

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Specialista/Magistrale
II Sessione – 23 Novembre 2011**

Settore Civile-Ambientale

I Prova scritta

Il candidato scelga tra i seguenti temi:

TEMA 1

La valutazione di impatto ambientale per opere significative sul territorio. Approccio metodologico e principali fattori d'impatto da considerare.

TEMA 2

Il candidato spieghi il concetto di sicurezza nell'ambito delle strutture in ingegneria civile.

TEMA 3

Innovazioni strutturali legate all'introduzione del cemento armato in Italia.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Specialista/Magistrale
II Sessione – 23 Novembre 2011**

Settore Industriale

I Prova scritta

Il candidato svolga uno dei seguenti temi:

TEMA 1

Le proprietà di linearità e di stazionarietà di un sistema dinamico hanno delle conseguenze cruciali sul comportamento del sistema stesso. Il candidato presenti brevemente tali proprietà indicando qualcuna tra le più importanti implicazioni che esse hanno nell'analisi e nella sintesi dei sistemi di controllo.

TEMA 2

Il candidato illustri, nell'ambito delle tolleranze geometriche, il funzionamento dei modificatori, con particolare riferimento alla condizione/principio del massimo materiale, del minimo materiale e principio di inviluppo. In particolare si evidenzino i campi di applicabilità, i limiti di impiego ed i vantaggi.

Per ogni modificatore illustrato si descriva un esempio applicativo completo di disegno quotato. Si elenchino inoltre gli altri modificatori conosciuti.

TEMA 3

Sulla base delle leggi della Termodinamica, il candidato descriva in dettaglio l'evoluzione e le tecniche di miglioramento, in termini di potenze fornite ed efficienza, dei sistemi di produzione di energia attraverso l'utilizzo degli impianti motore a vapore. Illustri, infine, alcune tematiche relative all'impatto e alla sostenibilità ambientale di tali impianti, discutendo dei problemi e delle possibili soluzioni.

TEMA 4

Il ruolo della manutenzione nella produzione industriale.

TEMA 5

Con quali potenzialità l'ingegnere medico pensa di inserirsi nel mondo del lavoro e quale appoggio, in particolare, a livello culturale, scientifico e progettuale pensa di dare in campo medico.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Specialista/Magistrale
II Sessione – 23 Novembre 2011**

Settore dell'Informazione

I Prova scritta

Il candidato svolga uno dei seguenti temi:

TEMA 1

Le proprietà di linearità e di stazionarietà di un sistema dinamico hanno delle conseguenze cruciali sul comportamento del sistema stesso. Il candidato presenti brevemente tali proprietà indicando qualcuna tra le più importanti implicazioni che esse hanno nell'analisi e nella sintesi dei sistemi di controllo.

TEMA 2

L'attivazione dello strumento "spin-off" per collaudare una idea o un prodotto, generati dalla cultura in elettronica, in vista future attività imprenditoriali di più largo respiro, rappresenta una giusta aspirazione ed una sfida. Si illustri una o più possibilità che il/la candidato/a intenderebbe promuovere nei settori della micro e/o meso e/o nano-elettronica.

TEMA 3

La gestione dei sistemi logistici, le strategie di collaborazione ed il ruolo dell'informazione lungo la supply chain.

TEMA 4

Si descrivano le caratteristiche del linguaggio UML per la documentazione di Sistemi software.

TEMA 5

Con riferimento alle tecniche di codifica utilizzate nei sistemi di telecomunicazione il candidato ne descriva alcuni possibili applicazioni evidenziandone i benefici introdotti. Il candidato inoltre illustri i principi generali di una tecnica di codifica mettendo in evidenza una applicazione pratica.

Esame di Stato Ingegneria
Laurea Magistrale
Settore Civile – Ambientale
2^a prova scritta – Ambiente e Territorio

Il candidato illustri le problematiche di maggior rilievo nel progetto e nella realizzazione di argini di difesa fluviale.

Sviluppi quindi il progetto preliminare di un argine, finalizzato al contenimento di una corrente fluviale in regime di piena con altezza 3 m (dalla base dell'argine).

2^ prova scritta

Esame di Stato
Sessione Novembre 2011

Ingegneria Civile (strutture) – Laurea magistrale

Descrivere la struttura di una relazione di calcolo per edifici in acciaio per civile abitazione.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Specialista/Magistrale
II Sessione – 24 Novembre 2011**

Settore Civile-Ambientale

Edile - II Prova scritta

Il candidato esponga i criteri di progettazione di un edificio destinato a **scuola primaria** (10 classi) **e dell'infanzia**.

Il tema va svolto nella forma di una relazione progettuale generale, con l'eventuale uso di schemi grafici, toccando gli aspetti urbanistici, distributivi, costruttivi, impiantistici, statici, ecc.

**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione
di Ingegnere Specialista/Magistrale
II sessione 2011 – 24 novembre 2011
Seconda Prova scritta –AUTOMATICA**

Con riferimento ai sistemi di produzione con tempi di setup trascurabili, il problema dell'ottimizzazione dei costi legati agli arretrati e alle scorte su qualsiasi orizzonte temporale si riduce a un controllo di tipo miope, noto come Regola c_u nel caso di costi lineari. Il candidato descriva questo tipo di politiche evidenziando (con opportuni esempi) in quali casi non si ha univocità nel controllo ottimo.

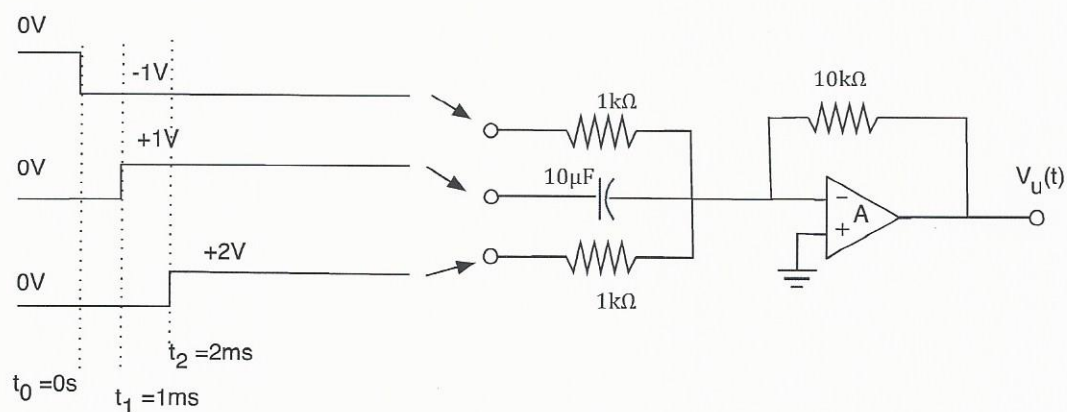
Compito Ingegneria Medica

2° prova Scritta

Dato il circuito di figura, cioè un sommatore, si determini l'espressione della tensione totale di uscita $V_u(t)$ dal tempo $t=0$ in poi e si calcoli successivamente il valore della V_u (dopo 1 secondo).

Si considerino i seguenti due casi:

- 1) Amplificazione dell'op-amp $A=A_\infty$ infinita;
- 2) Amplificazione dell'op-amp $A=10^5$;



Il/La candidato/a inoltre trovi:

- Come cambia l'andamento della tensione di uscita nel caso in cui il condensatore assuma un valore pari a $10^3\mu F$.
- Nel caso in cui $A=A_\infty$, l'espressione della tensione di uscita $V_u(t)$ in presenza di una tensione continua di off-set in ingresso dell'op-amp pari a $V_{offset}=100\mu V$ avente il segno positivo nel morsetto invertente.

Domanda Facoltativa: Il/La candidato/a inoltre trovi nel caso in cui $A=10^5$, l'espressione della tensione di uscita $V_u(t)$ in presenza di una tensione continua di off-set in ingresso dell'op-amp pari a $V_{offset}=100\mu V$ avente il segno negativo nel morsetto invertente.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Specialista/Magistrale
II Sessione – 24 Novembre 2011**

Settore Industriale

Energetica - II Prova scritta

Il candidato illustri le ragioni per cui gli impianti combinati gas-vapore rappresentano oggi una soluzione particolarmente valida nel settore degli impianti termoelettrici di grande taglia. Inoltre, sulla base di assunzioni rispondenti all'attuale stato dell'arte, calcoli orientativamente il massimo rendimento globale conseguibile

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Specialista/Magistrale
II Sessione – 24 Novembre 2011**

Settore Industriale

Impianti Industriali - II Prova scritta

Il candidato esponga obiettivi e modalità di implementazione di un sistema per il monitoraggio ed il controllo dell'efficienza (ad es. Overall Equipment Effectiveness) di un impianto industriale.

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE
DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE SPECIALISTA/MAGISTRALE**

II SESSIONE 2011

SECONDA PROVA - TEMA DI DISEGNO DI MACCHINE

Il candidato illustri le attuali tecniche di ingegneria inversa delle forme e di prototipazione rapida conosciute. Per ciascuna tecnica si illustrino i principi di funzionamento, i campi di applicabilità, i vantaggi ed i limiti.

Si Completì l'elaborato scegliendo tra le tecniche discusse, una metodologia idonea per l'acquisizione di forme di un componente notevolmente deformabile e con problemi di sottosquadro e la relativa procedura di misura.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Specialista/Magistrale
II Sessione – 24 Novembre 2011**

Settore Industriale

Meccanica (Fisica Tecnica) - II Prova scritta

Il candidato illustri, dapprima, i meccanismi dello scambio termico per convezione, sia essa naturale, forzata, con e senza cambiamenti di stato. In seguito, descriva alcuni fenomeni, applicazioni e dispositivi nei quali tale meccanismo riveste particolare importanza.

Compito Ingegneria Elettronica
2° prova Scritta

Si consideri un amplificatore operazionale nella configurazione invertente ed un altro nella configurazione non invertente, con resistenze R_1, R_2 dove R_2 è la resistenza di controreazione.

Il candidato risolva i seguenti quesiti:

a) Per ciascuno di essi ed in presenza in ingresso di una tensione continua V_i , si calcoli l'espressione della tensione di uscita e della impedenza di ingresso, nelle seguenti condizioni:

- 1) Amplificazione infinita $= A_\infty$;
 - 2) Amplificazione non infinita $= A_0$;
 - 3) Amplificazione infinita $= A_\infty$ e presenza di una tensione di off-set $V_{offset} = V_0$;
 - 4) Amplificazione non infinita $= A_0$ e presenza di una tensione di off-set $V_{offset} = V_0$;
 - 5) Amplificazione infinita $= A_\infty$ e presenza di $R_{ingresso} = R_i$;
 - 6) Amplificazione non infinita $= A_0$ e presenza di $R_{ingresso} = R_i$;
- Si considerino: $A_0 = 10^5$, $R_1 = 500 \Omega$, $R_2 = 50k\Omega$, $V_0 = 20\mu V$, $R_i = 10^8 \Omega$.

b) Per ciascuna delle configurazioni si calcolino i punti 2,4,6, quando l'amplificazione assume l'aspetto:

$$A = \frac{A_0}{\left(1 + j \frac{\omega}{\omega_0}\right)}$$

$$\text{con } \omega_0 = 2\pi f_0 \text{ con } f_0 = 100 \text{ Hz e con } V_i = 10^{-3} \sin(\omega t) [V]$$

mantenendo costanti i valori delle R_1 e R_2 .

c) Si supponga che una delle due resistenze R_1 e R_2 sia dipendente dalla temperatura con una legge

$$R_T = R_0 (1 + \alpha (T - T_0))$$

$$R_0 = 1k\Omega \quad T_0 = 300K \quad \text{ed } \alpha = 0.1 K^{-1}$$

mentre l'altra abbia un valore pari a $2 \cdot R_0$. Determinare nelle due configurazioni dell'op-amp (invertente e non invertente) quale delle due resistenze deve essere R_T e quale $2 \cdot R_0$ per avere che la tensione di uscita abbia la minima sensibilità nei confronti della temperatura nell'intorno di $T = 40^\circ C$ ($\left. \frac{\partial V_{out}}{\partial T} \right|_{T=40^\circ C}$). Si disegni inoltre per le due soluzioni trovate l'andamento della sensibilità in funzione della temperatura nell'intervallo $(0-100^\circ C)$.

ESAME DI STATO INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE
II PROVA SPECIALISTI
NOVEMBRE 2011

Uno degli errori più comuni che spesso si riscontrano al momento di sviluppare la pianificazione dei progetti è un'attenzione inadeguata riguardo la pianificazione delle risorse. Il candidato descriva gli approcci per una corretta stima della richiesta di risorse da allocare alle attività di un progetto. Successivamente, il candidato descriva l'utilizzo degli strumenti WBS (Work Breakdown Structure), OBS (Organization Breakdown Structure), RAM (Responsibility Assignment Matrix) e RACI (Responsible, Accountable, Consult, Inform) Chart per una corretta allocazione di risorse alle attività del progetto. Infine, il candidato descriva la fase di schedulazione della attività di progetto nel tempo con gli strumenti necessari per il suo raggiungimento di una baseline.

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA
PROFESSIONE DI INGEGNERE SPECIALISTA/MAGISTRALE
Seconda Sessione 2011

Seconda Prova Scritta

Informatica

Il candidato descriva i concetti di base, le caratteristiche fondamentali, vantaggi e criticità del modello di sviluppo RUP per il software.

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
SPECIALISTA/MAGISTRALE**

II SESSIONE 2011

II Prova scritta - Telecomunicazioni

Le reti di telecomunicazione si suddividono genericamente in reti di trasporto e reti di accesso. Il candidato descriva l'architettura di una rete di accesso (fissa o mobile) e ne indichi le strategie di pianificazione delle risorse in funzione del servizio da offrire.

I prova junior

Esame di stato
Laurea Magistrale, settore civile – ambientale
3^ prova scritta

Il candidato rediga in maniera esaustiva e completa parte della relazione di processo relativa ad un impianto di trattamento biologico (20.000 ab eq) a fanghi attivi (ad ossidazione totale senza denitrificazione). In particolare è richiesto il calcolo:

- dei volumi delle vasche di trattamento biologico a fanghi attivi e di sedimentazione primaria e secondaria;
- dell'età del fango;
- dei volumi orari di aria necessari per l'ossidazione biologica;
- la quantità di fanghi prodotti in peso e volume;
- delle concentrazioni dei relativi elementi in uscita dalla vasca di sedimentazione secondaria, verificandone la conformità alla normativa nazionale vigente.

Per il calcolo si assumano i dati riportati di seguito:

Dotazione idrica 400 l/ab g

BOD5 = 60 gr/ab d

N = 8 gr/ab d

SST = 120 gr /ab d

P = 2 gr /ab d

Si diagrammi l'andamento del taglio e del momento relativi alla parete della vasca ipotizzandola interrata per 1/3 della sua altezza.

3^a prova scritta

Esame di Stato
Sessione Novembre 2011

Ingegneria Civile (strutture) – Laurea magistrale

Dimensionare la struttura per un serbatoio sopraelevato del volume di 500 mc, ricadente in zona sismica di II categoria. Assumere come carico orizzontale $1/10$ del peso del serbatoio.

Descrivere il modello strutturale assunto e disegnare gli elementi strutturali più importanti (o parti di esse).

Assumere le caratteristiche del materiale. Assumere le caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione e produrre la pianta delle fondazioni.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Specialista/Magistrale
II Sessione 2011**

Settore Civile-Ambientale

Edile - Prova progettuale

Progettare, in un lotto rettangolare piano e privo di vincoli, un centro sportivo con reception, un punto ristoro, spogliatoi con docce e servizi, uffici per direzione, infermeria, una sala pesi e una piscina con vasca di dimensioni 25x12,5 m.

Gli elaborati obbligatori sono costituiti da:

- 1) planimetria generale dell'edificio (scala 1:500) indicando gli accessi, i parcheggi, le aree verdi, ecc.;
- 2) piante dell'edificio (scala 1:200)
- 3) prospetti dell'edificio (scala 1:200);
- 4) una sezione trasversale dell'edificio (scala 1:200);

- 5) Progetto di dettaglio della copertura ad unica luce del volume che ospita la piscina:
con pianta e sezione (scala 1:100); schemi grafici e predimensionamento di massima della struttura;

- 6) relazione tecnica, che illustri i criteri adottati e motivi le scelte progettuali effettuate,
con particolare riferimento alle soluzioni strutturali.

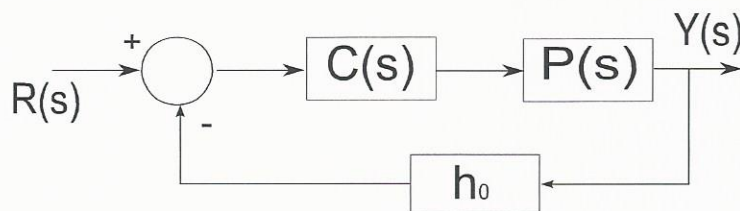
**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione
di Ingegnere Specialista/Magistrale
II sessione 2011 - 11 gennaio 2012
Prova Progettuale -AUTOMATICA**

L'analisi di un processo industriale ha permesso di individuarne un modello lineare stazionario a un ingresso e un'uscita la cui rappresentazione I-U è del tipo:

$$\ddot{y} + a\dot{y} + by = u$$

dove $u(t)$ è il segnale (scalare) di ingresso, $y(t)$ il segnale (scalare) in uscita e a e b sono due costanti, diverse tra loro e positive, che devono essere valutate con opportuni esperimenti.

- (i) Per ricavare i coefficienti a e b si studia la risposta in uscita al sistema $y(t)$ quando questo viene sollecitato con un ingresso $u(t)$ a gradino di ampiezza unitaria. Si nota in particolare che a regime l'uscita si assesta su un valore costante pari a $1/2$. L'andamento transitorio della risposta stessa al valore di regime permette inoltre di concludere che il sistema non presenta poli complessi e coniugati (non ci sono oscillazioni) e la sua costante di tempo più grande risulta pari a 1. Conoscendo questi dati, determinare il valore di a e b e scrivere quindi la funzione di trasferimento $P(s)$ del sistema con il valore dei coefficienti appena calcolati.
- (ii) In un secondo momento si nota che, senza aver sollecitato il sistema con alcun ingresso, questo presenta una risposta in uscita pari a $y(t) = \frac{1}{2}e^{-t}$. Calcolare le condizioni iniziali $y(0)$ e $y'(0)$ che hanno causato questa risposta.
- (iii) Un'analisi più approfondita del processo industriale ha permesso di costruire un modello di stato con tre variabili di stato (la cui funzione di trasferimento è la $P(s)$ ricavata al punto (i)). Misurando l'andamento delle variabili di stato con dei sensori appositi non utilizzati durante la fase di controllo, si nota che il vettore di stato in alcuni casi decade a 0 con una costante di tempo pari a 0.2. Sfruttando questa informazione, cosa si può dire della stabilità interna ed esterna del sistema? Esistono ingressi limitati opportuni $u(t)$ che, a partire da opportune condizioni iniziali, possano dar luogo a un'uscita che diverge per t che tende all'infinito?
- (iv) Cosa si può dire della raggiungibilità e dell'osservabilità del sistema: la $P(s)$ lo rappresenta tutto? Perché?
- (v) Si vuole controllare il processo industriale considerato sopra. Con riferimento allo schema in controreazione mostrato in figura (in cui $P(s)$ è la funzione di trasferimento individuata al punto (i)) e $h_0 = 2$, determinare la funzione di trasferimento $C(s)$ del blocco di controllo che garantisce un errore a regime nullo rispetto a riferimenti $r(t)$ costanti e un margine di fase di almeno 40 gradi. Quali specifiche nel tempo vengono assicurate assegnando un valore sufficientemente elevato al margine di fase?
- (vi) Gli esperimenti di cui al punto (i) permettono di individuare solo approssimativamente il valore (che verrà detto nominale) di a e b . In particolare, mentre il valore della risposta a regime al gradino può essere misurato in modo abbastanza preciso (e questo fornisce una valutazione accurata di b), la misura della velocità di convergenza risulta meno affidabile. Valutare perciò la robustezza della soluzione trovata al punto (v), discutendo cosa ne è delle due specifiche (di precisione e sul margine di fase) se, utilizzando il controllore progettato al punto (v), il valore reale della costante a presente nella $P(s)$ può risultare fino al 20 % diverso dal valore nominale calcolato al punto (i) (cioè se per esempio il valore di a calcolato al punto (i) fosse 10, il valore reale di a si potrebbe trovare in tutto l'intervallo $[8, 12]$).



**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Specialista/Magistrale
II Sessione – 2011**

Settore Industriale

Energetica - Prova progettuale

Il candidato individui caratteristiche e specifiche tecniche di un impianto a vapore alimentato a gas naturale di potenza nominale pari a 22 MW. In particolare, sulla base di assunzioni effettuate con buon senso tecnico e rispondenti all'attuale stato dell'arte, determini:

- la portata di combustibile (Nm³/h),
- la portata di aria per la combustione (Nm³/h),
- il tenore di O₂ nei fumi (% vol);
- la portata di vapore prodotto (t/h);
- il rendimento della caldaia (%);
- la portata di vapore allo scarico della turbina (t/h),
- il salto entalpico reale in espansione (kJ/kg),
- la portata di acqua di raffreddamento del condensatore (m³/h);
- il rendimento del ciclo (%)
- il rendimento globale dell'impianto (%).

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Specialista/Magistrale
II Sessione 2011**

Settore Industriale

Prova progettuale - Ingegneria Medica

Si progetti un oscillatore a frequenza di 100Hz in grado di generare una successione di denti di sega positivi con dinamica di uscita da 0 volt a 5 volt, utilizzando un amplificatore operazionale ed elementi passivi, nella configurazione integratrice.

Il/La candidato/a :

- a) disegni e spieghi il funzionamento del circuito e determini l'espressione della tensione di uscita;
- b) disegni un circuito adatto a contenere la dinamica di uscita da 0 volt a 5 volt, impiegando un interruttore ideale ed un circuito per il suo comando;
- c) progetti un comparatore che, inserito a valle del generatore a denti di sega, non più dotato di interruttore, e reazionato con il primo circuito, consenta di ottenere un oscillatore a frequenza di 50 Hz;
- d) disegnare la forma d'onda in uscita del circuito completo.

NB Si consiglia di consegnare l'elaborato in forma ordinata

LAUREA SPECIALISTICA – QUARTA PROVA – TEMA DI DISEGNO DI MACCHINE

Sia dato il riduttore di velocità a due stadi , con coppia di ruote dentate coniche a denti dritti e coppia di ruote dentate cilindriche a denti elicoidali, il cui schema è riportato nella figura sottostante.

Si esegua, a mano libera, un disegno dettagliato della sezione del suddetto riduttore tenendo in conto il risultato dei calcoli e dei dimensionamenti necessari, indicati nei punti successivi.

Si rappresentino con particolare cura i montaggi dei cuscinetti ed i calettamenti previsti per il montaggio degli delle ruote dentate. A tale proposito si prevedano i due pignoni di pezzo sui rispettivi alberi e si preveda per le altre due ruote un calettamento mediante linguetta e uno mediante profilo scanalato. Per l'albero di ingresso si preveda l'impiego di cuscinetti a rulli conici. Per l'albero intermedio, si preveda il montaggio di un reggispinta a doppio effetto e sull'albero di uscita un reggispinta a semplice effetto. Si scelgano opportunamente gli altri cuscinetti fra quelli compatibili con le scelte progettuali e gli altri componenti presenti, considerando la possibilità del riduttore di ruotare in entrambi i versi.

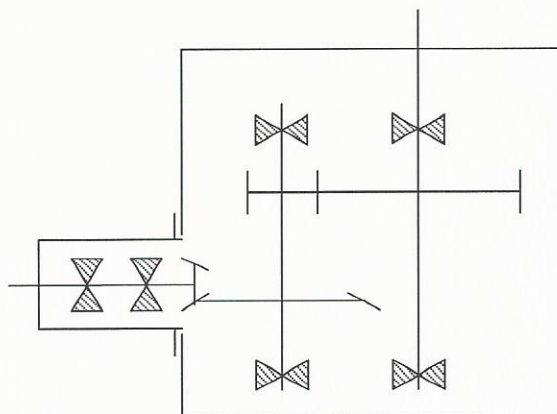
Si quoti l'albero in ingresso, l'albero di uscita e la ruota dentata calettata su di esso, specificando le quote di lavorazione e di collaudo, le indicazioni relative alle tolleranze dimensionali e geometriche e le indicazioni sullo stato di finitura delle superfici. Si compili infine il riquadro delle iscrizioni con l'indicazione e la designazione di tutti i componenti.

Il candidato svolga ed illustri in dettaglio i seguenti calcoli:

- dimensionamento di massa delle ruote dentate;
- dimensionamento e verifica a fatica degli alberi;
- dimensionamento e verifica dei calettamenti albero mozzo;
- dimensionamento e verifica (e scelta da catalogo) dei cuscinetti.
- Scelta del motore elettrico

Si assumano i seguenti dati come vincoli di progetto. Eventuali informazioni mancanti possono essere scelte a piacere dal candidato.

- Potenza in uscita 1.7 kW
- Coefficiente di servizio 1.21
- Rapporto di riduzione totale: 10
- Velocità in uscita 76 giri/min.
- Prevedere opportuni tappi di ispezione, tenute dinamiche e la regolazione assiale della posizione del pignone conico.



**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO
DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE SPECIALISTA
II SESSIONE – ANNO 2011**

PROVA PROGETTUALE – MECCANICA (FISICA TECNICA INDUSTRIALE)

In un polo commerciale, caratterizzato da 4 utenze principali aventi carichi termici costanti in estate ed inverno, si valuta la possibilità di realizzare un impianto di trigenerazione (energia elettrica, freddo e caldo), con relativa distribuzione (teleriscaldamento e teleraffreddamento), attraverso l'utilizzo di un ciclo combinato in contropressione.

Nel progetto iniziale, i gas di scarico del gruppo turbogas sono inviati in un generatore di vapore a recupero ad un livello di pressione. Il vapore prodotto, dopo l'espansione in turbina, cede calore al fluido vettore della distribuzione nel condensatore. Le caratteristiche dell'impianto a vapore sottoposto sono le seguenti:

Impianto a vapore

pressione in caldaia	40 bar
pressione al condensatore	4 bar
temperatura del vapore vivo	470 °C
rendimento isoentropico della turbina	0.88
rendimento meccanico	0.96
rendimento elettrico	0.98

Nell'impianto a gas a circuito aperto, il compressore aspira aria ($c_p=1.006$ kJ/kgK, $k=1.4$) alla temperatura di 20 °C, mentre i prodotti della combustione ($c_p=1.11$ kJ/kgK, $k=1.33$) entrano in turbina a 1320 K. Il combustibile utilizzato è gas naturale ($q_i=42000$ kJ/kg) e non sono previste post combustioni a valle del turbogas. Le caratteristiche di quest'ultimo sono di seguito riassunte:

Impianto a gas

ingresso al compressore	1 bar, 20 °C
rapporto di compressione	9
rendimento politropico del compressore	0.88
temperatura ingresso in turbina	1320 K
rendimento politropico della turbina	0.91
potere calorifico del combustibile	42000 kJ/kg
rendimento di combustione	0.98
rendimento meccanico	0.96
rendimento elettrico	0.98

La rete di teleriscaldamento, riportata negli allegati, per soddisfare le utenze deve fornire, in mandata, acqua pressurizzata alla temperatura di 130 °C alle sottostazioni di scambio termico, dove subisce una caduta di temperatura di 60°C.

Sulla base dei dati forniti, disegnando uno schema di impianto, il candidato determini:

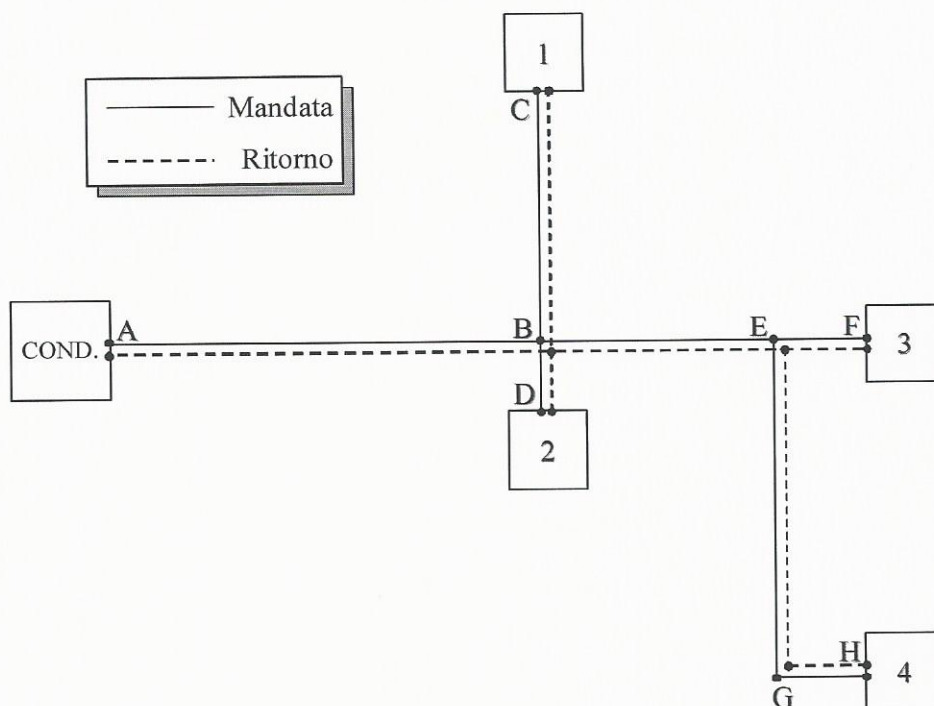
1. il bilancio termico del generatore di vapore a recupero;
2. il consumo orario di combustibile;
3. la potenza elettrica fornita dall'impianto combinato ai morsetti degli alternatori;
4. i parametri utilizzati per valutare le prestazioni dell'impianto cogenerativo in esame.

Per la rete di teleriscaldamento, valutando le proprietà del fluido vettore alla temperatura media, e considerando una differenza di pressione di sicurezza pari a 3 bar tra la pressione minima del circuito e la pressione di saturazione alla temperatura più bassa, soddisfare le seguenti richieste:

1. dimensionare ogni tratto della rete utilizzando il metodo della velocità imposta (compresa tra 0.3 m/s e 1.9 m/s);
2. valutare le perdite di carico nel circuito più sfavorevole, e graficare per questo gli andamenti della pressione e della velocità, sia in mandata che in ritorno;
3. posizionare la pompa, avente rendimenti idraulico ed elettromeccanico pari rispettivamente a 0.85 e 0.94, nel circuito, calcolando la potenza elettrica da essa richiesta per il funzionamento;
4. posizionare il vaso di espansione, supponendolo di tipo chiuso.

Note.

Riguardo ad eventuali dati non forniti, il candidato faccia delle assunzioni verosimili, fornendone una giustificazione.



Carichi termici.

Utenza	Carico termico [MW]
1	3
2	4
3	5
4	6

Lunghezza dei tratti.

Tratto	L [m]
AB	500
BC	350
BD	20
BE	250
EF	150
EG	350
GH	150

Quote altimetriche.

Tutte le utenze sono alla stessa quota altimetrica.

Perdite di carico localizzate.

Per il passaggio nel condensatore e in ciascun scambiatore delle sottostazioni considerare cadute di pressione pari rispettivamente a 1.5 bar e 0.6 bar.

Inoltre, in prossimità degli scambiatori, prevedere una valvola di regolazione a tre vie (coefficiente di attrito localizzato pari a 4) e due valvole di intercettazione.

Diametri commerciali.

Per i tubi coibentati commerciali, aventi una rugosità di 0.5 mm fino a diametri di 400 mm ed 1 mm per quelli sopra i 400 mm, si considerino i seguenti diametri interni:

- multipli interi di 25 mm, fino a 100 mm;
- multipli interi di 50 mm, fino a 500 mm;
- multipli interi di 100 mm, fino a 1000 mm.

Tabella dell'acqua liquida sottoraffreddata

T °C	$v \times 10^3$ m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	$v \times 10^3$ m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
$p = 25 \text{ bars} = 2.5 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 223.99^\circ\text{C}$)					$p = 50 \text{ bars} = 5.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 263.99^\circ\text{C}$)			
20	1.0006	83.80	86.30	.2961	.9995	83.65	88.65	.2956
40	1.0067	167.25	169.77	.5715	1.0056	166.95	171.97	.5705
80	1.0280	334.29	336.86	1.0737	1.0268	333.72	338.85	1.0720
100	1.0423	418.24	420.85	1.3050	1.0410	417.52	422.72	1.3030
140	1.0784	587.82	590.52	1.7369	1.0768	586.76	592.15	1.7343
180	1.1261	761.16	763.97	2.1375	1.1240	759.63	765.25	2.1341
200	1.1555	849.9	852.8	2.3294	1.1530	848.1	853.9	2.3255
220	1.1898	940.7	943.7	2.5174	1.1866	938.4	944.4	2.5128
Sat.	1.1973	959.1	962.1	2.5546	1.2859	1147.8	1154.2	2.9202
$p = 75 \text{ bars} = 7.5 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 290.59^\circ\text{C}$)					$p = 100 \text{ bars} = 10.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 311.06^\circ\text{C}$)			
20	.9984	83.50	90.99	.2950	.9972	83.36	93.33	.2945
40	1.0045	166.64	174.18	.5696	1.0034	166.35	176.38	.5686
80	1.0256	333.15	340.84	1.0704	1.0245	332.59	342.83	1.0688
100	1.0397	416.81	424.62	1.3011	1.0385	416.12	426.50	1.2992
140	1.0752	585.72	593.78	1.7317	1.0737	584.68	595.42	1.7292
180	1.1219	758.13	766.55	2.1308	1.1199	756.65	767.84	2.1275
220	1.1835	936.2	945.1	2.5083	1.1805	934.1	945.9	2.5039
260	1.2696	1124.4	1134.0	2.8763	1.2645	1121.1	1133.7	2.8699
Sat.	1.3677	1282.0	1292.2	3.1649	1.4524	1393.0	1407.6	3.3596
$p = 150 \text{ bars} = 15.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 342.24^\circ\text{C}$)					$p = 200 \text{ bars} = 20.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 365.81^\circ\text{C}$)			
20	.9950	83.06	97.99	.2934	.9928	82.77	102.62	.2923
40	1.0013	165.76	180.78	.5666	.9992	165.17	185.16	.5646
80	1.0222	331.48	346.81	1.0656	1.0199	330.40	350.80	1.0624
100	1.0361	414.74	430.28	1.2955	1.0337	413.39	434.06	1.2917
140	1.0707	582.66	598.72	1.7242	1.0678	580.69	602.04	1.7193
180	1.1159	753.76	770.50	2.1210	1.1120	750.95	773.20	2.1147
220	1.1748	929.9	947.5	2.4953	1.1693	925.9	949.3	2.4870
260	1.2550	1114.6	1133.4	2.8576	1.2462	1108.6	1133.5	2.8459
300	1.3770	1316.6	1337.3	3.2260	1.3596	1306.1	1333.3	3.2071
Sat.	1.6581	1585.6	1610.5	3.6848	2.036	1785.6	1826.3	4.0139
$p = 250 \text{ bars} = 25 \text{ MPa}$					$p = 300 \text{ bars} = 30.0 \text{ MPa}$			
20	.9907	82.47	107.24	.2911	.9886	82.17	111.84	.2899
40	.9971	164.60	189.52	.5626	.9951	164.04	193.89	.5607
100	1.0313	412.08	437.85	1.2881	1.0290	410.78	441.66	1.2844
200	1.1344	834.5	862.8	2.2961	1.1302	831.4	865.3	2.2893
300	1.3442	1296.6	1330.2	3.1900	1.3304	1287.9	1327.8	3.1741

H₂O

Fonte: adattato da M. J. Moran e H. N. Shapiro, Fundamentals of engineering thermodynamics, John Wiley & Sons Inc., New York, 1995.

Tabella del vapor saturo dell'acqua

Temp. °C	Press. bars	Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg · K		Temp. °C
		Sat. Liquid $v_f \times 10^3$	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid u_f	Sat. Vapor u_g	Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Sat. Vapor s_g	
.01	0.00611	1.0002	206.136	0.00	2375.3	0.01	2501.3	2501.4	0.0000	9.1562	.01
4	0.00813	1.0001	157.232	16.77	2380.9	16.78	2491.9	2508.7	0.0610	9.0514	4
5	0.00872	1.0001	147.120	20.97	2382.3	20.98	2489.6	2510.6	0.0761	9.0257	5
6	0.00935	1.0001	137.734	25.19	2383.6	25.20	2487.2	2512.4	0.0912	9.0003	6
8	0.01072	1.0002	120.917	33.59	2386.4	33.60	2482.5	2516.1	0.1212	8.9501	8
10	0.01228	1.0004	106.379	42.00	2389.2	42.01	2477.7	2519.8	0.1510	8.9008	10
11	0.01312	1.0004	99.857	46.20	2390.5	46.20	2475.4	2521.6	0.1658	8.8765	11
12	0.01402	1.0005	93.784	50.41	2391.9	50.41	2473.0	2523.4	0.1806	8.8524	12
13	0.01497	1.0007	88.124	54.60	2393.3	54.60	2470.7	2525.3	0.1953	8.8285	13
14	0.01598	1.0008	82.848	58.79	2394.7	58.80	2468.3	2527.1	0.2099	8.8048	14
15	0.01705	1.0009	77.926	62.99	2396.1	62.99	2465.9	2528.9	0.2245	8.7814	15
16	0.01818	1.0011	73.333	67.18	2397.4	67.19	2463.6	2530.8	0.2390	8.7582	16
17	0.01938	1.0012	69.044	71.38	2398.8	71.38	2461.2	2532.6	0.2535	8.7351	17
18	0.02064	1.0014	65.038	75.57	2400.2	75.58	2458.8	2534.4	0.2679	8.7123	18
19	0.02198	1.0016	61.293	79.76	2401.6	79.77	2456.5	2536.2	0.2823	8.6897	19
20	0.02339	1.0018	57.791	83.95	2402.9	83.96	2454.1	2538.1	0.2966	8.6672	20
21	0.02487	1.0020	54.514	88.14	2404.3	88.14	2451.8	2539.9	0.3109	8.6450	21
22	0.02645	1.0022	51.447	92.32	2405.7	92.33	2449.4	2541.7	0.3251	8.6229	22
23	0.02810	1.0024	48.574	96.51	2407.0	96.52	2447.0	2543.5	0.3393	8.6011	23
24	0.02985	1.0027	45.883	100.70	2408.4	100.70	2444.7	2545.4	0.3534	8.5794	24
25	0.03169	1.0029	43.360	104.88	2409.8	104.89	2442.3	2547.2	0.3674	8.5580	25
26	0.03363	1.0032	40.994	109.06	2411.1	109.07	2439.9	2549.0	0.3814	8.5367	26
27	0.03567	1.0035	38.774	113.25	2412.5	113.25	2437.6	2550.8	0.3954	8.5156	27
28	0.03782	1.0037	36.690	117.42	2413.9	117.43	2435.2	2552.6	0.4093	8.4946	28
29	0.04008	1.0040	34.733	121.60	2415.2	121.61	2432.8	2554.5	0.4231	8.4739	29
30	0.04246	1.0043	32.894	125.78	2416.6	125.79	2430.5	2556.3	0.4369	8.4533	30
31	0.04496	1.0046	31.165	129.96	2418.0	129.97	2428.1	2558.1	0.4507	8.4329	31
32	0.04759	1.0050	29.540	134.14	2419.3	134.15	2425.7	2559.9	0.4644	8.4127	32
33	0.05034	1.0053	28.011	138.32	2420.7	138.33	2423.4	2561.7	0.4781	8.3927	33
34	0.05324	1.0056	26.571	142.50	2422.0	142.50	2421.0	2563.5	0.4917	8.3728	34
35	0.05628	1.0060	25.216	146.67	2423.4	146.68	2418.6	2565.3	0.5053	8.3531	35
36	0.05947	1.0063	23.940	150.85	2424.7	150.86	2416.2	2567.1	0.5188	8.3336	36
38	0.06632	1.0071	21.602	159.20	2427.4	159.21	2411.5	2570.7	0.5458	8.2950	38
40	0.07384	1.0078	19.523	167.56	2430.1	167.57	2406.7	2574.3	0.5725	8.2570	40
45	0.09593	1.0099	15.258	188.44	2436.8	188.45	2394.8	2583.2	0.6387	8.1648	45

Tabella del vapor saturo dell'acqua (continua)

Temp. °C	Press. bars	Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg · K		Temp. °C
		Sat. Liquid $v_f \times 10^3$	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid u_f	Sat. Vapor u_g	Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Sat. Vapor s_g	
50	.1235	1.0121	12.032	209.32	2443.5	209.33	2382.7	2592.1	.7038	8.0763	50
55	.1576	1.0146	9.568	230.21	2450.1	230.23	2370.7	2600.9	.7679	7.9913	55
60	.1994	1.0172	7.671	251.11	2456.6	251.13	2358.5	2609.6	.8312	7.9096	60
65	.2503	1.0199	6.197	272.02	2463.1	272.06	2346.2	2618.3	.8935	7.8310	65
70	.3119	1.0228	5.042	292.95	2469.6	292.98	2333.8	2626.8	.9549	7.7553	70
75	.3858	1.0259	4.131	313.90	2475.9	313.93	2321.4	2635.3	1.0155	7.6824	75
80	.4739	1.0291	3.407	334.86	2482.2	334.91	2308.8	2643.7	1.0753	7.6122	80
85	.5783	1.0325	2.828	355.84	2488.4	355.90	2296.0	2651.9	1.1343	7.5445	85
90	.7014	1.0360	2.361	376.85	2494.5	376.92	2283.2	2660.1	1.1925	7.4791	90
95	.8455	1.0397	1.982	397.88	2500.6	397.96	2270.2	2668.1	1.2500	7.4159	95
100	1.014	1.0435	1.673	418.94	2506.5	419.04	2257.0	2676.1	1.3069	7.3549	100
110	1.433	1.0516	1.210	461.14	2518.1	461.30	2230.2	2691.5	1.4185	7.2387	110
120	1.985	1.0603	0.8919	503.50	2529.3	503.71	2202.6	2706.3	1.5276	7.1296	120
130	2.701	1.0697	0.6685	546.02	2539.9	546.31	2174.2	2720.5	1.6344	7.0269	130
140	3.613	1.0797	0.5089	588.74	2550.0	589.13	2144.7	2733.9	1.7391	6.9299	140
150	4.758	1.0905	0.3928	631.68	2559.5	632.20	2114.3	2746.5	1.8418	6.8379	150
160	6.178	1.1020	0.3071	674.86	2568.4	675.55	2082.6	2758.1	1.9427	6.7502	160
170	7.917	1.1143	0.2428	718.33	2576.5	719.21	2049.5	2768.7	2.0419	6.6663	170
180	10.02	1.1274	0.1941	762.09	2583.7	763.22	2015.0	2778.2	2.1396	6.5857	180
190	12.54	1.1414	0.1565	806.19	2590.0	807.62	1978.8	2786.4	2.2359	6.5079	190
200	15.54	1.1565	0.1274	850.65	2595.3	852.45	1940.7	2793.2	2.3309	6.4323	200
210	19.06	1.1726	0.1044	895.53	2599.5	897.76	1900.7	2798.5	2.4248	6.3585	210
220	23.18	1.1900	0.08619	940.87	2602.4	943.62	1858.5	2802.1	2.5178	6.2861	220
230	27.95	1.2088	0.07158	986.74	2603.9	990.12	1813.8	2804.0	2.6099	6.2146	230
240	33.44	1.2291	0.05976	1033.2	2604.0	1037.3	1766.5	2803.8	2.7015	6.1437	240
250	39.73	1.2512	0.05013	1080.4	2602.4	1085.4	1716.2	2801.5	2.7927	6.0730	250
260	46.88	1.2755	0.04221	1128.4	2599.0	1134.4	1662.5	2796.6	2.8838	6.0019	260
270	54.99	1.3023	0.03564	1177.4	2593.7	1184.5	1605.2	2789.7	2.9751	5.9301	270
280	64.12	1.3321	0.03017	1227.5	2586.1	1236.0	1543.6	2779.6	3.0668	5.8571	280
290	74.36	1.3656	0.02557	1278.9	2576.0	1289.1	1477.1	2766.2	3.1594	5.7821	290
300	85.81	1.4036	0.02167	1332.0	2563.0	1344.0	1404.9	2749.0	3.2534	5.7045	300
320	112.7	1.4988	0.01549	1444.6	2525.5	1461.5	1238.6	2700.1	3.4480	5.5362	320
340	145.9	1.6379	0.01080	1570.3	2464.6	1594.2	1027.9	2622.0	3.6594	5.3357	340
360	186.5	1.8925	0.006945	1725.2	2351.5	1760.5	720.5	2481.0	3.9147	5.0526	360
374.14	220.9	3.155	0.003155	2029.6	2029.6	2099.3	0	2099.3	4.4298	4.4298	374.14

Tabella del vapor saturo dell'acqua

Press. bars	Temp. °C	Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg · K		Press. bars
		Sat. Liquid $v_f \times 10^3$	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid u_f	Sat. Vapor u_g	Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Sat. Vapor s_g	
0.04	28.96	1.0040	34.800	121.45	2415.2	121.46	2432.9	2554.4	0.4226	8.4746	0.04
0.06	36.16	1.0064	23.739	151.53	2425.0	151.53	2415.9	2567.4	0.5210	8.3304	0.06
0.08	41.51	1.0084	18.103	173.87	2432.2	173.88	2403.1	2577.0	0.5926	8.2287	0.08
0.10	45.81	1.0102	14.674	191.82	2437.9	191.83	2392.8	2584.7	0.6493	8.1502	0.10
0.20	60.06	1.0172	7.649	251.38	2456.7	251.40	2358.3	2609.7	0.8320	7.9085	0.20
0.30	69.10	1.0223	5.229	289.20	2468.4	289.23	2336.1	2625.3	0.9439	7.7686	0.30
0.40	75.87	1.0265	3.993	317.53	2477.0	317.58	2319.2	2636.8	1.0259	7.6700	0.40
0.50	81.33	1.0300	3.240	340.44	2483.9	340.49	2305.4	2645.9	1.0910	7.5939	0.50
0.60	85.94	1.0331	2.732	359.79	2489.6	359.86	2293.6	2653.5	1.1453	7.5320	0.60
0.70	89.95	1.0360	2.365	376.63	2494.5	376.70	2283.3	2660.0	1.1919	7.4797	0.70
0.80	93.50	1.0380	2.087	391.58	2498.8	391.66	2274.1	2665.8	1.2329	7.4346	0.80
0.90	96.71	1.0410	1.869	405.06	2502.6	405.15	2265.7	2670.9	1.2695	7.3949	0.90
1.00	99.63	1.0432	1.694	417.36	2506.1	417.46	2258.0	2675.5	1.3026	7.3594	1.00
1.50	111.4	1.0528	1.159	466.94	2519.7	467.11	2226.5	2693.6	1.4336	7.2233	1.50
2.00	120.2	1.0605	0.8857	504.49	2529.5	504.70	2201.9	2706.7	1.5301	7.1271	2.00
2.50	127.4	1.0672	0.7187	535.10	2537.2	535.37	2181.5	2716.9	1.6072	7.0527	2.50
3.00	133.6	1.0732	0.6058	561.15	2543.6	561.47	2163.8	2725.3	1.6718	6.9919	3.00
3.50	138.9	1.0786	0.5243	583.95	2546.9	584.33	2148.1	2732.4	1.7275	6.9405	3.50
4.00	143.6	1.0836	0.4625	604.31	2553.6	604.74	2133.8	2738.6	1.7766	6.8959	4.00
4.50	147.9	1.0882	0.4140	622.25	2557.6	623.25	2120.7	2743.9	1.8207	6.8565	4.50
5.00	151.9	1.0926	0.3749	639.68	2561.2	640.23	2108.5	2748.7	1.8607	6.8212	5.00
6.00	158.9	1.1006	0.3157	669.90	2567.4	670.56	2086.3	2756.8	1.9312	6.7600	6.00
7.00	165.0	1.1080	0.2729	696.44	2572.5	697.22	2066.3	2763.5	1.9922	6.7080	7.00
8.00	170.4	1.1148	0.2404	720.22	2576.8	721.11	2048.0	2769.1	2.0462	6.6628	8.00
9.00	175.4	1.1212	0.2150	741.83	2580.5	742.83	2031.1	2773.9	2.0946	6.6226	9.00
10.0	179.9	1.1273	0.1944	761.68	2583.6	762.81	2015.3	2778.1	2.1387	6.5863	10.0
15.0	198.3	1.1539	0.1318	843.16	2594.5	844.84	1947.3	2792.2	2.3150	6.4448	15.0
20.0	212.4	1.1767	0.09963	906.44	2600.3	908.79	1890.7	2799.5	2.4474	6.3409	20.0
25.0	224.0	1.1973	0.07998	959.11	2603.1	962.11	1841.0	2803.1	2.5547	6.2575	25.0
30.0	233.9	1.2165	0.06668	1004.8	2604.1	1008.4	1795.7	2804.2	2.6457	6.1869	30.0
35.0	242.6	1.2347	0.05707	1045.4	2603.7	1049.8	1753.7	2803.4	2.7253	6.1253	35.0
40.0	250.4	1.2522	0.04978	1082.3	2602.3	1087.3	1714.1	2801.4	2.7964	6.0701	40.0
45.0	257.5	1.2692	0.04406	1116.2	2600.1	1121.9	1676.4	2798.3	2.8610	6.0199	45.0
50.0	264.0	1.2859	0.03944	1147.8	2597.1	1154.2	1640.1	2794.3	2.9202	5.9734	50.0
60.0	275.6	1.3187	0.03244	1205.4	2589.7	1213.4	1571.0	2784.3	3.0267	5.8892	60.0
70.0	285.9	1.3513	0.02737	1257.6	2580.5	1267.0	1505.1	2772.1	3.1211	5.8133	70.0
80.0	295.1	1.3842	0.02352	1305.6	2569.8	1316.6	1441.3	2758.0	3.2068	5.7432	80.0
90.0	303.4	1.4178	0.02048	1350.5	2557.8	1363.3	1378.9	2742.1	3.2858	5.6772	90.0
100.	311.1	1.4524	0.01803	1393.0	2544.4	1407.6	1317.1	2724.7	3.3596	5.6141	100.
110.	318.2	1.4886	0.01599	1433.7	2529.8	1450.1	1255.5	2705.6	3.4295	5.5527	110.
120.	324.8	1.5267	0.01426	1473.0	2513.7	1491.3	1193.6	2684.9	3.4962	5.4924	120.
130.	330.9	1.5671	0.01278	1511.1	2496.1	1531.5	1130.7	2662.2	3.5606	5.4323	130.
140.	336.8	1.6107	0.01149	1548.6	2476.8	1571.1	1066.5	2637.6	3.6232	5.3717	140.
150.	342.2	1.6581	0.01034	1585.6	2455.5	1610.5	1000.0	2610.5	3.6848	5.3098	150.
160.	347.4	1.7107	0.009306	1622.7	2431.7	1650.1	930.6	2580.6	3.7461	5.2455	160.
170.	352.4	1.7702	0.008364	1660.2	2405.0	1690.3	856.9	2547.2	3.8079	5.1777	170.
180.	357.1	1.8397	0.007489	1698.9	2374.3	1732.0	777.1	2509.1	3.8715	5.1044	180.
190.	361.5	1.9243	0.006657	1739.9	2338.1	1776.5	688.0	2464.5	3.9388	5.0228	190.
200.	365.8	2.036	0.005834	1785.6	2293.0	1826.3	583.4	2409.7	4.0139	4.9269	200.
220.9	374.1	3.155	0.003155	2029.6	2029.6	2099.3	0	2099.3	4.4298	4.4298	220.9

Tabella del vapore surriscaldato dell'acqua

T °C	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
$p = 0.06 \text{ bar} = 0.006 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 36.16^\circ\text{C}$)					$p = 0.35 \text{ bar} = 0.035 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 72.69^\circ\text{C}$)			
Sat.	23.739	2425.0	2567.4	8.3304	4.526	2473.0	2631.4	7.7158
80	27.132	2487.3	2650.1	8.5804	4.625	2483.7	2645.6	7.7564
120	30.219	2544.7	2726.0	8.7840	5.163	2542.4	2723.1	7.9644
160	33.302	2602.7	2802.5	8.9693	5.696	2601.2	2800.6	8.1519
200	36.383	2661.4	2879.7	9.1398	6.228	2660.4	2878.4	8.3237
240	39.462	2721.0	2957.8	9.2982	6.758	2720.3	2956.8	8.4828
280	42.540	2781.5	3036.8	9.4464	7.287	2780.9	3036.0	8.6314
320	45.618	2843.0	3116.7	9.5859	7.815	2842.5	3116.1	8.7712
360	48.696	2905.5	3197.7	9.7180	8.344	2905.1	3197.1	8.9034
400	51.774	2969.0	3279.6	9.8435	8.872	2968.6	3279.2	9.0291
440	54.851	3033.5	3362.6	9.9633	9.400	3033.2	3362.2	9.1490
500	59.467	3132.3	3489.1	10.1336	10.192	3132.1	3488.8	9.3194

$p = 0.70 \text{ bar} = 0.07 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 89.95^\circ\text{C}$)					$p = 1.0 \text{ bar} = 0.10 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 99.63^\circ\text{C}$)			
Sat.	2.365	2494.5	2660.0	7.4797	1.694	2506.1	2675.5	7.3594
100	2.434	2509.7	2680.0	7.5341	1.696	2506.7	2676.2	7.3614
120	2.571	2539.7	2719.6	7.6375	1.793	2537.3	2716.6	7.4668
160	2.841	2599.4	2798.2	7.8279	1.984	2597.8	2796.2	7.6597
200	3.108	2659.1	2876.7	8.0012	2.172	2658.1	2875.3	7.8343
240	3.374	2719.3	2955.5	8.1611	2.359	2718.5	2954.5	7.9949
280	3.640	2780.2	3035.0	8.3162	2.546	2779.6	3034.2	8.1445
320	3.905	2842.0	3115.3	8.4504	2.732	2841.5	3114.6	8.2849
360	4.170	2904.6	3196.5	8.5828	2.917	2904.2	3195.9	8.4175
400	4.434	2968.2	3278.6	8.7086	3.103	2967.9	3278.2	8.5435
440	4.698	3032.9	3361.8	8.8286	3.288	3032.6	3361.4	8.6636
500	5.095	3131.8	3488.5	8.9991	3.565	3131.6	3488.1	8.8342

$p = 1.5 \text{ bars} = 0.15 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 111.37^\circ\text{C}$)					$p = 3.0 \text{ bars} = 0.30 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 133.55^\circ\text{C}$)			
Sat.	1.159	2519.7	2693.6	7.2233	0.606	2543.6	2725.3	6.9919
120	1.188	2533.3	2711.4	7.2693				
160	1.317	2595.2	2792.8	7.4665	0.651	2587.1	2782.3	7.1276
200	1.444	2656.2	2872.9	7.6433	0.716	2650.7	2865.5	7.3115
240	1.570	2717.2	2952.7	7.8052	0.781	2713.1	2947.3	7.4774
280	1.695	2778.6	3032.8	7.9555	0.844	2775.4	3028.6	7.6299
320	1.819	2840.6	3113.5	8.0964	0.907	2838.1	3110.1	7.7722
360	1.943	2903.5	3195.0	8.2293	0.969	2901.4	3192.2	7.9061
400	2.067	2967.3	3277.4	8.3555	1.032	2965.6	3275.0	8.0330
440	2.191	3032.1	3360.7	8.4757	1.094	3030.6	3358.7	8.1538
500	2.376	3131.2	3487.6	8.6466	1.187	3130.0	3486.0	8.3251
600	2.685	3301.7	3704.3	8.9101	1.341	3300.8	3703.2	8.5892

Tabella del vapore surriscaldato dell'acqua (continua)

T °C	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
$p = 5.0 \text{ bars} = 0.50 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 151.86^\circ\text{C}$)					$p = 7.0 \text{ bars} = 0.70 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 164.97^\circ\text{C}$)			
Sat.	0.3749	2561.2	2748.7	6.8213	0.2729	2572.5	2763.5	6.7080
180	0.4045	2609.7	2812.0	6.9656	0.2847	2599.8	2799.1	6.7880
200	0.4249	2642.9	2855.4	7.0592	0.2999	2634.8	2844.8	6.8865
240	0.4646	2707.6	2939.9	7.2307	0.3292	2701.8	2932.2	7.0641
280	0.5034	2771.2	3022.9	7.3865	0.3574	2766.9	3017.1	7.2233
320	0.5416	2834.7	3105.6	7.5308	0.3852	2831.3	3100.9	7.3697
360	0.5796	2898.7	3188.4	7.6660	0.4126	2895.8	3184.7	7.5063
400	0.6173	2963.2	3271.9	7.7938	0.4397	2960.9	3268.7	7.6350
440	0.6548	3028.6	3356.0	7.9152	0.4667	3026.6	3353.3	7.7571
500	0.7109	3128.4	3483.9	8.0873	0.5070	3126.8	3481.7	7.9299
600	0.8041	3299.6	3701.7	8.3522	0.5738	3298.5	3700.2	8.1956
700	0.8969	3477.5	3925.9	8.5952	0.6403	3476.6	3924.8	8.4391

$p = 10.0 \text{ bars} = 1.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 179.91^\circ\text{C}$)					$p = 15.0 \text{ bars} = 1.5 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 198.32^\circ\text{C}$)			
Sat.	0.1944	2583.6	2778.1	6.5865	0.1318	2594.5	2792.2	6.4448
200	0.2060	2621.9	2827.9	6.6940	0.1325	2598.1	2796.8	6.4546
240	0.2275	2692.9	2920.4	6.8817	0.1483	2676.9	2899.3	6.6628
280	0.2480	2760.2	3008.2	7.0465	0.1627	2748.6	2992.7	6.8381
320	0.2678	2826.1	3093.9	7.1962	0.1765	2817.1	3081.9	6.9938
360	0.2873	2891.6	3178.9	7.3349	0.1899	2884.4	3169.2	7.1363
400	0.3066	2957.3	3263.9	7.4651	0.2030	2951.3	3255.8	7.2690
440	0.3257	3023.6	3349.3	7.5883	0.2160	3018.5	3342.5	7.3940
500	0.3541	3124.4	3478.5	7.7622	0.2352	3120.3	3473.1	7.5698
540	0.3729	3192.6	3565.6	7.8720	0.2478	3189.1	3560.9	7.6805
600	0.4011	3296.8	3697.9	8.0290	0.2668	3293.9	3694.0	7.8385
640	0.4198	3367.4	3787.2	8.1290	0.2793	3364.8	3783.8	7.9391

$p = 20.0 \text{ bars} = 2.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 212.42^\circ\text{C}$)					$p = 30.0 \text{ bars} = 3.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 233.90^\circ\text{C}$)			
Sat.	0.0996	2600.3	2799.5	6.3409	0.0667	2604.1	2804.2	6.1869
240	0.1085	2659.6	2876.5	6.4952	0.0682	2619.7	2824.3	6.2265
280	0.1200	2736.4	2976.4	6.6828	0.0771	2709.9	2941.3	6.4462
320	0.1308	2807.9	3069.5	6.8452	0.0850	2788.4	3043.4	6.6245
360	0.1411	2877.0	3159.3	6.9917	0.0923	2861.7	3138.7	6.7801
400	0.1512	2945.2	3247.6	7.1271	0.0994	2932.8	3230.9	6.9212
440	0.1611	3013.4	3335.5	7.2540	0.1062	3002.9	3321.5	7.0520
500	0.1757	3116.2	3467.6	7.4317	0.1162	3108.0	3456.5	7.2338
540	0.1853	3185.6	3556.1	7.5434	0.1227	3178.4	3546.6	7.3474
600	0.1996	3290.9	3690.1	7.7024	0.1324	3285.0	3682.3	7.5085
640	0.2091	3362.2	3780.4	7.8035	0.1388	3357.0	3773.5	7.6106
700	0.2232	3470.9	3917.4	7.9487	0.1484	3466.5	3911.7	7.7571

Tabella del vapore surriscaldato dell'acqua (continua)

T °C	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
$p = 40 \text{ bars} = 4.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 250.4^\circ\text{C}$)					$p = 60 \text{ bars} = 6.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 275.64^\circ\text{C}$)			
Sat.	0.04978	2602.3	2801.4	6.0701	0.03244	2589.7	2784.3	5.8892
280	0.05546	2680.0	2901.8	6.2568	0.03317	2605.2	2804.2	5.9252
320	0.06199	2767.4	3015.4	6.4553	0.03876	2720.0	2952.6	6.1846
360	0.06788	2845.7	3117.2	6.6215	0.04331	2811.2	3071.1	6.3782
400	0.07341	2919.9	3213.6	6.7690	0.04739	2892.9	3177.2	6.5408
440	0.07872	2992.2	3307.1	6.9041	0.05122	2970.0	3277.3	6.6853
500	0.08643	3099.5	3445.3	7.0901	0.05665	3082.2	3422.2	6.8803
540	0.09145	3171.1	3536.9	7.2056	0.06015	3156.1	3517.0	6.9999
600	0.09885	3279.1	3674.4	7.3688	0.06525	3266.9	3658.4	7.1677
640	0.1037	3351.8	3766.6	7.4720	0.06859	3341.0	3752.6	7.2731
700	0.1110	3462.1	3905.9	7.6198	0.07352	3453.1	3894.1	7.4234
740	0.1157	3536.6	3999.6	7.7141	0.07677	3528.3	3989.2	7.5190

$p = 80 \text{ bars} = 8.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 295.06^\circ\text{C}$)					$p = 100 \text{ bars} = 10.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 311.06^\circ\text{C}$)			
Sat.	0.02352	2569.8	2758.0	5.7432	0.01803	2544.4	2724.7	5.6141
320	0.02682	2662.7	2877.2	5.9489	0.01925	2588.8	2781.3	5.7103
360	0.03089	2772.7	3019.8	6.1819	0.02331	2729.1	2962.1	6.0060
400	0.03432	2863.8	3138.3	6.3634	0.02641	2832.4	3096.5	6.2120
440	0.03742	2946.7	3246.1	6.5190	0.02911	2922.1	3213.2	6.3805
480	0.04034	3025.7	3348.4	6.6586	0.03160	3005.4	3321.4	6.5282
520	0.04313	3102.7	3447.7	6.7871	0.03394	3085.6	3425.1	6.6622
560	0.04582	3178.7	3545.3	6.9072	0.03619	3164.1	3526.0	6.7864
600	0.04845	3254.4	3642.0	7.0206	0.03837	3241.7	3625.3	6.9029
640	0.05102	3330.1	3738.3	7.1283	0.04048	3318.9	3723.7	7.0131
700	0.05481	3443.9	3882.4	7.2812	0.04358	3434.7	3870.5	7.1687
740	0.05729	3520.4	3978.7	7.3782	0.04560	3512.1	3968.1	7.2670

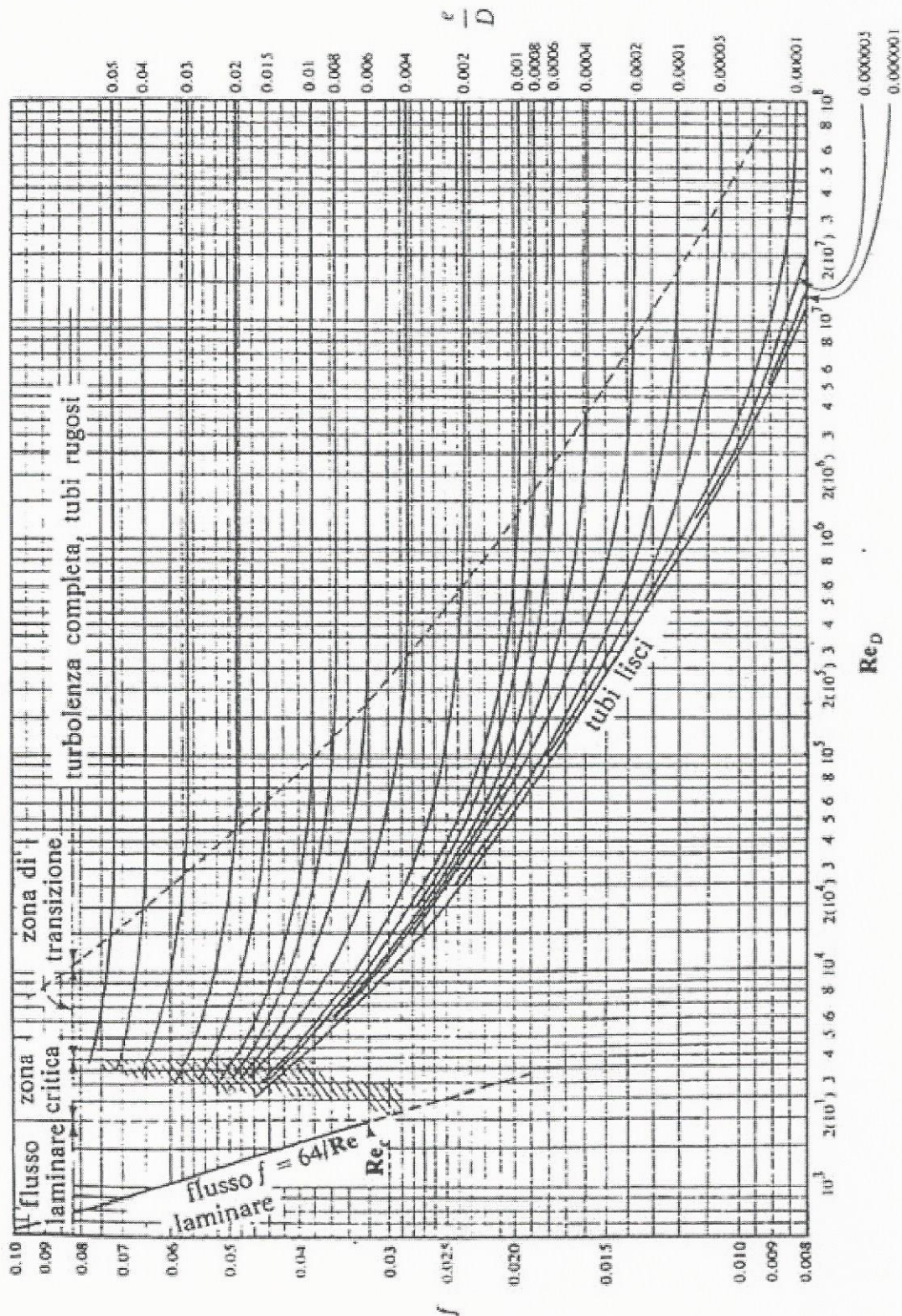
$p = 120 \text{ bars} = 12.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 324.75^\circ\text{C}$)					$p = 140 \text{ bars} = 14.0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 336.75^\circ\text{C}$)			
Sat.	0.01426	2513.7	2684.9	5.4924	0.01149	2476.8	2637.6	5.3717
360	0.01811	2678.4	2895.7	5.8361	0.01422	2617.4	2816.5	5.6602
400	0.02108	2798.3	3051.3	6.0747	0.01722	2760.9	3001.9	5.9448
440	0.02355	2896.1	3178.7	6.2586	0.01954	2868.6	3142.2	6.1474
480	0.02576	2984.4	3293.5	6.4154	0.02157	2962.5	3264.5	6.3143
520	0.02781	3068.0	3401.8	6.5555	0.02343	3049.8	3377.8	6.4610
560	0.02977	3149.0	3506.2	6.6840	0.02517	3133.6	3486.0	6.5941
600	0.03164	3228.7	3608.3	6.8037	0.02683	3215.4	3591.1	6.7172
640	0.03345	3307.5	3709.0	6.9164	0.02843	3296.0	3694.1	6.8326
700	0.03610	3425.2	3858.4	7.0749	0.03075	3415.7	3846.2	6.9939
740	0.03781	3503.7	3957.4	7.1746	0.03225	3495.2	3946.7	7.0952

Tabella delle proprietà termofisiche dell'acqua in condizioni di saturazione

t [°C]	ρ [kg/m ³]	c_p [kJ/(kgK)]	ν [10 ⁻⁶ m ² /s]	λ [W/(mK)]	α [10 ⁻⁶ m ² /s]	Pr
0	1002,28	4,2178	1,788	0,552	1,308	13,6
20	1000,52	4,1818	1,006	0,597	1,430	7,02
40	994,59	4,1784	0,658	0,628	1,512	4,34
60	985,46	4,1843	0,478	0,651	1,554	3,02
80	974,08	4,1964	0,364	0,668	1,636	2,22
100	960,63	4,2161	0,294	0,680	1,680	1,74
120	945,25	4,250	0,247	0,685	1,708	1,446
140	928,27	4,283	0,214	0,684	1,724	1,241
160	909,69	4,342	0,190	0,680	1,729	1,099
180	889,03	4,417	0,173	0,675	1,724	1,004
200	866,76	4,505	0,160	0,665	1,706	0,937
220	842,41	4,610	0,150	0,652	1,680	0,891
240	815,66	4,756	0,143	0,635	1,639	0,871
260	785,87	4,949	0,137	0,611	1,577	0,874
280,6	752,55	5,208	0,135	0,580	1,481	0,910
300	714,26	5,728	0,135	0,540	1,324	1,019

Fonte: adattato da Eckert E.R.G e Drake R.M., Analysis of Heat and Mass Transfer, Mc. Graw-Hill, New York, 1972.

Diagramma del fattore di attrito delle perdite di carico distribuite



Fonte: adattato da L. M. Moody, Trans. ASME, 66, p. 672, 1944.

Coefficienti di attrito localizzato

COEFF. β PER ALCUNE ACCIDENTALITA' PRESENTI IN UN CIRCUITO IDRAULICO.

	r/d	
	1	0.50
	2	0.35
	r/d	
	1	0.35
	2	0.25
	r/d	
	1	0.35
	2	0.25
	r/d	
	1	0.35
	2	0.25
	r/d	
	1	0.35
	2	0.25
	r/d	
	1	0.35
	2	0.25
	r/d	
	1	0.35
	2	0.25
	r/d	
	1	0.35
	2	0.25

	0.05
	0.5
	1.0
saracinesca 	0.4
valv. a squadra 	2
valv. flusso libero 	1.5
caldaia 	2.5
radiatore 	2.5

(☆) – Valori medi.

ESAME DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE SENIOR

PROVA PROGETTUALE DI IMPIANTI INDUSTRIALI

Si deve realizzare un nuovo impianto per la produzione di uno strumento di precisione di notevoli dimensioni, formato da un gran numero di piccoli componenti.

Per la presente prova si prenda in considerazione esclusivamente l'area produttiva destinata alla lavorazione meccaniche richieste dai cinque principali componenti del prodotto finito secondo i volumi produttivi riportati in tabella I.

Le sequenze di operazioni necessarie per la produzione dei componenti sono riportate nella tabella II, insieme ai macchinari richiesti per la loro esecuzione ed alle relative potenzialità produttive teoriche (comprendenti però i tempi per le operazioni di carico e scarico).

I macchinari da utilizzare per la realizzazione dei cicli stessi sono riportati, insieme al loro costo e alle loro caratteristiche tecniche, nella tabella III.

Lo studio e la progettazione vanno eseguiti tenendo conto delle seguenti informazioni di carattere generale:

- ❑ apertura dell'impianto 220 gg/anno per 5 gg/settimana, per effettive 7 h a turno;
- ❑ costo aziendale della manodopera pari a circa 15 €/ora per il turno diurno, con maggiorazione di 5€/ora per il turno serale e di altri 10 €/ora per le indennità legate al turno notturno;
- ❑ gli operatori sono occupati nella conduzione delle macchine (caratterizzate da un basso livello di automazione) e nelle altre operazioni produttive (carico/scarico pezzi, attrezzamenti e sostituzione degli utensili usurati). Si assuma che un operatore sia in grado di effettuare tutte le operazioni della stessa tipologia con i differenti macchinari e sui diversi prodotti

Il candidato, formulando delle ipotesi coerenti per i dati mancanti, effettui il dimensionamento di massima dello stabilimento, il quale dovrà comprendere:

- ❑ La scelta del tipo di layout più adeguato alla produzione e la rappresentazione di massima dello stesso (disposizione su una pianta rettangolare di proporzioni 1:2, e rappresentazione dei flussi di materiale);
- ❑ La scelta del numero di turni di lavoro;
- ❑ La determinazione del numero totale dei macchinari;
- ❑ La determinazione del numero totale di addetti alla produzione;
- ❑ L'individuazione delle modalità di produzione ed il dimensionamento di massima di eventuali buffer interoperazionali;
- ❑ La scelta qualitativa dei sistemi di movimentazione interna dei materiali.

TABELLE ALLEGATE

Tabella I – Componenti e volumi di produzione richiesti

<i>Prodotto</i>	<i>Unità/giorno</i>	<i>Percentuale di scarto*</i>
Cassa Coperchio	300	5%
Rotore	300	10%
Supporto	300	5%
Ruota	300	10%
Sincronizzatore	300	10%

*: Si assuma che il controllo qualità sia effettuato al termine dell'intero ciclo di lavorazione che viene realizzato all'interno dell'area produttiva in esame, prima del passaggio all'area produttiva successiva.

Tabella II – Cicli di produzione

A – Cassa Coperchio			
Id	Fase	Tipo Macchina	Pezzi per ora
1	Foratura 15 fori	Trapano a mandrini multipli	60
2	Stacciatura del mozzo, smussatura esecuzione gola	Tornio parallelo	20
3	Esecuzione cavità	Tornio parallelo	70
4	Stacciatura della seconda superficie	Tornio parallelo	35
5	Stacciatura borchie	Tornio parallelo	30
6	Alesatura	Alesatrice	140
7	Spostamento all'area produttiva successiva		

B – Rotore			
Id	Fase	Tipo Macchina	Pezzi per ora
1	Tornitura di forma, smussatura	Tornio a torretta	33
2	Finitura del foro	Alesatrice	140
3	Foratura sul tornio	Tornio parallelo	20
4	Rettifica di finitura	Rettificatrice per cilindri	90
5	Spostamento all'area produttiva successiva		

C – Supporto			
Id	Fase	Tipo Macchina	Pezzi per ora
1	Tornitura esterna	Tornio parallelo piccolo	24
2	Centratura e foratura 6 fori	Trapano a 6 mandrini	16
3	Foratura di finitura 6 fori	Trapano a 6 mandrini	16
4	Alesatura	Alesatrice	140
5	Spostamento all'area produttiva successiva		

D – Ruota			
Id	Fase	Tipo Macchina	Pezzi per ora
1	Tornitura di forma	Tornio a copiare	55
2	Alesatura	Alesatrice	140
3	Stacciatura sui due lati	Tornio a copiare	30
4	Fresatura	Fresatrice orizzontale	15
5	Rettifica diametro esterno	Rettificatrice per cilindri	62
6	Rettifica superfici piane	Rettificatrice per cilindri	82
7	Spostamento all'area produttiva successiva		

E – Sincronizzatore			
Id	Fase	Tipo Macchina	Pezzi per ora
1	Tornitura diametro esterno, stacciatura, smussatura, ecc.	Tornio parallelo	28
2	Foratura al tornio con smussatura	Tornio parallelo	46
3	Fresatura da un lato	Fresatrice verticale	54
4	Fresatura dall'altro lato	Fresatrice verticale	54
5	Centratura, foratura, lisciatura	Trapano 1 mandrino	23
6	Foratura	Trapano 2 mandrini	32
7	Lamatura, allargatura, acciecatura del foro	Trapano 4 mandrini	70
8	Allargatura del foro, acciecatura	Trapano 4 mandrini	28
9	Spostamento all'area produttiva successiva		

Tabella III- Tabella macchine

Id	Tipo macchina	Costo (migliaia di Euro)			
		Tempo Setup (min)	Ingombro (in metri)	Macchina e attrezzature	Installazione
	Tornio parallelo		2 x 3	10	15%
	Alesatrice	60	3 x 7	10	15%
	Tornio a torretta		1 x 2	12	15%
	Rettificatrice per cilindri	30	3 x 5	20	15%
	Tornio parallelo piccolo		1 x 2	7	15%
	Tornio a copiare	30	2 x 3	25	15%
	Fresatrice orizzontale		3 x 4	10	15%
	Fresatrice verticale		3 x 4	10	15%
	Trapano a 1 mandrino		1 x 2	5	15%
	Trapano a 2 mandrini		1 x 2	8	15%
	Trapano a 4 mandrini		1 x 2	10	15%
	Trapano a 6 mandrini		1 x 2	12	15%
	Trapano multiplo		1 x 2	18	15%

*: si considerino i costi di acquisto e installazione ammortizzabili al 10% annuo

Guasti

Si assuma che i singoli macchinari presentino un tempo medio di funzionamento tra due guasti successivi di 48 ore ed un tempo medio per il ripristino del funzionamento pari a 2 ore.

Si assumano inoltre delle perdite di tempo per la sostituzione di utensili usurati pari al 2% del tempo carico al netto dei tempi di guasto.

Setup

Si assuma il tempo di attrezzaggio riportato in tabella ad ogni cambio lavorazione (indipendentemente dal tipo di componente lavorato).

Microfermate e rallentamenti

Si assuma che le perdite di velocità per microfermate e rallentamenti siano mediamente pari:

- al 5 % del tempo operativo se il macchinario lavora un unico articolo;
- al 10 % del tempo operativo se il macchinario lavora più di un articolo.

Si assuma inoltre un incremento di tali perdite del 5% per il turno notturno.

Edificio industriale e impianti generali

Si consideri un costo indicativo per l'edificio industriale pari a 500 €/m² e per gli impianti generali (riscaldamento, illuminazione, f.e.m., acqua industriale e potabile, aria compressa) pari a 80 €/m². Si consideri inoltre un'area dedicata ad attrezzatura e magazzino ricambi pari al 15 % dell'area occupata dai macchinari.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Specialista/Magistrale
II Sessione 2011**

Settore dell'Informazione

Prova progettuale - Ingegneria Elettronica

Si progetti un oscillatore a frequenza di 100Hz in grado di generare una successione di denti di sega positivi con dinamica di uscita da 0 volt a 5 volt, utilizzando un amplificatore operazionale ed elementi passivi, nella configurazione integratrice.

Il/La candidato/a :

- a) disegni e spieghi il funzionamento del circuito e determini l'espressione della tensione di uscita;
- b) disegni un circuito adatto a contenere la dinamica di uscita da 0 volt a 5 volt, impiegando un interruttore ideale ed un circuito per il suo comando;
- c) progetti un comparatore che, inserito a valle del generatore a denti di sega, non più dotato di interruttore e reazionato con il primo circuito, consenta di ottenere un oscillatore a frequenza di 50 Hz;
- d) disegnare la forma d'onda in uscita del circuito completo.
- e) Discutere i limiti in frequenza di tale oscillatore.

NB Si consiglia di consegnare l'elaborato in forma ordinata

Esame di stato Ingegneria Gestionale - IV prova specialisti

Un'azienda manifatturiera produce due tipologie di prodotto, *A* e *B*: il primo costituito da quattro componenti, *A1*, *A2*, *A3* e *A4*; il secondo costituito da due componenti, *B1* e *B2*.

La realizzazione di una unità del prodotto *A* prevede l'assemblaggio di una unità di *A1*, *A2*, *A3*, e *A4*. Tale processo di assemblaggio consta di quattro operazioni. La produzione dei componenti *A1*, *A2*, *A3*, e *A4* prevede da 3 a 4 lavorazioni a seconda del tipo di componente. Analogamente la realizzazione del prodotto *B* prevede l'assemblaggio di una unità di *B1* e una di *B2*, e tale processo consta di due operazioni. La fabbricazione di *B1* e *B2* invece consiste, rispettivamente, di 4 lavorazioni. Sono di seguito definite le sequenze di lavorazioni delle parti componenti i prodotti *A* e *B*:

Componenti prodotto <i>A</i>	Operazioni
<i>A1</i>	<i>Op1</i> , <i>Op2</i> , <i>Op3</i> , <i>Op4</i>
<i>A2</i>	<i>Op2</i> , <i>Op3</i> , <i>Op4</i>
<i>A3</i>	<i>Op5</i> , <i>Op6</i> , <i>Op7</i> , <i>Op8</i>
<i>A4</i>	<i>Op5</i> , <i>Op6</i> , <i>Op9</i>

Componenti prodotto <i>B</i>	Operazioni
<i>B1</i>	<i>Op5</i> , <i>Op3</i> , <i>Op6</i> , <i>Op8</i>
<i>B2</i>	<i>Op5</i> , <i>Op4</i> , <i>Op7</i> , <i>Op8</i>

Le operazioni hanno tempi macchina deterministici con le seguenti durate: *op1*, *op3*, e *op4* 60min, *op2* 50min, *op5* 100min, *op6* 20min, *op7* 50min, *op8* 70 min, *op9* 80 min.

Le operazioni di assemblaggio per il prodotto *A* sono *op10*, *op11*, *op12* e *op13* ed hanno durata rispettivamente 15min, 20min, 20min, e 15min, mentre le operazioni di assemblaggio per il prodotto *B* sono *op11* e *op12* e durano 20min ciascuna.

Ogni lavorazione è eseguita da una macchina dedicata.

L'impianto lavora tutti i giorni (365 giorni l'anno) su tre turni di 8 ore.

Deve essere eseguito un controllo di qualità sui prodotti finiti (CQPF) dopo l'assemblaggio ed un controllo di qualità intermedio (CQI) prima dell'assemblaggio.

Il CQI prevede un tempo di processamento di 2 ore per unità di prodotto di tipo A e 3 ore per unità di prodotto di tipo B, e, statisticamente fornisce un 10% di difettosità per prodotti di tipo A e 15% per prodotti di tipo B. Un'unità difettosa viene mandata in un'apposita area di "troubleshooting" dove statisticamente l'80% dei prodotti che pervengono può essere "riparato" con tempi medi di 20 minuti per unità. Le parti che escono dal troubleshooting vengono poi reinstrate a monte dell'assemblaggio.

Il CQPF effettuato su prodotti finiti di A e di B rivela statisticamente il 5% di difettosità e ha durata di 60 minuti per ogni unità. Anche in questo caso le unità difettose sono inviate nell'area di "troubleshooting" dove le difettosità vengono eliminate al 95% in un tempo medio di 20 minuti per unità.

Il trasferimento da e per il troubleshooting avviene tramite carrelli ed sono richiesti 5 minuti per ognuno di essi. Ogni carrello può avere capacità di carico variabile.

I prodotti *A* e *B* presentano la stessa domanda annuale ed è disponibile una serie storica delle produzioni mensili effettuate negli ultimi due anni riportate su base mensile: 150, 150, 200, 250, 250, 300, 350, 350, 300, 250, 250, 250, 150, 150, 250, 300, 300, 350, 400, 400, 400, 300, 250, 250.

Progettare, nel modo più efficiente, l'impianto di produzione di cui sopra. Definire i flussi fisici nell'impianto con particolare riferimento all'organizzazione dei flussi da e per il troubleshooting, dimensionando in modo opportuno la capacità ed il numero dei carrelli necessari.

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA
PROFESSIONE DI INGEGNERE SPECIALISTA/MAGISTRALE
*Seconda Sessione 2011***

Prova progettuale

Settore Informatica

Il candidato sviluppi il progetto riguardante la realizzazione di un sistema informativo per la gestione elettronica delle prove d'esame dei corsi accademici in un campus universitario.

Il sistema, per mezzo di una opportuna applicazione informatica Web, deve consentire :

- la sostituzione dei verbali d'esame cartacei con opportuni file elettronici preparati in modo congiunto da un docente della commissione d'esame e dallo studente interessato, e
- la trasmissione degli stessi via rete alla segreteria studenti.

Il sistema deve prevedere opportuni meccanismi che assicurino elevati livelli di sicurezza contro eventuali abusi, in particolare:

- deve essere certificata, da apposite credenziali, l'identità dei docenti e degli studenti e
- non deve poter essere ripudiato dallo studente, dopo la sua creazione, il verbale d'esame.

Il candidato produca il documento di specifica del sistema, lo descriva secondo una struttura dati definita (e.g. quella di RequisitePro), includa i necessari modelli di sistema utilizzando la metodologia Object Oriented Analysis e l'Unified Modeling Language, giustificando le scelte progettuali effettuate.

Si tenga conto che la popolazione del campus universitario prevede circa 15.000 studenti.

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE SPECIALISTA/MAGISTRALE**

II SESSIONE 2011

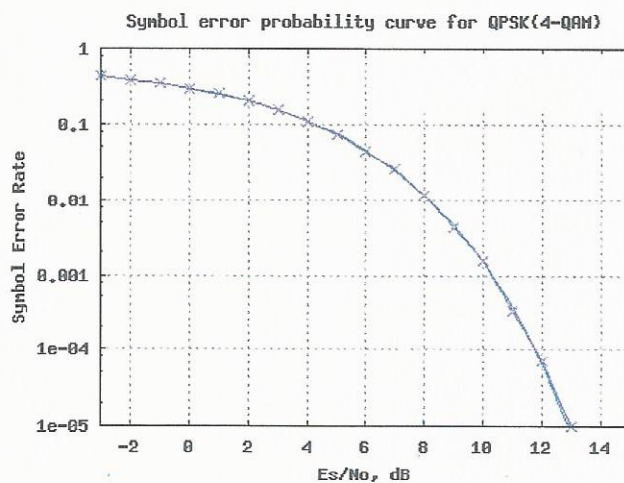
Prova progettuale - Telecomunicazioni

Una sonda interplanetaria deve trasmettere dal suolo marziano alla distanza di 150 milioni di km alcuni dati ad una stazione di terra. I dati sono prodotti alla velocità di 20 kbit/s e devono essere inviati in tempo reale con modulazione 4QAM con fattore di roll-off=0,4, alla frequenza portante di 7,5 GHz. In ricezione, grazie all'utilizzo di protocolli di strato superiore, sono tollerati tassi di errore sul simbolo di 10^{-1} .

L'antenna trasmittente a bordo della sonda è una parabola di 3 m di diametro mentre l'antenna di terra è una parabola di 30 m di diametro; entrambe le antenne hanno una efficienza $\eta_a=0,5$.

Si considerino inoltre, i seguenti dati di progetto della catena ricevente: antenna con temperatura di rumore di 20 K a cui seguono in cascata e nell'ordine un primo cavo (C1), un amplificatore (A1), un secondo cavo (C2) e un secondo amplificatore (A2). Il primo amplificatore (A1) ha una cifra di rumore di 0,2 dB e guadagno 32 dB, mentre il secondo amplificatore (A2) ha una cifra di rumore di 0,5 dB e un guadagno di 12 dB. Il cavo (C1) che collega l'antenna e il primo amplificatore ha un'attenuazione di 0,1 dB. Il cavo (C2) che collega il primo amplificatore con il secondo ha un'attenuazione complessiva di 0,3 dB.

Trascurando le perdite e il rumore nella catena trasmittente, si calcoli la potenza minima di trasmissione della sonda affinché sia assicurato il collegamento con un margine di 3 dB.



**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Specialista/Magistrale
II Sessione – 23 Novembre 2011**

Settore dell'Informazione

I Prova scritta

Il candidato svolga uno dei seguenti temi:

TEMA 1 (Automazione)

Le proprietà di linearità e di stazionarietà di un sistema dinamico hanno delle conseguenze cruciali sul comportamento del sistema stesso. Il candidato presenti brevemente tali proprietà indicando qualcuna tra le più importanti implicazioni che esse hanno nell'analisi e nella sintesi dei sistemi di controllo.

TEMA 2 (Elettronica)

L'attivazione dello strumento "spin-off" per collaudare una idea o un prodotto, generati dalla cultura in elettronica, in vista future attività imprenditoriali di più largo respiro, rappresenta una giusta aspirazione ed una sfida. Si illustri una o più possibilità che il/la candidato/a intenderebbe promuovere nei settori della micro e/o meso e/o nano-elettronica.

TEMA 3 (Gestionale)

La gestione dei sistemi logistici, le strategie di collaborazione ed il ruolo dell'informazione lungo la supply chain.

TEMA 4 (Informatica)

Si descrivano le caratteristiche del linguaggio UML per la documentazione di Sistemi software.

TEMA 5 (Telecomunicazioni)

Con riferimento alle tecniche di codifica utilizzate nei sistemi di telecomunicazione il candidato ne descriva alcuni possibili applicazioni evidenziandone i benefici introdotti. Il candidato inoltre illustri i principi generali di una tecnica di codifica mettendo in evidenza una applicazione pratica.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Specialista/Magistrale
II Sessione – 23 Novembre 2011**

Settore Industriale

I Prova scritta

Il candidato svolga uno dei seguenti temi:

TEMA 1 (Automazione)

Le proprietà di linearità e di stazionarietà di un sistema dinamico hanno delle conseguenze cruciali sul comportamento del sistema stesso. Il candidato presenti brevemente tali proprietà indicando qualcuna tra le più importanti implicazioni che esse hanno nell'analisi e nella sintesi dei sistemi di controllo.

TEMA 2 (Meccanica - Disegno di Macchine)

Il candidato illustri, nell'ambito delle tolleranze geometriche, il funzionamento dei modificatori, con particolare riferimento alla condizione/principio del massimo materiale, del minimo materiale e principio di inviluppo. In particolare si evidenzino i campi di applicabilità, i limiti di impiego ed i vantaggi.

Per ogni modificatore illustrato si descriva un esempio applicativo completo di disegno quotato. Si elenchino inoltre gli altri modificatori conosciuti.

TEMA 3 (Meccanica - Fisica Tecnica)

Sulla base delle leggi della Termodinamica, il candidato descriva in dettaglio l'evoluzione e le tecniche di miglioramento, in termini di potenze fornite ed efficienza, dei sistemi di produzione di energia attraverso l'utilizzo degli impianti motore a vapore. Illustri, infine, alcune tematiche relative all'impatto e alla sostenibilità ambientale di tali impianti, discutendo dei problemi e delle possibili soluzioni.

TEMA 4 (Impianti Industriali)

Il ruolo della manutenzione nella produzione industriale.

TEMA 5 (Medica)

Con quali potenzialità l'ingegnere medico pensa di inserirsi nel mondo del lavoro e quale appoggio, in particolare, a livello culturale, scientifico e progettuale pensa di dare in campo medico.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di
Ingegnere Specialista/Magistrale
II Sessione – 23 Novembre 2011**

Settore Civile-Ambientale

I Prova scritta

Il candidato scelga tra i seguenti temi:

TEMA 1 (Ambiente e Territorio)

La valutazione di impatto ambientale per opere significative sul territorio. Approccio metodologico e principali fattori d'impatto da considerare.

TEMA 2 (Civile)

Il candidato spieghi il concetto di sicurezza nell'ambito delle strutture in ingegneria civile.

TEMA 3 (Edile)

Innovazioni strutturali legate all'introduzione del cemento armato in Italia.