



**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019**

Prova pratica – 06.12.2019

Sezione A

LM-23 - Ingegneria civile

Tema 1 – Progetto di un garage con struttura a telaio in Cemento Armato

Si deve realizzare l'autorimessa con cantina rappresentata in Figura 1 con una struttura a telaio in c.a. La copertura è formata da una trave di colmo in legno lamellare GL24h di dimensioni 16x50 cm e da travetti in legno 10x14 ad interasse di 70 cm disposti ortogonalmente la trave di colmo. Sopra i travetti vi è il tavolato in legno, l'isolante, la guaina bituminosa e le tegole in laterizio. La trave di colmo è sorretta da travi in c.a. orizzontali (si veda la sezione) e i travetti di legno, che sporgono dal fabbricato di 50 cm, sono sorretti dalla trave di colmo in gronda e da travi in c.a. orizzontali posti sul perimetro. Le posizioni dei pilastri e le dimensioni di travi in c.a. e pilastri in c.a. sono oggetto di progettazione e dovranno essere definite dal candidato.

Oltre ai carichi permanenti propri e portati, sono presenti i carichi variabili da valutarsi in conformità a quanto richiede la normativa vigente (D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni", nel seguito brevemente NTC2018) per le coperture, considerando che la struttura si trova a Modena.

Si chiede di effettuare la progettazione della struttura in c.a., in conformità alle norme NTC2018. In particolare:

1. Si effettui l'analisi dei carichi e si definisca l'azione del sisma di progetto giustificando opportunamente il fattore di comportamento che s'intende adottare, in quanto la struttura dovrà essere progettata come "dissipativa".
2. Si valutino i 3 periodi propri della struttura e le relative forme modali, considerando, per semplicità, il solaio infinitamente rigido. Per il calcolo dei 3 periodi si può far riferimento anche all'ipotesi di travi rigide (ovvero di telaio shear-type).
3. Si valutino le sollecitazioni (azioni interne) sulla struttura in c.a. dovuti all'effetto dei carichi verticali e dell'azione sismica. Si valuti inoltre l'effetto dei carichi verticali sulla trave di colmo in legno lamellare.
4. Si eseguano le verifiche di resistenza per almeno una travata ed un pilastro, in accordo con il metodo degli stati limite, applicando il criterio delle gerarchie delle resistenze (capacity design) se opportuno. Per la valutazione dell'effetto dell'azione sismica si consideri un'analisi lineare (statica o dinamica).
5. Si eseguano le verifiche di resistenza agli Stati Limite Ultimi e di deformabilità allo Stato Limite di Esercizio per la trave di colmo in legno lamellare.
6. Si eseguano elaborati grafici schematici che mostrino la posizione delle armature calcolate, specificando i dettagli necessari per rendere conforme alla normativa vigente quanto progettato.
7. Si valutino gli spostamenti della struttura allo Stato Limite di salvaguardia della Vita umana (SLV).
8. Si valutino gli spostamenti della struttura allo Stato Limite di Danno (SLD), verificando il rispetto dei limiti previsti dalle NTC2018 per tamponamenti "fragili".

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

Per la verifica si tenga presente che l'edificio si trova nel comune di Modena e che i parametri per la definizione dell'azione sismica sono riportati in Tabella. Il terreno è assimilabile alla tipologia "C", "Depositi di terreni a grana fina mediamente consistenti".

Le quote sono in centimetri. Qualunque dato mancante può essere assunto dal candidato previa opportuna giustificazione.

"Stato Limite"	Tr	a_g	F_o	T^*_c
	[anni]	[g]	[-]	[s]
Salvaguardia della Vita	475	0.16	2.50	0.30
Danno	50	0.05	2.50	0.30

Tabella 1. Parametri per la definizione dell'azione sismica

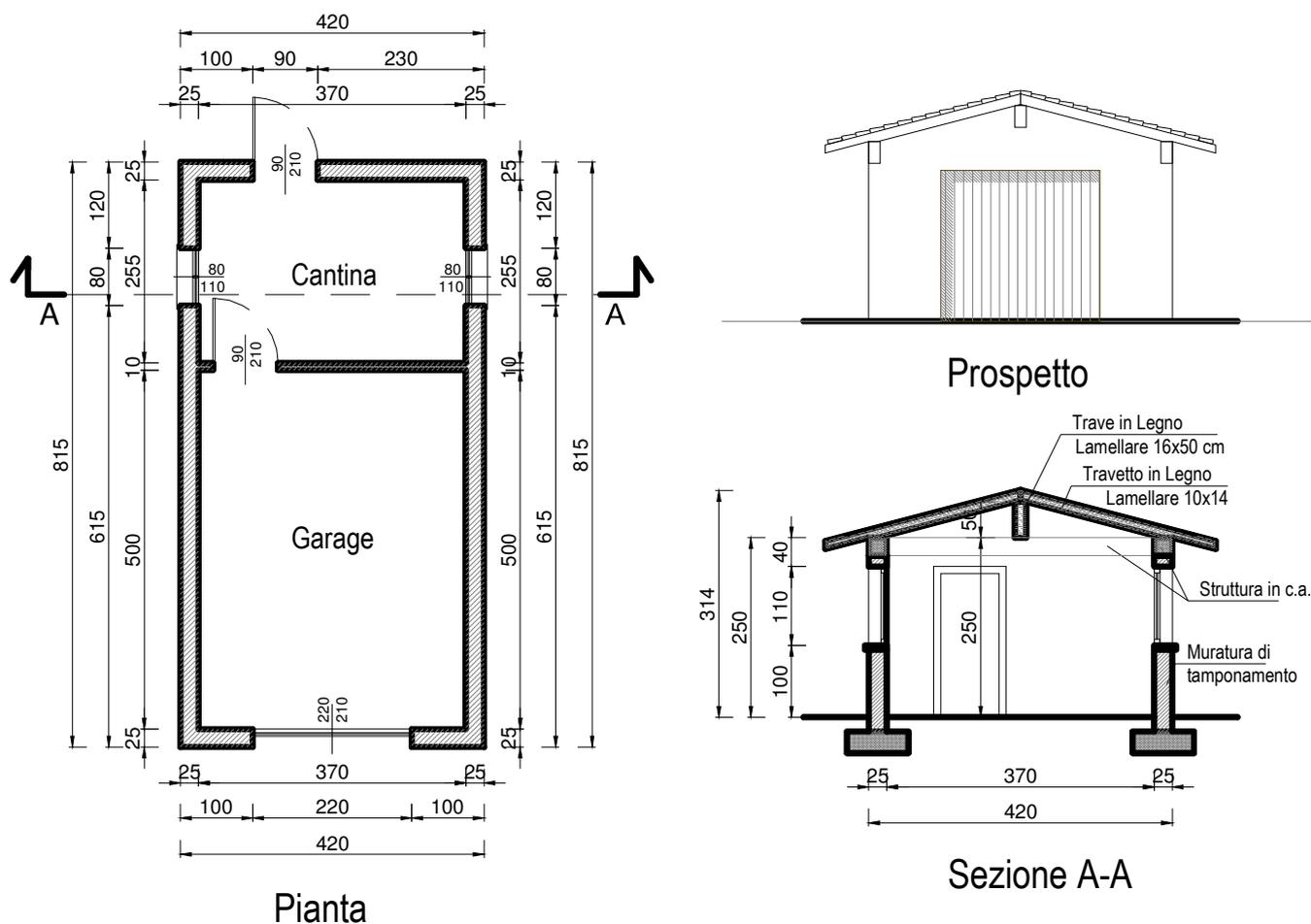


Figura 1. Struttura oggetto di progetto: pianta, prospetto e sezione

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

LM-23 - Ingegneria civile

Tema 2 – Schema di rilevamento locale con successivo inserimento in una rete preesistente

La creazione di uno scavo comporta l'installazione preliminare di 11 nuovi caposaldi in un'area di limitata estensione, precedentemente sprovvista di qualsiasi tipo di riferimento topografico. Tali caposaldi dovranno essere utilizzati per successive operazioni e dovranno essere caratterizzati da coordinate tridimensionali. A tal fine, sono state eseguite misurazioni topografiche nella configurazione tipica delle poligonali chiuse.

Assegnando ai caposaldi un numero da 0 a 10, sequenza che rappresenta anche la direzione lungo la quale ha lavorato la squadra di rilevatori, tramite stazione totale sono state acquisite misure di angoli azimutali, angoli zenitali e distanze inclinate.

Si noti che gli angoli azimutali sono misurati facendo stazione con la strumentazione in corrispondenza di un punto e collimando prima il punto indietro e successivamente quello posto in avanti con rotazione oraria (nella geometria finale della poligonale chiusa questi costituiranno gli angoli interni). Invece, le misure di distanza e degli angoli zenitali sono riferite al punto di stazione con collimazione del punto posti in avanti (lungo la direzione di avanzamento della poligonale). L'incertezza associata alle misure è quantificata in 3 mm per le distanze e 0,6 mgon per gli angoli.

Le misure effettuate e le altezze strumentali sono riportate nella seguente tabella

Punto indietro	Punto di stazione	Punto avanti	Altezza strumento (m)	Altezza prisma (m)	Angolo Azimutale (gons)	Angolo Zenitale (gons)	Distanza inclinata (m)
10	0	1	1,431	2,000	$\alpha(0)$	309,6555	z(0) 102,4030
0	1	2	1,455	2,000	$\alpha(1)$	92,7455	z(1) 94,5010
1	2	3	1,443	2,000	$\alpha(2)$	157,4460	z(2) 92,5570
2	3	4	1,478	2,000	$\alpha(3)$	110,7335	z(3) 84,6115
3	4	5	1,500	2,000	$\alpha(4)$	178,1590	z(4) 88,9410
4	5	6	1,533	2,000	$\alpha(5)$	139,1445	z(5) 90,4960
5	6	7	1,519	2,000	$\alpha(6)$	141,2345	z(6) 105,2300
6	7	8	1,532	2,000	$\alpha(7)$	161,8460	z(7) 95,1550
7	8	9	1,420	2,000	$\alpha(8)$	359,3725	z(8) 95,1075
8	9	10	1,482	2,000	$\alpha(9)$	90,5130	z(9) 103,5135
9	10	0	1,497	2,000	$\alpha(10)$	59,1555	z(10) 92,2125

Ai fini del calcolo delle coordinate tridimensionali dei vertici della poligonale, il sistema di riferimento adottato sarà, inizialmente, di tipo locale con origine in corrispondenza del punto 0 (che assume coordinate $x=0, y=0, z=0$) e asse y orientato come il lato 0-1 (ponendo la direzione uscente da 0 verso 1 orientata lungo l'asse y (direzione negativa)).

In relazione al calcolo delle coordinate tridimensionali della poligonale, il candidato risponda ai seguenti quesiti:

- 1) Adottare una superficie di riferimento ai fini dei calcoli planimetrici e verticali e motivarne la scelta;
- 2) Discutere sulla possibilità, o meno, di poter applicare al caso presentato un qualunque metodo per il controllo della qualità delle misure relative agli angoli azimutali e, in caso affermativo, procedere con il relativo calcolo secondo una delle eventuali strategie di compensazione/correzione delle sole misure azimutali. A tal fine si potrà fare riferimento ad una tolleranza angolare di 0,0120 ggon;
- 3) Calcolare le coordinate planimetriche dei punti da 0 a 10 nel sistema di riferimento adottato;
- 4) Fornire una rappresentazione planimetrica, in scala prescelta, dello sviluppo della poligonale nel rispetto dei valori angolari e di distanza misurati;



Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

- 5) Calcolare il dislivello fra i punti della poligonale e disegnarne il profilo altimetrico (ci si riferisce ad un grafico, con dislivelli posti in ordinata e distanze progressive nell'ascissa, dove il candidato potrà scegliere le idonee scale di rappresentazione nelle due direzioni). Fornire infine una stima dell'errore complessivo compiuto nelle misure verticali;

Ai soli fini planimetrici, si deve ora inserire lo schema geometrico relativo alla poligonale in una rete preesistente che presenta diversi vertici, anche in prossimità dell'area di lavoro, per i quali sono note le coordinate planimetriche. Di tali vertici, alcuni sono inter-visibili con i punti della poligonale. Ai fini di tale inserimento, il candidato risponda ai seguenti quesiti:

- 6) Citare uno schema di rilevamento utile all'inserimento dei vertici della poligonale nella geometria della rete preesistente e del relativo sistema di coordinate. Si dovrà presentare un'ipotesi di lavoro che includa i seguenti elementi:
- tipologia di misure da effettuare e numero minimo di vertici di inquadramento da utilizzarsi nel lavoro di inserimento (il numero minimo di tali vertici andrà motivato opportunamente);
 - schema grafico semplificato (non necessariamente in scala) inclusivo di: geometria della poligonale già determinata, numero e localizzazione dei vertici della rete di inquadramento utilizzati ai fini dell'inserimento, indicazione (nella sola forma grafica) delle misure da effettuarsi ai fini dell'inserimento.

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

Sezione A

LM-35 - Ingegneria per l'ambiente e il territorio

Tema 1 – Procedura di bonifica in caso di prodotto libero e di contaminazione in acquifero

Per il superamento della prova, è necessario rispondere ad entrambi i quesiti

Quesito 1:

La presenza di prodotto libero in falda (NAPL, Non-Aqueous Phase Liquid) è indice di un livello di contaminazione particolarmente severo del sottosuolo o delle acque sotterranee.

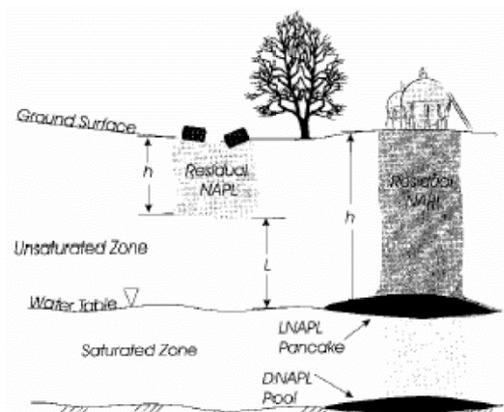
Un evento sismico ha comportato la rottura improvvisa di 20 serbatoi da 200 litri l'uno, causando uno sversamento superficiale di stirene.

Allo scopo di procedere con la bonifica, occorre comprendere se la contaminazione ha interessato solo il suolo insaturo oppure anche la falda, che si trova a 2.5 m dal p.c.

Nel caso in cui il contaminante abbia raggiunto la tavola d'acqua, determinare il quantitativo (volume) di NAPL che può interessare la falda.

Poiché la stima è richiesta subito dopo lo sversamento, si assuma cautelativamente che il contaminante non abbia avuto il tempo di omogenizzarsi e distribuirsi nel terreno e che quindi le frazioni in soluzione nell'acqua interstiziale, adsorbite al terreno e volatilizzate nell'aria interstiziale siano trascurabili.

Per il calcolo, si consideri che il contaminante sia distribuito in un volume cilindrico di raggio r_0 . Inoltre, si utilizzino in primo luogo i valori riportati in tabella facendo riferimento ad un terreno limoso-argilloso, dopodiché si facciano le opportune ipotesi del caso.



Grandezza	Valore	Udm	Descrizione
Θ_e	0.353		Porosità efficace del terreno in zona insatura
S_r	0.04		Frazione dei pori nel suolo occupati dalla frazione residua
Θ_0	0.014		Frazione volumetrica della fase residuale
ρ_{suolo}	1.7	g/cm ³	Densità del suolo
ρ_{stirene}	0.902	kg/l	Densità stirene
$\rho_{\text{H}_2\text{O}}$	0.997	kg/l	Densità acqua
L_{GW}	2.5	m	Profondità della falda da p.c.
r_0	5	m	Raggio del volume cilindrico
$V_{\text{serbatoio}}$	20	l	Volume di un serbatoio

Tabella 1: dati per simulazione sorgente cilindrica

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

Infine, nel caso di contaminazione in falda, descrivere quali interventi di messa in sicurezza sono necessari per evitare la propagazione del plume contaminato lungo l'acquifero.

Quesito 2:

In un sito contaminato da arsenico e cloruro di vinile è stata fatta la caratterizzazione del sito per l'analisi di rischio, prevista dalla normativa. Allo scopo di determinare il valore di concentrazione rappresentativo di ogni sorgente secondaria (C_{RS}), sono stati effettuati diversi campionamenti. Il candidato si occupi di descrivere sinteticamente la procedura generale per l'individuazione della concentrazione rappresentativa di ogni comparto ambientale.

In seguito, a partire dai test di cessione effettuati sui campioni di suolo insaturo e dalle analisi delle acque prelevate dai piezometri riportati in tabella 3, utilizzando la statistica descrittiva di tabella 4, determinare la concentrazione rappresentativa dei due inquinanti per i comparti ambientali suolo superficiale (SS), suolo profondo (SP) e falda (GW).

Infine, utilizzando i dati in tabella 2 e facendo le opportune ipotesi del caso, calcolare i rischi per la risorsa idrica sotterranea e i relativi obiettivi di bonifica considerando un punto di conformità (POC) al di fuori dal perimetro del sito contaminato.

Parametro	Simbolo	u.d.m.	Arsenico Valore	Cloruro di Vinile Valore
Idrosolubilità	Sol	mg/L	-	8.80E+03
Costante di Henry	H	-	-	1.14E+00
Coefficiente di ripartizione suolo-acqua	Kd	L/kg	-	-
Coeff. di ripartizione del carbonio organico	Koc	L/kg	-	2.17E+01
Diffusività in aria	Dair	cm ² /s	-	1.07E-01
Diffusività in acqua	Dwat	cm ² /s	-	1.20E-05
Densità	ρ	kg/L	-	9.11E-01
Slope Factor per ingestione	SFing	(mg/kg/d)-1	1.50E+00	7.20E-01
Inhalation Unit Risk	IUR	(μ g/m ³)-1	4.30E-03	4.40E-06
Reference Dose per ingestione	RfDing	(mg/kg/d)	3.00E-04	3.00E-03
Reference Concentration	RfC	(mg/m ³)	1.50E-05	1.00E-01
Valore di riferimento da d.lgs. 152/06	CSC Residenziale	mg/kg	2.00E+01	1.00E-02
Valore di riferimento da d.lgs. 152/06	CSC Industriale	mg/kg	5.00E+01	1.00E-01
Valore di riferimento da d.lgs. 152/06	CSC falda	mg/L	1.00E-02	5.00E-04
Valore di riferimento da d.lgs. 31/2001		μ g/l	1.00E+01	5.00E-01
Fattori di trasporto in falda al POC*		(mg/L)/(mg/L)	6.18E-01	6.16E-01

* Punto di Conformità

Tabella 2: caratteristiche dei contaminanti e altre grandezze utili all'analisi di rischio

**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019**

Prova pratica – 06.12.2019

Concentrazione SS [mg/kg _{ss}]		Concentrazione SP [mg/kg _{ss}]		Concentrazione GW [mg/l]	
Arsenico	Cloruro di vinile	Arsenico	Cloruro di vinile	Arsenico	Cloruro di vinile
250	10	310	98	52.3	0.3
130	15	30	58	70.7	1.5
78	70	95	10	13.9	7
87	85	30	20	7.5	8.5
65	5	256	0.5	11.1	5
2	0.05	135	9	31.5	0.05
0.5	3	123	11	29	3.2
		31	6	56.4	0.9
		147	200	59.9	0.4
		198	188	64	6
		178	150	53.8	5.2
		256	133	56.1	0.3
		135	66	61.1	0.7
		89	90	52.5	2.2
		98	99	53.5	2.5
		148	9	62.1	1.5
		25	1	60.5	4.6
		50	0.1	59.6	7.7
		78	0.1	57.6	0.7
		87	4		

Tabella 3: analisi sui campioni di suolo insaturo e acqua di falda

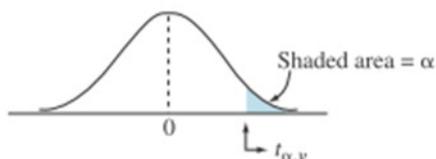
	Suolo superficiale		Suolo profondo		Falda	
	Arsenico	Cloruro di vinile	Arsenico	Cloruro di vinile	Arsenico	Cloruro di vinile
Media	87.50	26.86	124.95	57.64	48.06	3.07
Mediana	78	10.00	110.5	15.5	56.1	2.2
Deviazione standard	85.33	35.20	81.75	66.95	19.30	2.78
Varianza campionaria	7281.42	1238.70	6683.73	4482.02	372.39	7.73
Curtosi	1.74	-0.52	-0.012	-0.33	0.13	-0.93
Asimmetria	1.15	1.21	0.77	0.97	-1.21	0.67
Minimo	0.5	0.05	25	0.1	7.5	0.05
Massimo	250	85	310	200	70.7	8.5
Numero di valori	7	7	20	20	19	19

Tabella 4: statistica descrittiva



Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019



Percentage points of Student's t distribution

ν	α	.40	.25	.10	.05	.025	.01	.005	.001	.0005
1	0.325	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	318.309	636.619	
2	0.289	0.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.599	
3	0.277	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.924	
4	0.271	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610	
5	0.267	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869	
6	0.265	0.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959	
7	0.263	0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408	
8	0.262	0.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041	
9	0.261	0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781	
10	0.260	0.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587	
11	0.260	0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437	
12	0.259	0.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318	
13	0.259	0.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221	
14	0.258	0.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140	
15	0.258	0.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073	
16	0.258	0.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015	
17	0.257	0.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965	
18	0.257	0.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922	
19	0.257	0.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883	
20	0.257	0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850	
21	0.257	0.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819	
22	0.256	0.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792	
23	0.256	0.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768	
24	0.256	0.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745	
25	0.256	0.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725	
26	0.256	0.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707	
27	0.256	0.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690	
28	0.256	0.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674	
29	0.256	0.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659	
30	0.256	0.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646	
35	0.255	0.682	1.306	1.690	2.030	2.438	2.724	3.340	3.591	
40	0.255	0.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551	
50	0.255	0.679	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	3.261	3.496	
60	0.254	0.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460	
120	0.254	0.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.160	3.373	
inf.	0.253	0.674	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291	

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

LM-35 - Ingegneria per l'ambiente e il territorio

Tema 2 – Schema di rilevamento locale con successivo inserimento in una rete preesistente

La creazione di uno scavo comporta l'installazione preliminare di 11 nuovi caposaldi in un'area di limitata estensione, precedentemente sprovvista di qualsiasi tipo di riferimento topografico. Tali caposaldi dovranno essere utilizzati per successive operazioni e dovranno essere caratterizzati da coordinate tridimensionali. A tal fine, sono state eseguite misurazioni topografiche nella configurazione tipica delle poligonali chiuse.

Assegnando ai caposaldi un numero da 0 a 10, sequenza che rappresenta anche la direzione lungo la quale ha lavorato la squadra di rilevatori, tramite stazione totale sono state acquisite misure di angoli azimutali, angoli zenitali e distanze inclinate.

Si noti che gli angoli azimutali sono misurati facendo stazione con la strumentazione in corrispondenza di un punto e collimando prima il punto indietro e successivamente quello posto in avanti con rotazione oraria (nella geometria finale della poligonale chiusa questi costituiranno gli angoli interni). Invece, le misure di distanza e degli angoli zenitali sono riferite al punto di stazione con collimazione del punto posti in avanti (lungo la direzione di avanzamento della poligonale). L'incertezza associata alle misure è quantificata in 3 mm per le distanze e 0,6 mgon per gli angoli.

Le misure effettuate e le altezze strumentali sono riportate nella seguente tabella

Punto indietro	Punto di stazione	Punto avanti	Altezza strumento (m)	Altezza prisma (m)	Angolo Azimutale (gons)	Angolo Zenitale (gons)	Distanza inclinata (m)			
10	0	1	1,431	2,000	$\alpha(0)$	309,6555	z(0)	102,4030	d(0-1)	3,713
0	1	2	1,455	2,000	$\alpha(1)$	92,7455	z(1)	94,5010	d(1-2)	9,175
1	2	3	1,443	2,000	$\alpha(2)$	157,4460	z(2)	92,5570	d(2-3)	13,446
2	3	4	1,478	2,000	$\alpha(3)$	110,7335	z(3)	84,6115	d(3-4)	3,661
3	4	5	1,500	2,000	$\alpha(4)$	178,1590	z(4)	88,9410	d(4-5)	6,548
4	5	6	1,533	2,000	$\alpha(5)$	139,1445	z(5)	90,4960	d(5-6)	3,373
5	6	7	1,519	2,000	$\alpha(6)$	141,2345	z(6)	105,2300	d(6-7)	7,194
6	7	8	1,532	2,000	$\alpha(7)$	161,8460	z(7)	95,1550	d(7-8)	3,947
7	8	9	1,420	2,000	$\alpha(8)$	359,3725	z(8)	95,1075	d(8-9)	11,577
8	9	10	1,482	2,000	$\alpha(9)$	90,5130	z(9)	103,5135	d(9-10)	10,801
9	10	0	1,497	2,000	$\alpha(10)$	59,1555	z(10)	92,2125	d(10-0)	7,279

Ai fini del calcolo delle coordinate tridimensionali dei vertici della poligonale, il sistema di riferimento adottato sarà, inizialmente, di tipo locale con origine in corrispondenza del punto 0 (che assume coordinate $x=0, y=0, z=0$) e asse y orientato come il lato 0-1 (ponendo la direzione uscente da 0 verso 1 orientata lungo l'asse y (direzione negativa)).

In relazione al calcolo delle coordinate tridimensionali della poligonale, il candidato risponda ai seguenti quesiti:

1. Adottare una superficie di riferimento ai fini dei calcoli planimetrici e verticali e motivarne la scelta;
2. Discutere sulla possibilità, o meno, di poter applicare al caso presentato un qualunque metodo per il controllo della qualità delle misure relative agli angoli azimutali e, in caso affermativo, procedere con il relativo calcolo secondo una delle eventuali strategie di compensazione/correzione delle sole misure azimutali. A tal fine si potrà fare riferimento ad una tolleranza angolare di 0,0120 gon;
3. Calcolare le coordinate planimetriche dei punti da 0 a 10 nel sistema di riferimento adottato;
4. Fornire una rappresentazione planimetrica, in scala prescelta, dello sviluppo della poligonale nel rispetto dei valori angolari e di distanza misurati;



Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

5. Calcolare il dislivello fra i punti della poligonale e disegnarne il profilo altimetrico (ci si riferisce ad un grafico, con dislivelli posti in ordinata e distanze progressive nell'ascissa, dove il candidato potrà scegliere le idonee scale di rappresentazione nelle due direzioni). Fornire infine una stima dell'errore complessivo compiuto nelle misure verticali;

Ai soli fini planimetrici, si deve ora inserire lo schema geometrico relativo alla poligonale in una rete preesistente che presenta diversi vertici, anche in prossimità dell'area di lavoro, per i quali sono note le coordinate planimetriche. Di tali vertici, alcuni sono inter-visibili con i punti della poligonale. Ai fini di tale inserimento, il candidato risponda ai seguenti quesiti:

6. Citare uno schema di rilevamento utile all'inserimento dei vertici della poligonale nella geometria della rete preesistente e del relativo sistema di coordinate. Si dovrà presentare un'ipotesi di lavoro che includa i seguenti elementi:
 - tipologia di misure da effettuare e numero minimo di vertici di inquadramento da utilizzarsi nel lavoro di inserimento (il numero minimo di tali vertici andrà motivato opportunamente);
 - schema grafico semplificato (non necessariamente in scala) inclusivo di: geometria della poligonale già determinata, numero e localizzazione dei vertici della rete di inquadramento utilizzati ai fini dell'inserimento, indicazione (nella sola forma grafica) delle misure da effettuarsi ai fini dell'inserimento.

**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019****Prova pratica – 06.12.2019****Sezione A****LM-31 (73158) - Ingegneria gestionale****Tema 1 – Dimensionamento di un magazzino industriale e degli impianti di servizio**

L'azienda WeDeliver srl, specializzata nella logistica per l'e-commerce, si occupa di immagazzinamento, imballaggio, spedizione, assistenza clienti e gestione dei resi per vari marchi di diversi settori quali ceramiche d'arredo, abbigliamento, valigeria e pelletteria. A seguito di una nuova acquisizione da parte di un gruppo molto importante a livello internazionale nel settore della logistica, il nuovo direttore di stabilimento è stato incaricato, da parte del Consiglio di Amministrazione, di rinnovare l'intero impianto in ottica di miglioramento dell'efficienza di tutte le funzioni aziendali.

Parte A

Da una prima ispezione della zona di stoccaggio della merce in accettazione, il direttore di stabilimento nota che la capacità di stoccaggio della struttura non è sufficiente. Supportato dal responsabile operations dal responsabile del progetto di miglioramento dell'impianto, decide di commissionare un progetto per la realizzazione di un nuovo magazzino destinato allo stoccaggio di pallet mono-prodotto. La nuova area di stoccaggio ospiterà tre prodotti del marchio *NoVisa*, leader internazionale nel settore della valigeria, che sono gestiti storicamente dall'azienda e per i quali *WeDeliver* ha l'esclusiva di vendita tramite i canali di e-commerce.

Nota lo storico delle giacenze medie mensili dei prodotti *NoVisa* dall'anno 2015 all'anno 2018 (Tabella 1):

1. Si determinino la giacenza minima, quella massima e quella media nel periodo di tempo considerato;
2. Disegnare la curva della copertura in funzione della giacenza;
3. Disegnare la curva del rischio di mancata copertura;
4. Si determini la giacenza che il magazzino deve essere in grado di garantire affinché il rischio di sottodimensionamento sia inferiore al 7%.

Tabella 1. I valori riportati identificano il numero medio di pallet in giacenza nel periodo di tempo indicato.

	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018
Gennaio	14500	15875	14500	11250
Febbraio	14320	16001	14300	11962
Marzo	13950	14520	12025	12350
Aprile	12745	11220	11250	12960
Maggio	15000	12321	12500	13696
Giugno	14500	13690	14200	17800
Luglio	12859	11003	12300	14500
Agosto	11000	12560	12500	12500
Settembre	9900	17890	13520	13500
Ottobre	10232	13200	11000	12550
Novembre	13000	12300	11230	11690
Dicembre	13254	11005	12350	12335



Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

Parte B

Il management aziendale delle due aziende sta collaborando da alcuni mesi per studiare i tre prodotti cardine dell'azienda *NoVisa* allo scopo di migliorarne la gestione. Le caratteristiche dei prodotti sono in Figura 1.

Figura 1.



Si richiede:

5. di dimensionare gli imballi secondari mono-item dei prodotti (una valigia per imballo), sapendo che l'azienda utilizza scatoloni di cartone dello spessore di 5 mm;
6. di definire la configurazione della unità di carico determinando la disposizione ottimale degli imballi secondari sui pallet sapendo che l'azienda raggruppa su uno stesso pallet prodotti dello stesso tipo e sapendo che i pallet utilizzati sono tutti EURO-pallet;
7. di calcolare i rendimenti volumetrici degli imballi terziari dimensionati.

Nel dimensionamento dell'unità di carico, si consideri che non è ammesso il debordo. Si tengano inoltre presenti le caratteristiche tecniche del mezzo di trasporto utilizzato per i trasferimenti della merce su strada:





Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

- Lunghezza: 13,60 m.
- Larghezza: 2,45 m. - 2,48 m.
- Altezza interna: 2,50 m
- Fino a 34 posti per euro pallet
- Fino a 25 t di portata

Parte C

I tre prodotti finiti, inscatolati e disposti su pallet, saranno stoccati all'interno del nuovo stabilimento, il quale avrà una superficie complessiva di 13000 m², suddivisi in 12808 m² ad uso magazzino e 192 m² ad uso uffici e servizi. L'altezza al sottotrave della zona destinata al magazzino è 12 m. Si consideri che l'allocazione dei pallet nel magazzino sarà per posti condivisi.

Si chiede:

8. di dimensionare un magazzino a scaffalature bifronti a semplice profondità, con vani ospitanti massimo tre pallet di punta e input/output concentrato sul fronte, servito da carrelli elevatori frontali (altezza massima delle forche 10 m) che sia in grado di ospitare la giacenza calcolata al punto 4;
9. di riportare la rappresentazione grafica in pianta del magazzino;
10. di calcolare la potenzialità ricettiva e il rendimento volumetrico della scaffalatura così dimensionata.
11. di definire una strategia di allocazione della merce per classi, note la giacenza prevista dei tre prodotti (% rispetto alla quantità calcolata al punto 4) e le quantità vendute durante l'anno, in Tabella 2.

Sia noto inoltre che i corridoi tra gli scaffali dovranno essere larghi almeno 3.5 m in modo tale da consentire il transito di due carrelli elevatori.

Tabella 2.

	CABIN	MEDIUM	LARGE
Giacenza prevista in magazzino [%]	40 %	40 %	20 %
Vendite [pallet/anno]	18320	17432	4237

Parte D

All'interno del magazzino, in prossimità della zona di input/output, sono inoltre presenti due sorgenti di rumore, S1 e S2.

12. Si determini il livello complessivo di pressione sonora al quale il personale del magazzino operante in quella zona è esposto, considerando che il livello di pressione sonora emesso dalla sorgente S1 sia pari a 83 dB e che il livello di pressione sonora emesso dalla sorgente S2 sia pari a 69 dB. Si consideri che il mezzo di propagazione delle onde sonore è l'aria e la propagazione delle onde sia piana.
13. Indicare se il livello di esposizione individuato denota la presenza o meno di rischio da rumore e, in caso affermativo, individuare almeno una misura di protezione da adottare.

Parte E

L'impianto di climatizzazione estiva della zona uffici e servizi del nuovo stabilimento (dislocata in un edificio separato, in cui gli ambienti presentano un'altezza a soffitto di 3 m) dovrà effettuare 4 ricambi d'aria completi al giorno, immettendo nell'ambiente interno aria ad una temperatura di 24°C e umidità relativa 41%. Tali condizioni sono ottenute mediante una unità di trattamento aria (UTA) come quella schematizzata in Figura 2, che preleva aria dall'esterno, a livello del mare, a una temperatura pari a 35°C e ad un'umidità relativa del 80%. In particolare, l'aria viene raffreddata in uno scambiatore fino a umidità relativa 100%, raccogliendo la condensa, poi viene riscaldata da una resistenza elettrica, per ottenere le condizioni in uscita sopra descritte.

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

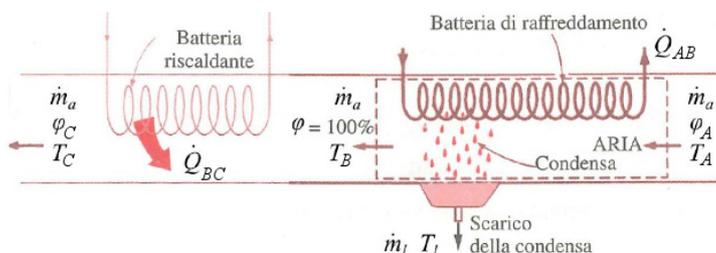


Figura 2: Schema dell'unità di trattamento aria

Si richiede di calcolare:

14. La potenza termica sottratta all'aria dal primo scambiatore (batteria di raffreddamento)
15. La temperatura in uscita al primo scambiatore
16. La potenza termica fornita all'aria dal secondo scambiatore (batteria di post-riscaldamento)
17. La portata in massa di condensato da smaltire allo scarico

Parte F

Si ipotizzi che la batteria di raffreddamento di cui al punto 14 sia alimentata da un gruppo frigorifero che lavora secondo un ciclo inverso a compressione di vapore, avente come fluido evolvente Freon R134a (Figura 3) La temperatura del fluido all'evaporatore è di 4°C, mentre la temperatura di condensazione è di 46.32°C. Il compressore ha un rendimento isoentropico pari al 60%.

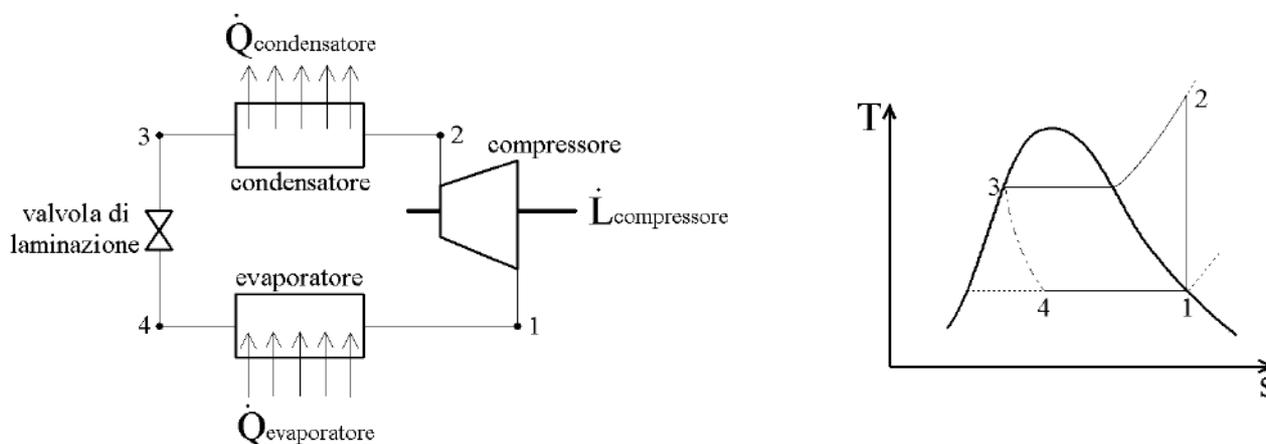


Figura 3: Schema di impianto del gruppo frigorifero

Si richiede di calcolare:

18. La portata di R134a necessaria a garantire il potere frigorifero richiesto, di cui al punto 14
19. Il coefficiente di prestazione della macchina frigorifera
20. La potenza elettrica complessiva (gruppo frigo + resistenza di riscaldamento) necessaria per alimentare l'intera UTA, stimando un rendimento degli organi meccanici pari al 90% e al netto della potenza richiesta per la movimentazione dell'aria.

Nota. Per ogni dato mancante fare riferimento alle regole del buon progetto.

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

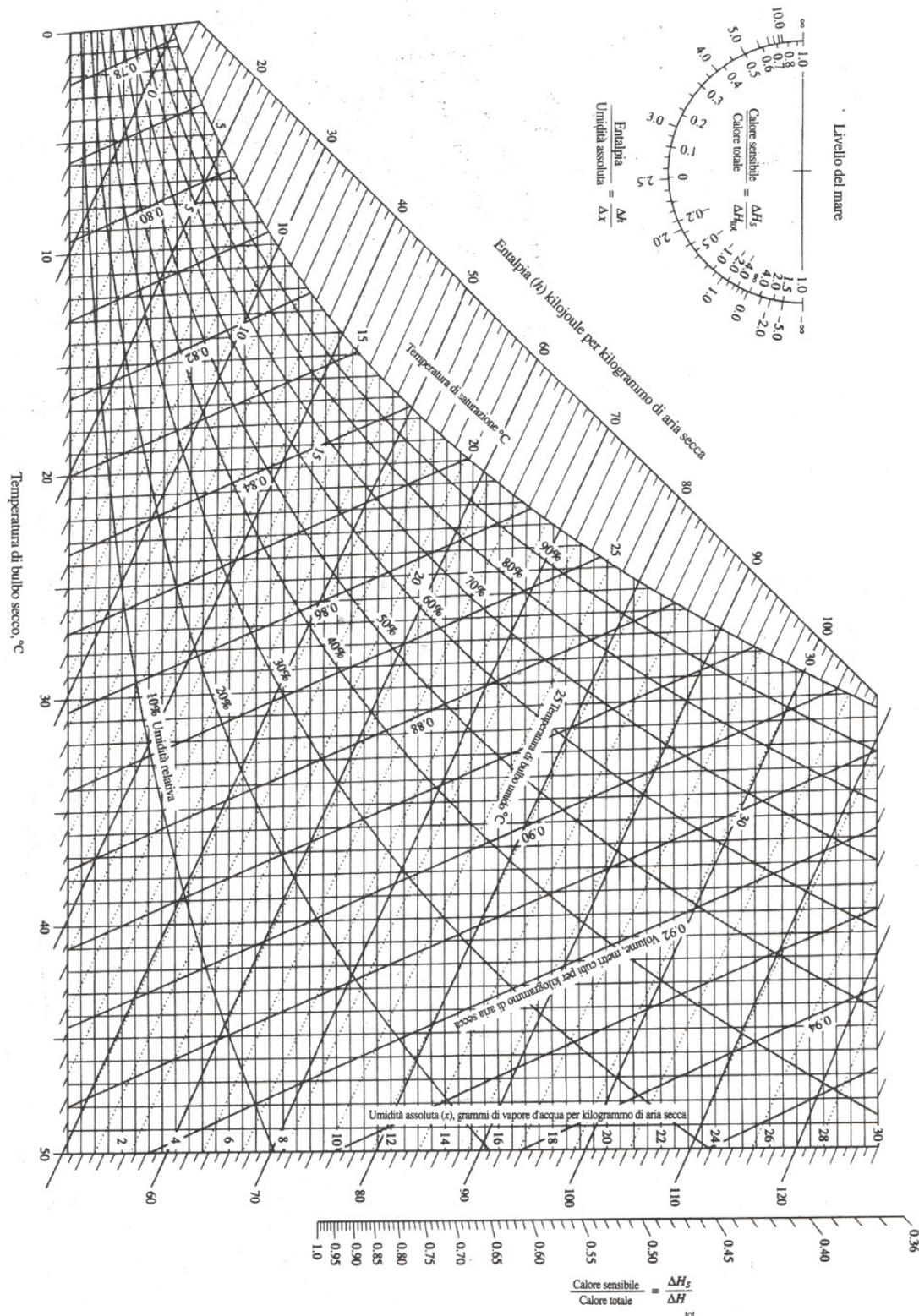
Proprietà dell'acqua satura

$t, ^\circ\text{C}$	p, MPa	Density, kg/m^3		Enthalpy, kJ/kg			Entropy, $\text{kJ/(kg}\cdot\text{K)}$			Volume, cm^3/g	
		ρ_L	ρ_V	h_L	h_V	Δh	s_L	s_V	Δs	v_L	v_V
0.01	0.000 611 7	999.79	0.004 855	0.00	2500.9	2500.9	0.000 00	9.1555	9.1555	1.000 21	205 991.
1	0.000 657 1	999.85	0.005 196	4.18	2502.7	2498.6	0.015 26	9.1291	9.1138	1.000 15	192 439.
2	0.000 706 0	999.89	0.005 563	8.39	2504.6	2496.2	0.030 61	9.1027	9.0720	1.000 11	179 758.
3	0.000 758 1	999.92	0.005 952	12.60	2506.4	2493.8	0.045 89	9.0765	9.0306	1.000 08	168 008.
4	0.000 813 5	999.93	0.006 365	16.81	2508.2	2491.4	0.061 10	9.0505	8.9894	1.000 07	157 116.
5	0.000 872 6	999.92	0.006 802	21.02	2510.1	2489.0	0.076 25	9.0248	8.9486	1.000 08	147 011.
6	0.000 935 4	999.89	0.007 266	25.22	2511.9	2486.7	0.091 34	8.9993	8.9080	1.000 11	137 633.
7	0.001 002 1	999.86	0.007 757	29.43	2513.7	2484.3	0.106 37	8.9741	8.8677	1.000 14	128 923.
8	0.001 073 0	999.80	0.008 276	33.63	2515.6	2481.9	0.121 33	8.9491	8.8278	1.000 20	120 829.
9	0.001 148 3	999.74	0.008 826	37.82	2517.4	2479.6	0.136 24	8.9243	8.7881	1.000 26	113 304.
10	0.001 228 2	999.65	0.009 407	42.02	2519.2	2477.2	0.151 09	8.8998	8.7487	1.000 35	106 303.
11	0.001 313 0	999.56	0.010 021	46.22	2521.0	2474.8	0.165 87	8.8754	8.7096	1.000 44	99 787.
12	0.001 402 8	999.45	0.010 670	50.41	2522.9	2472.5	0.180 61	8.8513	8.6707	1.000 55	93 719.
13	0.001 498 1	999.33	0.011 355	54.60	2524.7	2470.1	0.195 28	8.8274	8.6321	1.000 67	88 064.
14	0.001 599 0	999.20	0.012 078	58.79	2526.5	2467.7	0.209 90	8.8037	8.5938	1.000 80	82 793.
15	0.001 705 8	999.06	0.012 841	62.98	2528.3	2465.4	0.224 46	8.7803	8.5558	1.000 94	77 875.
16	0.001 818 8	998.90	0.013 645	67.17	2530.2	2463.0	0.238 97	8.7570	8.5180	1.001 10	73 286.
17	0.001 938 4	998.73	0.014 493	71.36	2532.0	2460.6	0.253 43	8.7339	8.4805	1.001 27	69 001.
18	0.002 064 7	998.55	0.015 385	75.54	2533.8	2458.3	0.267 83	8.7111	8.4433	1.001 45	64 998.
19	0.002 198 3	998.36	0.016 325	79.73	2535.6	2455.9	0.282 18	8.6884	8.4063	1.001 64	61 256.
20	0.002 339 3	998.16	0.017 314	83.91	2537.4	2453.5	0.296 48	8.6660	8.3695	1.001 84	57 757.
21	0.002 488 2	997.95	0.018 354	88.10	2539.3	2451.2	0.310 73	8.6437	8.3330	1.002 05	54 483.
22	0.002 645 3	997.73	0.019 448	92.28	2541.1	2448.8	0.324 93	8.6217	8.2967	1.002 28	51 418.
23	0.002 811 1	997.50	0.020 598	96.46	2542.9	2446.4	0.339 08	8.5998	8.2607	1.002 51	48 548.
24	0.002 985 8	997.25	0.021 806	100.65	2544.7	2444.0	0.353 18	8.5781	8.2250	1.002 75	45 858.
25	0.003 169 9	997.00	0.023 075	104.83	2546.5	2441.7	0.367 22	8.5566	8.1894	1.003 01	43 337.
26	0.003 363 9	996.74	0.024 406	109.01	2548.3	2439.3	0.381 23	8.5353	8.1541	1.003 27	40 973.
27	0.003 568 1	996.47	0.025 804	113.19	2550.1	2436.9	0.395 18	8.5142	8.1191	1.003 54	38 754.
28	0.003 783 1	996.19	0.027 269	117.37	2551.9	2434.6	0.409 08	8.4933	8.0842	1.003 82	36 672.
29	0.004 009 2	995.90	0.028 805	121.55	2553.7	2432.2	0.422 94	8.4725	8.0496	1.004 11	34 716.
30	0.004 247 0	995.61	0.030 415	125.73	2555.5	2429.8	0.436 75	8.4520	8.0152	1.004 41	32 878.
31	0.004 496 9	995.30	0.032 102	129.91	2557.3	2427.4	0.450 52	8.4316	7.9810	1.004 72	31 151.
32	0.004 759 6	994.99	0.033 868	134.09	2559.2	2425.1	0.464 24	8.4113	7.9471	1.005 04	29 526.
33	0.005 035 4	994.66	0.035 717	138.27	2561.0	2422.7	0.477 92	8.3913	7.9134	1.005 37	27 998.
34	0.005 325 1	994.33	0.037 651	142.45	2562.8	2420.3	0.491 55	8.3714	7.8799	1.005 70	26 560.
35	0.005 629 0	993.99	0.039 674	146.63	2564.5	2417.9	0.505 13	8.3517	7.8466	1.006 05	25 205.
36	0.005 947 9	993.64	0.041 790	150.81	2566.3	2415.5	0.518 67	8.3321	7.8135	1.006 40	23 929.
37	0.006 282 3	993.29	0.044 001	154.99	2568.1	2413.1	0.532 17	8.3127	7.7806	1.006 76	22 727.
38	0.006 632 8	992.92	0.046 311	159.17	2569.9	2410.8	0.545 62	8.2935	7.7479	1.007 13	21 593.
39	0.007 000 2	992.55	0.048 723	163.35	2571.7	2408.4	0.559 03	8.2745	7.7154	1.007 50	20 524.
40	0.007 384 9	992.18	0.051 242	167.53	2573.5	2406.0	0.572 40	8.2555	7.6831	1.007 89	19 515.
41	0.007 787 8	991.79	0.053 871	171.71	2575.3	2403.6	0.585 73	8.2368	7.6511	1.008 28	18 563.
42	0.008 209 6	991.40	0.056 614	175.89	2577.1	2401.2	0.599 01	8.2182	7.6192	1.008 68	17 664.
43	0.008 650 8	991.00	0.059 474	180.07	2578.9	2398.8	0.612 25	8.1998	7.5875	1.009 09	16 814.
44	0.009 112 4	990.59	0.062 457	184.25	2580.6	2396.4	0.625 45	8.1815	7.5560	1.009 50	16 011.
45	0.009 595 0	990.17	0.065 565	188.43	2582.4	2394.0	0.638 61	8.1633	7.5247	1.009 92	15 252.
46	0.010 099	989.75	0.068 803	192.62	2584.2	2391.6	0.651 73	8.1453	7.4936	1.010 36	14 534.
47	0.010 627	989.32	0.072 176	196.80	2586.0	2389.2	0.664 81	8.1275	7.4627	1.010 79	13 855.
48	0.011 177	988.89	0.075 688	200.98	2587.8	2386.8	0.677 85	8.1098	7.4320	1.011 24	13 212.
49	0.011 752	988.44	0.079 343	205.16	2589.5	2384.4	0.690 85	8.0922	7.4014	1.011 69	12 603.
50	0.012 352	988.00	0.083 147	209.34	2591.3	2381.9	0.703 81	8.0748	7.3710	1.012 15	12 027.
51	0.012 978	987.54	0.087 103	213.52	2593.1	2379.5	0.716 73	8.0576	7.3408	1.012 62	11 481.
52	0.013 631	987.08	0.091 217	217.71	2594.8	2377.1	0.729 61	8.0404	7.3108	1.013 09	10 963.
53	0.014 312	986.61	0.095 494	221.89	2596.6	2374.7	0.742 45	8.0234	7.2810	1.013 57	10 472.
54	0.015 022	986.14	0.099 938	226.07	2598.3	2372.3	0.755 26	8.0066	7.2513	1.014 06	10 006.

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

Diagramma psicrometrico ASHRAE $p = 101325 \text{ Pa}$



Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

Tabella R134a saturo

TABELLA A.5
Refrigerante - 134a saturo: tabella in temperatura

Temp. T °C	Press. p _s MPa	Volume specifico m ³ /kg		Energia interna kJ/kg		Entalpia kJ/kg		Entropia kJ/(kg·K)	
		Liquido sat.	Vapore sat.	Liquido sat.	Vapore sat.	Liquido sat.	Exp. sat.	Liquido sat.	Vapore sat.
-40	0,06164	0,0007055	0,3569	-0,04	204,45	0,00	222,88	0,0000	0,9560
-36	0,06332	0,0007113	0,3547	4,69	206,73	4,73	220,67	0,0201	0,9506
-32	0,07074	0,0007172	0,3461	9,47	209,01	9,52	218,37	0,0401	0,9456
-28	0,08305	0,0007233	0,3262	14,31	211,29	14,37	216,01	0,0600	0,9411
-26	0,10199	0,0007285	0,1882	16,75	212,43	16,82	214,80	0,0899	0,9390
-24	0,11180	0,0007296	0,1728	19,21	213,57	19,29	213,57	0,0798	0,9370
-22	0,12192	0,0007328	0,1590	21,68	214,70	21,77	212,32	0,0987	0,9351
-20	0,13289	0,0007361	0,1464	24,17	215,84	24,26	211,05	0,0996	0,9331
-18	0,14483	0,0007395	0,1350	26,67	216,97	26,77	209,76	0,1004	0,9315
-16	0,15748	0,0007428	0,1247	29,18	218,10	29,30	208,45	0,1102	0,9298
-12	0,18540	0,0007498	0,1068	34,25	220,36	34,39	205,77	0,1388	0,9267
-8	0,21704	0,0007569	0,0919	39,58	222,60	39,54	203,00	0,1583	0,9239
-4	0,25274	0,0007644	0,0794	44,56	224,84	44,75	200,15	0,1777	0,9213
0	0,29282	0,0007721	0,0689	49,79	227,09	50,02	197,21	0,1970	0,9190
4	0,33785	0,0007801	0,0600	55,08	229,27	55,33	194,19	0,2162	0,9169
8	0,38756	0,0007884	0,0525	60,43	231,46	60,73	191,07	0,2354	0,9150
12	0,44294	0,0007971	0,0460	65,83	233,63	66,18	187,85	0,2545	0,9132
16	0,50416	0,0008062	0,0405	71,29	235,78	71,69	184,52	0,2735	0,9116
20	0,57160	0,0008157	0,0358	76,80	237,91	77,26	181,09	0,2924	0,9102
24	0,64666	0,0008257	0,0317	82,37	240,01	82,90	177,55	0,3113	0,9089
28	0,68530	0,0008309	0,0298	85,18	241,05	85,75	175,73	0,3208	0,9082
30	0,72675	0,0008362	0,0281	88,00	242,08	88,61	173,89	0,3302	0,9076
32	0,77006	0,0008417	0,0265	90,84	243,10	91,59	172,00	0,3396	0,9070
34	0,8247	0,0008473	0,0250	93,70	244,12	94,59	170,09	0,3490	0,9064
36	0,91168	0,0008530	0,0236	96,58	245,12	97,51	168,14	0,3584	0,9058
38	0,95298	0,0008590	0,0223	99,47	246,11	100,25	166,15	0,3678	0,9053
40	1,02638	0,0008651	0,0210	102,38	247,09	102,81	164,12	0,3772	0,9047
42	1,10726	0,0008714	0,0198	105,30	248,06	105,19	162,05	0,3866	0,9041
44	1,1299	0,0008780	0,0188	108,25	249,02	107,19	159,94	0,3960	0,9035
48	1,2526	0,0008969	0,0159	117,22	251,79	118,25	157,79	0,4054	0,9030
52	1,3851	0,0009142	0,0142	123,31	253,35	124,58	155,33	0,4243	0,9017
56	1,5278	0,0009308	0,0127	129,51	255,23	130,93	152,66	0,4432	0,9004
60	1,6813	0,0009488	0,0114	135,82	256,81	137,42	149,88	0,4622	0,8990
70	2,1152	0,0010027	0,0086	152,22	262,15	154,34	124,08	0,5302	0,8916
80	2,623	0,0010765	0,0064	169,88	268,14	172,71	106,41	0,5814	0,8827
90	3,243	0,0011949	0,0046	189,82	281,34	193,69	82,63	0,6380	0,8655
100	3,9742	0,0015443	0,0027	218,60	294,74	224,74	34,40	0,6999	0,8117

Fonte per la tabella da A.8 fino ad A.10: H.J. Keenan e H.N. Chao, *Thermodynamic Properties of Engineering Thermodynamics*, 2^a ed., Wiley, New York, 1982.
pp. 71-15. Basato originariamente su equazioni di D.P. Weir, *Thermodynamic Properties of a New Stratospherically-Safe Working Fluid - Refrigerant 134a*, in: *ASHPAC Trans.*, 1989, vol. 34, pt. 2, pp. 2085-2110. Usato con licenza.

TABELLA A.9
Refrigerante - 134a saturo: tabella in pressione

Press. p MPa	Temp. T °C	Volume specifico m ³ /kg		Energia interna kJ/kg		Entalpia kJ/kg		Entropia kJ/(kg·K)	
		Liquido sat.	Vapore sat.	Liquido sat.	Vapore sat.	Liquido sat.	Exp. sat.	Liquido sat.	Vapore sat.
0,06	-37,07	0,0007097	0,3100	3,41	206,12	3,46	221,27	224,72	0,9147
0,08	-31,21	0,0007184	0,2966	10,41	209,46	10,47	217,92	229,52	0,9440
0,10	-26,43	0,0007268	0,1917	16,22	212,18	16,29	215,05	231,35	0,9678
0,12	-22,36	0,0007323	0,1614	21,23	214,50	21,32	212,54	233,65	0,9879
0,14	-18,80	0,0007391	0,1385	25,66	216,52	25,77	210,27	236,04	1,0055
0,16	-15,62	0,0007435	0,1229	29,66	218,32	29,78	208,18	237,97	1,0211
0,18	-12,73	0,0007465	0,1098	33,31	219,94	33,45	206,26	239,71	1,0352
0,20	-10,09	0,0007483	0,0993	36,69	221,47	36,84	204,46	241,30	1,0481
0,24	-5,37	0,0007519	0,0834	42,77	224,07	42,95	201,14	244,09	1,0710
0,28	-1,23	0,0007597	0,0719	48,18	226,38	48,39	198,13	246,52	1,0911
0,32	2,48	0,0007770	0,0632	53,05	228,43	53,31	195,35	248,66	1,1089
0,36	5,84	0,0007839	0,0564	57,54	230,28	57,82	192,76	250,69	1,1231
0,4	8,93	0,0007904	0,0509	61,69	231,97	62,00	190,32	252,39	1,1345
0,5	15,74	0,0008056	0,0409	70,93	235,64	71,33	184,74	256,07	1,1723
0,6	21,58	0,0008196	0,0341	78,99	238,74	79,48	179,71	259,19	1,2099
0,7	26,72	0,0008328	0,0292	86,19	241,42	88,78	175,07	261,65	1,2342
0,8	31,33	0,0008454	0,0255	92,75	243,78	93,42	170,73	264,15	1,2459
0,9	35,53	0,0008576	0,0226	98,79	245,88	99,56	166,62	266,18	1,2556
1,0	39,39	0,0008695	0,0202	104,42	247,77	105,29	162,69	267,97	1,2638
1,2	46,32	0,0008928	0,0169	114,69	251,03	115,76	155,23	270,99	1,2819
1,4	52,43	0,0009159	0,0140	123,98	253,74	125,26	148,14	273,40	1,2853
1,6	57,92	0,0009382	0,0121	132,52	256,00	134,02	141,31	275,33	1,2874
1,8	62,91	0,0009631	0,0105	140,49	257,88	142,22	134,60	276,83	1,2885
2,0	67,49	0,0009878	0,0093	148,02	259,41	148,99	127,95	277,94	1,2887
2,5	77,59	0,0010562	0,0069	165,48	261,84	168,12	117,06	279,17	1,2879
3,0	86,22	0,0011416	0,0053	181,98	262,16	185,30	92,71	278,01	1,2856

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

Tabella R134a surriscaldato

T °C	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/(kg · K)	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/(kg · K)	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/(kg · K)
$p = 0.50 \text{ MPa } (T_m = 15.74^\circ\text{C})$				$p = 0.60 \text{ MPa } (T_m = 21.58^\circ\text{C})$				$p = 0.70 \text{ MPa } (T_m = 26.72^\circ\text{C})$				
Sat.	0.04086	235.64	256.07	0.9117	0.03408	238.74	259.19	0.9097	0.02918	241.42	261.85	0.9080
20	0.04188	239.40	260.34	0.9264								
30	0.04416	248.20	270.28	0.9597	0.03581	246.41	267.89	0.9388	0.02979	244.51	265.37	0.9197
40	0.04633	256.99	280.16	0.9918	0.03774	255.45	278.09	0.9719	0.03157	253.83	275.93	0.9539
50	0.04842	265.83	290.04	1.0229	0.03958	264.48	288.23	1.0037	0.03324	263.08	286.35	0.9867
60	0.05043	274.73	299.95	1.0531	0.04134	273.54	298.35	1.0346	0.03482	272.31	296.69	1.0182
70	0.05240	283.72	309.92	1.0825	0.04304	282.66	308.48	1.0645	0.03634	281.57	307.01	1.0487
80	0.05432	292.80	319.96	1.1114	0.04469	291.86	318.67	1.0938	0.03781	290.88	317.35	1.0784
90	0.05620	302.00	330.10	1.1397	0.04631	301.14	328.93	1.1225	0.03924	300.27	327.74	1.1074
100	0.05805	311.31	340.33	1.1675	0.04790	310.53	339.27	1.1505	0.04064	309.74	338.19	1.1358
110	0.05988	320.74	350.68	1.1949	0.04946	320.03	349.70	1.1781	0.04201	319.31	348.71	1.1637
120	0.06168	330.30	361.14	1.2218	0.05099	329.64	360.24	1.2053	0.04335	328.98	359.33	1.1910
130	0.06347	339.98	371.72	1.2484	0.05251	339.38	370.88	1.2320	0.04468	338.76	370.04	1.2179
140	0.06524	349.79	382.42	1.2746	0.05402	349.23	381.64	1.2584	0.04599	348.66	380.86	1.2444
150					0.05550	359.21	392.52	1.2844	0.04729	358.68	391.79	1.2706
160					0.05698	369.32	403.51	1.3100	0.04857	368.82	402.82	1.2963
$p = 0.80 \text{ MPa } (T_m = 31.33^\circ\text{C})$				$p = 0.90 \text{ MPa } (T_m = 35.53^\circ\text{C})$				$p = 1.00 \text{ MPa } (T_m = 39.39^\circ\text{C})$				
Sat.	0.02547	243.78	264.15	0.9066	0.02255	245.88	266.18	0.9054	0.02020	247.77	267.97	0.9043
40	0.02691	252.13	273.66	0.9374	0.02325	250.32	271.25	0.9217	0.02029	248.39	268.68	0.9066
50	0.02846	261.62	284.39	0.9711	0.02472	260.09	282.34	0.9566	0.02171	258.48	280.19	0.9428
60	0.02992	271.04	294.98	1.0034	0.02609	269.72	293.21	0.9897	0.02301	268.35	291.36	0.9768
70	0.03131	280.45	305.50	1.0345	0.02738	279.30	303.94	1.0214	0.02423	278.11	302.34	1.0093
80	0.03264	289.89	316.00	1.0647	0.02861	288.87	314.62	1.0521	0.02538	287.82	313.20	1.0405
90	0.03393	299.37	326.52	1.0940	0.02980	298.46	325.28	1.0819	0.02649	297.53	324.01	1.0707
100	0.03519	308.93	337.08	1.1227	0.03095	308.11	335.96	1.1109	0.02755	307.27	334.82	1.1000
110	0.03642	318.57	347.71	1.1508	0.03207	317.82	346.68	1.1392	0.02858	317.06	345.65	1.1286
120	0.03762	328.31	358.40	1.1784	0.03316	327.62	357.47	1.1670	0.02959	326.93	356.52	1.1567
130	0.03881	338.14	369.19	1.2055	0.03423	337.52	368.33	1.1943	0.03058	336.88	367.46	1.1841
140	0.03997	348.09	380.07	1.2321	0.03529	347.51	379.27	1.2211	0.03154	346.92	378.46	1.2111
150	0.04113	358.15	391.05	1.2584	0.03633	357.61	390.31	1.2475	0.03250	357.06	389.56	1.2376
160	0.04227	368.32	402.14	1.2843	0.03736	367.82	401.44	1.2735	0.03344	367.31	400.74	1.2638
170	0.04340	378.61	413.33	1.3098	0.03838	378.14	412.68	1.2992	0.03436	377.66	412.02	1.2895
180	0.04452	389.02	424.63	1.3351	0.03939	388.57	424.02	1.3245	0.03528	388.12	423.40	1.3145
$p = 1.20 \text{ MPa } (T_m = 46.32^\circ\text{C})$				$p = 1.40 \text{ MPa } (T_m = 52.43^\circ\text{C})$				$p = 1.60 \text{ MPa } (T_m = 57.92^\circ\text{C})$				
Sat.	0.01663	251.03	270.99	0.9023	0.01405	253.74	273.40	0.9003	0.01208	256.00	275.33	0.8982
50	0.01712	254.98	275.52	0.9164								
60	0.01835	265.42	287.44	0.9527	0.01495	262.17	283.10	0.9297	0.01233	258.48	278.20	0.9066
70	0.01947	275.59	298.96	0.9868	0.01603	272.87	295.31	0.9658	0.01340	269.89	291.33	0.9457
80	0.02051	285.62	310.24	1.0192	0.01701	283.29	307.10	0.9997	0.01435	280.78	303.74	0.9813
90	0.02150	295.59	321.39	1.0503	0.01792	293.55	318.63	1.0319	0.01521	291.39	315.72	1.0146
100	0.02244	305.54	332.47	1.0804	0.01878	303.73	330.02	1.0628	0.01601	301.84	327.46	1.0467
110	0.02335	315.50	343.52	1.1096	0.01960	313.88	341.32	1.0927	0.01677	312.20	339.04	1.0775
120	0.02423	325.51	354.58	1.1381	0.02039	324.05	352.59	1.1218	0.01750	322.53	350.53	1.1065
130	0.02508	335.58	365.68	1.1660	0.02115	334.25	363.86	1.1501	0.01820	332.87	361.99	1.1357
140	0.02592	345.73	376.83	1.1933	0.02189	344.50	375.15	1.1777	0.01887	343.24	373.44	1.1638
150	0.02674	355.95	388.04	1.2201	0.02262	354.82	386.49	1.2048	0.01953	353.66	384.91	1.1912
160	0.02754	366.27	399.33	1.2465	0.02333	365.22	397.89	1.2315	0.02017	364.15	396.43	1.2187
170	0.02834	376.69	410.70	1.2724	0.02403	375.71	409.36	1.2576	0.02080	374.71	407.99	1.2448
180	0.02912	387.21	422.16	1.2980	0.02472	386.29	420.90	1.2834	0.02142	385.35	419.62	1.2706
190					0.02541	396.96	432.53	1.3088	0.02203	396.08	431.33	1.2960
200					0.02608	407.73	444.24	1.3338	0.02263	406.90	443.11	1.3212

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

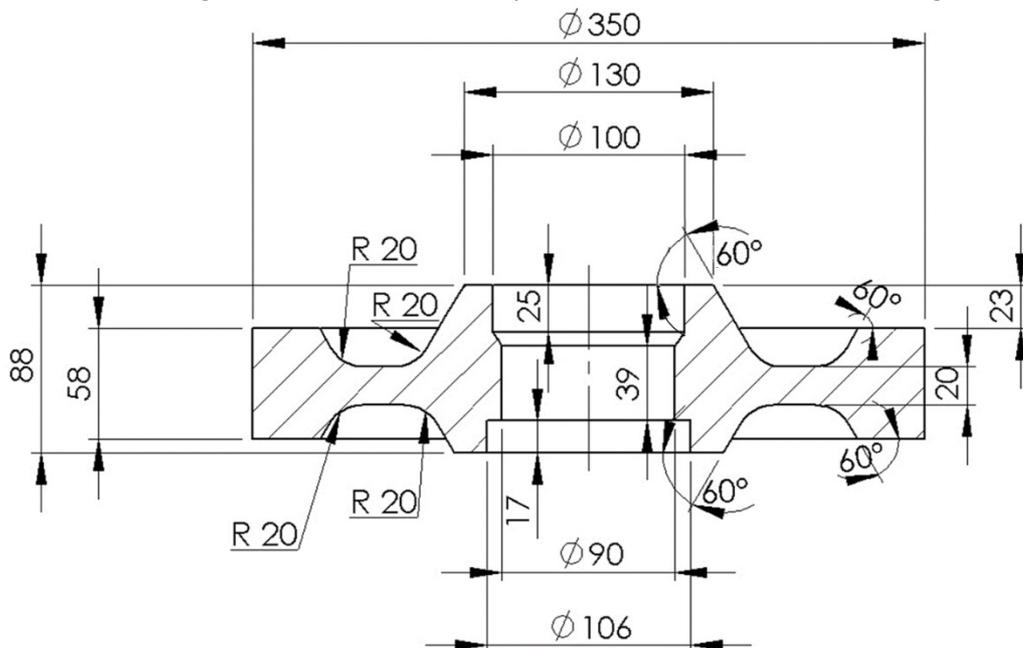
Prova pratica – 06.12.2019

Sezione A

LM-31 (73158) - Ingegneria gestionale

Tema 2 – Analisi tecnico-economica di un grezzo per ingranaggi

Un'azienda deve produrre un lotto composto da n pezzi il cui finito è riportato in figura. Si ipotizzi una produzione di getti in ghisa mediante tecnologia fusoria in terra ed una produzione in acciaio mediante forgiatura a caldo.



Per la produzione dei pezzi in ghisa per fusione in terra:

1. Individuare ed indicare sul disegno il piano di divisione ritenuto più opportuno, motivando la scelta
2. Fornire un disegno quotato del modello e di tutte le eventuali ulteriori attrezzature ritenute necessarie alla produzione del pezzo (tasselli, anime ecc.)
3. Definire sul piano di figura una possibile soluzione per il posizionamento della/e materozza/e.
4. Considerando una singola materozza, dimensionarla scegliendo tra la geometria cubica, cilindrica retta e sferica (motivare la scelta).
5. Stimare il tempo necessario alla solidificazione.
6. Elencare la sequenza delle operazioni necessarie per portare il pezzo alle quote finali.

Utilizzare per lo svolgimento i dati riportati nelle tabelle:



**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019**

Prova pratica – 06.12.2019

sovrametalli

Quote nominali di riferimento (mm)	MASSIMA DIMENSIONE DEL PEZZO (mm)		
	≤250	250 + 1000	≥1000
≤ 40	4	4	5
40 + 65	4	4	5
65 + 100	4	4	5
100 + 160	4	5	5
160 + 250	6	6	7
250 + 400	-	6,5	7
400 + 630	-	7	8
630 + 1000	-	8	9

Il sovrametallo delle superficie di partenza si considera uguale a 3 mm per pezzi con dimensione massima ≤ 160 mm e uguale a 4 mm per pezzi con dimensione max >160 mm.

Ritiri termici

	L < 500	500 < L < 1000	L > 1000
Ghise	1,4	1	0,75

Angoli di sforno

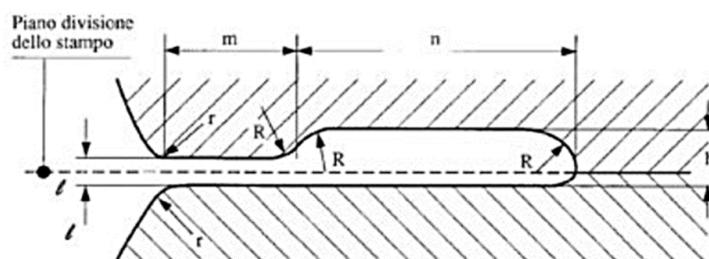
Valori indicativi di α	
Modelli in legno	1 – 2°
Portate d'anima	10 - 12°

Per la produzione dei pezzi in acciaio mediante forgiatura a caldo:

7. Riportare il dimensionamento del canale di bava e un disegno quotato del grezzo di stampaggio

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019



$l_{[mm]}$	$h_{[mm]}$	$r_{[mm]}$	$n_{[mm]}$	$R_{[mm]}$
0,6	3,3	1	6	18
0,8	3,4	1	6	20
1	3,5	1	7	22
1,6	4,3	1	8	22
2	5	1,5	9	25
3	6,5	1,5	10	28
3	6,5	1,5	10	28
4	8	2	11	30
5	9,5	2	12	32
6	11	2,5	13	35
8	14	3	14	38
10	17	3	15	40

8. Calcolare la forza richiesta per eseguire, in un solo stadio, l'operazione di stampaggio considerando una velocità media di chiusura dello stampo di 4 mm/s, un coefficiente di complessità della forma K_p pari a 4 e i seguenti dati di caratterizzazione a caldo del materiale:

$\dot{\epsilon}$	σ [MPa]
0,01	122,46
0,1	170,47
1	237,32
10	350,38
100	459,94
500	579,6

9. Calcolare la forza richiesta per la successiva tranciatura della bava sapendo che la tensione ultima a trazione è pari a 1500 MPa.
10. Utilizzando i dati riportati in tabella, stimare il break even point tra le due tecnologie per le fasi di realizzazione del grezzo



**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019**

Prova pratica – 06.12.2019

Fusione in terra		Forgiatura a caldo	
Costo ghisa	1 €/Kg	Costo acciaio	2 €/Kg
Densità ghisa	7200 Kg/m ³	Densità acciaio	7850 Kg/m ³
Costo manodopera	30 €/h	Costo manodopera	30 €/h
Costo sabbia	0,083 €/kg	Costo energia	126 €/h
Densità sabbia	1500 kg/m ³	Costo stampi	1200 €
Costo modello e casse d'anima	400 €	Costo impianti	300.000 €/anno
Costo energia, metano e forno fusorio	300 €/h	Rendimento impianti	80%
Rateo produttivo	3 pz/h	Scarto medio di produzione	23%
		Rateo produttivo	28 pz/h

**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019**

Prova pratica – 06.12.2019

Sezione A

LM-33 - Ingegneria meccanica

Tema 1 – Dimensionamento carro ponte ed intelaiatura.

Per la movimentazione di carichi si è deciso di installare un carro ponte bi-trave (denominate *Trave 1* e *Trave 2*) come riportato in Fig. 1, caratterizzato da:

Estensione assiale *Trave 1* = Estensione assiale *Trave 2* = 20 m

Portata massima del carro ponte (P) = 10 t

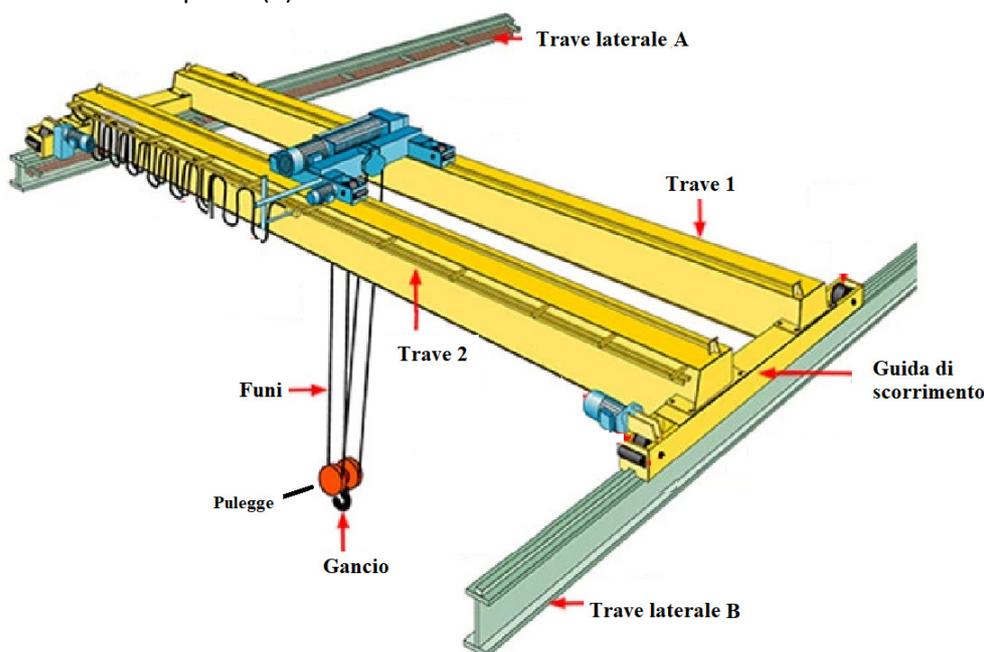


Fig. 1: schema gruppo carro ponte.

Determinare:

- i carichi massimi e minimi esercitati dal carro ponte su ciascuna delle *Travi laterali A* e *B* in funzione della posizione del carrello su cui è montato il paranco, individuando un opportuno modello isostatico;
- la freccia della struttura delle travi costituenti il carro ponte caricato al gancio alla portata massima, supposto che le travi abbiano la medesima sezione e vengono denominate *Trave 1* e *Trave 2*, siano in acciaio, di sezione rettangolare cava (Fig. 2) di dimensioni pari a:

**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019**

Prova pratica – 06.12.2019

H: 800 mm
B: 400 mm
h: 750 mm
b: 350 mm

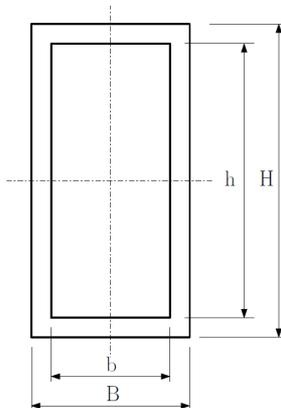


Fig. 2: sezione Trave 1 e Trave 2.

Determinare:

- Il diametro delle funi che sorreggono il carico al gancio, ipotizzando che vengano realizzate in acciaio e la cui sezione sia assunta circolare piena. Inoltre, si supponga che la condizione di caricamento venga applicata nella configurazione in cui le funi abbiano lunghezza pari a 1,5 m;
- la sezione del gancio realizzato in acciaio in modo da reggere il carico P con un coefficiente di sicurezza pari a 3;
- dimensionare il perno su cui si impegnano le pulegge (Fig. 1) rappresentando graficamente l'assemblaggio costituito dal perno e dai cuscinetti a rotolamento su vengono montate le pulegge.

Si proceda successivamente al dimensionamento dei portali (costituiti da due travi verticali collegate alla trave laterali precedentemente considerate) sui quali viene montato e sui quali scorre trasversalmente il carroponete, come illustrato in Fig. 3. Introdurre e discutere eventuali approssimazioni della modellazione del vincolamento a terra utile ai fini del dimensionamento.

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

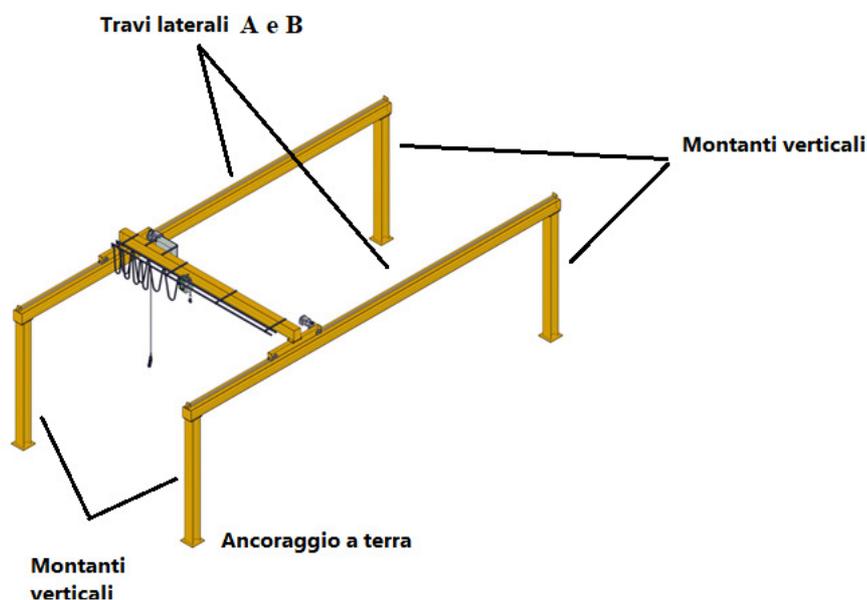


Fig. 3: portali di ancoraggio.

Si supponga infatti che ogni portale sia realizzato in acciaio, mediante connessione di tre travi così fatte:

- una trave a sezione IPE (ossia a doppio T) per la trave orizzontale su cui trasla il carroponete denominata *trave laterale A (o B)* come illustrato in Fig. 1 e Fig. 3;
- due travi verticali, a sezione arbitrariamente scelta dal candidato, denominate *montanti verticali* (Fig.3).

Le dimensioni caratteristiche dei portali sono:

Altezza *montanti verticali* = 10 m

Estensione assiale *Trave Laterale A* = Estensione assiale *Trave Laterale B* = 15 m

Realizzare infine un disegno di massima del gancio comprensivo dell'occhiello di attacco al perno precedentemente dimensionato e descrivere possibili sistemi di ancoraggio meccanico dei portali a terra.

Il candidato integri eventualmente dati mancanti o ritenuti necessari allo svolgimento dei calcoli, fornendo opportune giustificazioni delle scelte fatte.

**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019****Prova pratica – 06.12.2019****LM-33 - Ingegneria meccanica****Tema 2 – Dimensionamento di un magazzino industriale e degli impianti di servizio**

L'azienda WeDeliver srl, specializzata nella logistica per l'e-commerce, si occupa di immagazzinamento, imballaggio, spedizione, assistenza clienti e gestione dei resi per vari marchi di diversi settori quali ceramiche d'arredo, abbigliamento, valigeria e pelletteria. A seguito di una nuova acquisizione da parte di un gruppo molto importante a livello internazionale nel settore della logistica, il nuovo direttore di stabilimento è stato incaricato, da parte del Consiglio di Amministrazione, di rinnovare l'intero impianto in ottica di miglioramento dell'efficienza di tutte le funzioni aziendali.

Parte A

Da una prima ispezione della zona di stoccaggio della merce in accettazione, il direttore di stabilimento nota che la capacità di stoccaggio della struttura non è sufficiente. Supportato dal responsabile operations dal responsabile del progetto di miglioramento dell'impianto, decide di commissionare un progetto per la realizzazione di un nuovo magazzino destinato allo stoccaggio di pallet mono-prodotto. La nuova area di stoccaggio ospiterà tre prodotti del marchio *NoVisa*, leader internazionale nel settore della valigeria, che sono gestiti storicamente dall'azienda e per i quali *WeDeliver* ha l'esclusiva di vendita tramite i canali di e-commerce.

Nota lo storico delle giacenze medie mensili dei prodotti *NoVisa* dall'anno 2015 all'anno 2018 (Tabella 1):

5. Si determinino la giacenza minima, quella massima e quella media nel periodo di tempo considerato;
6. Disegnare la curva della copertura in funzione della giacenza;
7. Disegnare la curva del rischio di mancata copertura;
8. Si determini la giacenza che il magazzino deve essere in grado di garantire affinché il rischio di sottodimensionamento sia inferiore al 7%.

Tabella 1. I valori riportati identificano il numero medio di pallet in giacenza nel periodo di tempo indicato.

	Anno 2015	Anno 2016	Anno 2017	Anno 2018
Gennaio	14500	15875	14500	11250
Febbraio	14320	16001	14300	11962
Marzo	13950	14520	12025	12350
Aprile	12745	11220	11250	12960
Maggio	15000	12321	12500	13696
Giugno	14500	13690	14200	17800
Luglio	12859	11003	12300	14500
Agosto	11000	12560	12500	12500
Settembre	9900	17890	13520	13500
Ottobre	10232	13200	11000	12550
Novembre	13000	12300	11230	11690
Dicembre	13254	11005	12350	12335

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

Parte B

Il management aziendale delle due aziende sta collaborando da alcuni mesi per studiare i tre prodotti cardine dell'azienda *NoVisa* allo scopo di migliorarne la gestione. Le caratteristiche dei prodotti sono in Figura 1.

Figura 1.



Si richiede:

8. di dimensionare gli imballi secondari mono-item dei prodotti (una valigia per imballo), sapendo che l'azienda utilizza scatoloni di cartone dello spessore di 5 mm;
9. di definire la configurazione della unità di carico determinando la disposizione ottimale degli imballi secondari sui pallet sapendo che l'azienda raggruppa su uno stesso pallet prodotti dello stesso tipo e sapendo che i pallet utilizzati sono tutti EURO-pallet;
10. di calcolare i rendimenti volumetrici degli imballi terziari dimensionati.

Nel dimensionamento dell'unità di carico, si consideri che non è ammesso il debordo. Si tengano inoltre presenti le caratteristiche tecniche del mezzo di trasporto utilizzato per i trasferimenti della merce su strada:



Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

- Lunghezza: 13,60 m.
- Larghezza: 2,45 m. - 2,48 m.
- Altezza interna: 2,50 m
- Fino a 34 posti per euro pallet
- Fino a 25 t di portata

Parte C

I tre prodotti finiti, inscatolati e disposti su pallet, saranno stoccati all'interno del nuovo stabilimento, il quale avrà una superficie complessiva di 13000 m², suddivisi in 12808 m² ad uso magazzino e 192 m² ad uso uffici e servizi. L'altezza al sottotrave della zona destinata al magazzino è 12 m. Si consideri che l'allocazione dei pallet nel magazzino sarà per posti condivisi.

Si chiede:

12. di dimensionare un magazzino a scaffalature bifronti a semplice profondità, con vani ospitanti massimo tre pallet di punta e input/output concentrato sul fronte, servito da carrelli elevatori frontali (altezza massima delle forche 10 m) che sia in grado di ospitare la giacenza calcolata al punto 4;
13. di riportare la rappresentazione grafica in pianta del magazzino;
14. di calcolare la potenzialità ricettiva e il rendimento volumetrico della scaffalatura così dimensionata.
15. di definire una strategia di allocazione della merce per classi, note la giacenza prevista dei tre prodotti (% rispetto alla quantità calcolata al punto 4) e le quantità vendute durante l'anno, in Tabella 2.

Sia noto inoltre che i corridoi tra gli scaffali dovranno essere larghi almeno 3.5 m in modo tale da consentire il transito di due carrelli elevatori.

Tabella 2.

	CABIN	MEDIUM	LARGE
Giacenza prevista in magazzino [%]	40 %	40 %	20 %
Vendite [pallet/anno]	18320	17432	4237

Parte D

All'interno del magazzino, in prossimità della zona di input/output, sono inoltre presenti due sorgenti di rumore, S1 e S2.

14. Si determini il livello complessivo di pressione sonora al quale il personale del magazzino operante in quella zona è esposto, considerando che il livello di pressione sonora emesso dalla sorgente S1 sia pari a 83 dB e che il livello di pressione sonora emesso dalla sorgente S2 sia pari a 69 dB. Si consideri che il mezzo di propagazione delle onde sonore è l'aria e la propagazione delle onde sia piana.
15. Indicare se il livello di esposizione individuato denota la presenza o meno di rischio da rumore e, in caso affermativo, individuare almeno una misura di protezione da adottare.

Parte E

L'impianto di climatizzazione estiva della zona uffici e servizi del nuovo stabilimento (dislocata in un edificio separato, in cui gli ambienti presentano un'altezza a soffitto di 3 m) dovrà effettuare 4 ricambi d'aria completi al giorno, immettendo nell'ambiente interno aria ad una temperatura di 24°C e umidità relativa 41%. Tali condizioni sono ottenute mediante una unità di trattamento aria (UTA) come quella schematizzata in Figura 2, che preleva aria dall'esterno, a livello del mare, a una temperatura pari a 35°C e ad un'umidità relativa del 80%. In particolare, l'aria viene raffreddata in uno scambiatore fino a umidità relativa 100%, raccogliendo la condensa, poi viene riscaldata da una resistenza elettrica, per ottenere le condizioni in uscita sopra descritte.

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

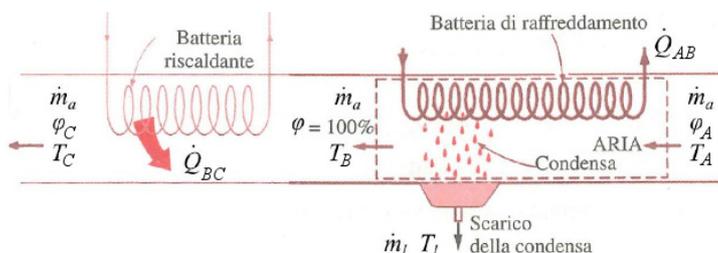


Figura 2: Schema dell'unità di trattamento aria

Si richiede di calcolare:

18. La potenza termica sottratta all'aria dal primo scambiatore (batteria di raffreddamento)
19. La temperatura in uscita al primo scambiatore
20. La potenza termica fornita all'aria dal secondo scambiatore (batteria di post-riscaldamento)
21. La portata in massa di condensato da smaltire allo scarico

Parte F

Si ipotizzi che la batteria di raffreddamento di cui al punto 14 sia alimentata da un gruppo frigorifero che lavora secondo un ciclo inverso a compressione di vapore, avente come fluido evolvente Freon R134a (Figura 3) La temperatura del fluido all'evaporatore è di 4°C, mentre la temperatura di condensazione è di 46.32°C. Il compressore ha un rendimento isoentropico pari al 60%.

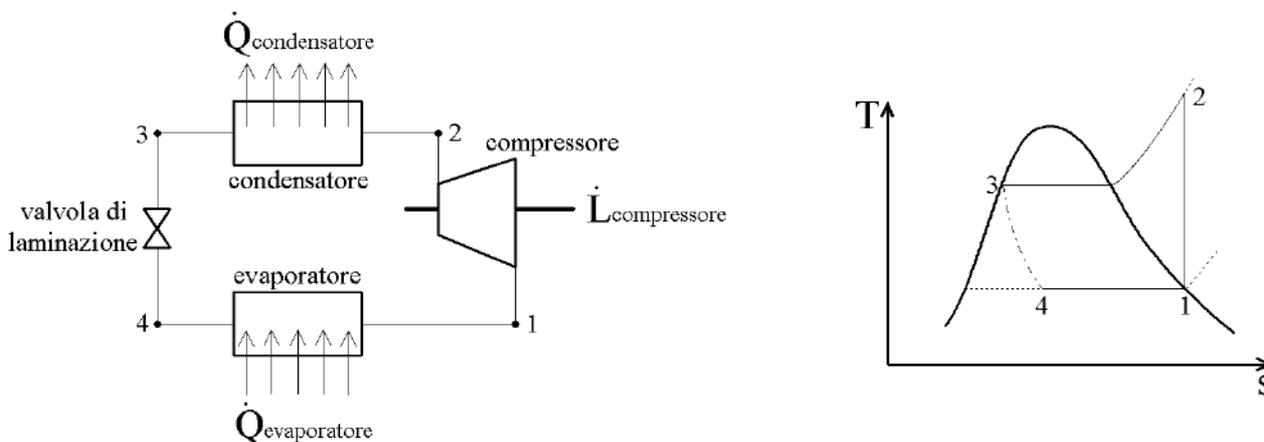


Figura 3: Schema di impianto del gruppo frigorifero

Si richiede di calcolare:

21. La portata di R134a necessaria a garantire il potere frigorifero richiesto, di cui al punto 14
22. Il coefficiente di prestazione della macchina frigorifera
23. La potenza elettrica complessiva (gruppo frigo + resistenza di riscaldamento) necessaria per alimentare l'intera UTA, stimando un rendimento degli organi meccanici pari al 90% e al netto della potenza richiesta per la movimentazione dell'aria.

Nota. Per ogni dato mancante fare riferimento alle regole del buon progetto.

Proprietà dell'acqua satura

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

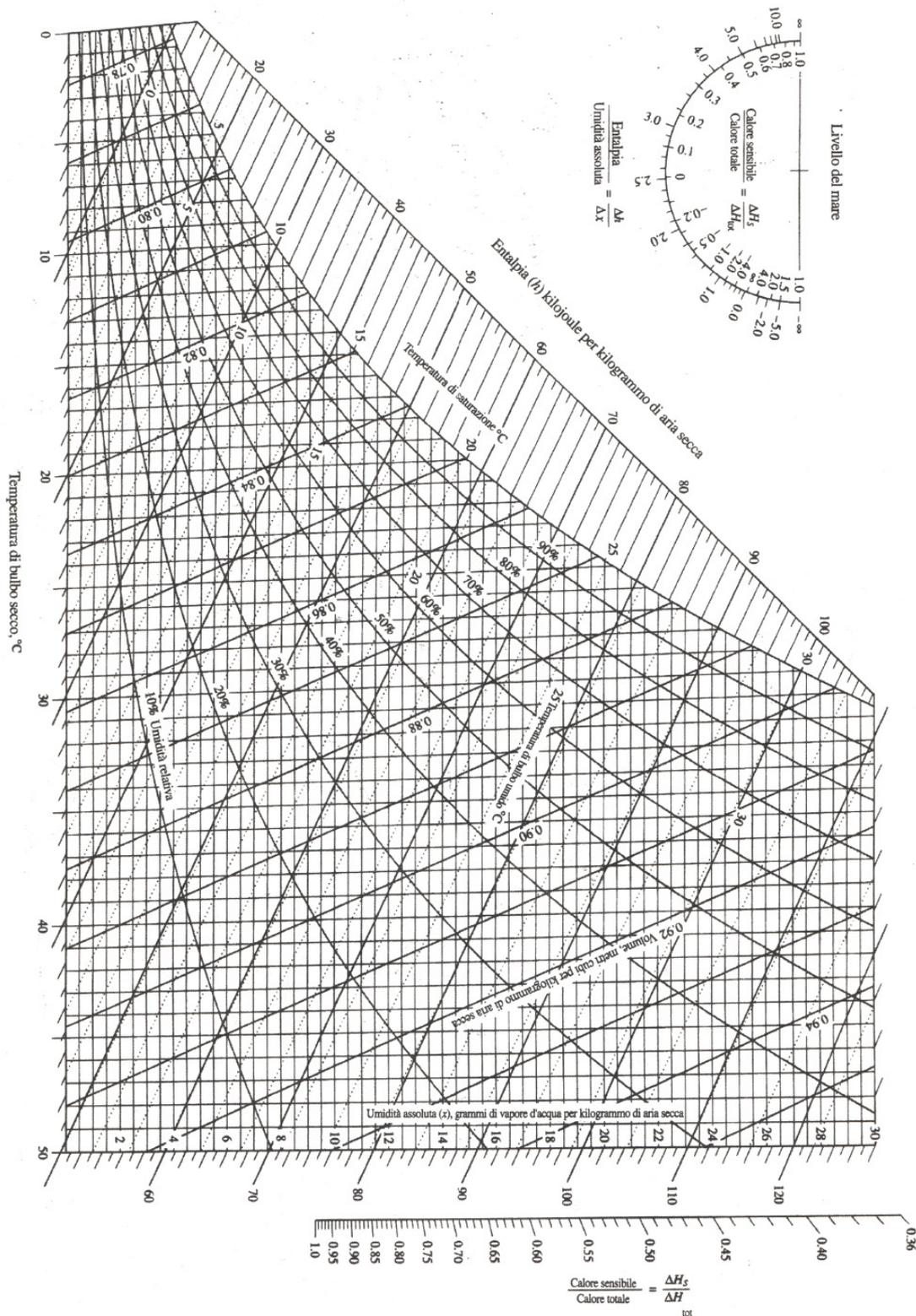
Prova pratica – 06.12.2019

$t, ^\circ\text{C}$	p, MPa	Density, kg/m^3		Enthalpy, kJ/kg			Entropy, $\text{kJ/(kg}\cdot\text{K)}$			Volume, cm^3/g	
		ρ_L	ρ_V	h_L	h_V	Δh	s_L	s_V	Δs	v_L	v_V
0.01	0.000 611 7	999.79	0.004 855	0.00	2500.9	2500.9	0.000 00	9.1555	9.1555	1.000 21	205 991.
1	0.000 657 1	999.85	0.005 196	4.18	2502.7	2498.6	0.015 26	9.1291	9.1138	1.000 15	192 439.
2	0.000 706 0	999.89	0.005 563	8.39	2504.6	2496.2	0.030 61	9.1027	9.0720	1.000 11	179 758.
3	0.000 758 1	999.92	0.005 952	12.60	2506.4	2493.8	0.045 89	9.0765	9.0306	1.000 08	168 008.
4	0.000 813 5	999.93	0.006 365	16.81	2508.2	2491.4	0.061 10	9.0505	8.9894	1.000 07	157 116.
5	0.000 872 6	999.92	0.006 802	21.02	2510.1	2489.0	0.076 25	9.0248	8.9486	1.000 08	147 011.
6	0.000 935 4	999.89	0.007 266	25.22	2511.9	2486.7	0.091 34	8.9993	8.9080	1.000 11	137 633.
7	0.001 002 1	999.86	0.007 757	29.43	2513.7	2484.3	0.106 37	8.9741	8.8677	1.000 14	128 923.
8	0.001 073 0	999.80	0.008 276	33.63	2515.6	2481.9	0.121 33	8.9491	8.8278	1.000 20	120 829.
9	0.001 148 3	999.74	0.008 826	37.82	2517.4	2479.6	0.136 24	8.9243	8.7881	1.000 26	113 304.
10	0.001 228 2	999.65	0.009 407	42.02	2519.2	2477.2	0.151 09	8.8998	8.7487	1.000 35	106 303.
11	0.001 313 0	999.56	0.010 021	46.22	2521.0	2474.8	0.165 87	8.8754	8.7096	1.000 44	99 787.
12	0.001 402 8	999.45	0.010 670	50.41	2522.9	2472.5	0.180 61	8.8513	8.6707	1.000 55	93 719.
13	0.001 498 1	999.33	0.011 355	54.60	2524.7	2470.1	0.195 28	8.8274	8.6321	1.000 67	88 064.
14	0.001 599 0	999.20	0.012 078	58.79	2526.5	2467.7	0.209 90	8.8037	8.5938	1.000 80	82 793.
15	0.001 705 8	999.06	0.012 841	62.98	2528.3	2465.4	0.224 46	8.7803	8.5558	1.000 94	77 875.
16	0.001 818 8	998.90	0.013 645	67.17	2530.2	2463.0	0.238 97	8.7570	8.5180	1.001 10	73 286.
17	0.001 938 4	998.73	0.014 493	71.36	2532.0	2460.6	0.253 43	8.7339	8.4805	1.001 27	69 001.
18	0.002 064 7	998.55	0.015 385	75.54	2533.8	2458.3	0.267 83	8.7111	8.4433	1.001 45	64 998.
19	0.002 198 3	998.36	0.016 325	79.73	2535.6	2455.9	0.282 18	8.6884	8.4063	1.001 64	61 256.
20	0.002 339 3	998.16	0.017 314	83.91	2537.4	2453.5	0.296 48	8.6660	8.3695	1.001 84	57 757.
21	0.002 488 2	997.95	0.018 354	88.10	2539.3	2451.2	0.310 73	8.6437	8.3330	1.002 05	54 483.
22	0.002 645 3	997.73	0.019 448	92.28	2541.1	2448.8	0.324 93	8.6217	8.2967	1.002 28	51 418.
23	0.002 811 1	997.50	0.020 598	96.46	2542.9	2446.4	0.339 08	8.5998	8.2607	1.002 51	48 548.
24	0.002 985 8	997.25	0.021 806	100.65	2544.7	2444.0	0.353 18	8.5781	8.2250	1.002 75	45 858.
25	0.003 169 9	997.00	0.023 075	104.83	2546.5	2441.7	0.367 22	8.5566	8.1894	1.003 01	43 337.
26	0.003 363 9	996.74	0.024 406	109.01	2548.3	2439.3	0.381 23	8.5353	8.1541	1.003 27	40 973.
27	0.003 568 1	996.47	0.025 804	113.19	2550.1	2436.9	0.395 18	8.5142	8.1191	1.003 54	38 754.
28	0.003 783 1	996.19	0.027 269	117.37	2551.9	2434.6	0.409 08	8.4933	8.0842	1.003 82	36 672.
29	0.004 009 2	995.90	0.028 805	121.55	2553.7	2432.2	0.422 94	8.4725	8.0496	1.004 11	34 716.
30	0.004 247 0	995.61	0.030 415	125.73	2555.5	2429.8	0.436 75	8.4520	8.0152	1.004 41	32 878.
31	0.004 496 9	995.30	0.032 102	129.91	2557.3	2427.4	0.450 52	8.4316	7.9810	1.004 72	31 151.
32	0.004 759 6	994.99	0.033 868	134.09	2559.2	2425.1	0.464 24	8.4113	7.9471	1.005 04	29 526.
33	0.005 035 4	994.66	0.035 717	138.27	2561.0	2422.7	0.477 92	8.3913	7.9134	1.005 37	27 998.
34	0.005 325 1	994.33	0.037 651	142.45	2562.8	2420.3	0.491 55	8.3714	7.8799	1.005 70	26 560.
35	0.005 629 0	993.99	0.039 674	146.63	2564.5	2417.9	0.505 13	8.3517	7.8466	1.006 05	25 205.
36	0.005 947 9	993.64	0.041 790	150.81	2566.3	2415.5	0.518 67	8.3321	7.8135	1.006 40	23 929.
37	0.006 282 3	993.29	0.044 001	154.99	2568.1	2413.1	0.532 17	8.3127	7.7806	1.006 76	22 727.
38	0.006 632 8	992.92	0.046 311	159.17	2569.9	2410.8	0.545 62	8.2935	7.7479	1.007 13	21 593.
39	0.007 000 2	992.55	0.048 723	163.35	2571.7	2408.4	0.559 03	8.2745	7.7154	1.007 50	20 524.
40	0.007 384 9	992.18	0.051 242	167.53	2573.5	2406.0	0.572 40	8.2555	7.6831	1.007 89	19 515.
41	0.007 787 8	991.79	0.053 871	171.71	2575.3	2403.6	0.585 73	8.2368	7.6511	1.008 28	18 563.
42	0.008 209 6	991.40	0.056 614	175.89	2577.1	2401.2	0.599 01	8.2182	7.6192	1.008 68	17 664.
43	0.008 650 8	991.00	0.059 474	180.07	2578.9	2398.8	0.612 25	8.1998	7.5875	1.009 09	16 814.
44	0.009 112 4	990.59	0.062 457	184.25	2580.6	2396.4	0.625 45	8.1815	7.5560	1.009 50	16 011.
45	0.009 595 0	990.17	0.065 565	188.43	2582.4	2394.0	0.638 61	8.1633	7.5247	1.009 92	15 252.
46	0.010 099	989.75	0.068 803	192.62	2584.2	2391.6	0.651 73	8.1453	7.4936	1.010 36	14 534.
47	0.010 627	989.32	0.072 176	196.80	2586.0	2389.2	0.664 81	8.1275	7.4627	1.010 79	13 855.
48	0.011 177	988.89	0.075 688	200.98	2587.8	2386.8	0.677 85	8.1098	7.4320	1.011 24	13 212.
49	0.011 752	988.44	0.079 343	205.16	2589.5	2384.4	0.690 85	8.0922	7.4014	1.011 69	12 603.
50	0.012 352	988.00	0.083 147	209.34	2591.3	2381.9	0.703 81	8.0748	7.3710	1.012 15	12 027.
51	0.012 978	987.54	0.087 103	213.52	2593.1	2379.5	0.716 73	8.0576	7.3408	1.012 62	11 481.
52	0.013 631	987.08	0.091 217	217.71	2594.8	2377.1	0.729 61	8.0404	7.3108	1.013 09	10 963.
53	0.014 312	986.61	0.095 494	221.89	2596.6	2374.7	0.742 45	8.0234	7.2810	1.013 57	10 472.
54	0.015 022	986.14	0.099 938	226.07	2598.3	2372.3	0.755 26	8.0066	7.2513	1.014 06	10 006.

Diagramma psicrometrico ASHRAE $p = 101325 \text{ Pa}$

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019



Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

Tabella R134a saturo

TABELLA A.5
Refrigerante - 134a saturo: tabella in temperatura

Temp. T °C	Press. p _s MPa	Volume specifico m ³ /kg		Energia interna kJ/kg		Entalpia kJ/kg		Entropia kJ/(kg·K)	
		Liquido sat.	Vapore sat.	Liquido sat.	Vapore sat.	Liquido sat.	Vapore sat.	Liquido sat.	Vapore sat.
-40	0,06164	0,0007055	0,3569	-0,04	204,45	0,00	222,88	0,0000	0,9560
-36	0,06332	0,0007113	0,3647	4,69	206,73	4,73	220,67	0,0201	0,9506
-32	0,07074	0,0007172	0,3741	9,47	209,01	9,52	218,37	0,0401	0,9456
-28	0,08305	0,0007233	0,3852	14,31	211,29	14,37	216,01	0,0600	0,9411
-26	0,10199	0,0007285	0,3982	16,75	212,43	16,82	214,80	0,0899	0,9390
-24	0,11180	0,0007296	0,1728	19,21	213,57	19,29	213,57	0,0798	0,9370
-22	0,12192	0,0007328	0,1590	21,68	214,70	21,77	212,32	0,0987	0,9351
-20	0,13289	0,0007361	0,1464	24,17	215,84	24,26	211,05	0,0996	0,9331
-18	0,14483	0,0007395	0,1350	26,67	216,97	26,77	209,76	0,1004	0,9315
-16	0,15748	0,0007428	0,1247	29,18	218,10	29,30	208,45	0,1102	0,9298
-12	0,18540	0,0007498	0,1068	34,25	220,36	34,39	205,77	0,1388	0,9267
-8	0,21704	0,0007569	0,0919	39,58	222,60	39,54	203,00	0,1583	0,9239
-4	0,25274	0,0007644	0,0794	44,56	224,84	44,75	200,15	0,1777	0,9213
0	0,29282	0,0007721	0,0689	49,79	227,09	50,02	197,21	0,1970	0,9190
4	0,33785	0,0007801	0,0600	55,08	229,27	55,33	194,19	0,2162	0,9169
8	0,38756	0,0007884	0,0525	60,43	231,46	60,73	191,07	0,2354	0,9150
12	0,44294	0,0007971	0,0460	65,83	233,63	66,18	187,85	0,2545	0,9132
16	0,50416	0,0008062	0,0405	71,29	235,79	71,69	184,52	0,2735	0,9116
20	0,57160	0,0008157	0,0358	76,80	237,91	77,26	181,09	0,2924	0,9102
24	0,64666	0,0008257	0,0317	82,37	240,01	82,90	177,55	0,3113	0,9089
28	0,68530	0,0008309	0,0298	85,18	241,05	85,75	175,73	0,3208	0,9082
30	0,72675	0,0008362	0,0281	88,00	242,08	88,61	173,89	0,3302	0,9076
32	0,77006	0,0008417	0,0265	90,84	243,10	91,59	172,00	0,3396	0,9070
34	0,8247	0,0008473	0,0250	93,70	244,12	94,59	170,09	0,3490	0,9064
36	0,91168	0,0008530	0,0236	96,58	245,12	97,51	168,14	0,3584	0,9058
38	0,95298	0,0008590	0,0223	99,47	246,11	100,25	166,15	0,3678	0,9053
40	1,02638	0,0008651	0,0210	102,38	247,09	102,81	164,12	0,3772	0,9047
42	1,10726	0,0008714	0,0198	105,30	248,06	105,19	162,05	0,3866	0,9041
44	1,1299	0,0008780	0,0188	108,25	249,02	107,19	159,94	0,3960	0,9035
48	1,2526	0,0008969	0,0159	117,22	251,79	118,35	153,33	0,4243	0,9017
52	1,3851	0,0009142	0,0142	123,31	253,53	124,58	148,66	0,4432	0,9004
56	1,5278	0,0009308	0,0127	129,51	255,23	130,93	143,75	0,4622	0,8990
60	1,6813	0,0009488	0,0114	135,82	256,81	137,42	138,57	0,4814	0,8973
70	2,1152	0,0010027	0,0086	152,22	262,15	154,34	124,08	0,5302	0,8918
80	2,6234	0,0010765	0,0064	169,88	268,14	172,71	106,41	0,5814	0,8827
90	3,243	0,0011949	0,0046	189,82	281,34	193,69	82,63	0,6380	0,8655
100	3,9742	0,0015443	0,0027	218,60	294,74	224,74	34,40	0,7196	0,8117

Fonte per la tabella da A.8 fino ad A.10: H.J. Keenan e H.N. Chao, *Thermodynamic Properties of Engineering Thermodynamics*, 2^a ed., Wiley, New York, 1982.
pp. 71-15. Basato originariamente su equazioni di D.P. Weir, *Thermodynamic Properties of a New Stratospherically-Safe Working Fluid - Refrigerant 134a*, in: *ASHPAC Trans.*, 1989, vol. 34, pt. 2, pp. 2085-2110. Usato con licenza.

TABELLA A.9
Refrigerante - 134a saturo: tabella in pressione

Press. p MPa	Temp. T °C	Volume specifico m ³ /kg		Energia interna kJ/kg		Entalpia kJ/kg		Entropia kJ/(kg·K)	
		Liquido sat.	Vapore sat.	Liquido sat.	Vapore sat.	Liquido sat.	Vapore sat.	Liquido sat.	Vapore sat.
0,06	-37,07	0,0007097	0,3100	3,41	206,12	3,46	221,27	0,0147	0,9520
0,08	-31,21	0,0007184	0,2966	10,41	209,46	10,47	217,92	0,0440	0,9447
0,10	-26,43	0,0007268	0,1917	16,22	212,18	16,29	215,05	0,0678	0,9385
0,12	-22,36	0,0007323	0,1614	21,23	214,50	21,32	212,54	0,0879	0,9334
0,14	-18,80	0,0007391	0,1385	25,66	216,52	25,77	210,27	0,1085	0,9322
0,16	-15,62	0,0007435	0,1229	29,66	218,32	29,78	208,18	0,1211	0,9295
0,18	-12,73	0,0007465	0,1098	33,31	219,94	33,45	206,26	0,1352	0,9273
0,20	-10,09	0,0007483	0,0993	36,69	221,47	36,84	204,46	0,1481	0,9253
0,24	-5,37	0,0007519	0,0834	42,77	224,07	42,95	201,14	0,1710	0,9222
0,28	-1,23	0,0007597	0,0719	48,18	226,38	48,39	198,13	0,1911	0,9197
0,32	2,48	0,0007770	0,0632	53,05	228,43	53,31	195,35	0,2089	0,9177
0,36	5,84	0,0007839	0,0564	57,54	230,28	57,82	192,76	0,2251	0,9160
0,4	8,93	0,0007904	0,0509	61,69	231,97	62,00	190,32	0,2399	0,9145
0,5	15,74	0,0008056	0,0409	70,93	235,64	71,33	184,74	0,2723	0,9117
0,6	21,58	0,0008196	0,0341	78,99	238,74	79,48	179,71	0,2939	0,9097
0,7	26,72	0,0008328	0,0292	86,19	241,42	88,78	175,07	0,3142	0,9080
0,8	31,33	0,0008454	0,0255	92,75	243,78	93,42	170,73	0,3342	0,9066
0,9	35,53	0,0008576	0,0226	98,79	245,88	99,56	166,62	0,3535	0,9054
1,0	39,39	0,0008695	0,0202	104,42	247,77	105,29	162,69	0,3728	0,9043
1,2	46,32	0,0008928	0,0169	114,69	251,03	115,76	155,23	0,4164	0,9023
1,4	52,43	0,0009159	0,0140	123,98	253,74	125,26	148,14	0,4453	0,9003
1,6	57,92	0,0009382	0,0121	132,52	256,00	134,02	141,31	0,4714	0,8982
1,8	62,91	0,0009631	0,0105	140,49	257,88	142,22	134,60	0,4954	0,8963
2,0	67,49	0,0009878	0,0093	148,02	259,41	148,99	127,95	0,5178	0,8944
2,5	77,59	0,0010562	0,0069	165,48	261,84	168,12	117,06	0,5687	0,8854
3,0	86,22	0,0011416	0,0053	181,88	262,16	185,30	92,71	0,6156	0,8735

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

Tabella R134a surriscaldato

T °C	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/(kg · K)	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/(kg · K)	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/(kg · K)
$p = 0.50 \text{ MPa } (T_m = 15.74^\circ\text{C})$				$p = 0.60 \text{ MPa } (T_m = 21.58^\circ\text{C})$				$p = 0.70 \text{ MPa } (T_m = 26.72^\circ\text{C})$				
Sat.	0.04086	235.64	256.07	0.9117	0.03408	238.74	259.19	0.9097	0.02918	241.42	261.85	0.9080
20	0.04188	239.40	260.34	0.9264								
30	0.04416	248.20	270.28	0.9597	0.03581	246.41	267.89	0.9388	0.02979	244.51	265.37	0.9197
40	0.04633	256.99	280.16	0.9918	0.03774	255.45	278.09	0.9719	0.03157	253.83	275.93	0.9539
50	0.04842	265.83	290.04	1.0229	0.03958	264.48	288.23	1.0037	0.03324	263.08	286.35	0.9867
60	0.05043	274.73	299.95	1.0531	0.04134	273.54	298.35	1.0346	0.03482	272.31	296.69	1.0182
70	0.05240	283.72	309.92	1.0825	0.04304	282.66	308.48	1.0645	0.03634	281.57	307.01	1.0487
80	0.05432	292.80	319.96	1.1114	0.04469	291.86	318.67	1.0938	0.03781	290.88	317.35	1.0784
90	0.05620	302.00	330.10	1.1397	0.04631	301.14	328.93	1.1225	0.03924	300.27	327.74	1.1074
100	0.05805	311.31	340.33	1.1675	0.04790	310.53	339.27	1.1505	0.04064	309.74	338.19	1.1358
110	0.05988	320.74	350.68	1.1949	0.04946	320.03	349.70	1.1781	0.04201	319.31	348.71	1.1637
120	0.06168	330.30	361.14	1.2218	0.05099	329.64	360.24	1.2053	0.04335	328.98	359.33	1.1910
130	0.06347	339.98	371.72	1.2484	0.05251	339.38	370.88	1.2320	0.04468	338.76	370.04	1.2179
140	0.06524	349.79	382.42	1.2746	0.05402	349.23	381.64	1.2584	0.04599	348.66	380.86	1.2444
150					0.05550	359.21	392.52	1.2844	0.04729	358.68	391.79	1.2706
160					0.05698	369.32	403.51	1.3100	0.04857	368.82	402.82	1.2963
$p = 0.80 \text{ MPa } (T_m = 31.33^\circ\text{C})$				$p = 0.90 \text{ MPa } (T_m = 35.53^\circ\text{C})$				$p = 1.00 \text{ MPa } (T_m = 39.39^\circ\text{C})$				
Sat.	0.02547	243.78	264.15	0.9066	0.02255	245.88	266.18	0.9054	0.02020	247.77	267.97	0.9043
40	0.02691	252.13	273.66	0.9374	0.02325	250.32	271.25	0.9217	0.02029	248.39	268.68	0.9066
50	0.02846	261.62	284.39	0.9711	0.02472	260.09	282.34	0.9566	0.02171	258.48	280.19	0.9428
60	0.02992	271.04	294.98	1.0034	0.02609	269.72	293.21	0.9897	0.02301	268.35	291.36	0.9768
70	0.03131	280.45	305.50	1.0345	0.02738	279.30	303.94	1.0214	0.02423	278.11	302.34	1.0093
80	0.03264	289.89	316.00	1.0647	0.02861	288.87	314.62	1.0521	0.02538	287.82	313.20	1.0405
90	0.03393	299.37	326.52	1.0940	0.02980	298.46	325.28	1.0819	0.02649	297.53	324.01	1.0707
100	0.03519	308.93	337.08	1.1227	0.03095	308.11	335.96	1.1109	0.02755	307.27	334.82	1.1000
110	0.03642	318.57	347.71	1.1508	0.03207	317.82	346.68	1.1392	0.02858	317.06	345.65	1.1286
120	0.03762	328.31	358.40	1.1784	0.03316	327.62	357.47	1.1670	0.02959	326.93	356.52	1.1567
130	0.03881	338.14	369.19	1.2055	0.03423	337.52	368.33	1.1943	0.03058	336.88	367.46	1.1841
140	0.03997	348.09	380.07	1.2321	0.03529	347.51	379.27	1.2211	0.03154	346.92	378.46	1.2111
150	0.04113	358.15	391.05	1.2584	0.03633	357.61	390.31	1.2475	0.03250	357.06	389.56	1.2376
160	0.04227	368.32	402.14	1.2843	0.03736	367.82	401.44	1.2735	0.03344	367.31	400.74	1.2638
170	0.04340	378.61	413.33	1.3098	0.03838	378.14	412.68	1.2992	0.03436	377.66	412.02	1.2895
180	0.04452	389.02	424.63	1.3351	0.03939	388.57	424.02	1.3245	0.03528	388.12	423.40	1.3145
$p = 1.20 \text{ MPa } (T_m = 46.32^\circ\text{C})$				$p = 1.40 \text{ MPa } (T_m = 52.43^\circ\text{C})$				$p = 1.60 \text{ MPa } (T_m = 57.92^\circ\text{C})$				
Sat.	0.01663	251.03	270.99	0.9023	0.01405	253.74	273.40	0.9003	0.01208	256.00	275.33	0.8982
50	0.01712	254.98	275.52	0.9164								
60	0.01835	265.42	287.44	0.9527	0.01495	262.17	283.10	0.9297	0.01233	258.48	278.20	0.9066
70	0.01947	275.59	298.96	0.9868	0.01603	272.87	295.31	0.9658	0.01340	269.89	291.33	0.9457
80	0.02051	285.62	310.24	1.0192	0.01701	283.29	307.10	0.9997	0.01435	280.78	303.74	0.9813
90	0.02150	295.59	321.39	1.0503	0.01792	293.55	318.63	1.0319	0.01521	291.39	315.72	1.0146
100	0.02244	305.54	332.47	1.0804	0.01878	303.73	330.02	1.0628	0.01601	301.84	327.46	1.0467
110	0.02335	315.50	343.52	1.1096	0.01960	313.88	341.32	1.0927	0.01677	312.20	339.04	1.0777
120	0.02423	325.51	354.58	1.1381	0.02039	324.05	352.59	1.1218	0.01750	322.53	350.53	1.1066
130	0.02508	335.58	365.68	1.1660	0.02115	334.25	363.86	1.1501	0.01820	332.87	361.99	1.1357
140	0.02592	345.73	376.83	1.1933	0.02189	344.50	375.15	1.1777	0.01887	343.24	373.44	1.1638
150	0.02674	355.95	388.04	1.2201	0.02262	354.82	386.49	1.2048	0.01953	353.66	384.91	1.1912
160	0.02754	366.27	399.33	1.2465	0.02333	365.22	397.89	1.2315	0.02017	364.15	396.43	1.2187
170	0.02834	376.69	410.70	1.2724	0.02403	375.71	409.36	1.2576	0.02080	374.71	407.99	1.2448
180	0.02912	387.21	422.16	1.2980	0.02472	386.29	420.90	1.2834	0.02142	385.35	419.62	1.2707
190					0.02541	396.96	432.53	1.3088	0.02203	396.08	431.33	1.2968
200					0.02608	407.73	444.24	1.3338	0.02263	406.90	443.11	1.3217



**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019**

Prova pratica – 06.12.2019

Sezione A

LM-53 - Ingegneria dei materiali

Tema 1 – Microstrutture leghe alluminio

Per realizzare un componente metallico si hanno a disposizione tre diverse leghe di alluminio (residui di magazzino, di composizione non nota). Dopo analisi metallografica si ottengono le microstrutture riportate in Tabella 1. Il candidato proponga soluzioni ai seguenti quesiti, con la massima accuratezza permessa dalle immagini fornite.

- 1) Calcolare la dimensione media di grano (utilizzando un qualsiasi metodo normato) delle prime due leghe (lega 1 e lega 2); commentare le tre microstrutture indicando perché non è possibile fornire una dimensione di grano media per la microstruttura presentata dalla lega 3.
- 2) Indicare quale delle tre leghe risulterà probabilmente più facilmente lavorabile mediante processi di deformazione plastica a freddo e quale più facilmente lavorabile mediante processi di colata.
- 3) Indicare per ciascuna delle tre leghe un possibile trattamento specifico (termico, meccanico o chimico) per incrementarne le proprietà meccaniche.
- 4) Volendo incrementare la durezza superficiale e la resistenza all'usura delle tre leghe si prevede di sottoporle ad un trattamento di anodizzazione dura. Specificare come occorre eseguire il trattamento (fasi di processo ed accorgimenti operativi) e quali saranno i risultati attesi per le tre leghe.
- 5) Considerando di controllare il processo di anodizzazione dura in corrente (applicando una densità di corrente pari a 200.0 A dm^{-2}) e di dover trattare un albero a geometria cilindrica (diametro 25mm, lunghezza 85mm, materiale lega1), si stimi il tempo di trattamento per ottenere un rivestimento di $50 \mu\text{m}$ (considerare: rendimento faradico del processo pari al 96%, stato di ossidazione dell'alluminio nell'ossido 3+, densità dell'ossido depositato 2.6 g cm^{-3} , $PA_{Al} = 26.981 \text{ g mol}^{-1}$, $PA_O = 15.999 \text{ g mol}^{-1}$).
- 6) Un trattamento come quello applicato al punto 5 (considerando sempre la lega 1 come substrato) è in grado di incrementare la resistenza a corrosione del materiale al punto da poterlo mettere in esercizio in sicurezza in ambienti marini (considerare atmosfere marine, non immersione in acqua marina)? E' possibile modificare il trattamento al punto 5 per migliorare in generale la resistenza a corrosione finale (considerare sia modifiche al trattamento sia eventuali pre- o post- trattamenti)?

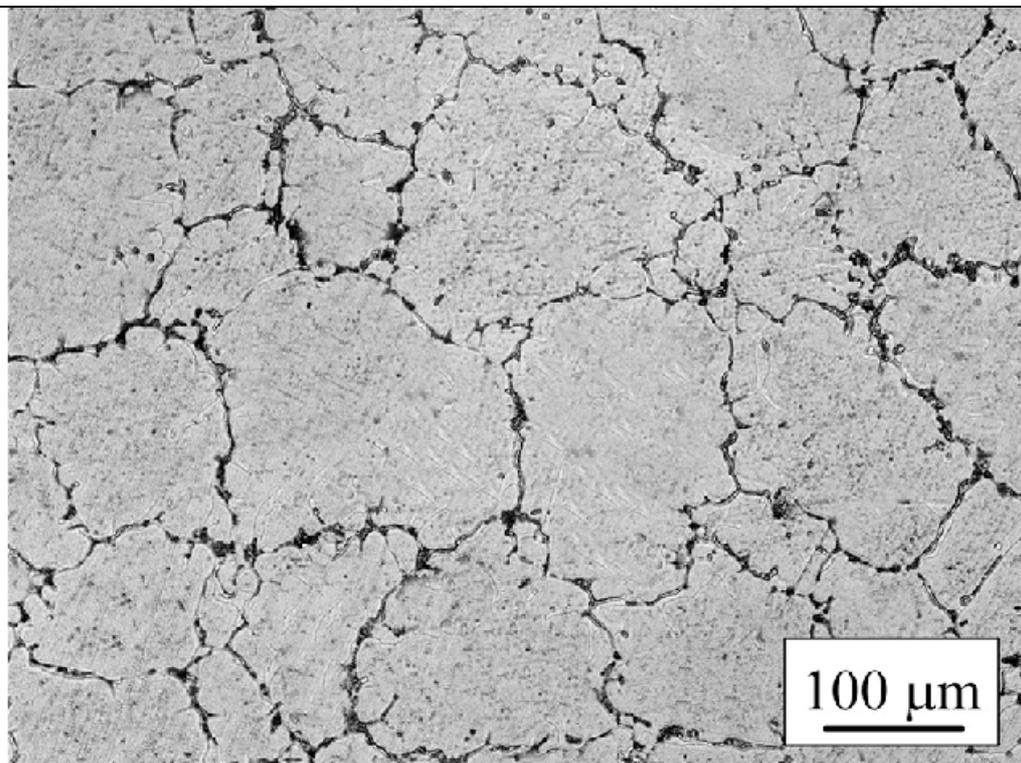


**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019**

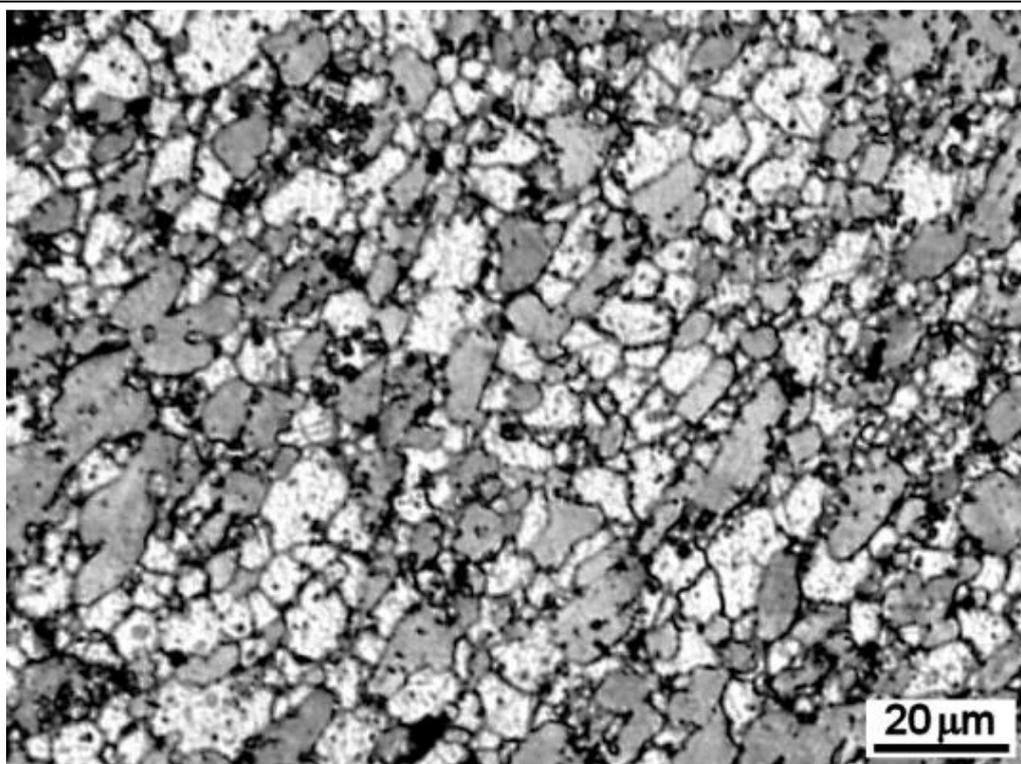
Prova pratica – 06.12.2019

Tabella 1

Lega 1



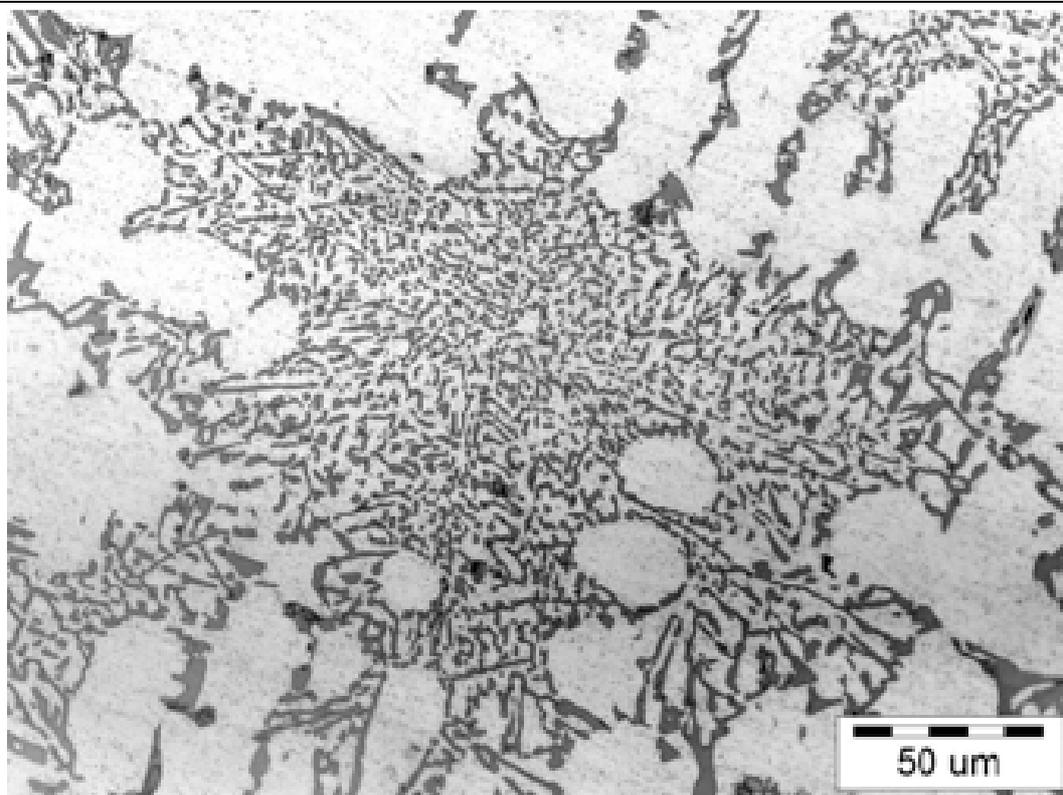
Lega 2



**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019**

Prova pratica – 06.12.2019

Lega 3





**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019**

Prova pratica – 06.12.2019

Sezione A

LM-53 - Ingegneria dei materiali

Tema 2 – Materiali per molle

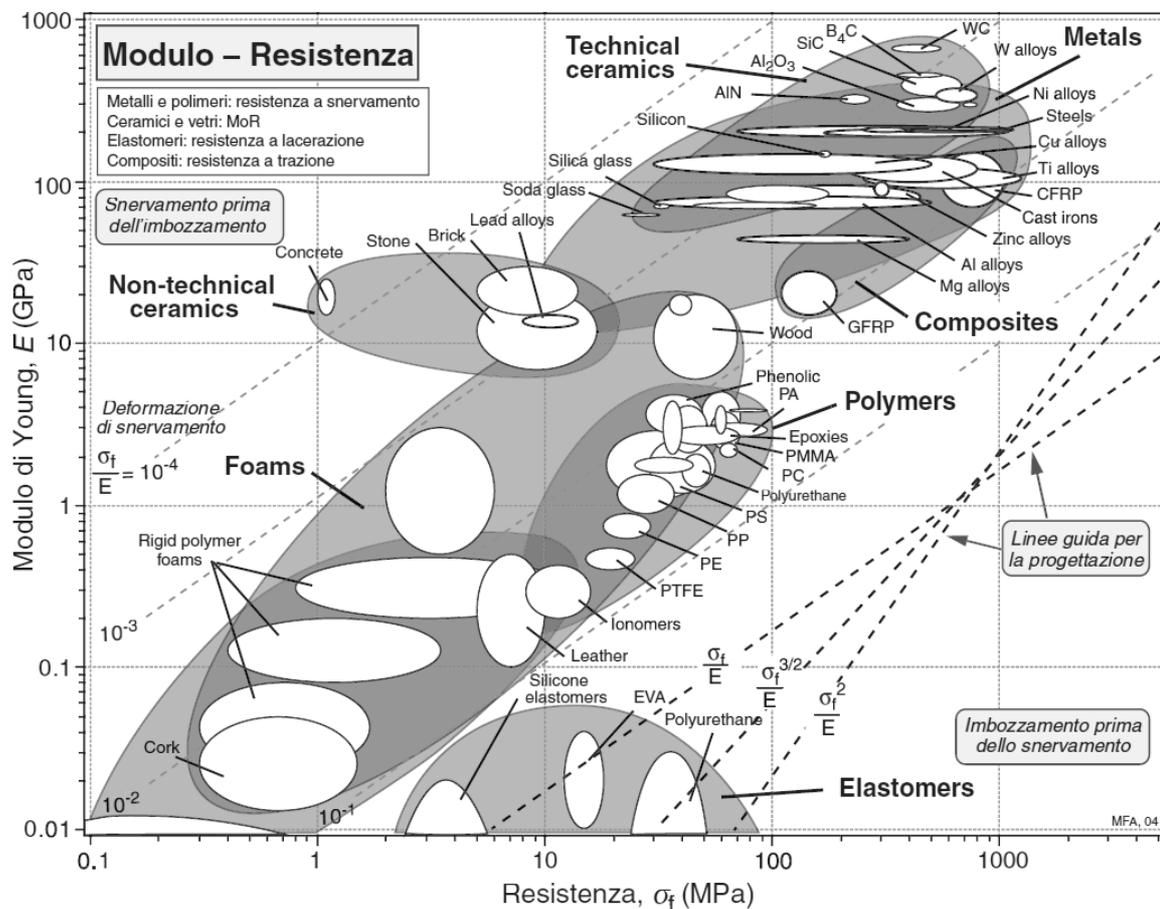
Si deve realizzare una molla ad elica cilindrica in grado di sopportare in esercizio un carico assiale (distribuito in modo uniforme) pari a 200 MPa senza deformarsi permanentemente.

- 1) Selezionare, con l'ausilio dei diagrammi forniti, fino a 3 materiali candidati che permettano di realizzare la molla più **piccola possibile**. Indicare pregi e difetti di ciascuno dei tre materiali candidati (fattori che potrebbero aiutare nella selezione in caso di ulteriori vincoli di progetto).
- 2) Selezionare, con l'ausilio dei diagrammi forniti, fino a 3 materiali candidati che permettano di realizzare la molla più **leggera possibile**. Indicare pregi e difetti di ciascuno dei tre materiali candidati (fattori che potrebbero aiutare nella selezione in caso di ulteriori vincoli di progetto).
- 3) Ripetere le selezioni, scegliendo un singolo materiale per il punto 1 e un singolo materiale per il punto 2, considerando il costo della molla come **ulteriore** parametro da minimizzare (oltre al costo del materiale si tenga conto anche dell'eventuale costo di lavorazione).
- 4) Ripetere le selezioni, scegliendo un singolo materiale per il punto 1 e un singolo materiale per il punto 2, considerando che la molla debba sopportare, in esercizio, un carico assiale (distribuito in modo uniforme) pari a 450 MPa senza deformarsi permanentemente (senza vincoli di costo).
- 5) Nel caso che le molle realizzate con i materiali selezionati al punto 3 e al punto 4 dovessero essere progettate a vita infinita (cioè numero infinito di cicli di carico/scarico in esercizio), quali ulteriori proprietà dei materiali devono essere prese in considerazione? I materiali selezionati in precedenza risultano ancora buone scelta da questo punto di vista?
- 6) Nel caso che le molle realizzate con i materiali selezionati al punto 3 e al punto 4 dovessero essere progettate per lavorare in atmosfere mediamente corrosive (cioè in grado di generare condense leggermente acide, come tipico di microclimi in aree urbane o industriali) quali ulteriori proprietà dei materiali devono essere prese in considerazione? I materiali selezionati in precedenza risultano ancora buone scelta da questo punto di vista?
- 7) Per massimizzare la resistenza a corrosione atmosferica (atmosfera marina) della molla selezionata al punto 3 è necessario applicare su di esso un rivestimento protettivo. Il rivestimento proposto è una zincatura galvanica di 40 micron; relativamente a tale trattamento rispondere alle seguenti domande:
 - 7a) considerando che il bagno di deposizione sia a base $ZnSO_4$ ($pH = 5.0$), che lo zinco depositato abbia densità 7.14 g cm^{-3} ($PA_{Zn} = 65.39 \text{ g mol}^{-1}$) e che il processo di deposizione galvanica consenta un rendimento faradico del 95%, calcolare la corrente di deposizione necessaria per rivestire esternamente la molla con 40 micron di zinco metallico in 5 ore. Per tale calcolo approssimare la molla (srotolata) ad un cilindro di lunghezza $L_n = \pi N D$ dove N è il numero di spire e D il diametro medio dell'elica. La molla in esame è costituita da 40 spire ottenute avvolgendo un filo di diametro $d = 4.0 \text{ mm}$ in modo da avere un diametro medio dell'elica di 40mm.

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

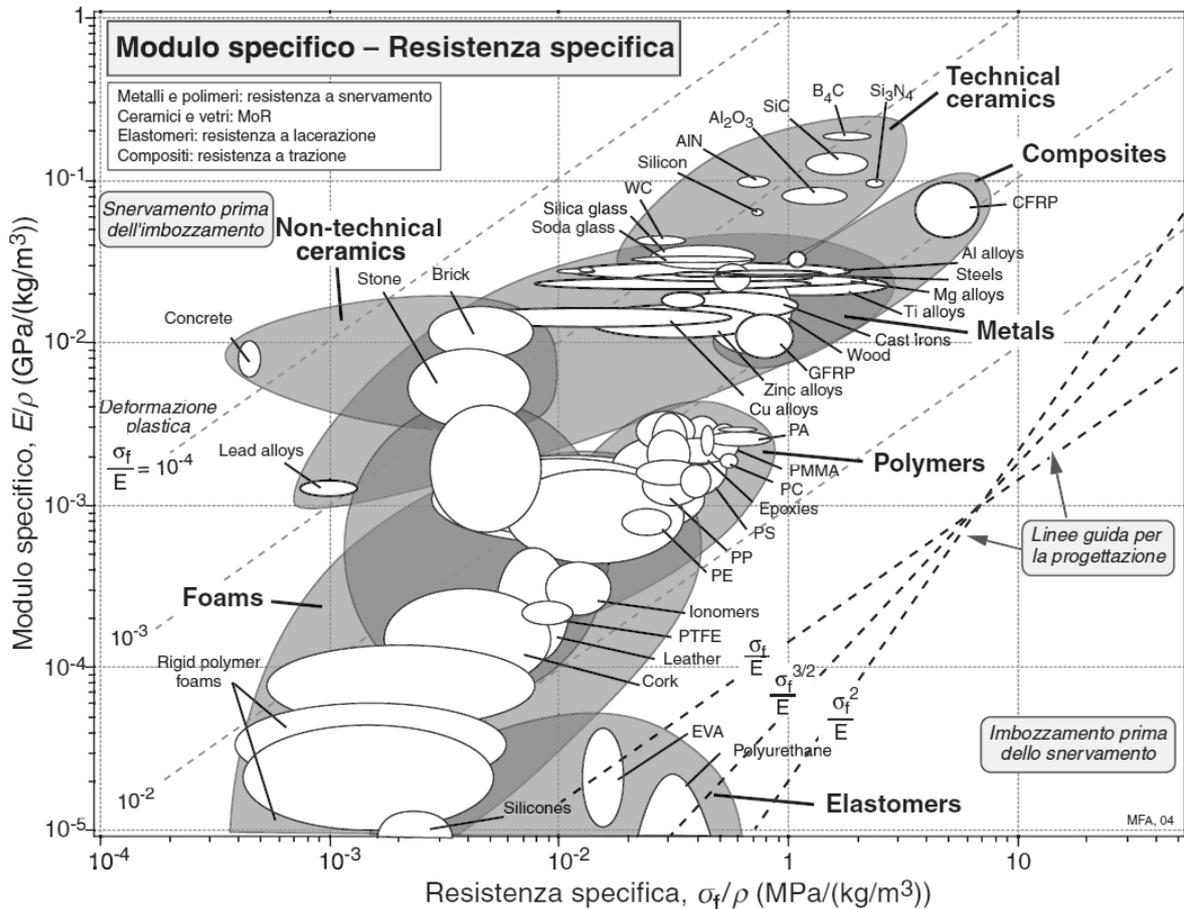
Prova pratica – 06.12.2019

7b) quali reazioni parassite determinano la diminuzione di rendimento faradico ipotizzata al punto 7a? Tali reazioni possono avere altre ripercussioni sul trattamento o sul prodotto finito oltre alla già citata diminuzione di resa faradica? Se sì sono consigliabili *post*-trattamenti dopo aver rivestito le molle?



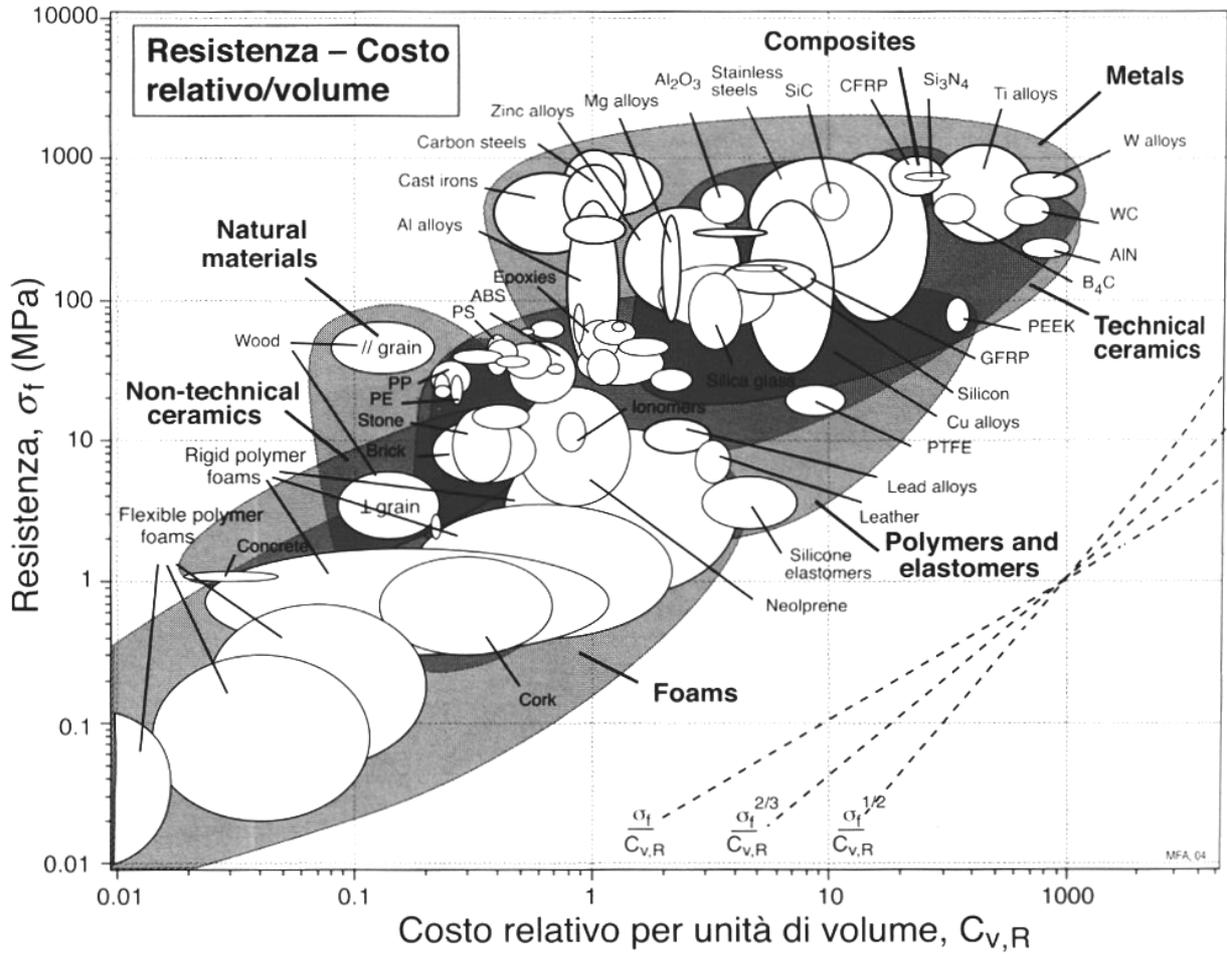
Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019



Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019





**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019**

Prova pratica – 06.12.2019

Sezione A

**LM-18 - Informatica
LM-32 - Ingegneria informatica**

Tema 1 – Sviluppo di un sistema informativo per la protezione di manufatti museali

Un'azienda specializzata desidera proporre un sistema informativo per la protezione di manufatti museali. L'applicativo dovrà gestire 5 milioni di manufatti dislocati in tutto il mondo ed essere progettato per supportare le seguenti funzionalità:

1. Gestione di sensori MEMS per inviare notifiche in caso i manufatti siano spostati.
2. Gestione localizzazione remota dei manufatti (GSP GPRS).
3. Gestione dei pagamenti per il servizio e fatturazione annuale.
4. Segnalazione di guasti mediante analisi continua dello stato del sistema.

Il candidato, sulla base delle proprie competenze tecniche, fornisca un progetto di massima del servizio indicato e discuta dettagliatamente (usando formalismi opportuni): (a) volumi di dati da trattare e carico atteso; (b) organizzazione dei dati a supporto dell'applicazione; (c) struttura del software a supporto dei servizi identificati; (d) infrastruttura di calcolo da utilizzare.

Tema 2 – Sviluppo di un sistema informativo per la gestione di una flotta di veicoli autonomi

Un gestore di servizi di mobilità desidera sviluppare un sistema informativo per controllare la propria flotta di veicoli autonomi (1 milione) supportando le seguenti funzionalità:

1. Gestione delle chiamate. Gli utenti, direttamente da Google Maps, indicano il tragitto di interesse per chiamare un veicolo autonomo.
2. Gestione della reputazione. Gli utenti, dopo ogni tratta, possono indicare la qualità del servizio, del veicolo, ecc.
3. Gestione dei pagamenti per ogni tratta utilizzata e fatturazione annuale.
4. Segnalazione di guasti mediante analisi continua dello stato della flotta e segnalazioni degli utenti.

Il candidato, sulla base delle proprie competenze tecniche, fornisca un progetto di massima del servizio indicato e discuta dettagliatamente (usando formalismi opportuni): (a) volumi di dati da trattare e carico atteso; (b) organizzazione dei dati a supporto dell'applicazione; (c) struttura del software a supporto dei servizi identificati; (d) infrastruttura di calcolo da utilizzare.

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

Sezione A

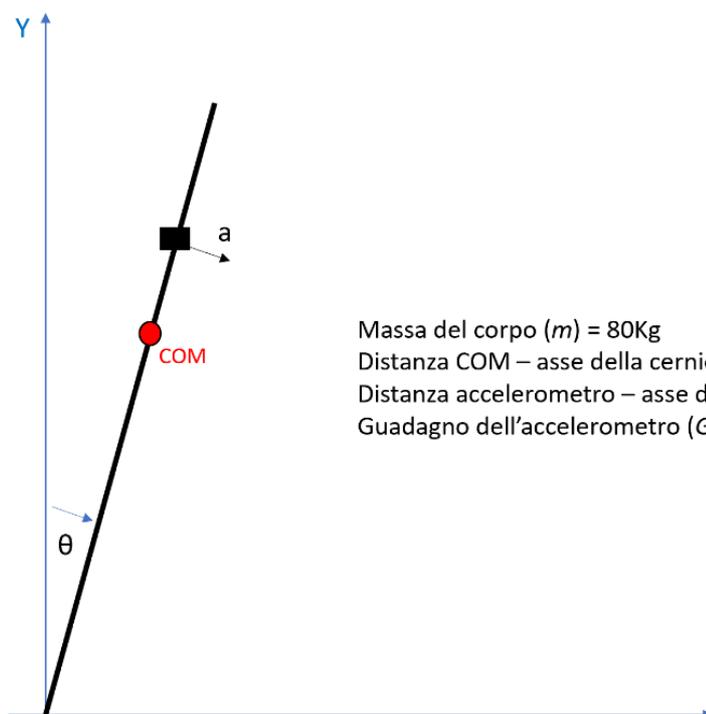
LM-21 - Ingegneria biomedica

Tema 1 - Monitoraggio e protezione contro la frattura femorale

La caduta è uno degli eventi più frequenti nei soggetti anziani. Una modalità di caduta è quella laterale a partire dalla stazione eretta. Con riferimento alla figura si studi il moto del corpo sul piano frontale fino al contatto col suolo. Si supponga che:

1. il corpo sia un segmento rigido incernierato al suolo (piedi supporti puntiformi)
2. la massa sia concentrata nel centro di massa (COM)
3. non ci sia nessuna reazione alla caduta (nullo il momento netto alla caviglia)

Al tronco è fissato un accelerometro con asse di misura ortogonale all'asse del corpo e diretto nel verso di caduta.



Massa del corpo (m) = 80Kg
Distanza COM – asse della cerniera (d) = 1m
Distanza accelerometro – asse della cerniera (h) = 1.5m
Guadagno dell'accelerometro (G) = 10V/g

1. Indicato con θ l'angolo formato dal corpo con la verticale (positivo in senso orario) scrivete le equazioni relative all'accelerometro e al pendolo inverso rappresentante il corpo (ovviamente senza linearizzare data l'escursione di 90° dell'angolo).



**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019**

Prova pratica – 06.12.2019

2. Calcolate l'angolo θ a partire dall'uscita dell'accelerometro.
3. Si vuole utilizzare un airbag per proteggere il femore dall'impatto del grande trocantere col suolo. L'attivazione dell'airbag avviene quando l'angolo supera i 30° . Qual è la tensione di soglia da utilizzare sull'uscita dell'accelerometro?
4. Occorre ora definire il tempo massimo di riempimento dell'airbag. Stimate, con un metodo numerico, il tempo di caduta a partire da un angolo iniziale di 30° e velocità angolare iniziale trascurabile (impostate solo le equazioni senza eseguire i calcoli).
5. La forza impulsiva di impatto è un'informazione determinante per valutare il rischio di frattura al collo del femore a seguito di un impatto sul grande trocantere. Stimate la forza di impatto col suolo considerando le due componenti, statica e dinamica, e supponendo che il grande trocantere sia all'altezza del COM.
La forza dipende da h quindi dall'altezza del soggetto? In che modo?
La forza dipende dalla massa m del soggetto? In che modo?
La forza dipende dalle caratteristiche meccaniche dell'interfaccia osso - suolo?
Considerate per semplicità un materiale perfettamente elastico di rigidità k .
(Suggerimento: calcolate la velocità di impatto mediante l'equazione dell'energia e supponete che l'energia cinetica si converta totalmente in lavoro di deformazione all'interfaccia).
6. Perché usando l'airbag la forza di impatto diminuisce? Quale parametro si modifica?

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

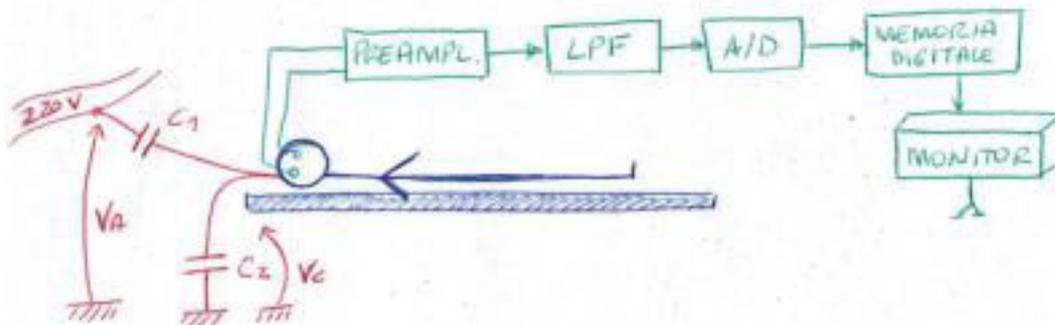
Prova pratica – 06.12.2019

Sezione A

LM-21 - Ingegneria biomedica

Tema 2 – Progettazione di un elettroencefalogramma

L'elettroencefalogramma (EEG) è un esame strumentale indolore e non invasivo che consente di analizzare, monitorare e registrare l'attività elettrica del cervello. L'elettroencefalogramma registra la differenza di potenziale elettrico esistente tra coppie di elettrodi posizionati sulla testa in corrispondenza di diverse aree della superficie del cervello (corteccia cerebrale). Gli elettrodi, posti sulla cute, sono collegati ad un amplificatore che raccoglie gli impulsi elettrici e li invia a un registratore e a un'apparecchiatura in grado di tradurli in un grafico.

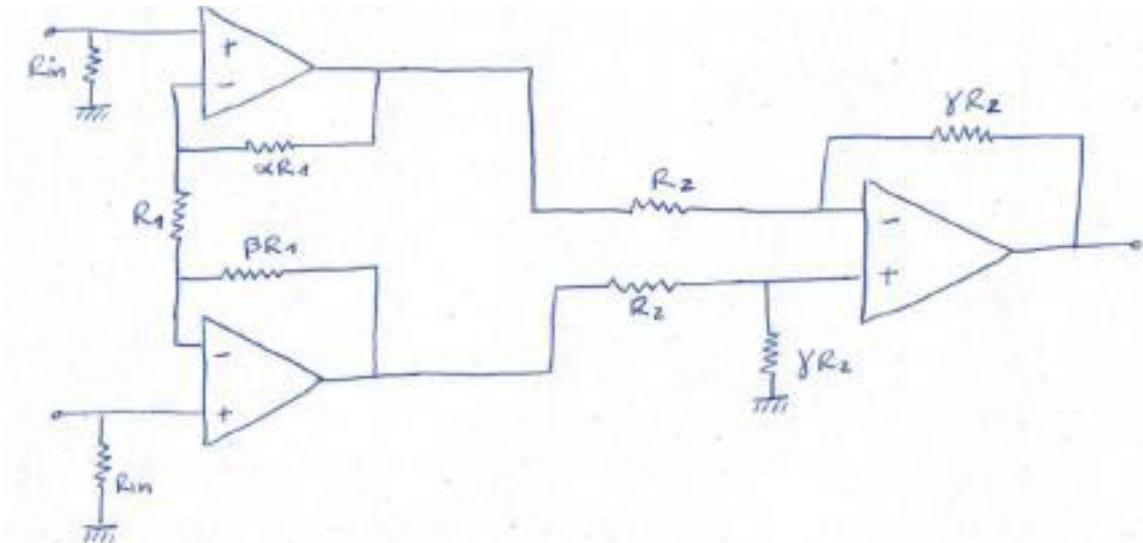


Il segnale EEG ha un'ampiezza di $100\mu\text{V}$ le frequenze sono comprese tra 0.5 Hz e 30 Hz.

1. L'accoppiamento tra il soggetto e la linea di distribuzione è schematizzata con una capacità $C_1=0.01\text{pF}$, mentre l'accoppiamento tra soggetto e terra è schematizzata con una capacità $C_2=30\text{pF}$. Determinare l'ampiezza del disturbo di modo comune dovuto al segnale di rete.
2. Determinare la resistenza di ingresso differenziale $R_{in,d}$ e quella di modo comune $R_{in,c}$
 - $R_1=10\text{K}\Omega$
 - $R_2=5\text{K}\Omega$
 - $R_{in}=200\text{M}\Omega$
 - $\alpha=12$
 - $\beta=12$
 - $\gamma=20$

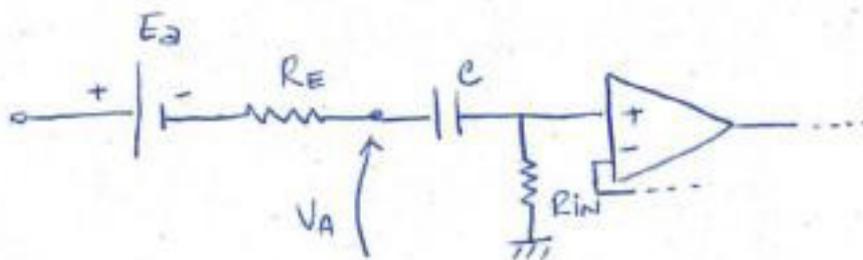
Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

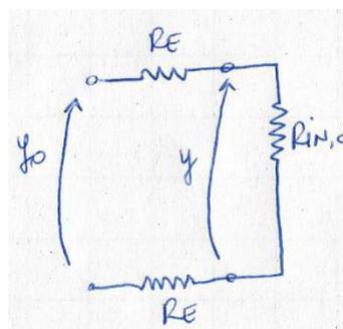


3. I disturbi dovuti ai potenziali di elettrodo hanno frequenze comprese tra 0Hz-0.02Hz. Scegliere la costante di tempo τ del filtro passa-alto tra le seguenti in modo che il disturbo dovuto ai potenziali di elettrodo sia attenuato di almeno 20dB.

- 2.6 sec
- 0.026 sec
- 0.08 sec
- 0.26 sec
- 0.8 sec



4. Determinare l'errore di interconnessione alle frequenze proprie del segnale (0.5Hz-30Hz).
 $R_E = 10K\Omega$





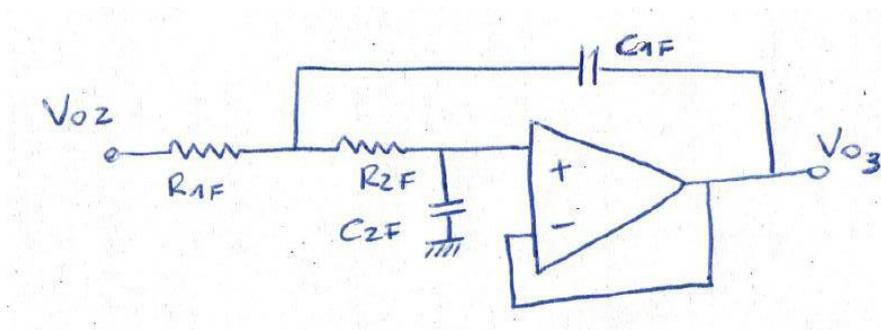
Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

- Determinare il massimo sbilanciamento delle resistenze di elettrodo affinché l'ampiezza del disturbo differenziale dovuto al disturbo di modo comune sia $<$ al 5% del segnale utile.
 $S_i = 100\mu\text{V}$
 $D_i = V_c = 100\text{mV}$
- Determinare il guadagno differenziale del preamplificatore.
- Determinare il valore minimo del CMRR in modo che all'uscita del preamplificatore il disturbo D_u dovuto al segnale di modo comune in ingresso sia $< 0.5\text{mV}$.
- Quanto deve valere al più la tolleranza delle resistenze dello stadio differenziale per soddisfare la specifica sul CMRR?
- Si progetti uno stadio di amplificazione in modo che il segnale utile abbia ampiezza pari a 2V.

L'A/D campiona a $F_c = 1024\text{Hz}$. Il filtro passa-basso del 2°ordine è realizzato con un amplificatore operazionale:

- $R_{1F} = R_{2F} = R_F$
- $C_{1F} = C_{2F} = C_F$



- Calcolare la funzione di trasferimento del filtro e disegnare il diagramma di Bode dei moduli e delle fasi.
- Si dimensionino i componenti del filtro in modo che il filtro introduca un'attenuazione di 36dB in corrispondenza alla massima frequenza compatibile con la frequenza di campionamento del convertitore A/D.
- Di quanti bit deve essere costituita la memoria del convertitore affinché l'errore di quantizzazione sia inferiore allo 0.03% del massimo valore del segnale?

Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019

Prova pratica – 06.12.2019

Sezione A

LM-29 - Ingegneria elettronica

Tema 1 – Analisi e dimensionamento di circuito per la misurazione di deformazioni meccaniche

Sia dato il circuito in Fig. 1 in cui R_{sg} rappresenta uno strain-gauge che, a deformazione nulla e temperatura $T_0 = 25^\circ\text{C}$, presenta una resistenza $R_0 = 100\ \Omega$, fattore di gauge $G = 2\ (\epsilon^{-1})$ e coefficiente di temperatura $\text{TCR} = 200 \cdot 10^{-6}\ \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

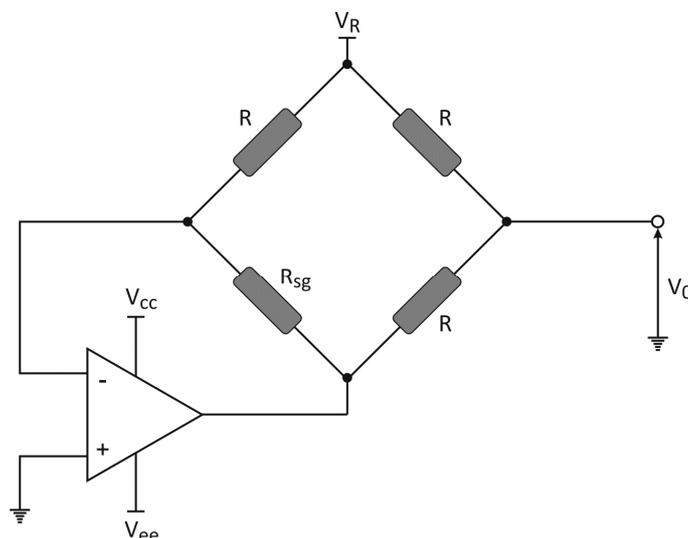


Fig. 1 Circuito per la misurazione di deformazioni meccaniche.

Il candidato:

1. Determini la funzione di trasferimento $V_0 = f(\epsilon)$ e la funzione di taratura $\epsilon = g(V_0)$ del circuito di Fig. 1 trascurando l'effetto dell'autoriscaldamento.
2. Determini i valori di R e V_R necessari per ottenere una sensibilità $|s| = 6\ (\text{V}/\epsilon)$ ed una tensione d'uscita $V_0 = 0\ \text{V}$ per deformazione nulla (anche in questo caso si trascuri l'effetto dell'autoriscaldamento).
3. Supponendo $|V_{cc}| = |V_{ee}|$ e che l'operazionale sia rail-to-rail, calcoli il minimo valore di $|V_{ee}|$ che consente di ottenere un campo di misura teorico pari a $[-500, 500]\ \mu\epsilon$ (si utilizzino i valori di R e V_R ricavati al punto precedente ed anche in questo caso si trascuri l'effetto dell'autoriscaldamento).
4. Utilizzando la funzione di taratura ed i valori delle resistenze e delle tensioni ricavati in precedenza, calcoli l'errore in $\mu\epsilon$ dovuto all'autoriscaldamento. Per il calcolo, si supponga deformazione nulla e che lo strain gauge sia accoppiato termicamente ad un corpo X alla temperatura di $T_X = 30^\circ\text{C}$. Si supponga inoltre che la resistenza termica R_{XS} tra il sensore ed il corpo X sia pari $100\ \text{K/W}$ e che la capacità termica C_X del corpo X possa essere approssimata come infinita. In base al valore di autoriscaldamento ottenuto, il candidato valuti quindi se sarebbe opportuno scegliere uno strain gauge caratterizzato da un differente valore di R_0 e, nel caso, proponga, motivandolo, un valore di R_0 più idoneo.
5. Analizzi la possibilità di utilizzare un dummy gage al fine di compensare l'effetto dell'autoriscaldamento sullo strain gauge. In particolare, il candidato indichi: 1) il corretto posizionamento del dummy gage e 2) il valore di resistenza a deformazione nulla, il coefficiente di temperatura e la temperatura di riferimento del dummy gage.



**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019**

Prova pratica – 06.12.2019

LM-29 - Ingegneria elettronica

Tema 2 – Internet satellitare

Un sistema di radiodiffusione via satellite per internet senza fili (riportato in figura) è basato su un satellite in orbita geostazionaria a 36000 km di quota.

Il satellite riceve un segnale dati di banda $B = 35$ MHz da un trasmettitore TX uplink alla frequenza $f_1 = 14$ GHz, converte il segnale alla frequenza di downlink $f_2 = 10$ GHz e lo amplifica per la ritrasmissione ai ricevitori RX a terra, utilizzando un amplificatore con guadagno di potenza G , cifra di rumore $NF = 12$ dB e potenza di ritrasmissione $P_S = 50$ W.

L'antenna SAT è una parabola usata sia per ricezione che per trasmissione e che ha efficienza d'apertura $\epsilon_s = 0.82$, rendimento $\delta_s = 0.88$ e raggio r_s , con temperatura di rumore $T_s = 280$ K e intensità di radiazione normalizzata $i(\phi)$ secondo la relazione indicata in figura, dove la costante $\phi_0 = 0.0345$ rad.

Il trasmettitore TX si trova ad una distanza $R_t = 100$ km rispetto al punto di massima irradiazione a terra dell'antenna SAT, monta una parabola con efficienza d'apertura $\epsilon_t = 0.87$, rendimento $\delta_t = 0.93$ e raggio r_t , e trasmette all'antenna una potenza $P_t = 100$ W. Si trascuri il rumore trasmesso.

Il ricevitore a terra RX monta una parabola con efficienza d'apertura $\epsilon_r = 0.84$, rendimento $\delta_r = 0.91$ e raggio r_r , con temperatura di rumore $T_r = 45$ K. Il corretto funzionamento del ricevitore richiede un rapporto segnale-rumore in ingresso non inferiore a 30 dB.

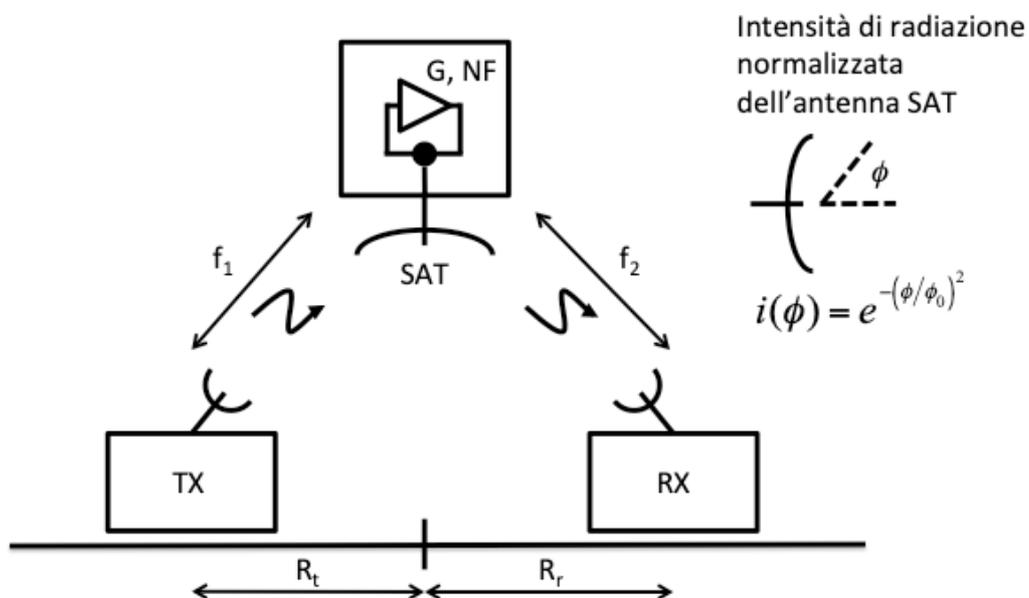
Supponendo che tutti i sistemi lavorino in condizioni di adattamento di impedenza, si calcoli:

- 1) il raggio r_s tale che l'antenna SAT trasmetta con EIRP (potenza equivalente irradiata da un'antenna isotropa che abbia la stessa intensità di radiazione lungo la direzione di massimo) di 60 dBW;
- 2) la potenza P_r uscente dall'antenna ricevente RX, qualora sia $r_r = 60$ cm e il ricevitore si trovi ad una distanza $R_r = 100$ km rispetto al punto di massima irradiazione a terra dell'antenna SAT;
- 3) il raggio r_{r0} dell'antenna RX necessario a garantire una potenza P_r pari a quella calcolata al punto 2, qualora il ricevitore si trovi ad una distanza $R_{r0} = 500$ km rispetto al punto di massima irradiazione;
- 4) il guadagno di potenza G ;
- 5) il raggio r_t dell'antenna TX.



**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019**

Prova pratica – 06.12.2019





**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere
II sessione anno 2019**

Prova pratica – 06.12.2019

		da pag.	a pag	n. copie
1	LM 23	1	4	13
2	LM 35	5	10	9
3	LM 31 (73158)	11	18	6
4	LM 33	19	25	14
5	LM 53	26	32	6
6	LM 18 & LM 32	33	33	3
7	LM 21	34	38	1
8	LM 29	39	41	12
				64