

# **ESAMI DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE (SEZIONE A)**

## **INGEGNERE INDUSTRIALE SESSIONE DI LUGLIO 2024 PROVA SCRITTA**

### **TEMA 1**

- A. Il candidato descriva la classificazione degli impianti di condizionamento dell'aria, con particolare riferimento agli impianti a tutt'aria.
- B. Si dimensioni un impianto di condizionamento a tutt'aria nel quale, per le particolari richieste igienico-sanitarie del locale, non sia presente portata d'aria di ricircolo. Si considerino le seguenti condizioni termo-igrometriche di progetto dell'aria esterna:

Inverno:  $T_{aria} = 1^{\circ}C$ ; RH = 80%

Estate:  $T_{aria} = 36^{\circ}C$ ; RH = 50%

La sala ha una pianta rettangolare di dimensioni pari a 6 x 9 m ed altezza pari a 3 m e può contenere fino ad un massimo di 40 persone.

Si consideri una portata necessaria a garantire la purezza dell'aria interna di 12 m<sup>3</sup>/h per persona ed una umidità prodotta da ciascun occupante di 60 g/h in inverno e 80 g/h in estate.

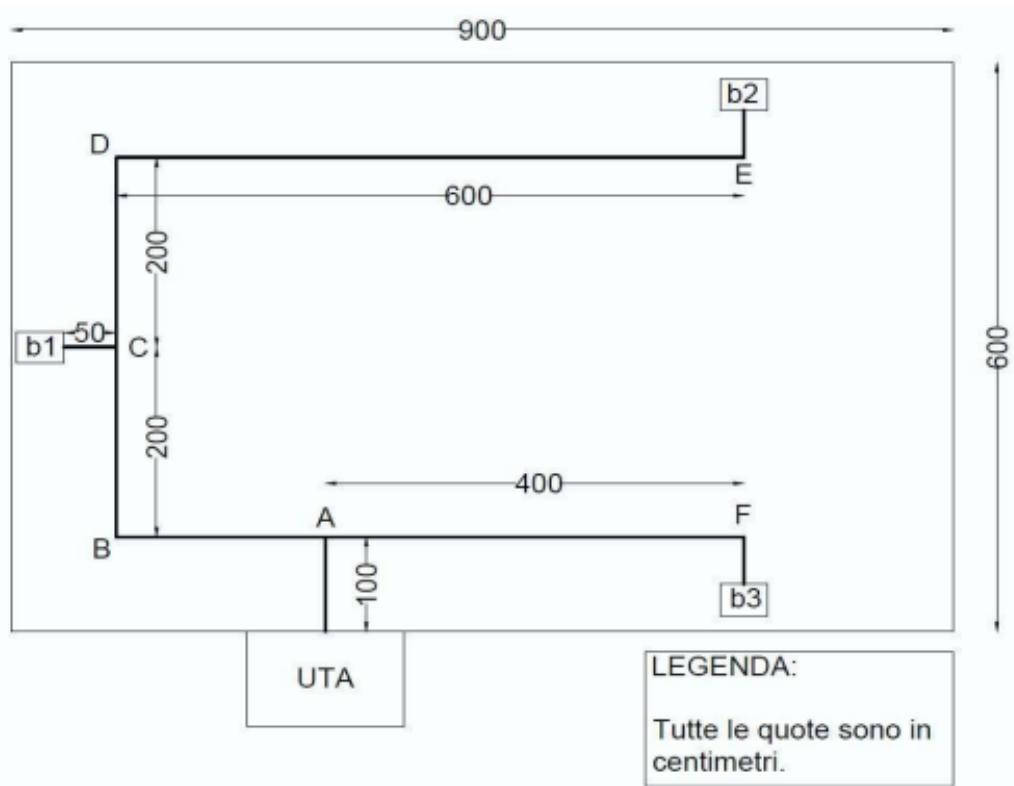
Il carico termico esterno dell'ambiente da condizionare risulta essere pari a 15'000 W in inverno e 8'000 W in estate.

Nell'ipotesi che le singole persone sviluppino un carico di 100 W, che i macchinari presenti apportino un carico di 5 W/m<sup>2</sup> e che l'impianto di illuminazione, avente un'efficienza specifica di 100 lumen/W, assicuri un illuminamento di 500 lux sul piano orizzontale, si richiede:

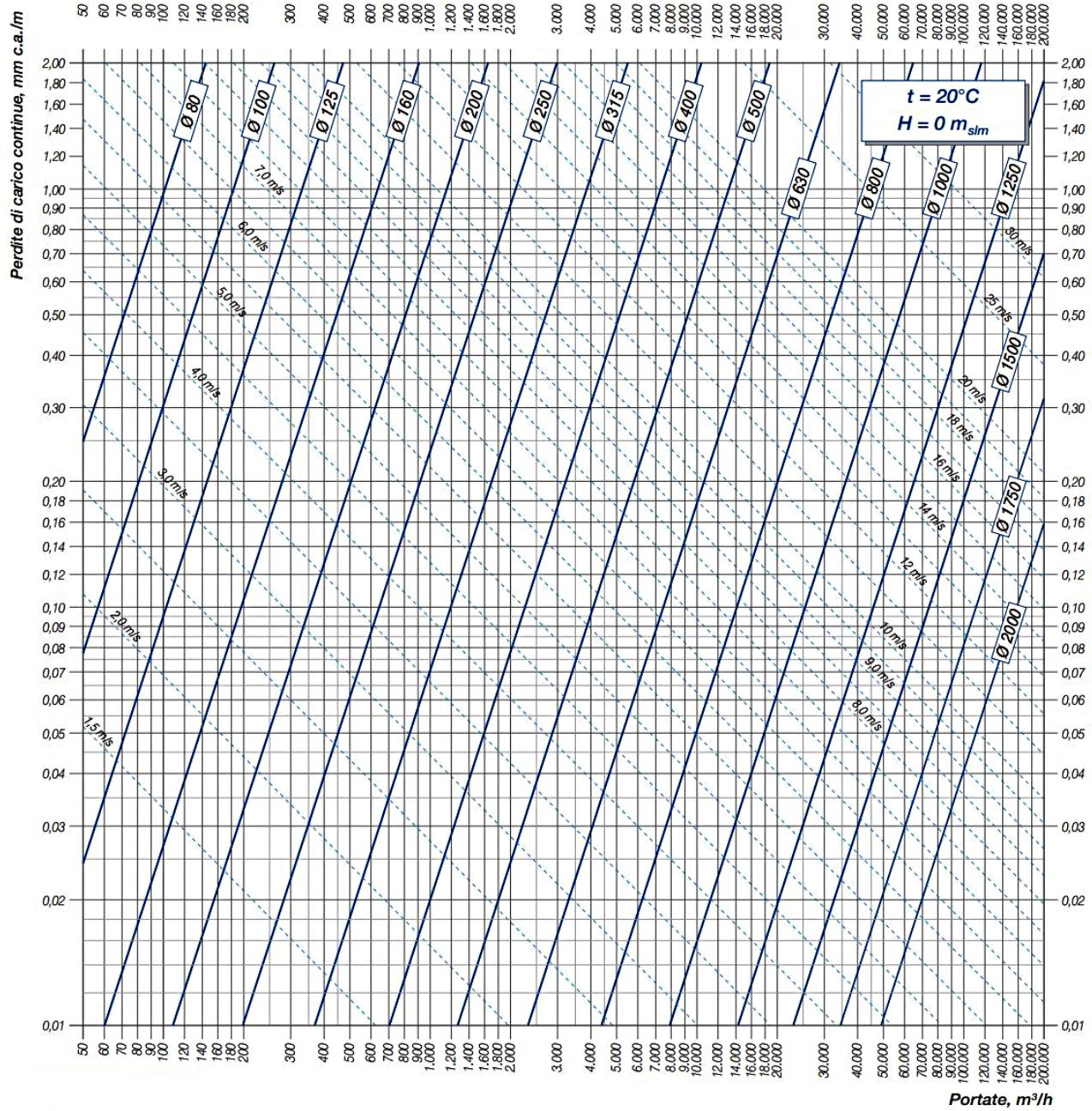
1. disegnare sul diagramma psicrometrico allegato i trattamenti dell'aria;
2. disegnare uno schema di unità di trattamento aria (UTA) compatibile con i trattamenti dell'aria individuati sul diagramma psicrometrico e descriverlo;
3. definire il carico termico invernale ed estivo totale del locale;
4. determinare la portata d'aria dell'impianto di condizionamento;
5. dimensionare le batterie dell'unità di trattamento dell'aria (UTA);
6. determinare la potenza termica della caldaia e la potenza frigorifera del gruppo di refrigerazione;
7. calcolare la portata d'acqua necessaria per realizzare la trasformazione nell'umidificatore.

Dato lo schema dell'impianto riportato in Figura 1, ipotizzando un funzionamento solo nel periodo invernale con una temperatura di progetto dell'ambiente pari a 20°C e la temperatura di immissione dell'aria pari a 36°C, e canali a sezione rettangolare o quadrata, si richiede inoltre di:

8. calcolare la portata totale dell'impianto di condizionamento ( $Y_{p,aria}=1005 \text{ J/kgK}$ ,  $\rho_{aria}=1.225 \text{ kg/m}^3$ );
9. dimensionare la singola bocchetta, nell'ipotesi che la velocità di progetto di immissione sia pari a 3.5 m/s e assumendo un fattore di contrazione (k) pari a 0.9;
10. dimensionare la rete di canali in ogni suo tratto, adottando il metodo delle perdite di carico distribuite costanti, utilizzando il diagramma in Figura 2.



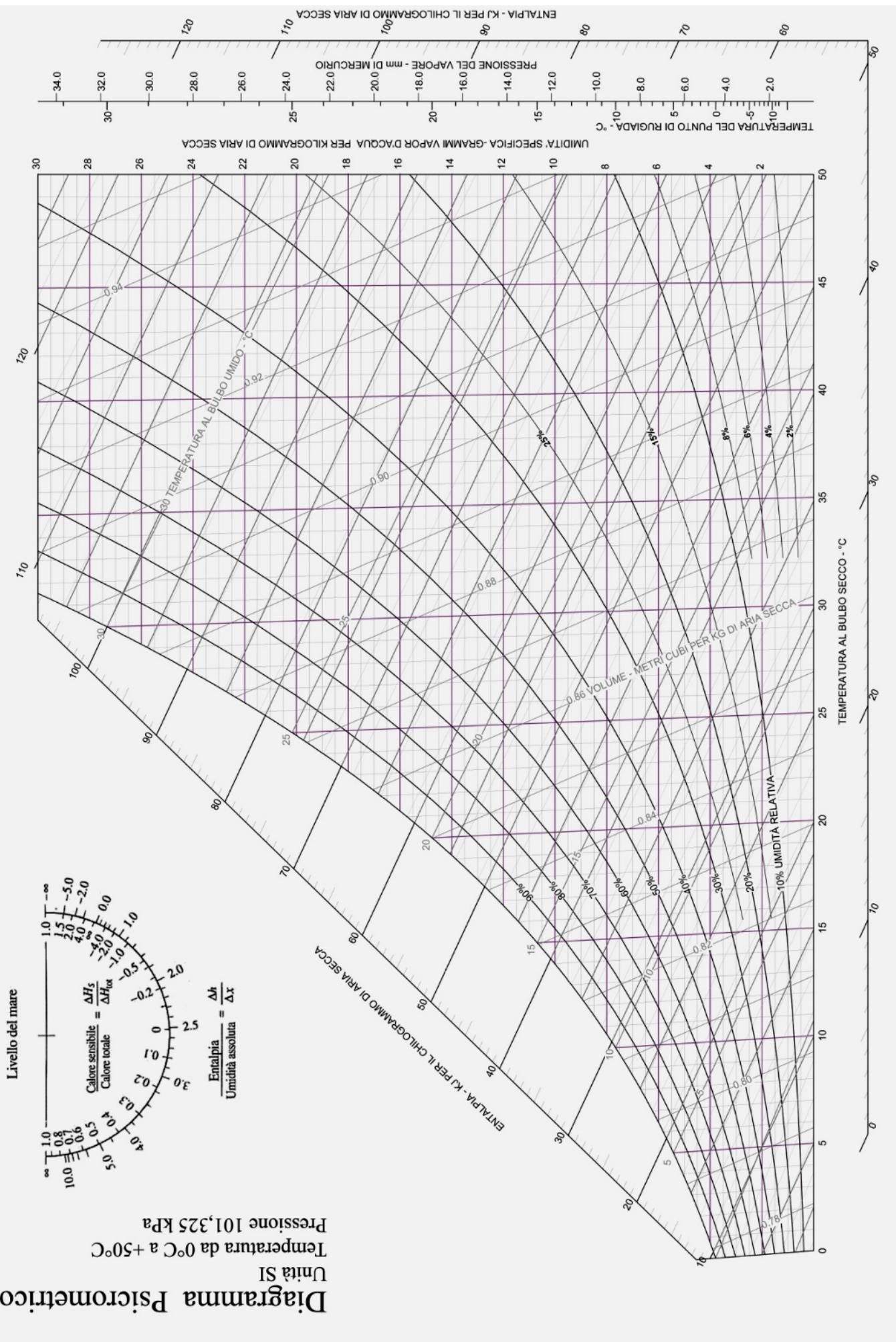
**Figura 1.** Schema d'impianto



**Figura 2.** Diagramma portata/ perdita di carico

**Canali rettangolari: diametri equivalenti per la determinazione delle perdite di carico continue**

		$\varnothing_e$ = diametro equivalente, mm																
<i>b</i>	<i>a</i>	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	<i>a</i>	<i>b</i>
100	$\varnothing_e$	109	133	152	169	183	195	207	217	227	236	245	253	261	268	275	$\varnothing_e$	100
	<i>f</i>	0,94	0,93	0,91	0,89	0,87	0,86	0,84	0,82	0,81	0,80	0,79	0,77	0,76	0,75	0,74	$\varnothing_e$	
150	$\varnothing_e$	133	164	189	210	229	245	260	274	287	299	310	321	331	341	350	$\varnothing_e$	150
	<i>f</i>	0,93	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	$\varnothing_e$	
200	$\varnothing_e$	152	169	219	244	266	286	305	321	337	352	365	378	391	402	414	$\varnothing_e$	200
	<i>f</i>	0,91	0,93	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	$\varnothing_e$	
250	$\varnothing_e$	169	210	244	273	299	322	343	363	381	398	414	420	443	457	470	$\varnothing_e$	250
	<i>f</i>	0,89	0,92	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,88	0,87	0,87	0,87	$\varnothing_e$	
300	$\varnothing_e$	183	229	266	299	328	354	376	400	420	439	457	474	490	506	520	$\varnothing_e$	300
	<i>f</i>	0,87	0,91	0,93	0,94	0,94	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,89	0,89	$\varnothing_e$	
350	$\varnothing_e$	195	245	286	322	354	383	409	433	455	477	496	515	533	550	567	$\varnothing_e$	350
	<i>f</i>	0,86	0,90	0,92	0,93	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,92	0,91	0,91	0,91	0,90	$\varnothing_e$	
400	$\varnothing_e$	207	260	305	343	378	409	437	464	488	511	533	553	573	592	609	$\varnothing_e$	400
	<i>f</i>	0,84	0,89	0,91	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,92	0,92	0,91	$\varnothing_e$	
450	$\varnothing_e$	217	274	321	363	400	433	464	492	518	543	567	589	610	630	649	$\varnothing_e$	450
	<i>f</i>	0,82	0,87	0,90	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	$\varnothing_e$	
500	$\varnothing_e$	227	287	337	381	420	455	488	518	547	573	598	622	644	666	687	$\varnothing_e$	500
	<i>f</i>	0,81	0,86	0,89	0,91	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	$\varnothing_e$	
550	$\varnothing_e$	236	299	352	398	439	477	511	543	573	601	628	653	677	700	722	$\varnothing_e$	550
	<i>f</i>	0,80	0,85	0,88	0,90	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	$\varnothing_e$	
600	$\varnothing_e$	245	310	365	414	457	496	533	567	598	628	656	683	708	732	755	$\varnothing_e$	600
	<i>f</i>	0,79	0,84	0,87	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	$\varnothing_e$	
650	$\varnothing_e$	253	321	378	429	474	515	553	589	622	653	683	711	737	763	787	$\varnothing_e$	650
	<i>f</i>	0,77	0,83	0,86	0,89	0,90	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	$\varnothing_e$	
700	$\varnothing_e$	261	331	391	443	490	533	573	610	644	677	708	737	765	792	818	$\varnothing_e$	700
	<i>f</i>	0,76	0,82	0,86	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	$\varnothing_e$	
750	$\varnothing_e$	268	341	402	457	506	550	592	630	666	700	732	763	792	820	847	$\varnothing_e$	750
	<i>f</i>	0,75	0,81	0,85	0,87	0,89	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	$\varnothing_e$	
800	$\varnothing_e$	275	350	414	470	520	567	609	649	687	722	755	787	818	847	875	$\varnothing_e$	800
	<i>f</i>	0,74	0,80	0,84	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	$\varnothing_e$	
850	$\varnothing_e$	282	359	424	482	534	582	626	668	706	743	778	811	842	872	901	$\varnothing_e$	850
	<i>f</i>	0,74	0,79	0,83	0,86	0,88	0,89	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	$\varnothing_e$	
900	$\varnothing_e$	289	367	435	494	548	597	643	686	726	763	798	833	866	897	927	$\varnothing_e$	900
	<i>f</i>	0,73	0,79	0,82	0,85	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	$\varnothing_e$	
950	$\varnothing_e$	295	376	445	506	561	612	659	703	744	783	820	855	889	921	952	$\varnothing_e$	950
	<i>f</i>	0,72	0,78	0,82	0,85	0,87	0,88	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	$\varnothing_e$	
1000	$\varnothing_e$	301	384	454	517	574	626	674	719	762	802	840	876	911	944	976	$\varnothing_e$	1000
	<i>f</i>	0,71	0,77	0,81	0,84	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	$\varnothing_e$	
1100	$\varnothing_e$	313	399	473	538	598	652	703	751	795	838	878	916	953	988	1.022	$\varnothing_e$	1100
	<i>f</i>	0,70	0,76	0,80	0,83	0,85	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	$\varnothing_e$	
1200	$\varnothing_e$	324	413	490	558	620	677	731	780	827	872	914	954	993	1.030	1.066	$\varnothing_e$	1200
	<i>f</i>	0,69	0,74	0,79	0,82	0,84	0,86	0,87	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	$\varnothing_e$	
1300	$\varnothing_e$	334	426	506	577	642	701	757	808	857	904	948	990	1.031	1.069	1.107	$\varnothing_e$	1300
	<i>f</i>	0,67	0,73	0,77	0,80	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,92	0,92	$\varnothing_e$	
1400	$\varnothing_e$	344	439	522	595	662	724	781	835	886	934	980	1.024	1.066	1.107	1.146	$\varnothing_e$	1400
	<i>f</i>	0,66	0,72	0,76	0,79	0,82	0,84	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	$\varnothing_e$	
1500	$\varnothing_e$	353	452	536	612	681	745	805	860	913	963	1.011	1.057	1.100	1.143	1.183	$\varnothing_e$	1500
	<i>f</i>	0,65	0,71	0,75	0,79	0,81	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91	0,92	$\varnothing_e$	
1600	$\varnothing_e$	362	463	551	629	700	766	827	885	939	991	1.041	1.088	1.133	1.177	1.219	$\varnothing_e$	1600
	<i>f</i>	0,64	0,70	0,74	0,78	0,80	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91	0,91	$\varnothing_e$	
1700	$\varnothing_e$	371	475	564	644	718	785	849	908	964	1.018	1.069	1.118	1.164	1.209	1.253	$\varnothing_e$	1700
	<i>f</i>	0,64	0,69	0,74	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,86	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	$\varnothing_e$	
1800	$\varnothing_e$	379	485	577	660	735	804	869	930	988	1.043	1.096	1.146	1.195	1.241	1.286	$\varnothing_e$	1800
	<i>f</i>	0,63	0,69	0,73	0,76	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90	$\varnothing_e$	
1900	$\varnothing_e$	387	496	590	674	751	823	889	952	1.012	1.068	1.122	1.174	1.224	1.271	1.318	$\varnothing_e$	1900
	<i>f</i>	0,62	0,68	0,72	0,75	0,78	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90	$\varnothing_e$	
2000	$\varnothing_e$	395	506	602	688	767	840	908	973	1.034	1.092	1.147	1.200	1.252	1.301	1.348	$\varnothing_e$	



## TEMA 2

- A. Il candidato descriva la classificazione dei riduttori con particolare riferimento a quelli ordinari cilindrici a denti dritti.
- B. Si dimensioni un riduttore ad ingranaggi cilindrici a denti dritti, tenendo conto delle perdite dovute al rendimento non unitario del riduttore come descritto nella tabella.

	valore rendimento
rendimento ingranaggi	0.98
effetto ventilante	0.98
rendimento cuscinetti volventi	0.99

I dati forniti per il progetto sono i seguenti:

1)Velocità di rotazione del primo albero: 100 *RPM*

2)Rapporto di trasmissione:4.4

3)Potenza dell'utilizzatore : 10 KW

4) Durata = 10000 *ore*

Gli alberi sono in Acciaio 20CrNiMo2 Cementato. Le ruote calettate sono in Acciaio 40CrNiMo2 Bonificato.

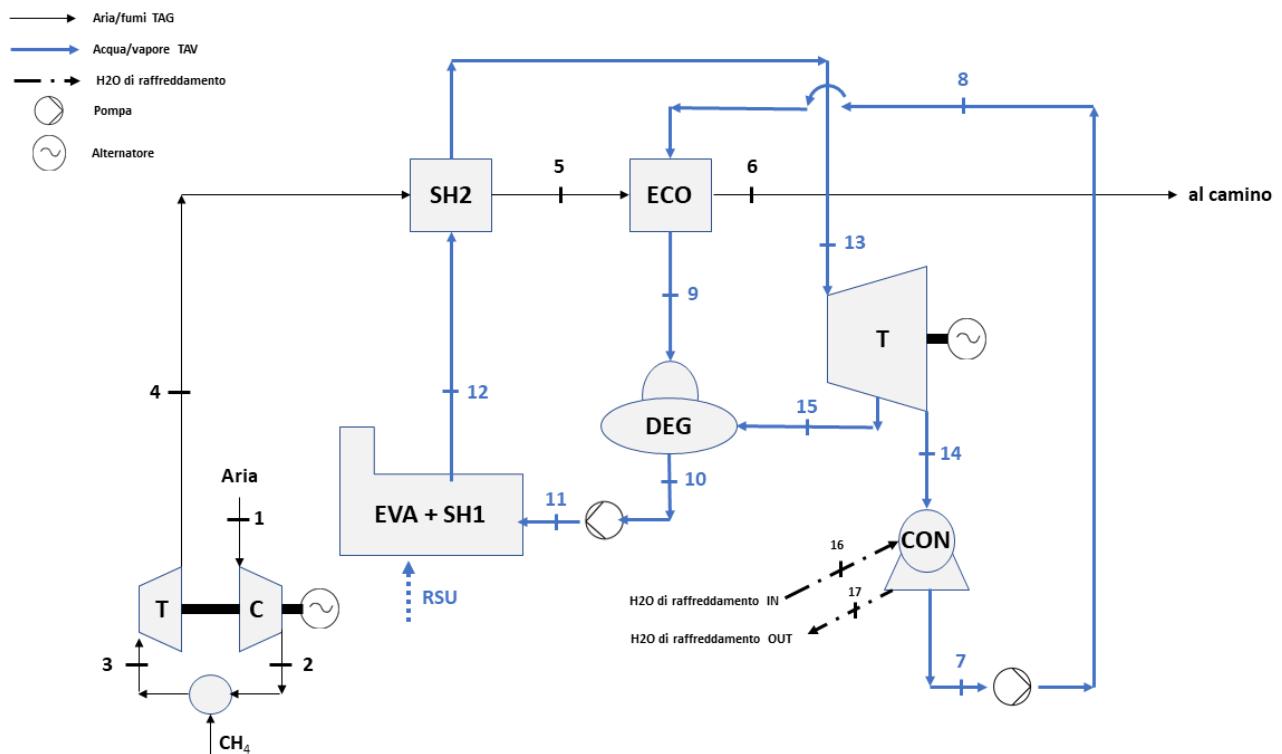
Altri dati eventualmente necessari possono essere ipotizzati dal candidato.

Si esegua uno schizzo quotato.

## TEMA 3

A. Il candidato descriva il funzionamento di un generico ciclo combinato composto da turbina a gas e turbina a vapore per la produzione di energia elettrica. Si descriva lo schema d'impianto base, in rapporto ai rendimenti dei cicli considerati separatamente. Si descrivano nel dettaglio le componenti, in funzione delle trasformazioni e degli scambi d'energia. Infine, si propongano delle varianti/aggiunte al generico ciclo combinato base, che permettano l'ottimizzazione del rendimento globale.

B. Sia dato un impianto combinato gas – vapore per la produzione di energia elettrica. La parte turbogas utilizza gas metano (LHV = 50 MJ/kg); il calore dei fumi di combustione viene utilizzato per surriscaldare il vapore (generato da un evaporatore/surriscaldatore EVA+ SH1 alimentato dalla combustione di RSU in un termovalorizzatore) dell'impianto sottoposto allo scambiatore SH2 e per preriscaldare l'acqua all'economizzatore ECO (si veda la figura sottostante). Dalla turbina a vapore viene spillata una portata indirizzata al degasatore (DEG) in modo da ottenere in uscita liquido saturo ( $X_{10} = 0$ ). La rimanente parte del vapore che espande in turbina viene condensata (CON), preriscaldata all'economizzatore (ECO) e inviata anch'essa al degasatore.



Il candidato, dopo aver ricavato tutte le grandezze fondamentali dei punti rappresentati, trascurando le perdite di carico nei condotti ed effettuando le opportune assunzioni per eventuali parametri mancanti, determini:

- Il rendimento elettrico della TAG e la portata dei fumi della TAG
- Il rendimento globale dell'impianto
- La temperatura T6 dei fumi della TAG al camino
- Le portate di acqua/vapore nelle varie sezioni della TAV
- La portata di acqua refrigerante al condensatore

- La quantità di RSU da termovalorizzare in un anno, supponendo un funzionamento dell'impianto di 24 ore al giorno per 365 giorni all'anno

Inoltre, Supponendo di utilizzare metano (da fonte fossile) invece che RSU per produrre la stessa quantità di vapore dell'impianto, il candidato determini:

- La portata di metano necessaria per un'identica produzione di vapore in TAV
- L'incremento di CO<sub>2</sub> emessa in atmosfera in un anno (si considerino i rifiuti come una fonte rinnovabile).

## TEMA 4

- A. Il candidato descriva i vari tipi di meccanismi per la trasmissione di potenza con particolare riferimento agli innesti a frizione monodisco.
- B. Si considerino due rotori coassiali A e B di masse rispettivamente 110 kg e 800 kg che sono connessi da una frizione con un carico totale delle molle agenti sui piatti pari a 700 N. Si richiede di dimensionare una frizione in acciaio, capace di sviluppare una coppia di 1100 Nm alla velocità di 60 rad/s. Considerando che il rotore A inizialmente gira a 1200 giri/min mentre B è fermo, la frizione viene improvvisamente innescata. Determinare il tempo necessario ad A e B per raggiungere la stessa velocità, il valore di questa velocità e l'ammontare dell'energia cinetica persa durante il periodo di slittamento della frizione.

Successivamente si esegua uno schizzo quotato della frizione.

Altri dati eventualmente necessari possono essere ipotizzati dal candidato.