

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 13 Giugno 2019**

**Settore Civile-Ambientale**

**I Prova scritta**

Il candidato scelga tra i seguenti temi:

**TEMA 1**

Con riferimento ai reflui prodotti in ambito urbano, relativamente un impianto di trattamento delle acque reflue, il candidato illustri gli strumenti di cui si avvarrebbe per l'identificazione dei potenziali inquinanti attesi e indichi quali sono anche gli inquinanti da monitorare e controllare, indicando il loro comportamento nell'ambiente nonché la conseguente pericolosità per la salute umana. Inoltre, si elenchino le principali unità impiantistiche da prevedere e l'impatto complessivo ambientale del processo nel suo insieme, con evidenziati i vettori di impatto e le relative modalità di contenimento e controllo da prevedere ed attuare.

**TEMA 2**

Il candidato illustri le principali tipologie di fondazione per strutture in cemento armato, motivando i criteri che ne determinano la scelta. Si descrivano, quindi, le relative metodologie di progetto e verifica.

**TEMA 3**

Il candidato illustri i rapporti tra l'evoluzione tecnico costruttiva e i linguaggi architettonici dal Novecento a oggi: nello svolgimento si faccia riferimento a eventuali esempi significativi (opere e/o progettisti).

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 13 Giugno 2019**

**Settore Industriale**

**I Prova scritta**

Il candidato svolga uno dei seguenti temi:

**TEMA 1**

Con riferimento ai sistemi dinamici lineari e stazionari a un ingresso e un'uscita, il candidato spieghi cosa si intende per rappresentazione di stato e per rappresentazione ingresso-uscita. Successivamente descriva come sia possibile passare da un tipo di rappresentazione all'altro, motivando l'interesse di questo passaggio ed evidenziando in quale caso le due rappresentazioni sono completamente equivalenti.

**TEMA 2**

Il candidato descriva, in maniera sintetica ma efficace, le emissioni inquinanti e le relative strategie di controllo che caratterizzano i principali impianti motori termici (turbine a vapore, turbine a gas, motori alternativi a combustione interna).

**TEMA 3**

Dal momento della sua nascita all'inizio di questo secolo il ruolo della funzione manutenzione all'interno di un'azienda industriale ha affrontato notevoli cambiamenti. La recente disponibilità di nuove tecnologie abilitanti e l'affermarsi del paradigma "industria 4.0" aprono oggi nuovi ulteriori scenari. In tale ottica il candidato analizzi le prospettive di sviluppo nel campo della manutenzione industriale in termini di obiettivi, politiche manutentive, strumenti e modalità organizzative. La completezza, l'attinenza al testo ed al settore e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.

**TEMA 4**

Il candidato, in merito all'efficienza energetica nel settore dell'ingegneria industriale, illustri possibili soluzioni impiantistiche nell'utilizzo di sistemi di cogenerazione (energia elettrica ed energia termica) e di trigenerazione (energia elettrica, termica e frigorifera), facendo riferimento anche ad aspetti relativi all'impatto e sostenibilità ambientale.

**TEMA 5**

Il candidato discuta le criticità nella costruzione dei prototipi virtuali e le potenzialità offerte dal loro impiego nello sviluppo dei prodotti e processi industriali. Ponga particolare attenzione al loro utilizzo nei processi di ottimizzazione assistita dal calcolatore.

**TEMA 6**

Si discuta il ruolo dell'ingegnere medico nei settori della bioingegneria, biomedicina e bioelettronica cercando di mettere in risalto in che misura in tali settori il curriculum di studi possa contribuire a promuovere e concretizzare aspetti innovativi e di forte impatto sociale.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 13 Giugno 2019**

**Settore dell'Informazione**

**I Prova scritta**

Il candidato svolga uno dei seguenti temi:

**TEMA 1**

La decisione di gran parte delle industrie automobilistiche di incentrare i loro sforzi nello sviluppo di vetture elettriche ha dato ancor più importanza alla parte elettronica di tali sistemi.

Il/La candidato/a illustri, sulla base degli studi che ha effettuato, quali potrebbero essere gli altri scenari applicativi dove l'elettronica potrà giocare un ruolo fondamentale nei prossimi anni.

**TEMA 2**

Il candidato discuta sull'introduzione, l'integrazione e la gestione delle tecnologie inerenti il settore dell'informazione all'interno di una supply chain. Si evidenzino barriere, costi, benefici e quanto si riputi rilevante in una disamina di carattere ingegneristico-gestionale.

**TEMA 3**

Si considerino le problematiche relative al settore dei *big data*. Il candidato illustri scenari applicativi in cui tali problematiche emergono con maggiore evidenza, specifiche metodologie e tecnologie (informatiche e non) adeguate ad affrontarle, e possibili sviluppi. Si evidenzino anche possibili aspetti critici degli scenari considerati, e modi di affrontarli.

**TEMA 4**

La rete Internet è formata da un'architettura protocollare a strati, la quale offre innumerevoli vantaggi rispetto ad una soluzione monolitica (ovvero senza stratificazione delle funzionalità e dei servizi). Il candidato descriva la divisione a strati della rete Internet, discutendone i vantaggi, con particolare enfasi alle principali innovazioni di ciascuno strato che sono state introdotte negli ultimi anni.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 21 Giugno 2019**

**Settore Civile-Ambientale**

**II Prova scritta – Ingegneria Civile**

Il candidato illustri, sotto forma di relazione, le scelte progettuali e i calcoli di pre-dimensionamento di un edificio con cinque piani fuori terra, con struttura resistente di tipo misto costituita da telai e setti in cemento armato, sito nel comune di Roma. Si evidenzino, in particolare, i criteri di progettazione strutturale, le normative di riferimento e le verifiche da eseguire.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 21 Giugno 2019**

**Settore Civile-Ambientale**

**II Prova scritta – Ing. e Tecniche del Costruire/Ing. Edile-Architettura**

Il candidato esponga i criteri generali che prenderebbe in considerazione nell'impostare il progetto di un edificio a destinazione espositiva culturale.

Il candidato si soffermi:

- sugli aspetti funzionali e delle eventuali aree esterne di pertinenza , al flusso dei visitatori, alla fruibilità e alla sicurezza del complesso ecc.;
- sui criteri di scelta del sistema strutturale e costruttivo in relazione alle diverse esigenze (eventuali grandi luci delle sale espositive, operazioni di cantiere in relazione alla tecnologia scelta);
- sulle opere impiantistiche in relazione al comfort e alla sostenibilità ambientale.

N.B.: Il candidato svolgerà il tema considerando il suo elaborato come un insieme di appunti e di idee che gli possano servire come riferimenti per la successiva progettazione di uno specifico edificio. Il candidato perciò si servirà di esemplificazioni grafiche e di schemi illustrativi delle diverse, possibili soluzioni distributive, funzionali e tecniche a cui aggiungerà considerazioni sintetiche al solo scopo di meglio chiarire quanto già espresso dalle esemplificazioni grafiche e dagli schemi.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 21 Giugno 2019**

**Settore Industriale**

**II Prova scritta – Ingegneria dell' Automazione**

Nell'ambito manifatturiero, i sistemi flessibili di produzione comprendono macchine caratterizzate da tempi di riattrezzaggio (setup) trascurabili. Il candidato analizzi sotto quali condizioni il progetto di una legge di controllo che ottimizzi i costi legati agli arretrati e alle scorte può essere effettuato utilizzando una politica di tipo miope, descrivendone quindi l'operato.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 21 Giugno 2019**

**Settore Industriale**

**II Prova scritta – Ingegneria Energetica**

Il candidato descriva sinteticamente, anche con l'ausilio di opportuni schemi impiantistici e diagrammi termodinamici, la configurazione e le caratteristiche delle pompe di calore a compressione di vapore.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 21 Giugno 2019**

**Settore Industriale**

**II Prova scritta – Ingegneria Gestionale**

Il candidato illustri i principi generali, i criteri e i principali approcci metodologici utilizzabili per la scelta ed il dimensionamento dei sistemi di stoccaggio dei materiali all'interno di un sito di produzione industriale.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 21 Giugno 2019**

**Settore Industriale**

**II Prova scritta – Fisica Tecnica**

In relazione ad un particolare impianto di produzione di energia elettrica che ne preveda l'utilizzo, il candidato rediga una relazione tecnica sui criteri di scelta, progettazione e dimensionamento di un opportuno scambiatore di calore.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 21 Giugno 2019**

**Settore Industriale**

**II Prova scritta – Meccanica Applicata alle Macchine**

Il candidato illustri un possibile procedimento (esposto come relazione di calcolo) per la progettazione di un manovellismo di spinta da destinare ad un motore monocilindrico a combustione interna di assegnata potenza e cilindrata.

Nello specifico illustri le varie fasi del progetto concettuale e di dettaglio e offra una disamina degli strumenti assistiti dal calcolatore che possono coadiuvare le scelte.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 21 Giugno 2019**

**Settore Industriale**

**II Prova scritta – Ingegneria Medica**

Si illustri in dettaglio una apparecchiatura biomedicale evidenziando i possibili aspetti tecnico-scientifici che meriterebbero attenzione per un miglioramento delle sue prestazioni.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 21 Giugno 2019**

**Settore dell' Informazione**

**II Prova scritta – Ingegneria Elettronica**

Il/La candidato/a illustri, avvalendosi anche di schemi circuitali, il ruolo dei Transistor BJT e dei Mosfet nella progettazione degli amplificatori lineari, discutendo anche l'effetto delle loro non idealità sulle prestazioni finali di tale classe di circuiti.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 21 Giugno 2019**

**Settore dell' Informazione**

**II Prova scritta – Ingegneria Gestionale**

Il candidato illustri gli strumenti quantitativi necessari per una corretta pianificazione dei processi produttivi e gestione di un impianto industriale. Si valutino tali strumenti anche in funzione del tipo di sistema/impianto produttivo, prodotto e mercato.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 21 Giugno 2019**

**Settore dell' Informazione**

**II Prova scritta – Ingegneria di Internet/Telecomunicazioni**

Gli instradatori (*router*) consentono l'interconnessione delle reti di telecomunicazioni. Ciascun instradatore svolge operazioni fondamentali, quali: la creazione delle tabelle di instradamento (*routing tables*), l'analisi delle intestazioni dei pacchetti, l'inoltro di ciascun pacchetto verso l'interfaccia di uscita (*forwarding*).

Il candidato descriva l'architettura di un instradatore e le predette operazioni da esso svolte, discutendo inoltre l'evoluzione dell'architettura alla luce del paradigma del *Software Defined Networking* (SDN).

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 21 Giugno 2019**

**Settore Dell'Informazione**

**II Prova scritta – Ingegneria Informatica**

Si consideri il problema del mantenimento della consistenza nell'accesso a dati replicati da parte di processi concorrenti. Se ne discutano le motivazioni, possibili modelli di consistenza e loro vantaggi/svantaggi.

**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio  
della professione di Ingegnere Senior - I sessione 2019  
Prova Progettuale - AUTOMATICA**

Si consideri un processo industriale descritto da un modello lineare e stazionario caratterizzato da tre variabili di stato  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_3$  che evolvono secondo le seguenti equazioni:

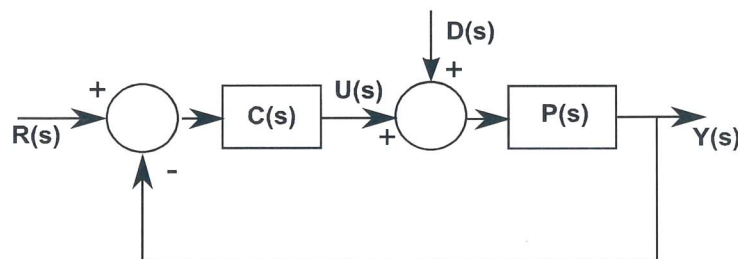
$$\dot{x}_1 = -x_2 \quad (1)$$

$$\dot{x}_2 = x_1 - 2x_2 - 10(u + d) \quad (2)$$

$$\dot{x}_3 = x_1. \quad (3)$$

In tali equazioni  $u$  è un *ingresso* che può essere assegnato per controllare il processo stesso mentre  $d$  è un *disturbo* costante (limitato) che caratterizza l'attuatore del processo. Si dispone inoltre di un sensore in grado di misurare la terza variabile di stato (cioè  $y(t) = x_3(t)$ ), che viene quindi detta *uscita* del sistema. L'obiettivo del controllo è quello di assicurare la stabilità del sistema complessivo con un certo margine di robustezza (così come specificato più in dettaglio nel seguito) e di fare in modo che la terza variabile di stato  $x_3$ , cioè l'uscita  $y(t)$ , inseguia un certo andamento desiderato.

- (i) Prima di passare al progetto del controllore ci si chiede se le risposte libere nello stato del modello considerato sono tutte limitate e se, sollecitando il processo con ingressi  $u(t)$  limitati, si ottengono sempre uscite  $y(t)$  limitate. Qualora la limitatezza non sia garantita, fornire degli esempi (di condizioni iniziali e/o di ingressi limitati) per cui  $y(t)$  tende all'infinito.
- (ii) Indicando con  $x(0) = [a, b, c]'$  il generico vettore di condizioni iniziali, determinare per quali valori di  $a$ ,  $b$  e  $c$  la risposta libera in uscita tende a zero per  $t$  che tende all'infinito.
- (iii) Ricavare la funzione di trasferimento  $P(s)$  del modello considerato, valutando se questa rappresenta tutto il sistema o se ci sono dinamiche del processo che non vengono descritte dalla  $P(s)$ .
- (iv) Con riferimento allo schema in figura in cui  $P(s)$  è la funzione di trasferimento del sistema in esame e supponendo per ora nullo il segnale di disturbo  $d$  che agisce sull'attuatore del processo, determinare il blocco di controllo  $C(s)$  che garantisce un errore di inseguimento a regime nullo rispetto a riferimenti  $r(t)$  costanti, una pulsazione di attraversamento di circa 1 rad/s e un margine di fase di almeno 50 gradi. Avvalersi del diagramma delle reti correttrici e della carta semilogaritmica in allegato.
- (v) Con riferimento al blocco di controllo progettato al punto precedente, determinare l'errore a regime rispetto a un riferimento del tipo  $r(t) = t\delta_{-1}(t)$  nonché l'effetto sull'uscita di un disturbo  $d$  costante di ampiezza unitaria.
- (vi) Il coefficiente di guadagno dell'attuatore (pari a -10) è noto con un'incertezza del 10% (cioè assume valori compresi tra -11 e -9) e inoltre il segnale di controllo  $u$  inviato dal blocco di controllo  $C(s)$  è soggetto a un ritardo di trasmissione  $\tau$ . Nell'ipotesi di utilizzare il sistema di controllo progettato al punto (iv), ignorando in questa sede l'effetto del disturbo  $d$ , si chiede di discutere l'effetto di queste perturbazioni sulle specifiche di progetto e in particolare sulla stabilità del sistema a ciclo chiuso. Ripetere questo punto nell'ipotesi che il disturbo sia costante e di ampiezza unitaria.



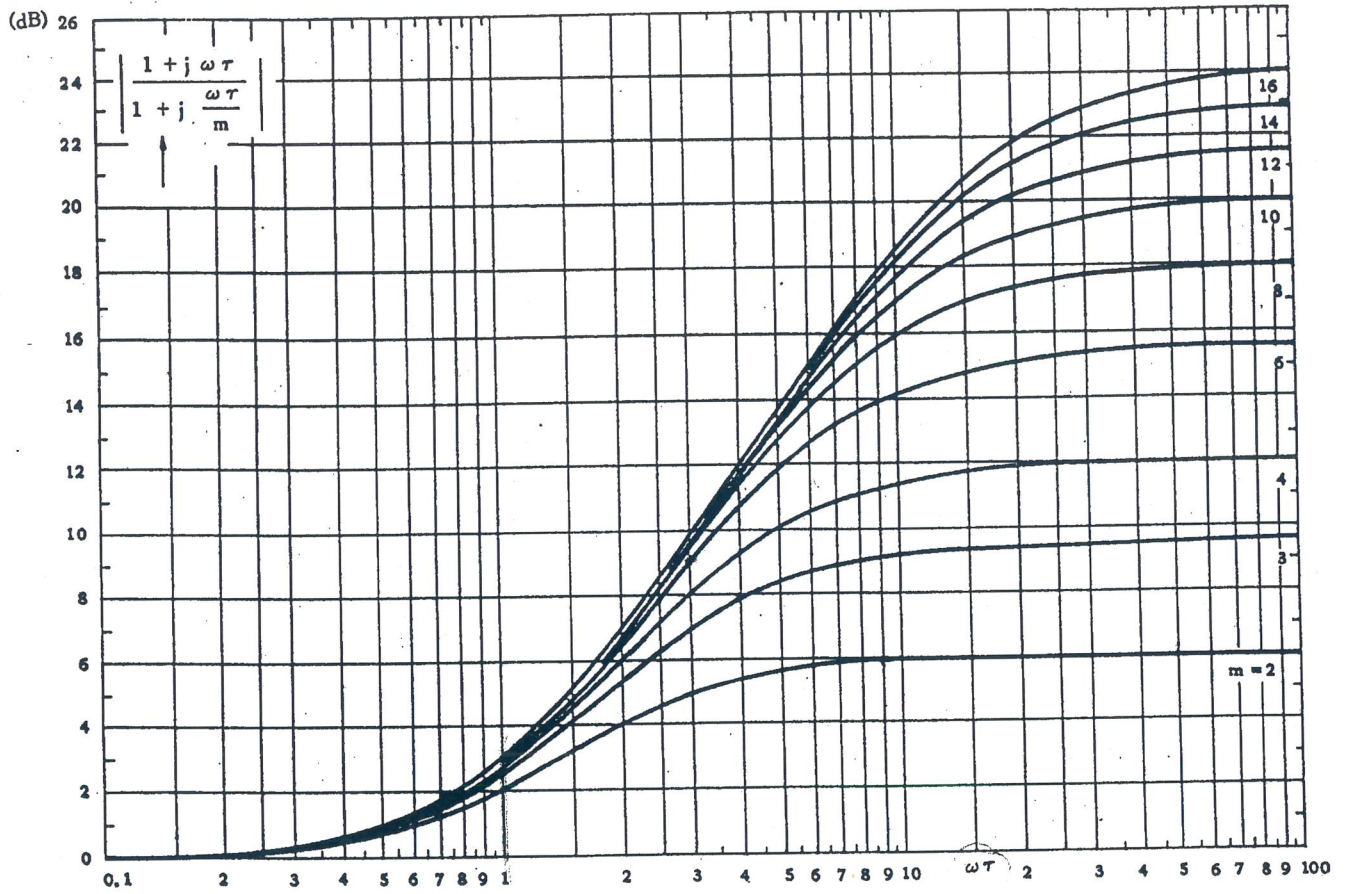


Fig.IV.11 a)

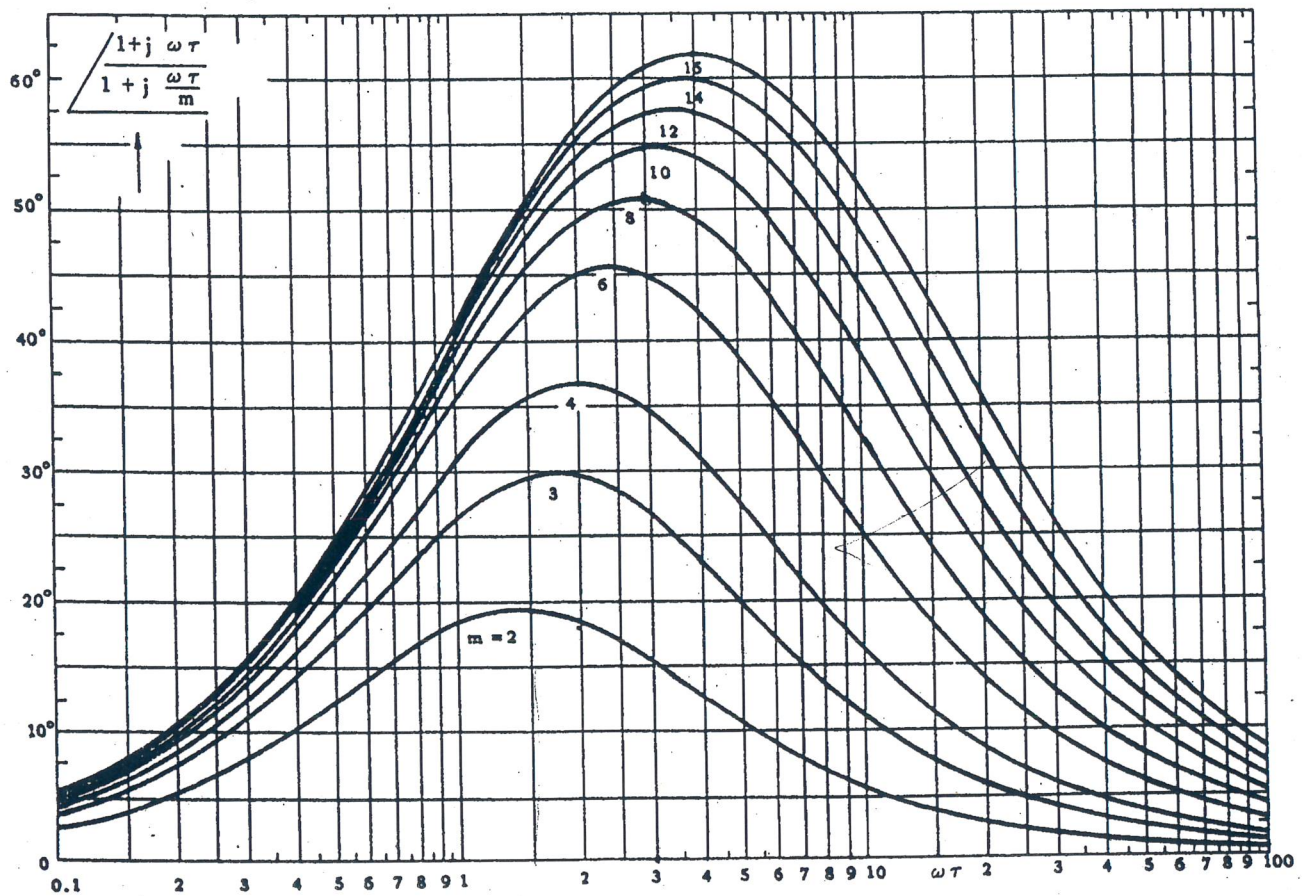


Fig.IV.11 b)

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 10 Luglio 2019**

**Settore Civile-Ambientale**

**Prova progettuale – Ingegneria Civile**

Con riferimento alla normativa vigente, il candidato rediga un progetto di massima, con dimensionamento dei principali elementi strutturali, di un edificio per civile abitazione con 4 piani fuori terra e parcheggio interrato, di dimensioni in pianta pari a 25 x 30 m<sup>2</sup>. La struttura ricade nel comune di Veroli, caratterizzato dai seguenti parametri sismici (relativi allo spettro elastico):

**Parametri indipendenti**

| STATO LIMITE | SLV     |
|--------------|---------|
| $a_g$        | 0.212 g |
| $F_o$        | 2.479   |
| $T_C^*$      | 0.351 s |
| $S_s$        | 1.189   |
| $C_c$        | 1.357   |
| $S_T$        | 1.000   |

**Parametri dipendenti**

|        |         |
|--------|---------|
| $S$    | 1.189   |
| $\eta$ | 0.333   |
| $T_B$  | 0.159 s |
| $T_C$  | 0.476 s |
| $T_D$  | 2.449 s |

Il candidato produca i seguenti elaborati:

- Pianta e sezioni tipo per descrizione dello schema architettonico e strutturale, con particolare attenzione alla disposizione dei parcheggi e agli spazi di manovra;
- Carpenteria di solaio tipo;
- Pianta delle fondazioni;
- Schema di armatura dei principali elementi strutturali.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 10 Luglio 2019**

**Settore Civile-Ambientale**

**Prova progettuale – Ing. e Tecniche del Costruire/Ing. Edile-Architettura**

Il candidato progetti un mercato coperto rionale. Il mercato contenga indicativamente: spazi coperti per 20 box della vendita e piccolo magazzino, servizi igienici pubblici e di pertinenza, spazi esterni di parcheggio. Il candidato, a sua discrezione, può prevedere altri spazi funzionali. La superficie lorda complessiva si può considerare compresa tra 400 e 500 mq disposta su un livello.

Elaborati richiesti:

- a) planimetria generale (scala 1:500) con indicazione delle sistemazioni dell'area di pertinenza (accesso, percorsi, parcheggi, zone verdi ecc.). Il lotto è in area urbana accessibile da una strada carrabile.
- b) studio architettonico e costruttivo composto da:
  - pianta e una o più sezioni significative: nei disegni, quotati e in scala 1:100, sarà differenziata graficamente la struttura portante (pilastri, solai, coperture) dai muri di tamponamento e di divisione;
  - almeno due prospetti significativi quotati e in scala 1:100;
  - pianta delle fondazioni quotata e in scala 1:100;
  - carpenteria quotata e in scala 1:100 di solaio e copertura;
  - almeno due particolari costruttivi significativi, quotati e in scala 1:10, con la specificazione dei materiali impiegati;
- c) relazione sintetica che illustri il progetto nei suoi aspetti architettonici e costruttivi.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 10 Luglio 2019**

**Settore Industriale**

**Prova progettuale – Ingegneria Energetica**

Si consideri un impianto combinato cogenerativo in cui la turbina a gas (TG) sia caratterizzata dalle seguenti grandezze nominali:

- |                                                |                            |
|------------------------------------------------|----------------------------|
| ▪ potenza elettrica ai morsetti del generatore | $P_{el} = 51,0 \text{ MW}$ |
| ▪ rendimento                                   | $\eta_{el} = 38,0 \%$      |
| ▪ temperatura dei gas di scarico               | $T_4 = 597 \text{ °C}$     |
| ▪ portata di gas di scarico                    | $m_g = 126 \text{ kg/s}$   |
| ▪ rapporto di compressione                     | $\beta_{TG} = 21,2$        |

L'impianto a vapore sottoposto, alimentato dai gas di scarico della TG, è costituito da un generatore di vapore a recupero (GVR) a 2 livelli di pressione (AP e BP), da una turbina a vapore (TV) costituita da una sezione di alta pressione e una di bassa pressione, e da un condensatore raffreddato ad aria.

Lo stabilimento industriale in cui è collocato il suddetto impianto a ciclo combinato necessita di vapore per usi tecnologici a due livelli di pressione: vapore surriscaldato a 16 bar (si utilizza uno spillamento dalla turbina di alta pressione) e vapore saturo secco a 3 bar. Il ritorno delle condense delle utenze tecnologiche e degli eventuali reintegri avviene a condizioni ambiente.

Il candidato individui caratteristiche e specifiche tecniche dell'impianto a ciclo combinato in grado di soddisfare le suddette esigenze, nell'ipotesi che il 30% della portata di vapore generato al livello di pressione superiore nel GVR sia spillata per soddisfare l'utenza a 16 bar, e che l'utenza a 3 bar richieda il 70% della portata di vapore generato al livello di pressione inferiore.

Il candidato disegni innanzitutto uno schema d'impianto rispondente alla configurazione proposta, i diagrammi termodinamici relativi alle TG e alla TV, e il diagramma di scambio termico del GVR.

Assumendo in linea con lo stato dell'arte e con buon senso tecnico i valori delle grandezze e dei parametri necessari, calcoli quindi caratteristiche e prestazioni nominali dei singoli componenti (TG, GVR, TV) e del ciclo combinato nel suo complesso, con particolare riferimento alle seguenti grandezze:

- potenza elettrica fornita dalla TV e conseguentemente dall'impianto a ciclo combinato
- portata di gas naturale
- temperatura dei gas combusti allo scarico del GVR ed efficienza del GVR
- portate di vapore AP e BP prodotto nel GVR
- portata di aria di raffreddamento al condensatore
- rendimento del ciclo combinato

Si chiede inoltre di stimare le seguenti grandezze:

- temperatura  $T_3$  dei gas combusti all'ingresso dell'espansore della TG
- tenore di ossigeno nei fumi

Il candidato proceda infine al dimensionamento di massima di uno dei banchi del GVR.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della  
Professione di Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 10 Luglio 2019**

**Settore Industriale**

**Prova progettuale – Ingegneria Gestionale**

Un'azienda multinazionale fornitrice di primo livello di componenti per aziende automobilistiche è specializzata nella produzione di pompe acqua per il raffreddamento del motore per il "primo impianto" e per il circuito dei pezzi di ricambio (si veda immagine 1).

Da qualche mese l'azienda sta conducendo una trattativa con un potenziale nuovo cliente relativamente ad un contratto della durata di 6 anni che prevedrebbe, a regime, la fornitura di 350.000 pompe all'anno ad un prezzo di € 80 cadauna. La firma del contratto comporterebbe la necessità di realizzare un investimento per adeguare la capacità produttiva. L'azienda ha previsto di erigere un nuovo capannone presso un sito esistente da dedicare a tale produzione, acquistando nuove macchine/mezzi di lavoro e assumendo del personale aggiuntivo.

Le sequenza di operazioni necessarie per la produzione della pompa è riportata nella tabella I, insieme ai tempi ciclo di lavorazione. I macchinari da utilizzare per la realizzazione dei cicli stessi sono stati individuati e sono riportati, insieme al loro costo e alle loro caratteristiche tecniche, nella tabella II. Per l'organizzazione del lavoro sono state individuate diverse modalità possibili descritte nella tabella III.

Sono inoltre a disposizione le seguenti informazioni di carattere generale:

- apertura dell'impianto per 44 settimane all'anno;
- il costo del corpo pompa e di tutti gli altri componenti acquistati all'esterno sarebbe pari a 40 €/pompa.

Si effettui il dimensionamento del nuovo capannone per ciascuna delle configurazioni riportate in tabella III, avendo cura di comprendere:

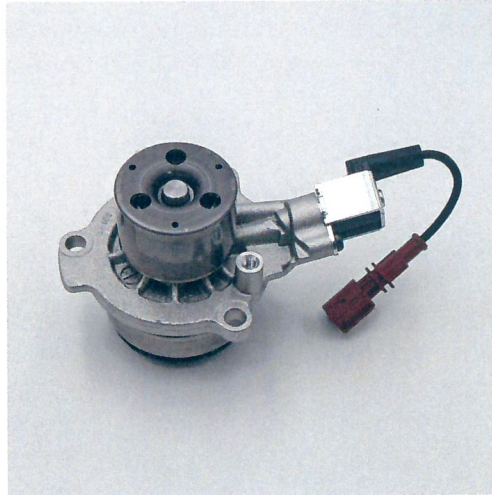
- La scelta del tipo di layout più adeguato alla produzione;
- La determinazione del numero totale dei macchinari/mezzi di lavoro/postazioni e del loro costo;
- La determinazione del numero totale di addetti alla produzione.
- La scelta qualitativa dei sistemi di movimentazione interna ed immagazzinamento dei materiali;
- Una rappresentazione di massima del layout del nuovo capannone.

Per la soluzione che comporta minori costi per l'azienda si provveda inoltre ad effettuare una valutazione della redditività dell'iniziativa con i metodi che si ritengono più opportuni, considerando:

- un orizzonte temporale di riferimento pari alla durata del contratto;
- di trascurare tutti i costi di materiale indiretto, di struttura e comunque non forniti dal testo;
- ininfluenza l'impatto del capitale circolante e nullo il valore residuo dei macchinari;
- una percentuale di tassazione del 24% ed un piano di ammortamento fiscale a quote costanti a 6 anni.

## ALLEGATI

### Immagine 1 – Immagine esemplificativa del prodotto



**Tabella I – Ciclo di produzione**

| <b><i>Id</i></b> | <b><i>Fase</i></b>                | <b><i>T.C. (*)<br/>(min/u)</i></b> | <b><i>Operatori<br/>(**)</i></b> |
|------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 1                | Lavorazione meccanica corpo pompa | 1,9                                | 1                                |
| 2                | Assemblaggio sottogruppi          | 3,4                                | 3                                |
| 3                | Assemblaggio principale           | 2,5                                | 1                                |
| 4                | Finitura e controllo qualità      | 4,0                                | 2                                |
| 5                | Imballo e spedizione              | 1,1                                | 2                                |

- T.C.: tempo ciclo per pompa, espresso in minuti, del macchinario/mezzo di lavoro
- Operatori: numero di operatori per postazione di lavoro, si tengano in conto ulteriori 6 addetti per turno di lavoro tra manutentori dedicati e operatori logistici

#### **Fase 1 – Lavorazione meccanica corpo pompa**

Il semilavorato del corpo pompa acquistato dall'esterno viene sottoposto ad una serie di lavorazioni meccaniche in un centro di lavorazione automatico, assistito da 1 supervisore.

#### **Fase 2 – Assemblaggio sottogruppi**

In una postazione di assemblaggio a partire dai componenti acquistati dall'esterno vengono assemblati i sottogruppi.

#### **Fase 3 – Assemblaggio principale**

In una postazione di assemblaggio i sottogruppi precedentemente preparati vengono assemblati insieme al corpo pompa realizzando il prodotto finito

#### **Fase 4 - Finitura e controllo qualità**

Il prodotto finito viene sottoposto ad alcune operazioni di finitura e al controllo qualità

#### **Fase 5 – Imballo e spedizione**

Il prodotto finito viene imballato, confezionato in pallet e trasferito al magazzino prodotti finiti in attesa di spedizione.

## Tabella II– Tabella macchine

| Id | Tipo macchina                             | Investimento in macchine/mezzi (Euro) | Disponibilità a guasto |
|----|-------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| 1  | Centro lavorazioni meccaniche corpo pompa | 800.000                               | 0,95                   |
| 2  | Postazione assemblaggio sottogruppi       | 330.000                               | 0,85                   |
| 3  | Postazione assemblaggio finale            | 480.000                               | 0,9                    |
| 4  | Postazione controllo qualità              | 48.000                                | 0,99                   |
| 5  | Postazione imballo e pallettizzazione     | 12.000                                | 0,99                   |

\*: si considerino i costi ammortizzabili a quote costanti nei 6 anni di riferimento

Si tenga inoltre conto che le macchine per l'operazione "lavorazione meccanica corpo pompa" sono classificabili come beni funzionali alla trasformazione tecnologica e digitale dei processi produttivi secondo il modello "Industria 4.0" e che, secondo la Legge 30 n. 145 del dicembre 2018 (Legge di bilancio 2019), per tali macchine è elargito un incentivo di natura fiscale che consiste nella maggiorazione delle quote di ammortamento (iperammortamento) e si assuma che in tal caso si possa assumere pari al 100%.

### **Guasti**

Si assumano le disponibilità a guasto riportate in tabella per le diverse fasi di lavorazione. Si assumano non significative le operazioni di setup.

### **Microfermate e rallentamenti**

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

- al 10 % per il centro di lavoro automatico;
- al 20% per tutte le altre fasi di lavorazione.

### **Qualità**

Si assuma che i prodotti difettosi siano individuati e scartati nella stazione di controllo qualità per una quota pari al 2%.

## Tabella III – Organizzazione del lavoro

Potrebbero essere previste le seguenti configurazioni dei turni di lavoro:

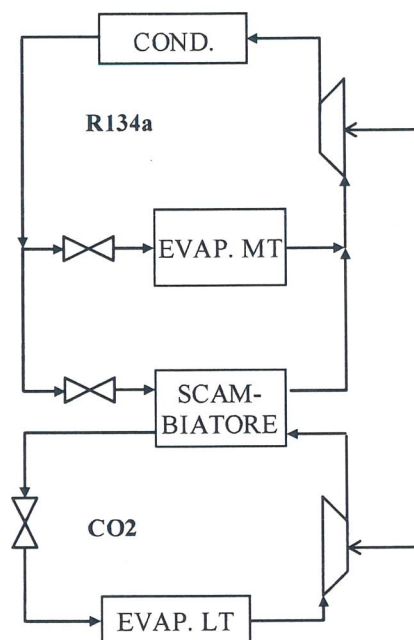
|                           |          |          |          |          |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Configurazione dei turni* | 8x5x2    | 8x5x3    | 6x6x3    | 6x6x4    |
| Costo annuo per addetto   | 30.500 € | 33.000 € | 33.400 € | 34.100 € |

\*: ore turno x giorni a settimana x turni al giorno

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO  
DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE MAGISTRALE/SPECIALISTA  
SESSIONE I – ANNO 2019**

**PROVA PROGETTUALE  
SETTORE INDUSTRIALE – MECCANICA (FISICA TECNICA INDUSTRIALE)**

Si vuole stimare la potenza elettrica necessaria in un impianto di refrigerazione di un supermercato funzionante secondo lo schema in cascata rappresentato, in modo semplificato, in Figura 1, dove la CO<sub>2</sub> è il fluido frigorifero a valle, mentre l'altro è R134a.



**Figura 1 - Schema dell'impianto frigorifero in cascata**

L'evaporatore MT, alla stessa pressione dello scambiatore in cascata (lato R134a), deve provvedere alla "linea del fresco" assorbendo un carico nominale di 97 kW, mentre l'evaporatore LT si occupa del carico nominale del surgelato, pari a 18 kW.

Il candidato provveda a:

- ✓ disegnare su opportuni diagrammi termodinamici le trasformazioni associate al ciclo frigorifero;
- ✓ determinare la potenza elettrica spesa ed il coefficiente di prestazione dell'impianto.
- ✓ dimensionare lo scambiatore in cascata.

Seguono alcuni dati specifici per la valutazione del progetto.

---

### **Impianto frigorifero a compressione di vapore**

Il condensatore ed i due evaporatori scambiano calore con l'aria.

Nel condensatore l'aria entra a 27 °C (temperatura ambiente) ed esce a 37°C, mentre il  $\Delta T$  lato aria è di 3°C negli altri due scambiatori. In particolare, nell'evaporatore LT l'aria entra a -18°C ed in quello MT la temperatura di ingresso è di 2°C.

**Tabella 1 – Proprietà termofisiche dell'aria alla pressione atmosferica**

| $t$<br>[°C] | $\rho$<br>[kg·m <sup>-3</sup> ] | $c_p$<br>[kJ·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ] | $\mu$<br>[10 <sup>-5</sup> kg·m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> ] | $\nu$<br>[10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> ] | $\lambda$<br>[W·m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] | $\alpha$<br>[10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> ] |
|-------------|---------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| -23         | 1,4128                          | 1,0053                                           | 1,599                                                           | 11,32                                                        | 0,02226                                           | 15,672                                                          |
| 27          | 1,177                           | 1,006                                            | 1,846                                                           | 15,680                                                       | 0,0262                                            | 22,143                                                          |
| 77          | 0,998                           | 1,009                                            | 2,075                                                           | 20,790                                                       | 0,0300                                            | 29,830                                                          |
| 127         | 0,883                           | 1,014                                            | 2,286                                                           | 25,900                                                       | 0,0336                                            | 37,600                                                          |

In tutti gli scambiatori di calore si deve considerare un  $\Delta T_{\text{minimo}} \geq 5$  °C tra i due fluidi caldo e freddo.

Il fluido R134a in uscita dall'evaporatore MT subisce un surriscaldamento pari a 5°C rispetto alla temperatura di saturazione.

Vapore saturo di CO2 entra nel compressore a bassa temperatura e vapore saturo di R134a esce dallo scambiatore in cascata.

Liquido saturo di R134a esce dal condensatore e liquido saturo di CO2 esce dallo scambiatore in cascata.

Per il progetto considerare che il rendimento isentropico dei compressori è pari a 0.7.

Nella valutazione della potenza elettrica spesa, oltre al lavoro dei compressori, non si trascuri quello necessario a movimentare l'aria a contatto con i tre scambiatori compatti.

Tale potenza può essere calcolata con la relazione

$$\dot{W}_{\text{fan}} = \frac{1}{\eta_{\text{fan}}} \frac{\Delta p}{\rho_{\text{medio}}} \dot{m}_{\text{aria}}$$

nella quale il rendimento complessivo è pari a  $\eta_{\text{fan}} = 0.8$  ed il calcolo delle portate di aria viene dal bilancio negli scambiatori (evaporatori e condensatore).

Per la stima delle cadute di pressione, si consideri un valore di 50 Pa negli evaporatori e sia pari a 200 Pa nel condensatore.

### Dimensionamento dello scambiatore in cascata

Il candidato fornisca un dimensionamento di massima dello scambiatore in cascata dell'impianto frigorifero, sapendo che si tratta di uno a fascio tubiero del tipo tubo-mantello (ctr Figura 2).

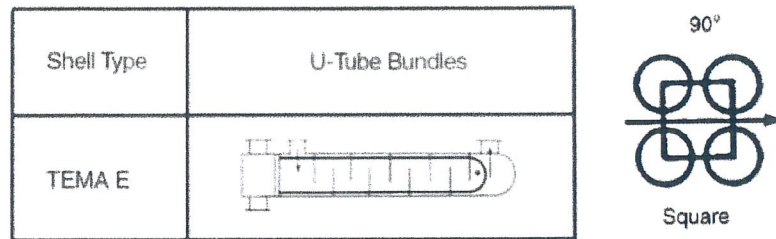
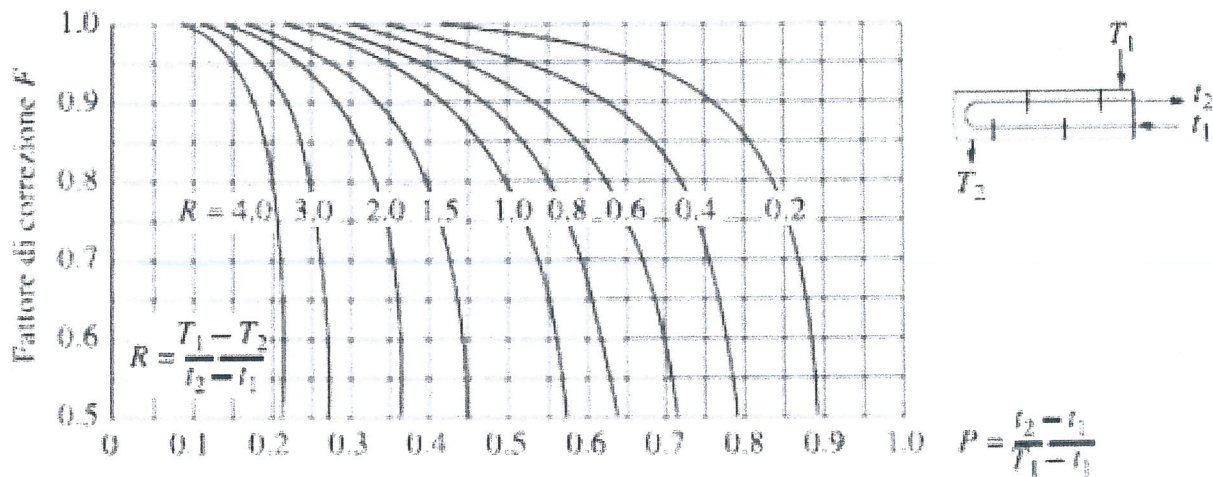


Figura 2 – Schematizzazione semplificata dello scambiatore.



(a) Un passaggio nel mantello e 2, 4, 6, ecc. (multipli di 2) nei tubi.

Figura 3 – Diagramma del fattore di correzione in uno scambiatore a fascio tubiero.

In particolare, il candidato determini il numero di tubi ed il loro diametro, supponendo una lunghezza massima dello scambiatore pari a 2,5 m. Il materiale è alluminio 6061-T6, con conduttività termica media pari a  $155 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . Alcuni vicoli di progetto sono riassunti in Tabella 1

Tabella 2 – Ingombri e alcune grandezze dello scambiatore

|                                            |                                      |
|--------------------------------------------|--------------------------------------|
| Velocità lato tubo                         | $w_t = 0.9 \div 2.5 \text{ ms}^{-1}$ |
| Velocità lato mantello                     | $w_s = 0.5 \div 1.5 \text{ ms}^{-1}$ |
| Diametro mantello                          | $D_s = 0.2 \div 1 \text{ m}$         |
| Diametro esterno tubo                      | $D_e = 13 \div 27 \text{ mm}$        |
| Spessore del tubo                          | $s_t = 0.15 \cdot D_e$               |
| Passo tra i tubi (disposizione a quadrato) | $X_t = 1.5 \cdot D_e$                |
| Distanza tra i diaframmi                   | $X_b = 0.4 \text{ m}$                |
| Lunghezza massima dello scambiatore        | $L = 2.5 \text{ m}$                  |

Sia dal lato tubi il fluido a pressione maggiore, ossia la CO<sub>2</sub>.

Per i coefficienti di scambio convettivo valgono le seguenti correlazioni (semplificate):

- ✓ Cambiamento di fase in evaporazione (lato mantello, R134a),

$$h_b = 7 \cdot \frac{\lambda_{liq}}{D_{hydr}} \cdot 0,36 Re_{D_{hydr}, liq}^{0,55} Pr_{liq}^{1/3}$$

dove il pedice “liq” indica che ci si riferisce alle proprietà del liquido saturo.

Il diametro idraulico è dato dalla relazione

$$D_{hydr} = \frac{4 \left[ X_t^2 - (\pi D_e^2 / 4) \right]}{\pi D_e}$$

ed il Reynolds è definito da

$$Re_{D_{hydr}, liq} = \dot{m}_{R134a} \frac{X_t}{(X_t - D_e) \cdot X_b \cdot D_s} \frac{D_{hydr}}{\mu_{liq}}$$

- ✓ Cambiamento di fase in condensazione (lato tubi, CO<sub>2</sub>)

$$h_c = 4 \cdot \frac{\lambda_{liq}}{D_i} \cdot 0,023 \cdot Re_{D_i, liq}^{0,8} Pr_{liq}^{0,4}$$

- ✓ Scambio termico con una sola fase (lato tubi, desurriscaldatore CO<sub>2</sub><sup>1)</sup>)

- Dittus Boelter

$$Nu_{Di} = 0,023 \cdot Re_{Di}^{0,8} Pr^n \quad \text{con} \quad \begin{cases} n = 0,3 \text{ (riscaldamento)} \text{ o } 0,4 \text{ (raffreddamento)} \\ 0,7 \leq Pr \leq 160 \\ Re_{Di} \geq 10000 \end{cases}$$

- Gnielinski

$$Nu_{Di} = \frac{(f/8) \cdot (Re_{Di} - 1000) Pr}{1 + 12,7 (f/8)^{0,5} (Pr^{2/3} - 1)} \quad \text{con} \quad \begin{cases} f = (0,79 \ln Re_{Di} - 1,64)^{-2} \\ 0,5 \leq Pr \leq 2000 \\ 2300 \leq Re_{Di} \leq 5 \cdot 10^6 \end{cases}$$

#### NOTA

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

---

<sup>1</sup> Valutare le proprietà termofisiche nelle condizioni di vapore saturo (semplificazione).

Tabella 3 – Vapore e liquido saturo CO<sub>2</sub>

| $t$ [°C] | $p$ [bar] | $\rho$ [kg·m <sup>-3</sup> ] |               | $h$ [kJ kg <sup>-1</sup> ] |               | $s$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] |               | $c_p$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] |               |
|----------|-----------|------------------------------|---------------|----------------------------|---------------|--------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------|---------------|
|          |           | <i>liquido</i>               | <i>vapore</i> | <i>liquido</i>             | <i>vapore</i> | <i>liquido</i>                             | <i>vapore</i> | <i>liquido</i>                               | <i>vapore</i> |
| -30      | 14,278    | 1075,7                       | 37,098        | 133,34                     | 436,82        | 0,7498                                     | 1,9980        | 2,0731                                       | 1,1406        |
| -29      | 14,763    | 1071,5                       | 38,378        | 135,41                     | 436,9         | 0,7582                                     | 1,9930        | 2,0807                                       | 1,1532        |
| -28      | 15,261    | 1067,2                       | 39,696        | 137,50                     | 436,96        | 0,7665                                     | 1,9880        | 2,0886                                       | 1,1663        |
| -27      | 15,770    | 1062,9                       | 41,051        | 139,59                     | 437,01        | 0,7748                                     | 1,9831        | 2,0969                                       | 1,1798        |
| -26      | 16,293    | 1058,6                       | 42,445        | 141,69                     | 437,04        | 0,7831                                     | 1,9781        | 2,1055                                       | 1,1938        |
| -25      | 16,827    | 1054,2                       | 43,880        | 143,79                     | 437,06        | 0,7914                                     | 1,9732        | 2,1145                                       | 1,2083        |
| -24      | 17,375    | 1049,8                       | 45,356        | 145,91                     | 437,06        | 0,7997                                     | 1,9683        | 2,1238                                       | 1,2234        |
| -23      | 17,935    | 1045,3                       | 46,875        | 148,03                     | 437,04        | 0,8080                                     | 1,9633        | 2,1335                                       | 1,2389        |
| -22      | 18,509    | 1040,8                       | 48,437        | 150,16                     | 437,01        | 0,8163                                     | 1,9584        | 2,1437                                       | 1,2551        |
| -21      | 19,096    | 1036,3                       | 50,045        | 152,30                     | 436,96        | 0,8246                                     | 1,9535        | 2,1543                                       | 1,2719        |
| -20      | 19,696    | 1031,7                       | 51,700        | 154,45                     | 436,89        | 0,8328                                     | 1,9485        | 2,1653                                       | 1,2893        |
| -19      | 20,310    | 1027                         | 53,402        | 156,61                     | 436,81        | 0,8411                                     | 1,9436        | 2,1768                                       | 1,3075        |
| -18      | 20,938    | 1022,3                       | 55,155        | 158,77                     | 436,7         | 0,8494                                     | 1,9386        | 2,1889                                       | 1,3263        |
| -17      | 21,581    | 1017,6                       | 56,959        | 160,95                     | 436,58        | 0,8577                                     | 1,9337        | 2,2014                                       | 1,3459        |
| -16      | 22,237    | 1012,8                       | 58,816        | 163,14                     | 436,44        | 0,8659                                     | 1,9287        | 2,2146                                       | 1,3664        |
| -15      | 22,908    | 1008                         | 60,728        | 165,34                     | 436,27        | 0,8742                                     | 1,9237        | 2,2283                                       | 1,3877        |
| -14      | 23,593    | 1003,1                       | 62,697        | 167,55                     | 436,09        | 0,8825                                     | 1,9187        | 2,2426                                       | 1,4099        |
| -13      | 24,294    | 998,14                       | 64,725        | 169,78                     | 435,89        | 0,8908                                     | 1,9137        | 2,2577                                       | 1,4330        |
| -12      | 25,010    | 993,13                       | 66,814        | 172,01                     | 435,66        | 0,8991                                     | 1,9086        | 2,2734                                       | 1,4572        |
| -11      | 25,740    | 988,06                       | 68,967        | 174,26                     | 435,41        | 0,9074                                     | 1,9036        | 2,2899                                       | 1,4826        |
| -10      | 26,487    | 982,93                       | 71,185        | 176,52                     | 435,14        | 0,9157                                     | 1,8985        | 2,3072                                       | 1,5091        |
| -9       | 27,249    | 977,73                       | 73,471        | 178,80                     | 434,84        | 0,9241                                     | 1,8934        | 2,3254                                       | 1,5368        |
| -8       | 28,027    | 972,46                       | 75,829        | 181,09                     | 434,51        | 0,9324                                     | 1,8882        | 2,3446                                       | 1,5660        |
| -7       | 28,821    | 967,12                       | 78,261        | 183,39                     | 434,17        | 0,9408                                     | 1,8830        | 2,3648                                       | 1,5966        |
| -6       | 29,632    | 961,7                        | 80,770        | 185,71                     | 433,79        | 0,9492                                     | 1,8778        | 2,3860                                       | 1,6288        |
| -5       | 30,459    | 956,21                       | 83,359        | 188,05                     | 433,38        | 0,9576                                     | 1,8725        | 2,4085                                       | 1,6628        |
| -4       | 31,303    | 950,63                       | 86,032        | 190,40                     | 432,95        | 0,9660                                     | 1,8672        | 2,4322                                       | 1,6986        |
| -3       | 32,164    | 944,97                       | 88,794        | 192,77                     | 432,48        | 0,9744                                     | 1,8618        | 2,4573                                       | 1,7365        |
| -2       | 33,042    | 939,22                       | 91,647        | 195,16                     | 431,99        | 0,9829                                     | 1,8563        | 2,4839                                       | 1,7767        |
| -1       | 33,938    | 933,38                       | 94,596        | 197,57                     | 431,46        | 0,9915                                     | 1,8509        | 2,5122                                       | 1,8194        |
| 0        | 34,851    | 927,43                       | 97,647        | 200,00                     | 430,89        | 1,0000                                     | 1,8453        | 2,5423                                       | 1,8648        |
| 1        | 35,783    | 921,38                       | 100,800       | 202,45                     | 430,29        | 1,0086                                     | 1,8397        | 2,5744                                       | 1,9132        |
| 2        | 36,733    | 915,23                       | 104,070       | 204,93                     | 429,65        | 1,0172                                     | 1,8340        | 2,6086                                       | 1,9649        |
| 3        | 37,701    | 908,95                       | 107,460       | 207,43                     | 428,97        | 1,0259                                     | 1,8282        | 2,6453                                       | 2,0203        |
| 4        | 38,688    | 902,56                       | 110,980       | 209,95                     | 428,25        | 1,0346                                     | 1,8223        | 2,6846                                       | 2,0799        |
| 5        | 39,695    | 896,03                       | 114,620       | 212,50                     | 427,48        | 1,0434                                     | 1,8163        | 2,7268                                       | 2,1440        |
| 6        | 40,720    | 889,36                       | 118,410       | 215,08                     | 426,67        | 1,0523                                     | 1,8102        | 2,7724                                       | 2,2134        |
| 7        | 41,765    | 882,55                       | 122,340       | 217,69                     | 425,81        | 1,0612                                     | 1,8041        | 2,8218                                       | 2,2885        |
| 8        | 42,831    | 875,58                       | 126,440       | 220,34                     | 424,89        | 1,0702                                     | 1,7977        | 2,8753                                       | 2,3704        |
| 9        | 43,916    | 868,44                       | 130,710       | 223,01                     | 423,92        | 1,0792                                     | 1,7913        | 2,9337                                       | 2,4597        |
| 10       | 45,022    | 861,12                       | 135,160       | 225,73                     | 422,88        | 1,0884                                     | 1,7847        | 2,9976                                       | 2,5578        |

**Tabella 4 -- Vapore surriscaldato CO<sub>2</sub>**

| $p$ [bar] | $t$ [°C]              | $\rho$ [kg·m <sup>-3</sup> ] | $h$ [kJkg <sup>-1</sup> ] | $s$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] | $c_p$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] |
|-----------|-----------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 25        | $t_{sat} = -12,01$ °C | 66,79                        | 435,66                    | 1,9087                                     | 1,457                                        |
|           | -5                    | 62,70                        | 445,35                    | 1,9453                                     | 1,317                                        |
|           | 5                     | 58,13                        | 457,88                    | 1,9912                                     | 1,202                                        |
|           | 15                    | 54,48                        | 469,54                    | 2,0324                                     | 1,134                                        |
|           | 25                    | 51,45                        | 480,64                    | 2,0703                                     | 1,091                                        |
|           | 35                    | 48,85                        | 491,4                     | 2,1058                                     | 1,062                                        |
|           | 45                    | 46,58                        | 501,91                    | 2,1394                                     | 1,042                                        |
|           | 55                    | 44,58                        | 512,26                    | 2,1714                                     | 1,028                                        |
|           | 65                    | 42,78                        | 522,49                    | 2,2021                                     | 1,019                                        |
|           | 75                    | 41,16                        | 532,65                    | 2,2317                                     | 1,013                                        |
|           | 85                    | 39,68                        | 542,76                    | 2,2603                                     | 1,009                                        |
|           | 95                    | 38,33                        | 552,84                    | 2,2881                                     | 1,007                                        |
|           | 105                   | 37,08                        | 562,91                    | 2,3151                                     | 1,007                                        |
|           | 115                   | 35,93                        | 572,98                    | 2,3414                                     | 1,008                                        |
|           | 125                   | 34,85                        | 583,07                    | 2,3670                                     | 1,009                                        |
|           | 135                   | 33,85                        | 593,17                    | 2,3921                                     | 1,011                                        |
|           | 145                   | 32,91                        | 603,3                     | 2,4166                                     | 1,014                                        |

| $p$ [bar] | $t$ [°C]             | $\rho$ [kg·m <sup>-3</sup> ] | $h$ [kJkg <sup>-1</sup> ] | $s$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] | $c_p$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] |
|-----------|----------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 30        | $t_{sat} = -5,55$ °C | 81,92                        | 433,61                    | 1,8754                                     | 1,644                                        |
|           | -5                   | 81,41                        | 434,51                    | 1,8788                                     | 1,622                                        |
|           | 5                    | 73,94                        | 449,31                    | 1,9330                                     | 1,371                                        |
|           | 15                   | 68,44                        | 462,34                    | 1,9790                                     | 1,247                                        |
|           | 25                   | 64,09                        | 474,41                    | 2,0202                                     | 1,173                                        |
|           | 35                   | 60,49                        | 485,88                    | 2,0580                                     | 1,125                                        |
|           | 45                   | 57,41                        | 496,96                    | 2,0934                                     | 1,093                                        |
|           | 55                   | 54,74                        | 507,76                    | 2,1269                                     | 1,070                                        |
|           | 65                   | 52,38                        | 518,38                    | 2,1587                                     | 1,054                                        |
|           | 75                   | 50,27                        | 528,86                    | 2,1893                                     | 1,043                                        |
|           | 85                   | 48,36                        | 539,25                    | 2,2187                                     | 1,035                                        |
|           | 95                   | 46,63                        | 549,58                    | 2,2471                                     | 1,030                                        |
|           | 105                  | 45,05                        | 559,87                    | 2,2747                                     | 1,027                                        |
|           | 115                  | 43,58                        | 570,13                    | 2,3015                                     | 1,026                                        |
|           | 125                  | 42,23                        | 580,38                    | 2,3276                                     | 1,025                                        |
|           | 135                  | 40,98                        | 590,64                    | 2,3530                                     | 1,026                                        |
|           | 145                  | 39,80                        | 600,91                    | 2,3779                                     | 1,028                                        |

Tabella 4 -- Vapore surriscaldato CO<sub>2</sub> (segue)

| $p$ [bar] | $t$ [°C]           | $\rho$ [kg·m <sup>-3</sup> ] | $h$ [kJkg <sup>-1</sup> ] | $s$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] | $c_p$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] |
|-----------|--------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 32        | $t_{sat} = -3,189$ | 88,27                        | 432,57                    | 1,8628                                     | 1,729                                        |
|           | 5                  | 80,98                        | 445,51                    | 1,9100                                     | 1,463                                        |
|           | 15                 | 74,49                        | 459,25                    | 1,9586                                     | 1,302                                        |
|           | 25                 | 69,47                        | 471,77                    | 2,0013                                     | 1,211                                        |
|           | 35                 | 65,38                        | 483,58                    | 2,0402                                     | 1,154                                        |
|           | 45                 | 61,93                        | 494,91                    | 2,0764                                     | 1,115                                        |
|           | 55                 | 58,95                        | 505,92                    | 2,1105                                     | 1,088                                        |
|           | 65                 | 56,33                        | 516,7                     | 2,1429                                     | 1,069                                        |
|           | 75                 | 54,01                        | 527,32                    | 2,1738                                     | 1,056                                        |
|           | 85                 | 51,91                        | 537,83                    | 2,2036                                     | 1,046                                        |
|           | 95                 | 50,02                        | 548,26                    | 2,2323                                     | 1,040                                        |
|           | 105                | 48,29                        | 558,63                    | 2,2601                                     | 1,036                                        |
|           | 115                | 46,70                        | 568,98                    | 2,2871                                     | 1,033                                        |
|           | 125                | 45,23                        | 579,3                     | 2,3134                                     | 1,032                                        |
|           | 135                | 43,86                        | 589,62                    | 2,3390                                     | 1,032                                        |
|           | 145                | 42,59                        | 599,95                    | 2,3640                                     | 1,033                                        |

| $p$ [bar] | $t$ [°C]           | $\rho$ [kg·m <sup>-3</sup> ] | $h$ [kJkg <sup>-1</sup> ] | $s$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] | $c_p$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] |
|-----------|--------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 33        | $t_{sat} = -2,047$ | 91,51                        | 432,01                    | 1,8566                                     | 1,775                                        |
|           | 5                  | 84,71                        | 443,5                     | 1,8985                                     | 1,517                                        |
|           | 15                 | 77,63                        | 457,65                    | 1,9484                                     | 1,333                                        |
|           | 25                 | 72,24                        | 470,42                    | 1,9920                                     | 1,232                                        |
|           | 35                 | 67,88                        | 482,4                     | 2,0316                                     | 1,169                                        |
|           | 45                 | 64,23                        | 493,87                    | 2,0682                                     | 1,127                                        |
|           | 55                 | 61,08                        | 504,98                    | 2,1026                                     | 1,098                                        |
|           | 65                 | 58,34                        | 515,85                    | 2,1352                                     | 1,077                                        |
|           | 75                 | 55,90                        | 526,54                    | 2,1664                                     | 1,062                                        |
|           | 85                 | 53,71                        | 537,11                    | 2,1963                                     | 1,052                                        |
|           | 95                 | 51,73                        | 547,59                    | 2,2252                                     | 1,045                                        |
|           | 105                | 49,92                        | 558,01                    | 2,2531                                     | 1,040                                        |
|           | 115                | 48,26                        | 568,4                     | 2,2802                                     | 1,037                                        |
|           | 125                | 46,73                        | 578,76                    | 2,3066                                     | 1,036                                        |
|           | 135                | 45,31                        | 589,11                    | 2,3322                                     | 1,035                                        |
|           | 145                | 43,99                        | 599,47                    | 2,3573                                     | 1,036                                        |

Tabella 4 -- Vapore surriscaldato CO<sub>2</sub> (segue)

| $p$ [bar] | $t$ [°C]                  | $\rho$ [kg·m <sup>-3</sup> ] | $h$ [kJ kg <sup>-1</sup> ] | $s$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] | $c_p$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] |
|-----------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 35        | $t_{\text{-sat}} = 0,161$ | 98,15                        | 430,8                      | 1,8444                                     | 1,8723                                       |
|           | 5                         | 92,61                        | 439,26                     | 1,8751                                     | 1,6443                                       |
|           | 15                        | 84,17                        | 454,33                     | 1,9283                                     | 1,4011                                       |
|           | 25                        | 77,95                        | 467,66                     | 1,9738                                     | 1,2761                                       |
|           | 35                        | 73,01                        | 480,01                     | 2,0146                                     | 1,2007                                       |
|           | 45                        | 68,91                        | 491,76                     | 2,0521                                     | 1,1512                                       |
|           | 55                        | 65,43                        | 503,09                     | 2,0872                                     | 1,1171                                       |
|           | 65                        | 62,40                        | 514,13                     | 2,1203                                     | 1,0931                                       |
|           | 75                        | 59,72                        | 524,97                     | 2,1519                                     | 1,0759                                       |
|           | 85                        | 57,33                        | 535,67                     | 2,1822                                     | 1,0635                                       |
|           | 95                        | 55,17                        | 546,26                     | 2,2114                                     | 1,0548                                       |
|           | 105                       | 53,21                        | 556,77                     | 2,2395                                     | 1,0487                                       |
|           | 115                       | 51,42                        | 567,24                     | 2,2669                                     | 1,0447                                       |
|           | 125                       | 49,76                        | 577,67                     | 2,2934                                     | 1,0424                                       |
|           | 135                       | 48,23                        | 588,09                     | 2,3192                                     | 1,0414                                       |
|           | 145                       | 46,81                        | 598,5                      | 2,3445                                     | 1,0414                                       |

Tabella 5 – Proprietà termofisiche del fluido CO<sub>2</sub> (liquido saturo)

| $t$ [°C] | $p$ [bar] | $\rho$ [kg·m <sup>-3</sup> ] | $c_p$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] | $\mu$ [Pa·s] | $\lambda$ [W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] |
|----------|-----------|------------------------------|----------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------|
| -8       | 28,027    | 972,46                       | 2,3446                                       | 0,000114     | 0,12013                                        |
| -6       | 29,632    | 961,7                        | 2,386                                        | 0,00011      | 0,11771                                        |
| -4       | 31,303    | 950,63                       | 2,4322                                       | 0,000107     | 0,11529                                        |
| -2       | 33,042    | 939,22                       | 2,4839                                       | 0,000103     | 0,11286                                        |
| 0        | 34,851    | 927,43                       | 2,5423                                       | 9,94E-05     | 0,11043                                        |
| 2        | 36,733    | 915,23                       | 2,6086                                       | 9,59E-05     | 0,10799                                        |
| 4        | 38,688    | 902,56                       | 2,6846                                       | 9,25E-05     | 0,10554                                        |
| 6        | 40,72     | 889,36                       | 2,7724                                       | 8,91E-05     | 0,10308                                        |
| 8        | 42,831    | 875,58                       | 2,8753                                       | 8,58E-05     | 0,1006                                         |
| 10       | 45,022    | 861,12                       | 2,9976                                       | 8,26E-05     | 0,098119                                       |

Tabella 6 – Proprietà termofisiche del fluido CO<sub>2</sub> (vapore saturo)

| $t$ [°C] | $p$ [bar] | $\rho$ [kg·m <sup>-3</sup> ] | $c_p$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] | $\mu$ [Pa·s] | $\lambda$ [W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] |
|----------|-----------|------------------------------|----------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------|
| -8       | 28,027    | 75,829                       | 1,566                                        | 1,40E-05     | 0,017417                                       |
| -6       | 29,632    | 80,77                        | 1,6288                                       | 1,42E-05     | 0,017909                                       |
| -4       | 31,303    | 86,032                       | 1,6986                                       | 1,44E-05     | 0,018445                                       |
| -2       | 33,042    | 91,647                       | 1,7767                                       | 1,46E-05     | 0,019029                                       |
| 0        | 34,851    | 97,647                       | 1,8648                                       | 1,48E-05     | 0,019671                                       |
| 2        | 36,733    | 104,07                       | 1,9649                                       | 1,50E-05     | 0,020381                                       |
| 4        | 38,688    | 110,98                       | 2,0799                                       | 1,52E-05     | 0,021171                                       |
| 6        | 40,72     | 118,41                       | 2,2134                                       | 1,55E-05     | 0,022057                                       |
| 8        | 42,831    | 126,44                       | 2,3704                                       | 1,58E-05     | 0,02306                                        |
| 10       | 45,022    | 135,16                       | 2,5578                                       | 1,61E-05     | 0,024206                                       |

Tabella 7 – Vapore e liquido saturo R134a

| $t$ [°C] | $p$ [bar] | $\rho$ [kg·m <sup>-3</sup> ] |               | $h$ [kJ kg <sup>-1</sup> ] |               | $s$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] |               |
|----------|-----------|------------------------------|---------------|----------------------------|---------------|--------------------------------------------|---------------|
|          |           | <i>liquido</i>               | <i>vapore</i> | <i>liquido</i>             | <i>vapore</i> | <i>liquido</i>                             | <i>vapore</i> |
| -17,132  | 1,5       | 1349,4                       | 7,6172        | 177,36                     | 388,32        | 0,9148                                     | 1,7388        |
| -8,2307  | 2,15      | 1321,5                       | 10,728        | 189,03                     | 393,73        | 0,9595                                     | 1,7321        |
| -1,2277  | 2,8       | 1298,8                       | 13,82         | 198,35                     | 397,89        | 0,994                                      | 1,7278        |
| 4,6148   | 3,45      | 1279,4                       | 16,909        | 206,23                     | 401,27        | 1,0225                                     | 1,7247        |
| 9,6658   | 4,1       | 1262,1                       | 20,006        | 213,12                     | 404,13        | 1,0469                                     | 1,7223        |
| 14,138   | 4,75      | 1246,5                       | 23,116        | 219,28                     | 406,6         | 1,0683                                     | 1,7203        |
| 18,167   | 5,4       | 1232                         | 26,246        | 224,9                      | 408,78        | 1,0875                                     | 1,7187        |
| 21,844   | 6,05      | 1218,5                       | 29,398        | 230,07                     | 410,71        | 1,105                                      | 1,7174        |
| 25,232   | 6,7       | 1205,8                       | 32,577        | 234,88                     | 412,45        | 1,121                                      | 1,7161        |
| 28,382   | 7,35      | 1193,8                       | 35,785        | 239,39                     | 414,03        | 1,1359                                     | 1,715         |
| 31,327   | 8         | 1182,2                       | 39,025        | 243,65                     | 415,46        | 1,1497                                     | 1,714         |
| 34,098   | 8,65      | 1171,2                       | 42,3          | 247,68                     | 416,77        | 1,1628                                     | 1,7131        |
| 36,717   | 9,3       | 1160,5                       | 45,612        | 251,53                     | 417,97        | 1,1751                                     | 1,7122        |
| 39,202   | 9,95      | 1150,1                       | 48,963        | 255,22                     | 419,08        | 1,1867                                     | 1,7113        |
| 41,567   | 10,6      | 1140                         | 52,355        | 258,76                     | 420,1         | 1,1978                                     | 1,7105        |
| 43,826   | 11,25     | 1130,2                       | 55,792        | 262,16                     | 421,04        | 1,2084                                     | 1,7097        |
| 45,99    | 11,9      | 1120,6                       | 59,274        | 265,45                     | 421,91        | 1,2186                                     | 1,7089        |
| 48,066   | 12,55     | 1111,2                       | 62,806        | 268,63                     | 422,72        | 1,2284                                     | 1,708         |
| 50,063   | 13,2      | 1102                         | 66,388        | 271,72                     | 423,46        | 1,2378                                     | 1,7072        |

Tabella 8 -- Vapore surriscaldato R134a

| $p$ [bar] | $t$ [°C]            | $\rho$ [kg·m <sup>-3</sup> ] | $h$ [kJ kg <sup>-1</sup> ] | $s$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] | $c_p$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] |
|-----------|---------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1,5       | $t_{sat} = -17,132$ | 7,6172                       | 388,32                     | 1,7388                                     | 0,82646                                      |
|           | -17                 | 7,6122                       | 388,43                     | 1,7393                                     | 0,82638                                      |
|           | -15                 | 7,5386                       | 390,08                     | 1,7457                                     | 0,82556                                      |
|           | -13                 | 7,467                        | 391,73                     | 1,7521                                     | 0,82527                                      |
|           | -11                 | 7,3972                       | 393,38                     | 1,7584                                     | 0,82543                                      |
|           | -9                  | 7,3291                       | 395,04                     | 1,7647                                     | 0,82596                                      |
|           | -7                  | 7,2626                       | 396,69                     | 1,7709                                     | 0,82681                                      |
| 2,15      | $t_{sat} = -8,2307$ | 10,728                       | 393,73                     | 1,7321                                     | 0,8616                                       |
|           | -7                  | 10,662                       | 394,79                     | 1,7361                                     | 0,86026                                      |
|           | -5                  | 10,557                       | 396,51                     | 1,7426                                     | 0,85865                                      |
|           | -3                  | 10,455                       | 398,22                     | 1,7489                                     | 0,85765                                      |
|           | -1                  | 10,356                       | 399,94                     | 1,7553                                     | 0,85716                                      |
|           | 1                   | 10,26                        | 401,65                     | 1,7615                                     | 0,8571                                       |
|           | 3                   | 10,166                       | 403,37                     | 1,7678                                     | 0,85739                                      |
| 2,8       | $t_{sat} = -1,2277$ | 13,82                        | 397,89                     | 1,7278                                     | 0,8917                                       |
|           | -1                  | 13,804                       | 398,09                     | 1,7285                                     | 0,8913                                       |
|           | 1                   | 13,663                       | 399,87                     | 1,735                                      | 0,88828                                      |
|           | 3                   | 13,526                       | 401,64                     | 1,7415                                     | 0,88604                                      |
|           | 5                   | 13,394                       | 403,41                     | 1,7479                                     | 0,88446                                      |
|           | 7                   | 13,265                       | 405,18                     | 1,7542                                     | 0,88343                                      |
|           | 9                   | 13,14                        | 406,95                     | 1,7605                                     | 0,88287                                      |

Tabella 8 -- Vapore surriscaldato R134a (segue)

| $p$ [bar] | $t$ [°C]           | $\rho$ [kg·m <sup>-3</sup> ] | $h$ [kJkg <sup>-1</sup> ] | $s$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] | $c_p$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] |
|-----------|--------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 11        | $t_{sat} = 42,969$ | 54,465                       | 420,69                    | 1,71                                       | 1,1718                                       |
|           | 50                 | 51,8                         | 428,73                    | 1,7351                                     | 1,1195                                       |
|           | 60                 | 48,701                       | 439,7                     | 1,7686                                     | 1,0809                                       |
|           | 70                 | 46,143                       | 450,41                    | 1,8003                                     | 1,0625                                       |
|           | 80                 | 43,962                       | 460,99                    | 1,8306                                     | 1,0545                                       |
|           | 90                 | 42,06                        | 471,52                    | 1,86                                       | 1,0525                                       |
|           | 100                | 40,376                       | 482,05                    | 1,8887                                     | 1,0545                                       |
|           | 110                | 38,866                       | 492,62                    | 1,9166                                     | 1,0591                                       |
|           | 120                | 37,499                       | 503,24                    | 1,944                                      | 1,0657                                       |
|           | 130                | 36,251                       | 513,94                    | 1,9708                                     | 1,0737                                       |
|           | 140                | 35,105                       | 524,72                    | 1,9973                                     | 1,0828                                       |
|           | 150                | 34,047                       | 535,59                    | 2,0233                                     | 1,0927                                       |
|           | 160                | 33,064                       | 546,57                    | 2,0489                                     | 1,1033                                       |
|           | 170                | 32,148                       | 557,66                    | 2,0742                                     | 1,1145                                       |
|           | 180                | 31,291                       | 568,86                    | 2,0992                                     | 1,126                                        |
| 12        | $t_{sat} = 46,315$ | 59,815                       | 422,04                    | 1,7087                                     | 1,2052                                       |
|           | 50                 | 58,136                       | 426,41                    | 1,7223                                     | 1,1696                                       |
|           | 60                 | 54,335                       | 437,79                    | 1,757                                      | 1,1125                                       |
|           | 70                 | 51,276                       | 448,76                    | 1,7895                                     | 1,0849                                       |
|           | 80                 | 48,71                        | 459,53                    | 1,8204                                     | 1,0716                                       |
|           | 90                 | 46,499                       | 470,22                    | 1,8502                                     | 1,0662                                       |
|           | 100                | 44,558                       | 480,87                    | 1,8792                                     | 1,0658                                       |
|           | 110                | 42,83                        | 491,54                    | 1,9074                                     | 1,0686                                       |
|           | 120                | 41,275                       | 502,25                    | 1,935                                      | 1,0738                                       |
|           | 130                | 39,862                       | 513,03                    | 1,9621                                     | 1,0807                                       |
|           | 140                | 38,569                       | 523,87                    | 1,9886                                     | 1,0889                                       |
|           | 150                | 37,379                       | 534,81                    | 2,0148                                     | 1,0982                                       |
|           | 160                | 36,277                       | 545,84                    | 2,0405                                     | 1,1082                                       |
|           | 170                | 35,252                       | 556,97                    | 2,066                                      | 1,1188                                       |
|           | 180                | 34,295                       | 568,22                    | 2,0911                                     | 1,13                                         |

Tabella 9 – Proprietà termofisiche del fluido R134a (liquido saturo)

| $t$ [°C] | $p$ [bar] | $\rho$ [kg·m <sup>-3</sup> ] | $c_p$ [kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] | $\mu$ [Pa·s] | $\lambda$ [W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] |
|----------|-----------|------------------------------|----------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------|
| -10      | 2,006     | 1327,1                       | 1,3156                                       | 0,00030355   | 0,096491                                       |
| -8       | 2,1693    | 1320,8                       | 1,3204                                       | 0,00029565   | 0,095588                                       |
| -6       | 2,3428    | 1314,3                       | 1,3254                                       | 0,000288     | 0,094689                                       |
| -4       | 2,5268    | 1307,9                       | 1,3304                                       | 0,00028061   | 0,093794                                       |
| -2       | 2,7217    | 1301,4                       | 1,3357                                       | 0,00027346   | 0,092902                                       |
| 0        | 2,928     | 1294,8                       | 1,341                                        | 0,00026653   | 0,092013                                       |
| 2        | 3,1462    | 1288,1                       | 1,3466                                       | 0,00025981   | 0,091128                                       |
| 4        | 3,3766    | 1281,4                       | 1,3523                                       | 0,00025329   | 0,090246                                       |
| 6        | 3,6198    | 1274,7                       | 1,3581                                       | 0,00024697   | 0,089367                                       |
| 8        | 3,8761    | 1267,9                       | 1,3641                                       | 0,00024083   | 0,088491                                       |
| 10       | 4,1461    | 1261                         | 1,3704                                       | 0,00023487   | 0,087618                                       |

## Settore Industriale

Si progetti un meccanismo bistabile per il posizionamento di una mensola composto da un quadrilatero articolato e una molla di richiamo. Il meccanismo dovrà essere in grado di far variare la posizione della mensola tra  $-90^\circ$  e  $0^\circ$  allineandola con un piano di appoggio (si faccia riferimento alla Figura 1). Le due posizioni limite dovranno essere stabili. Nella progettazione si rispettino le seguenti specifiche e indicazioni:

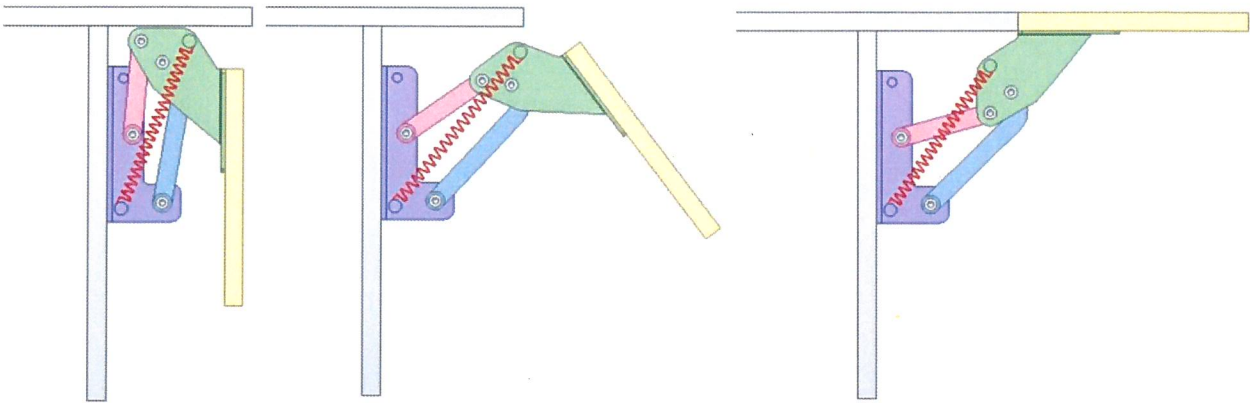


Figura 1. Funzionalità e layout preferenziale del meccanismo da progettare

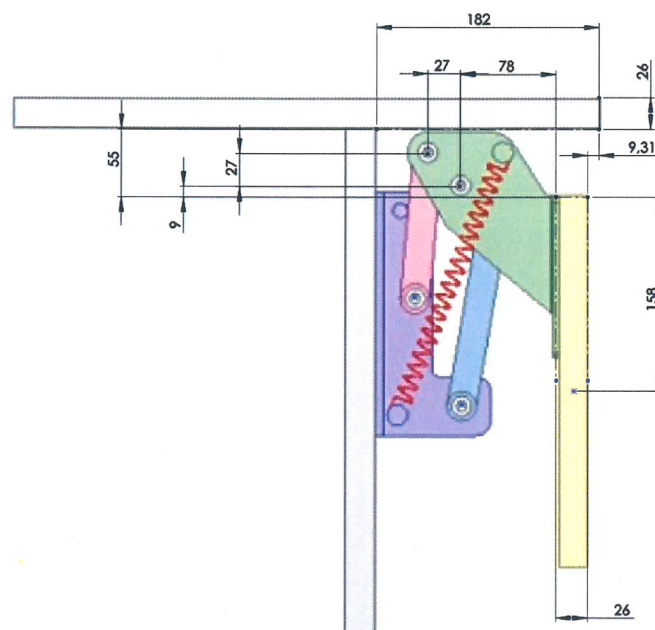


Figura 2. Dati geometrici da rispettare

Nella progettazione si rispettino le seguenti specifiche e indicazioni:

- 1) Si esegua una sintesi della struttura cinematica (lunghezza dei membri e posizione delle cerniere) garantendo il posizionamento della mensola a  $-90^\circ$  in fase di chiusura e  $0^\circ$  in apertura. Per i vincoli geometrici si faccia riferimento alla Figura 2
- 2) Si verifichi che il meccanismo sintetizzato può avere caratteristiche bistabili;
- 3) Si stimi la posizione del centro di rotazione assoluta della mensola nelle due posizioni limite;
- 4) Si dimensionino una molla di trazione (rigidezza, caratteristiche geometriche e punti di attacco), in maniera tale da consentire alla mensola di restare stabilmente nelle due posizioni estremali (grazie alle battute finecorsa) e di reggere un carico di 20 kg (posizionato nella sua mezzeria) in configurazione aperta.
- 5) Si stimino le forze necessarie ad aprire e chiudere la mensola considerando un punto di applicazione nella sua mezzeria
- 6) Si dimensionino le sezioni resistenti delle due aste del quadrilatero
- 7) Si dimensionino i perni di collegamento tra aste e telaio e aste e supporto della mensola (4 perni)

Si presentino tutti i dettagli delle assunzioni, semplificazioni e deduzioni in forma di relazione tecnica di calcolo.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 10 Luglio 2019**

**Settore Industriale**

**Prova progettuale – Ingegneria Medica**

Un recipiente cilindrico adiabatico ovunque tranne che sul fondo, capace di contenere 10 litri di acqua deve essere alimentato con forno elettrico per portare la temperatura dell'acqua a 80 °C.

Successivamente a causa delle perdite termiche dal fondo tale temperatura è lasciata scendere fino a 60 °C.

Un termistore metallico del tipo  $R(T) = 100(1 + \alpha T)$  è disponibile per la misura della temperatura dell'acqua.

Si progetti un circuito elettronico in grado di consentire inizialmente il riscaldamento dell'acqua fino a 80 °C massimo, partendo per esempio da 20 °C e riprendere il riscaldamento una volta che la temperatura è scesa al di sotto di 60°C a causa di perdite termiche sul fondo del recipiente.

**Dati e materiali utilizzabili**

$\alpha = 0.01$ ,  $T$  (°C), amplificatori operazionali alimentati con +12 volt e -12 volt, bipolari di potenza in grado di fornire al massimo 2 A con tensione di alimentazione di 12 volt, resistenze, condensatori, generatori di corrente, batterie, etc.

Dopo avere progettato il circuito in modo che l'acqua venga riscaldata ciclicamente per andare da 60°C a 80 °C, si calcoli approssimativamente il tempo necessario per portare ciclicamente la temperatura dell'acqua dal valore inferiore (60 °C) a quello superiore (80)°C, ammettendo un fattore di perdita medio di 0.9.

Nel caso che il progetto utilizzi generatori di corrente o batterie si progettino circuiti elettronici per tali esigenze.

# **Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di Ingegnere Magistrale**

**I Sessione – 10 Luglio 2019**

## **Settore dell'Informazione**

### **Prova progettuale – Ingegneria Elettronica**

Ad una ditta di ingegneria viene commissionato la progettazione di analizzatore di impedenza portatile. Lo strumento dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Intervallo delle frequenze misurabile: 100 Hz fino a 1MHz.
- Intervallo delle impedenze misurabile:  $10\Omega$ -100M $\Omega$ .
- Funzionamento per almeno 5 ore consecutive di misura con una batteria 2Ah@5V.
- Possibilità di controllare tutte le funzionalità dello strumento e visualizzazione dello spettro in frequenza tramite un opportuno software installato su un dispositivo portatile.

Il/La candidato/a illustri i blocchi fondamentali che costituiscono un analizzatore di impedenza e descriva, attraverso l'uso di diagrammi a blocchi e schemi circuitali, come questo strumento possa essere realizzato tramite l'uso di un microcontrollore ( $\mu C$ ) o di un DSP.

Il candidato scelga nella progettazione le strategie che consentano allo strumento di mantenere un errore nella lettura della impedenza inferiore allo 0.5% del valore nominale.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 10 Luglio 2019**

**Settore dell' Informazione**

**Prova progettuale – Ingegneria Gestionale**

Progettare una linea di produzione in grado di realizzare tre prodotti P1, P2, P3 le cui lavorazioni sono assegnate di seguito:

P1: *a b c d*

P2: *b c e f*

P3: *a e d f*

La domanda di ogni prodotto è uguale a 1000 unità mensili. Le durate delle operazioni (in minuti) sono riportate nella seguente tabella

| Durata | <i>A</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>D</i> | <i>e</i> | <i>f</i> |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| P1     | 5        | 10       | 8        | 6        | -        | -        |
| P2     | -        | 8        | 10       | -        | 2        | 4        |
| P3     | 7        | -        | -        | 6        | 4        | 5        |

Motivate le scelte progettuali fatte anche in termini di presenza e dimensionamento di buffer interoperazionali.

Successivamente progettate il miglior sistema produttivo orientato al processo mostrando quale sia il suo layout e la sua produttività. Confrontare i risultati con quelli ottenuti precedentemente e commentate su quale secondo voi rappresenti la migliore soluzione.

Se necessario valutate la possibilità di un progetto ibrido commentando sulle scelte di ibridizzazione utilizzate.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 10 Luglio 2019**

**Settore dell'Informazione**

**Prova progettuale – Ingegneria Informatica**

Il candidato sviluppi il progetto di una piattaforma distribuita operante in scenari di tipo *smart city*. In particolare, la piattaforma deve gestire gli impianti di climatizzazione di una (grande) quantità di edifici presenti in un ambiente urbano, regolando i parametri ambientali (temperatura, umidità, ...) dei vari ambienti interni agli edifici, con l'obiettivo di ottenere un clima confortevole per i loro (eventuali) occupanti e di ottimizzare i consumi energetici complessivi.

Il sistema si avvale a questo scopo dei dati raccolti da varie tipologie di sensori presenti sia all'interno che all'esterno degli edifici, e di attuatori che consentono di regolare il funzionamento dei vari impianti di climatizzazione distribuiti negli edifici.

Le decisioni relative alle azioni da eseguire vengono prese dal sistema sulla base delle informazioni:

- raccolte in tempo reale dai sensori;
- ottenute interrogando servizi meteorologici remoti;
- risultanti da elaborazioni statistiche eseguite dal sistema stesso sulla base dei dati raccolti in passato.

Il sistema progettato deve soddisfare requisiti di scalabilità (rispetto al numero di edifici e di impianti da gestire) e di sicurezza (autenticazione e protezione dei dati raccolti, protezione da intrusioni che possano causare azioni indesiderate o pericolose).

Il candidato descriva in dettaglio l'architettura del sistema in termini dei suoi principali componenti e interazioni tra essi (seguendo una metodologia a sua scelta), specificando come l'architettura proposta supporta le funzionalità sopra elencate e giustificando le scelte progettuali effettuate. Il candidato discuta inoltre una possibile implementazione del sistema basata su tecnologie attualmente disponibili, motivando la proposta presentata.

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della Professione di  
Ingegnere Magistrale  
I Sessione – 10 Luglio 2019**

**Settore dell'Informazione**

**Prova progettuale – Ingegneria di Internet/TLC**

Si consideri una rete di comunicazione composta da:

- 1) 4 switch Openflow (denominati OF1, OF2, OF3, OF4), ciascuno composto da 4 porte;
- 2) 3 switch general purpose (denominati S1, S2, S3), ciascuno composto da 48 porte;
- 3) 1 server Web;
- 4) 1 server DNS;
- 5) 1 controller SDN;
- 6) 60 host, organizzati in 2 gruppi di 30 host ciascuno.

Si richiede al candidato di:

- 1) Disegnare la topologia fisica considerando i seguenti collegamenti bidirezionali: OF1 – rete internet esterna, OF1 – OF3, OF1 – OF2, OF2 – S2, OF2 – OF4, OF3 – OF4, OF3 – S3, OF4 – S4, OF4 – SDN controller, S2 – gruppo 1 di 30 host, S4 – gruppo 2 di 30 host, S3 – web server, S3 – server DNS;
- 2) Assegnare gli indirizzi IP e l'ID della porta a ciascuna interfaccia di cui al punto 1, assumendo che la rete interna dell'azienda sia compresa nel blocco di indirizzi 10.1.0.0/16. Attestare inoltre su due sottoreti distinte (incluse nel blocco 10.1.0.0/16) gli host del gruppo 1 e del gruppo 2.
- 3) Assumere che ci sia un host attivo C1 connesso a S2. Elencare i comandi per impostare indirizzo IP, maschera di sottorete, broadcast, default gateway e l'indirizzo del server locale DNS sull'host.

- 4) Assumere di impostare il routing nelle tabelle Openflow di OF1, OF2, OF3, OF4. La tabella Openflow di ciascun switch è nel seguente formato:

| Switch Port | MAC src | MAC dst | ETH Type | VLAN ID | IP src | IP dst | IP Prot | TCP source port | TCO dest port | Action |
|-------------|---------|---------|----------|---------|--------|--------|---------|-----------------|---------------|--------|
|-------------|---------|---------|----------|---------|--------|--------|---------|-----------------|---------------|--------|

(Suggerimenti: non è sempre necessario specificare tutti i campi della tabella di OpenFlow per ogni entry. I campi che non devono essere specificati possono essere marcati con “-”. Inoltre il campo Action può essere “Drop packet”, “Forward packet to port XX” – dove “XX” è l’ID della porta, “Forward packet to SDN controller” o “Modify fields”).

Elencare il contenuto delle tabelle OpenFlow di ciascuno switch (OF1-OF4) per fare in modo che:

1. il traffico Web generato dagli host attestati su S2 e diretto verso l'esterno sia inoltrato attraverso OF2 e OF1;
  2. il traffico Web generato dagli host attestati su S4 e diretto verso l'esterno sia inoltrato attraverso OF4, OF2 e OF1;
  3. il traffico Web generato dall'esterno e diretto al server web locale passi attraverso OF1 e OF3;
  4. il traffico Web generato dall'esterno e diretto verso un qualsiasi host del gruppo 1 e del gruppo 2 sia bloccato da OF1;
  5. il traffico DNS generato dall'esterno e indirizzato al server DNS attestato su S3 passi attraverso OF1 e OF3;
  6. il traffico DNS generato dagli host del gruppo 1 e del gruppo 2 sia indirizzato al server DNS attestato su S3;
  7. il traffico ICMP generato dall'esterno e diretto verso una qualunque interfaccia interna sia bloccato.
- 5) Elencare i pacchetti scambiati dall'host C1 (connesso a S2) con gli altri dispositivi quando una pagina web di un server web, esterno alla rete aziendale, viene scaricata da C1.