			300		
p	ρ	h	s	ρ	h	s	ρ	h	s
[Mpa]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]
0.002	0.009	2880	9.648	0.008	2978	9.845	0.008	3077	10.026
0.004	0.018	2880	9.328	0.017	2978	9.525	0.015	3077	9.706
0.006	0.027	2880	9.141	0.025	2978	9.337	0.023	3077	9.519
0.008	0.037	2880	9.008	0.033	2978	9.205	0.030	3077	9.386
0.01	0.046	2880	8.905	0.041	2977	9.102	0.038	3077	9.283
0.02	0.092	2879	8.584	0.083	2977	8.781	0.076	3077	8.963
0.04	0.184	2878	8.263	0.166	2977	8.460	0.151	3076	8.642
0.06	0.276	2877	8.074	0.249	2976	8.272	0.227	3076	8.454
0.08	0.368	2876	7.940	0.332	2975	8.139	0.303	3075	8.321
0.1	0.460	2876	7.836	0.416	2975	8.035	0.379	3075	8.217
0.2	0.926	2871	7.508	0.834	2971	7.710	0.760	3072	7.894
0.4	1.872	2861	7.172	1.680	2965	7.380	1.527	3067	7.568
0.6	2.840	2851	6.968	2.539	2958	7.183	2.302	3062	7.374
0.8	3.833	2840	6.818	3.411	2950	7.040	3.085	3057	7.235
1	4.854	2828	6.696	4.297	2943	6.927	3.876	3052	7.125
2				8.97	2903	6.548	7.97	3024	6.768
4							16.99	2962	6.364
6							27.63	2886	6.070
8							41.19	2787	5.794

T temperatura
 p pressione
 ρ massa volumica
 h entalpia specifica alla massa
 s entropia specifica alla massa

Tabelle termodinamiche: vapore d'acqua surriscaldato

T [°C]	350			400			450		
p	ρ	h	s	ρ	h	s	ρ	h	s
[Mpa]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]
0.002	0.007	3178	10.194	0.006	3280	10.352	0.006	3384	10.501
0.004	0.014	3178	9.874	0.013	3280	10.032	0.012	3384	10.181
0.006	0.021	3178	9.687	0.019	3280	9.845	0.018	3384	9.994
0.008	0.028	3178	9.554	0.026	3280	9.712	0.024	3384	9.861
0.01	0.035	3178	9.451	0.032	3280	9.609	0.030	3384	9.758
0.02	0.070	3177	9.131	0.064	3280	9.289	0.060	3384	9.438
0.04	0.139	3177	8.811	0.129	3280	8.969	0.120	3384	9.118
0.06	0.209	3177	8.623	0.193	3279	8.782	0.180	3383	8.931
0.08	0.279	3176	8.490	0.258	3279	8.649	0.240	3383	8.798
0.1	0.348	3176	8.387	0.322	3279	8.545	0.300	3383	8.695
0.2	0.698	3174	8.064	0.645	3277	8.224	0.600	3382	8.373
0.4	1.401	3170	7.740	1.294	3274	7.900	1.203	3379	8.051
0.6	2.109	3166	7.548	1.947	3271	7.710	1.809	3377	7.861
0.8	2.822	3162	7.411	2.602	3268	7.573	2.416	3374	7.726
1	3.540	3158	7.303	3.262	3265	7.467	3.026	3371	7.620
2	7.22	3138	6.958	6.61	3248	7.129	6.11	3358	7.287
4	15.04	3093	6.584	13.62	3215	6.771	12.49	3331	6.939
6	23.67	3044	6.336	21.09	3178	6.543	19.17	3303	6.722
8	33.36	2988	6.132	29.12	3139	6.366	26.18	3273	6.558
10	44.56	2924	5.946	37.83	3097	6.214	33.58	3242	6.422
20				100.5	2817	5.553	78.6	3062	5.904
40				523.3	1931	4.115	270.9	2512	4.945
60				612.4	1843	3.932	479.5	2180	4.414
80				659.5	1809	3.834	563.7	2088	4.234
100				692.9	1791	3.764	614.2	2045	4.127

T [°C]	500			550			600		
p	ρ	h	s	ρ	h	s	ρ	h	s
[Mpa]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg-K]
0.002	0.006	3490	10.643	0.005	3597	10.777	0.005	3706	10.906
0.004	0.011	3490	10.323	0.011	3597	10.457	0.010	3706	10.586
0.006	0.017	3490	10.136	0.016	3597	10.270	0.015	3706	10.399
0.008	0.022	3490	10.003	0.021	3597	10.137	0.020	3706	10.266
0.01	0.028	3490	9.900	0.026	3597	10.034	0.025	3706	10.163
0.02	0.056	3490	9.580	0.053	3597	9.714	0.050	3706	9.843
0.04	0.112	3489	9.260	0.105	3597	9.394	0.099	3706	9.523
0.06	0.168	3489	9.072	0.158	3597	9.207	0.149	3706	9.336
0.08	0.224	3489	8.939	0.211	3597	9.074	0.199	3706	9.203
0.1	0.280	3489	8.836	0.263	3596	8.971	0.248	3706	9.100
0.2	0.561	3488	8.515	0.527	3595	8.650	0.497	3705	8.779
0.4	1.124	3486	8.193	1.055	3594	8.329	0.994	3703	8.458
0.6	1.689	3483	8.004	1.585	3592	8.140	1.493	3702	8.270
0.8	2.256	3481	7.869	2.116	3590	8.005	1.993	3700	8.135
1	2.824	3479	7.764	2.648	3588	7.901	2.493	3699	8.031
2	5.69	3468	7.434	5.33	3579	7.573	5.01	3691	7.704
4	11.57	3446	7.092	10.79	3560	7.236	10.12	3675	7.371
6	17.65	3423	6.883	16.39	3541	7.031	15.32	3659	7.169
8	23.94	3400	6.727	22.14	3522	6.880	20.63	3642	7.022
10	30.48	3375	6.600	28.05	3502	6.759	26.06	3626	6.905
20	67.6	3241	6.145	60.3	3396	6.339	55.0	3539	6.508
40	177.8	2907	5.474	143.2	3154	5.786	123.6	3350	6.017
60	338.7	2570	4.936	252.8	2902	5.352	206.9	3157	5.653
80	457.0	2397	4.647	362.3	2710	5.039	295.5	2988	5.367
100	528.3	2316	4.490	444.6	2596	4.841	374.2	2865	5.158

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE JUNIOR
 I SESSIONE 2015 - 3 SETTEMBRE 2015
 SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO

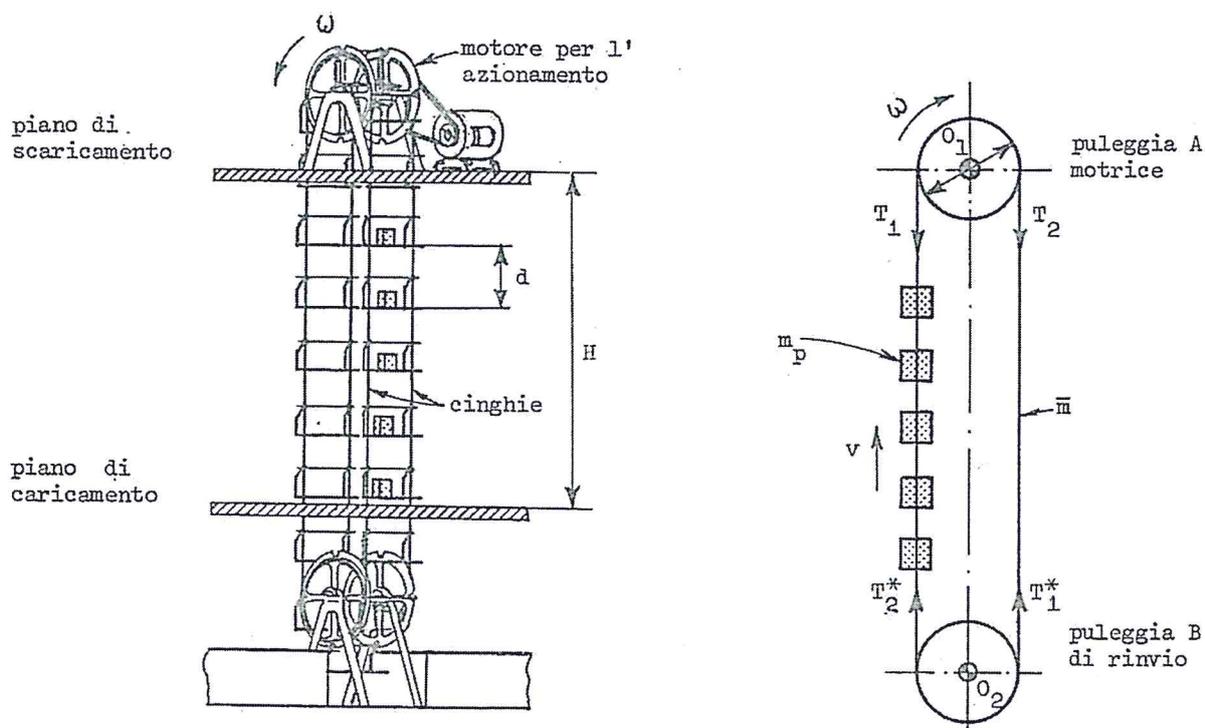
III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

PROVA PRATICA

TEMA N. 8

IN FIGURA E' RIPORTATO LO SCHEMA FUNZIONANTE DI UN ELEVATORE A BILANCINI. IL SISTEMA E' COSTITUITO DA QUATTRO PULEGGE IN GHISA, DUE SUPERIORE E DUE INFERIORI, ATTORNO ALLE QUALI SI AVVOLGONO DUE CINGHIE PIANE DISPOSTE IN PARALLELO. TALI CINGHIE PORTANO, AD INTERVALLI REGOLARI, UNA SERIE DI TRAVERSINE ALLE QUALI SONO APPESI PENDOLARMENTE I BILANCINI. IL CARICAMENTO AVVIENE NELLA ZONA INFERIORE IN MODO AUTONOMO, COSI' COME LO SCARICO.



AL CANDIDATO SI RICHIEDE DI DIMENSIONARE:

1. IL MOTORE E LA TRASMISSIONE A CINGHIA NECESSARI A GARANTIRE IL FUNZIONAMENTO
2. LE PULEGGE MOTRICI E DI RINVIO
3. LE CINGHIE UTILIZZATE PER TRASMETTERE IL MOTO AI BILANCINI

DEL SISTEMA SNO NOTI I DATI RIPORTATI IN TABELLA

DATI

$H = 20 \text{ m}$	Altezza del piano di scarico rispetto a quello di carico
$V = 1 \text{ m/s}$	Velocità di progetto dei bilancini
$m_p = 30 \text{ kg}$	Massa del bilancino
$d = 0.7 \text{ m}$	Distanza tra i bilancini
$Q = 40 \text{ kg/s}$	Prodotto da caricare nell'unità di tempo

IL CANDIDATO HA FACOLTA' DI SCEGLIERE LIBERAMENTE, PUR COMMENTANDOLI ADEGUATAMENTE, TUTTI I DATI DI PROGETTO NON RIPORTATI.

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE INDUSTRIALE IUNIOR
I SESSIONE 2015 - 3 SETTEMBRE 2015
SEDE SVOLGIMENTO: POLITECNICO DI MILANO**

III COMMISSIONE - SETTORE INDUSTRIALE

SEZIONE B

PROVA PRATICA

TEMA N. 9

Si consideri una guarnizione costituita da un anello a sezione circolare, premuto tra due superfici piane.

- 1) Si selezioni il materiale che permette di rendere massima la deformazione della guarnizione, rispettando i requisiti funzionali. Si considerino assegnati il diametro della sezione, il carico premente per unità di lunghezza e le caratteristiche elastiche del materiale che costituisce le flange a contatto con la guarnizione.
- 2) Con il materiale scelto al punto 1), si considerino condizioni di serraggio che sottopongano la guarnizione alla massima sollecitazione ammissibile, compatibilmente con i requisiti funzionali.
- 3) Nelle condizioni relative al punto 2), si determini come varia nel tempo lo sforzo che agisce nella guarnizione quando è applicato il carico di serraggio; si assuma che la distanza tra le superfici a contatto con la guarnizione sia costante nel tempo.
- 4) Per il materiale scelto al punto 1), si dica quali condizioni ambientali sono considerate sfavorevoli per il suo impiego.