

ESAME DI STATO INGEGNERIA

19 GIUGNO 2012

LAUREA SPECIALISTICA – **SEZIONE A**
INDIRIZZO: INGEGNERIA INDUSTRIALE

I[^] Prova Scritta

Il contenimento dei consumi energetici nell'attività industriale riveste importanza sia in termini economici che di salvaguardia ambientale: il candidato illustri e discuta questa problematica in termini generali e con eventuale riferimento ad uno specifico impianto produttivo.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI
FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE**

ANNO 2012 – I SESSIONE

II PROVA SCRITTA - INGEGNERIA ELETTRICA/ENERGETICA – Sez. A

Il candidato descriva un impianto di produzione dell'energia elettrica a sua scelta o un impianto di climatizzazione ambientale, illustrando i componenti più significativi e le principali procedure di dimensionamento da adottare nella sua progettazione.

LAUREA SPECIALISTICA IN INGEGNERIA ENERGETICA

PROVA SCRITTA

**PROGETTO PRELIMINARE DI UN IMPIANTO PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE E
PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA
CON INTEGRAZIONE A FONTE SOLARE**

E' assegnato un edificio, avente le dimensioni e le caratteristiche costruttive che risultano dalle tavole del progetto edile allegate a questo testo. L'edificio è costituito da due piani perfettamente coincidenti, si allega la planimetria del solo piano terra, la copertura è costituita da una terrazza piana).

- Si calcolino e si disegnino le sezioni delle strutture di tamponamento opache e trasparenti, affinché rispettino le trasmittanze termiche limiti previste dalla normativa vigente.
- Si disegni il diagramma dell' EP_{limite} per la località di progetto e si determini l' EP_{limite} per l'edificio assegnato.
- Si determini la potenza termica nominale dell'edificio considerando i rinnovi dell'aria previsti dalla norma UNI 10339.
- Dimensionare inoltre un sistema centralizzato per il riscaldamento dell'acqua sanitaria dei servizi, alimentato da caldaia a combustibile fossile integrato da un impianto a collettori solari termici piani a semplice vetro.

E' assegnato mediante il diagramma della fig.1 l'andamento della intensità della radiazione solare diretta in funzione dell'angolo di distanza zenitale (in una giornata serena si trascuri la radiazione solare diffusa dall'atmosfera).

Per le portate nominali, le pressioni minime delle utenze e per il calcolo del fattore di contemporaneità si utilizzi la norma Europea PrEN 806-3.

Calcolare la superficie di *collettore solare termico* necessaria a coprire il 50% del fabbisogno termico per riscaldare l'acqua sanitaria necessaria a soddisfare le utenze per 30 minuti (temperatura di erogazione 48°C). Si ipotizzi un termo-accumulatore isolato collegato ai pannelli solari mediante una tubazione isolata.

Rendimento dell'impianto solare termico $\eta_{i.s.} = \eta_{ass} \times \eta_{adiab. \text{ impianto}}$

Si ipotizzi un $\eta_{adiab. \text{ impianto}}$, mentre per il η_{ass} si costruisca la curva lineare supponendo che il collettore solare termico abbia le seguenti caratteristiche: $\eta_{ass} = 0,85$ per $(t_f - t_{amb.})/I = 0$ e $\eta_{ass} = 0$ per $(t_f - t_{amb.})/I = 0,10$.

Eseguire il calcolo per una giornata serena della prima decade di Aprile, temperatura dell'aria esterna di 15°C, sapendo che i collettori solari sono orientati a Sud (angolo azimutale = 0°) e sono inclinati rispetto al piano orizzontale di un angolo $\psi = \varphi$ latitudine del luogo. Disegnare lo schema funzionale

Dati di progetto (riscaldamento):

Località: Macomer (Nu)

Latitudine = 40° 16' 00" N

Longitudine = 8° 47' 00" E

Zona climatica = D

Gradi giorno = 1580 GG

Giorni periodo di riscaldamento = 166

 $t_{aria \text{ esterna}} = 2,2 \text{ °C}$

U.R. aria esterna = 59,5 %

 $t_{aria \text{ interna}} = 20 \text{ °C}$

U.R. aria interna = 50%

Il candidato, ipotizzi eventuali dati mancanti

INTENSITÀ DELLA RADIAZIONE SOLARE IN GIORNATA SERENA IN FUNZIONE DELLA DISTANZA ZENITALE Z° IN W/m^2

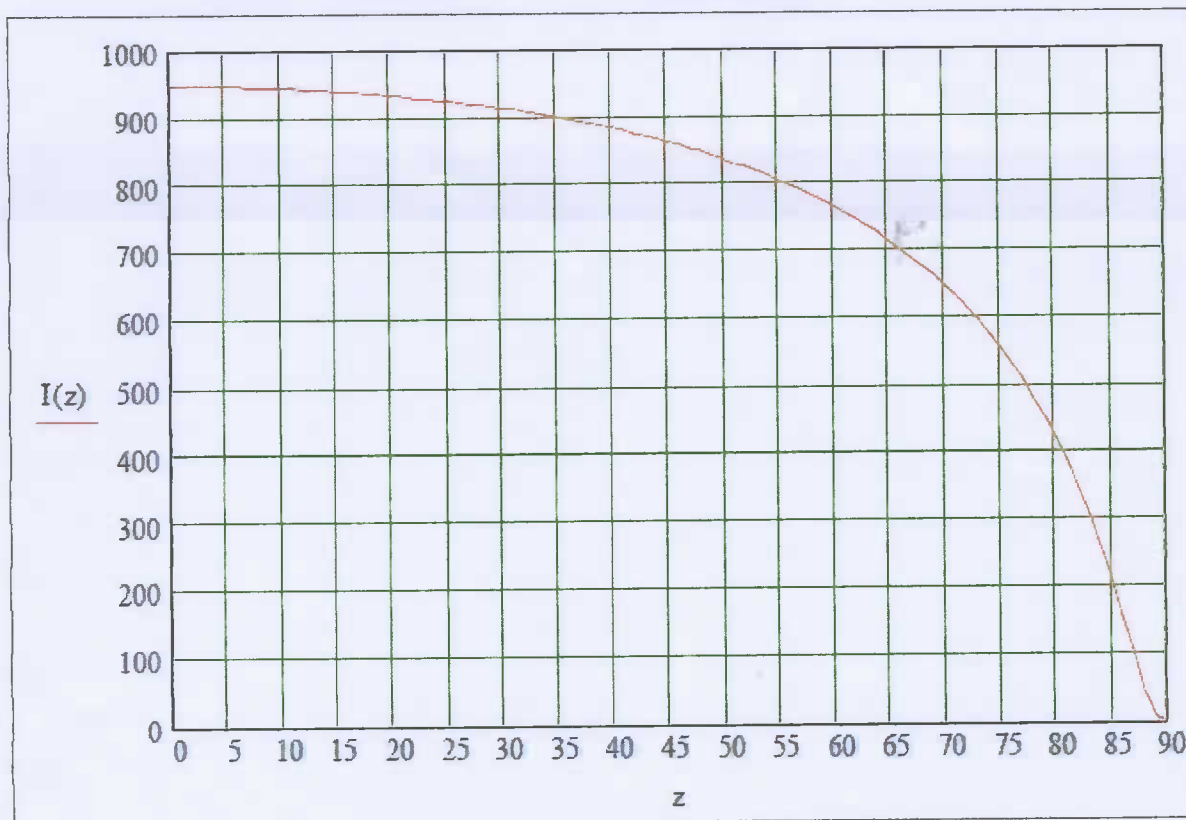
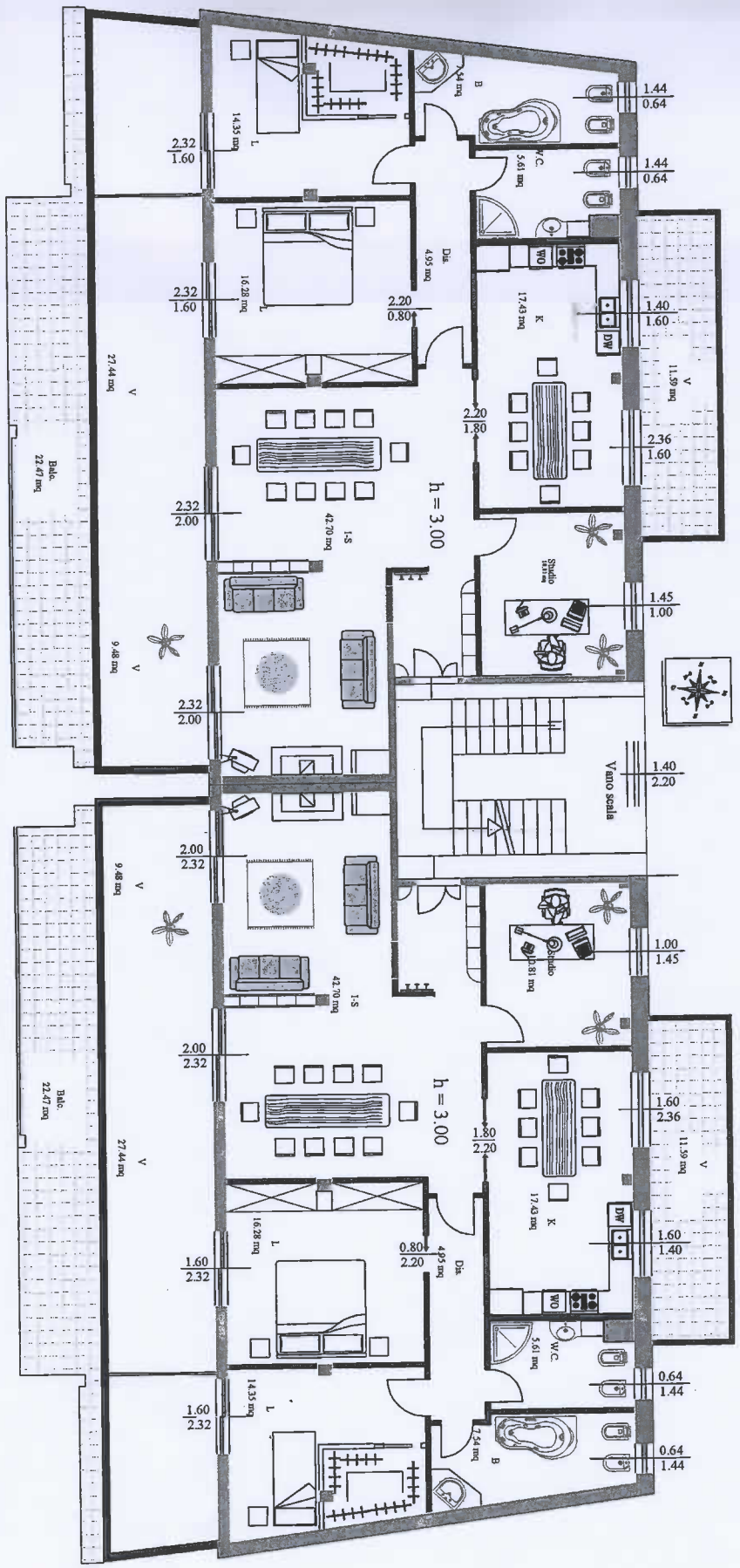


Figura 1 – la Curva $I(z)$, Intensità solare diretta al suolo, calcolata con il codice Mathcad sulla base della equazione (1.1) per una altitudine $h=0$ m.

Handwritten signature

PIANTA ARREDATA SCALA 1:100





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI
FACOLTA' DI INGEGNERIA

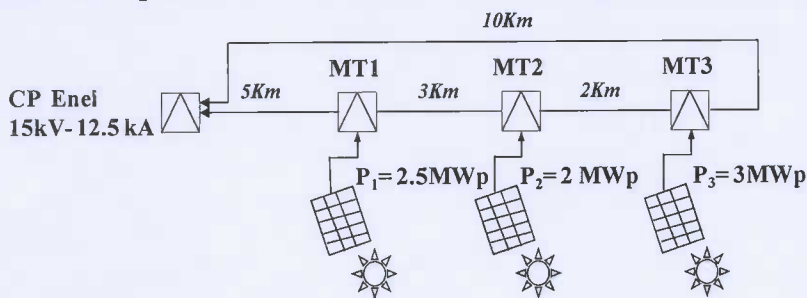
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE

ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

I SESSIONE - ANNO 2012

III PROVA SCRITTA - SEZ. A - INGEGNERIA ELETTRICA/ENERGETICA (Ord. 509, V.O.)

In una zona industriale è stata prevista la realizzazione di n.3 impianti fotovoltaici da collegare alla cabina primaria secondo uno schema a "petalo" illustrato in fig. 1 nel quale sono presenti n. 3 cabine MT di ricezione e consegna dell'energia alla rete Enel (MT1-2-3) interconnesse tra loro mediante una linea principale con connessioni entra-esce. Dalla cabina MT3 è prevista una richiusura di emergenza alla cabina primaria, da utilizzarsi nel caso di guasto nei diversi tratti della linea principale.



Sez. (mm ²)	R(Ω/km)	X(Ω/km)	I _z (A)
185	0.193	0.173	357
240	0.124	0.166	454
300	0.075	0.158	595

Al Candidato si richiede di:

1. Dimensionare l'impianto di distribuzione MT facendo riferimento ai dati tecnici dei conduttori in Tab. 1 ed ipotizzando che la $\Delta V\%$, in ciascuna tratta da punto di consegna al campo FV, sia minore del 5% ipotizzando la gestione dell'anello aperto nel nodo MT2, e considerando la possibilità di alimentazione in emergenza di tutte le cabine da una sola direttrice.
2. Disegnare lo schema unifilare della rete e calcolare i flussi di potenza e le tensioni in tutti i nodi MT (MT1-3) durante il funzionamento dell'impianto alla massima produzione ed ipotizzando la tensione nominale di 15kV nel punto di connessione alla rete;
3. Calcolare la corrente di guasto per corto circuito trifase netto in tutti i nodi MT (MT1-3) dell'impianto trascurando, e, successivamente considerando i contributi dei generatori fotovoltaici;
4. Disegnare lo schema di connessione dell'impianto FV alla rete nella Cabina MT3 secondo la norma CEI 0-16, dimensionando i componenti principali (trasformatori, interruttori/fusibili MT, dispositivi generali e di interfaccia);
5. Disegnare un possibile schema a blocchi della distribuzione BT (c.a. e c.c.) e quello unifilare di potenza corrispondente, di uno dei campi FV, dimensionando inoltre i componenti fondamentali (quadri elettrici c.a e c.c., inverter, cavi lato corrente alternata, cavi lato corrente continua, numero di stringhe, ecc.) ipotizzando le caratteristiche tipiche dei moduli FV attualmente in commercio.

Eventuali ulteriori dati tecnici necessari per lo svolgimento dovranno essere ipotizzati dal candidato.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI
FACOLTA' DI INGEGNERIA

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

I SESSIONE - ANNO 2012

I PROVA SCRITTA – SEZ. B - INGEGNERIA INDUSTRIALE

Il contenimento dei consumi energetici nell'attività industriale e civile riveste sempre più importanza: il candidato illustri e discuta questa problematica in termini generali e con eventuale riferimento ad una specifica tipologia di impianto produttivo o edificio civile.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI
FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE**

ANNO 2012 – I SESSIONE

II PROVA SCRITTA - INGEGNERIA ELETTRICA– Sez. B

Il candidato descriva i componenti principali di un impianto di distribuzione dell'energia elettrica in bassa tensione. Sviluppi uno schema tipo di distribuzione elettrica ed esponga le caratteristiche e le funzionalità dei diversi elementi che lo compongono.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI
FACOLTA' DI INGEGNERIA

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
I SESSIONE - ANNO 2012

III PROVA SCRITTA – SEZ. B – INGEGNERIA ELETTRICA (Ord. 509)

Si deve dimensionare l'impianto elettrico di un campeggio per 20 piazzole destinate ad ospitare camper, roulotte e tende che richiedono una potenza media assorbita di 2 kW per ciascuna piazzola. Nel campeggio si prevede di insediare le seguenti strutture con le relative potenze installate:

- un'area attrezzata per le attività sportive comprensiva di un campo da tennis e di un campo polivalente con alimentazione trifase 400V, $P = 8$ kW
- uno spazio per lo svolgimento di spettacoli all'aperto, con alimentazione trifase 400V, $P = 10$ kW
- Servizi igienici con alimentazione trifase 400V, $P = 8$ kW
- un bar con annesso un piccolo spaccio con alimentazione trifase 400V, $P = 6$ kW
- uffici con alimentazione monofase 400V, $P = 4$ Kw
- Impianto di depurazione, con alimentazione trifase 400V, $P = 20$ kW

Sapendo inoltre che, le potenze installate per una centrale tecnologica e per l'illuminazione dei viali sono rispettivamente 15 kW e 3kW, il candidato valuti la possibilità di alimentare l'impianto elettrico del campeggio in BT o in MT. Successivamente, ipotizzando una disposizione planimetrica a piacere, del punto di consegna da parte dell'ENEL e delle varie utenze suddette, e fatte le ipotesi aggiuntive che ritiene necessarie per meglio definire le caratteristiche delle utenze in termini di distanze dai centri di alimentazione e struttura radiale del sistema di distribuzione, determini:

- 1 - La potenza complessiva.
- 2 - Lo schema a blocchi della distribuzione dell'energia elettrica.
- 3 - Il disegno dello schema elettrico unifilare e illustri i criteri da seguire per il calcolo delle caratteristiche delle apparecchiature presenti nel quadro elettrico generale.
- 4 - Le caratteristiche elettriche e costruttive dei quadri di alimentazione delle piazzole.
- 5 - I sistemi da adottare per le protezioni contro i contatti diretti e indiretti.

Al candidato è richiesto di corredare l'elaborato con una descrizione delle scelte tecniche progettuali adottate.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI
FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE**

ANNO 2012 – I SESSIONE

II PROVA SCRITTA - INGEGNERIA MECCANICA – Sez. A

Il candidato illustri le problematiche di tipo energetico, ambientale, fluidodinamico, strutturale e produttivo, inerenti la progettazione di un impianto di cogenerazione.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI
FACOLTA' DI INGEGNERIA

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

ANNO 2012 – I SESSIONE

III PROVA SCRITTA - INGEGNERIA MECCANICA – Sez. A

L'audit energetico condotto in una azienda agro-alimentare ha evidenziato i seguenti consumi medi mensili di olio combustibile e di energia elettrica.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Olio combustibile (t/mese)	85	90	95	95	90	85	80	20	85	90	95	65
Energia elettrica (MWh/mese)	1600	1700	1800	1850	1750	1700	1600	500	1650	1750	1850	1400

L'azienda opera per 8 ore/giorno per 5 giorni a settimana, mediamente per 4 settimane/mese, tranne agosto (1 sola settimana) e dicembre (3 settimane). I consumi giornalieri possono ritenersi sostanzialmente costanti. Il costo medio dell'olio combustibile per l'azienda è di 550 €/t (potere calorifico 40,5 MJ/kg) mentre quello di approvvigionamento dell'energia elettrica dal distributore di rete è di 150 €/MWh. L'olio combustibile viene utilizzato per produrre vapore saturo a 12 bar mediante una caldaia che opera con un rendimento medio dell'80%. Il vapore viene distribuito a 3 diverse utenze mediante un apposito collettore. In particolare, il 50% del vapore viene inviato alle utenze della zona 1 (U1), il 30% alle utenze della zona 2 (U2) e il 20% alle utenze della zona 3 (U3). La condensa (a 6 bar e 80 °C) viene raccolta in un altro collettore e tramite una pompa riportata in caldaia.

L'azienda intende realizzare un impianto di cogenerazione basato su una turbina a gas a ciclo semplice e generatore di vapore a recupero, dimensionato per soddisfare completamente il carico termico e sostituire la caldaia (che rimarrebbe solo come unità di riserva). La tipologia considerata per la turbina a gas presenta un rapporto di compressione pari a 14 e una temperatura massima di 1150 °C, con alimentazione a gas naturale (potere calorifico 48 MJ/kg e costo di 0,5 €/kg).

In merito a tale progetto, il candidato sviluppi il dimensionamento preliminare dell'impianto, valutando in particolare le portate di vapore in gioco, la potenza della turbina a gas, il consumo di gas naturale e il risparmio energetico rispetto alla situazione preesistente. Il candidato effettui anche una valutazione economica preliminare dell'iniziativa, considerando un costo specifico dell'impianto di cogenerazione pari a 750 €/kWe. A tal fine si operino le opportune assunzioni tecniche ed economiche relativamente ai dati non espressamente forniti.

Il candidato effettui inoltre il dimensionamento geometrico del collettore del vapore, il dimensionamento strutturale del corpo cilindrico e dei fondi, la verifica della saldatura tra corpo cilindrico e fondo e la determinazione dello spessore dell'isolante necessario a garantire un valore massimo della temperatura superficiale esterna di 40 °C.

La figura 1 illustra lo schema di processo dell'impianto di cogenerazione, mentre la figura 2 riporta lo schema costruttivo e le dimensioni del collettore del vapore.

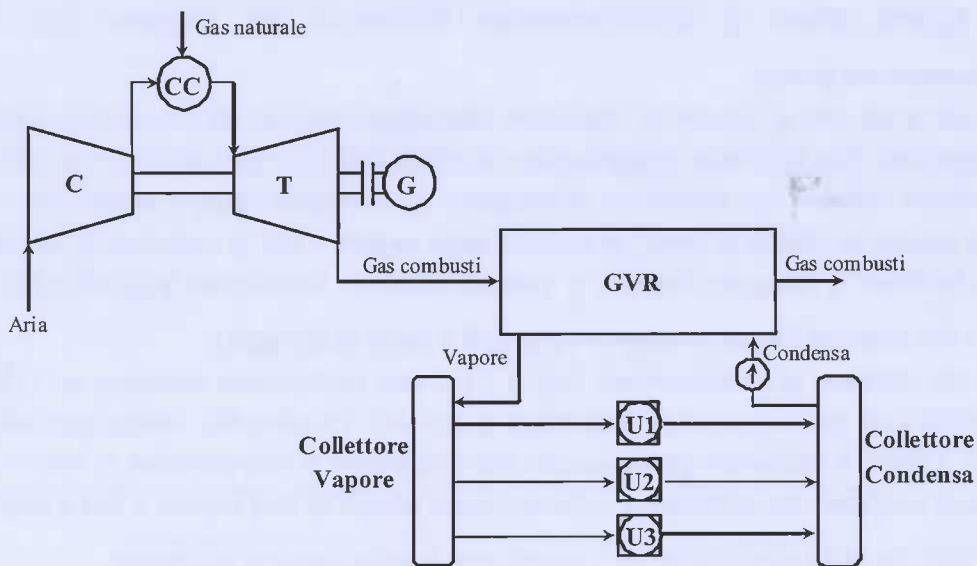


Figura 1 – Schema semplificato dell'impianto di cogenerazione.

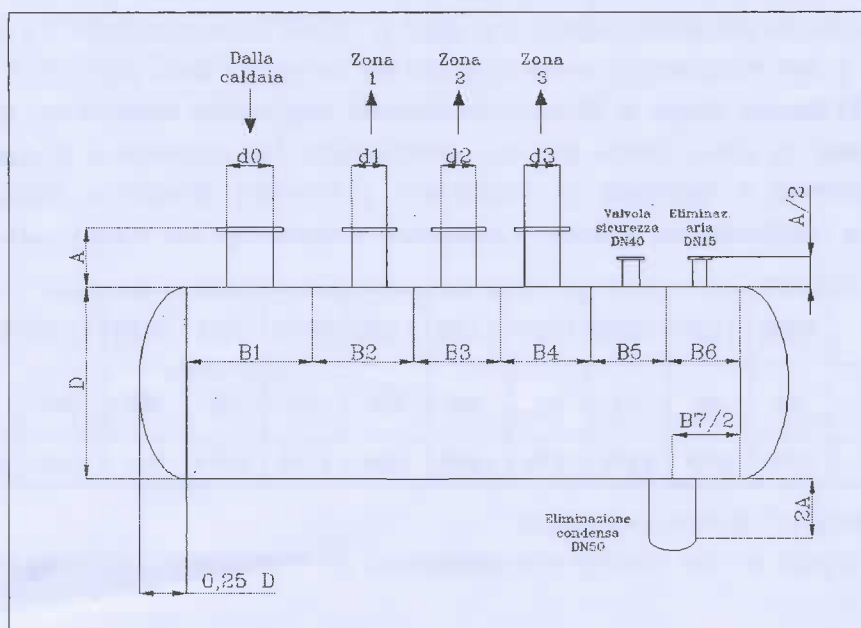


Figura 2 – Schema costruttivo del collettore del vapore.

- Spaziatura B_i: in funzione del diametro del corrispondente attacco, come da tabella seguente

DN	150	200	250	32	40	50	65	80	120	125	150	200	250	300
B [mm]	200	210	220	240	270	300	340	400	450	450	500	650	650	700

- Altezza degli attacchi $A = d_0 + 200 \text{ mm}$
- Diametro del collettore: $D = 1,3 (d_1^2 + d_2^2 + d_3^2)^{1/2}$



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI
FACOLTA' DI INGEGNERIA

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

ANNO 2012 – I SESSIONE

III PROVA SCRITTA - INGEGNERIA MECCANICA – V.O.

L'audit energetico condotto in una azienda agro-alimentare ha evidenziato i seguenti consumi medi mensili di olio combustibile e di energia elettrica.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Olio combustibile (t/mese)	85	90	95	95	90	85	80	20	85	90	95	65
Energia elettrica (MWh/mese)	1600	1700	1800	1850	1750	1700	1600	500	1650	1750	1850	1400

L'azienda opera per 8 ore/giorno per 5 giorni a settimana, mediamente per 4 settimane/mese, tranne agosto (1 sola settimana) e dicembre (3 settimane). I consumi giornalieri possono ritenersi sostanzialmente costanti. Il costo medio dell'olio combustibile per l'azienda è di 550 €/t (potere calorifico 40,5 MJ/kg) mentre quello di approvvigionamento dell'energia elettrica dal distributore di rete è di 150 €/MWh. L'olio combustibile viene utilizzato per produrre vapore saturo a 12 bar mediante una caldaia che opera con un rendimento medio dell'80%. Il vapore viene distribuito a 3 diverse utenze mediante un apposito collettore. In particolare, il 50% del vapore viene inviato alle utenze della zona 1 (U1), il 30% alle utenze della zona 2 (U2) e il 20% alle utenze della zona 3 (U3). La condensa (a 6 bar e 80 °C) viene raccolta in un altro collettore e tramite una pompa riportata in caldaia.

L'azienda intende realizzare un impianto di cogenerazione basato su una turbina a gas a ciclo semplice e generatore di vapore a recupero, dimensionato per soddisfare completamente il carico termico e sostituire la caldaia (che rimarrebbe solo come unità di riserva). La tipologia considerata per la turbina a gas presenta un rapporto di compressione pari a 14 e una temperatura massima di 1150 °C, con alimentazione a gas naturale (potere calorifico 48 MJ/kg e costo di 0,5 €/kg).

In merito a tale progetto, il candidato sviluppi il dimensionamento preliminare dell'impianto, valutando in particolare le portate di vapore in gioco, la potenza della turbina a gas, il consumo di gas naturale e il risparmio energetico rispetto alla situazione preesistente. Il candidato effettui anche una valutazione economica preliminare dell'iniziativa, considerando un costo specifico dell'impianto di cogenerazione pari a 750 €/kWe. A tal fine si operino le opportune assunzioni tecniche ed economiche relativamente ai dati non espressamente forniti.

Il candidato effettui inoltre il dimensionamento geometrico del collettore del vapore, il dimensionamento strutturale del corpo cilindrico e dei fondi, la verifica della saldatura tra corpo cilindrico e fondo e la determinazione dello spessore dell'isolante necessario a garantire un valore massimo della temperatura superficiale esterna di 40 °C.

La figura 1 illustra lo schema di processo dell'impianto di cogenerazione, mentre la figura 2 riporta lo schema costruttivo e le dimensioni del collettore del vapore.

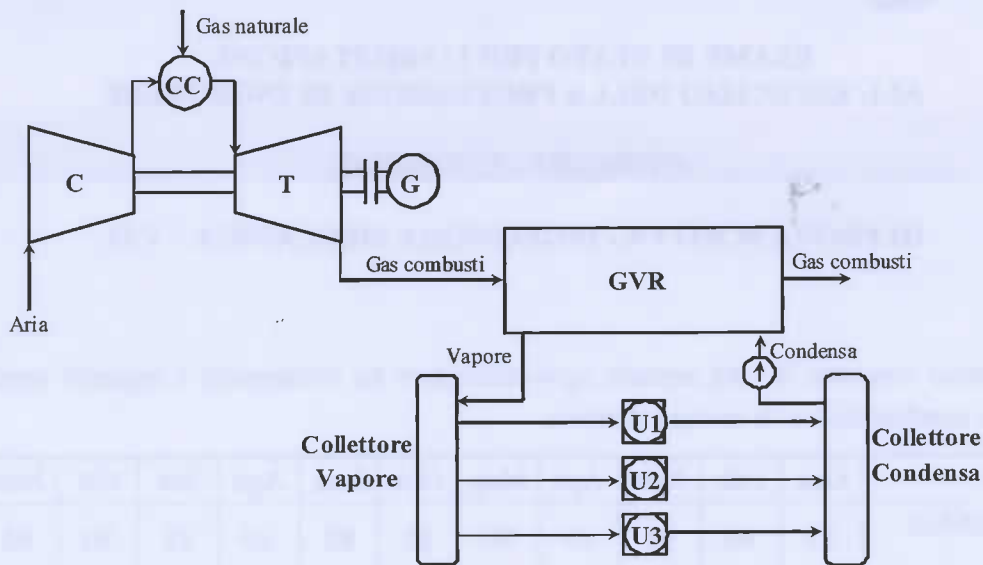


Figura 1 – Schema semplificato dell'impianto di cogenerazione.

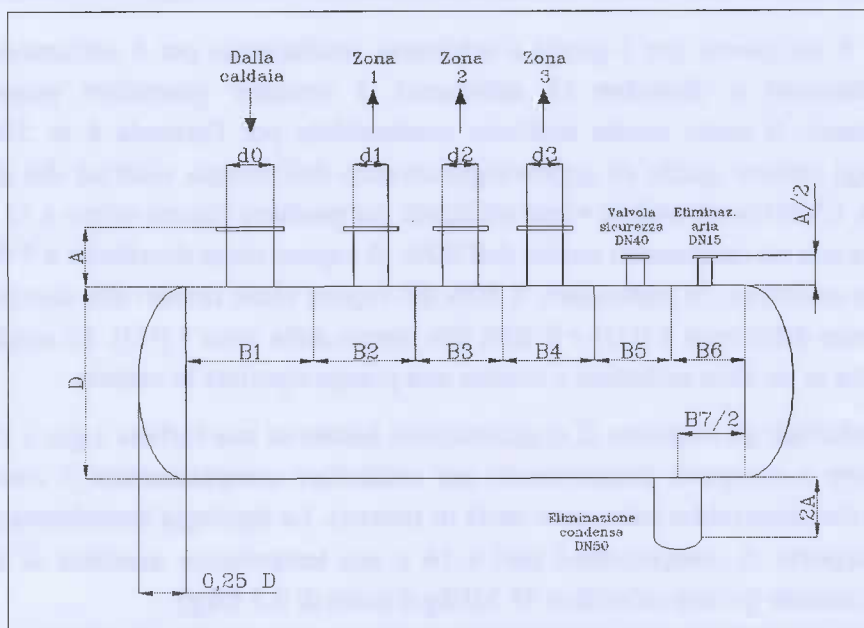


Figura 2 – Schema costruttivo del collettore del vapore.

- Spaziatura B_i : in funzione del diametro del corrispondente attacco, come da tabella seguente

DN	15	20	25	32	40	50	65	80	120	125	150	200	250	300
B [mm]	200	210	220	240	270	300	340	400	450	450	500	650	650	700

- Altezza degli attacchi $A = d_0 + 200$ mm
- Diametro del collettore: $D = 1,3 (d_1^2 + d_2^2 + d_3^2)^{1/2}$



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI
FACOLTA' DI INGEGNERIA

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

ANNO 2012 – I SESSIONE

III PROVA SCRITTA - INGEGNERIA MECCANICA – Sez. B

In un processo produttivo sono previsti i seguenti consumi di vapore:

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Vapore (t/h)	4,0	4,2	4,5	4,5	4,3	4,2	4,0	1,2	3,8	4,3	4,5	3,1

Il processo produttivo opera mediamente per 8 ore/giorno, per 5 giorni a settimana e per 4 settimane/mese, tranne agosto (1 sola settimana) e dicembre (3 settimane). I fabbisogni orari possono ritenersi sostanzialmente costanti. Le utenze sono 3 e richiedono vapore saturo a 12 bar. Il vapore viene ripartito fra le 3 utenze mediante un collettore. In particolare, il 50% del vapore viene inviato alle utenze della zona 1 (U1), il 30% alle utenze della zona 2 (U2) e il 20% alle utenze della zona 3 (U3). La condensa viene raccolta a circa 80 °C in un altro collettore e tramite una pompa riportata in caldaia. Nella figura seguente è riportato lo schema del circuito e le informazioni sui diversi tratti di tubazione che lo compongono. Le perdite di carico in caldaia sono pari a circa 1 bar mentre quelle delle utenze sono pari a 2,5 bar.

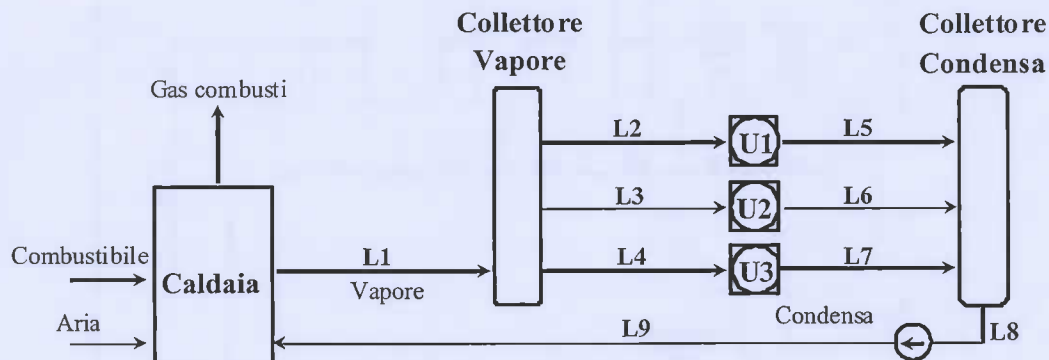


Figura 1 – Schema circuitale

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9
Lunghezza (m)	10	50	80	70	60	90	80	5	10
Curve a 90°	1	2	2	2	3	3	3	-	2
Valvole intercettazione	1	1	1	1	1	1	1	-	1
Misuratore di portata	-	-	-	-	1	1	1	-	1

Il candidato sviluppi il dimensionamento preliminare dell'impianto di produzione del vapore, valutando in particolare la potenza della caldaia, la portata, la prevalenza e la potenza della pompa di circolazione, il diametro delle tubazioni e lo spessore dell'isolante necessario a garantire un valore massimo della temperatura superficiale esterna di 40 °C.

Il candidato effettui anche una valutazione economica preliminare circa la migliore scelta fra una caldaia a olio combustibile (costo di acquisto 50 €/kW, costi di gestione e manutenzione 2% del costo di acquisto €/anno) e a cippato di legno (costo di acquisto 150 €/kW, costi di gestione e manutenzione 3% del costo di acquisto €/anno più 80 €/t di ceneri). Si assuma un costo dell'olio combustibile di 550 €/t (potere calorifico 40,5 MJ/kg) e un costo del cippato di legno di 70 €/t (potere calorifico 14 MJ/kg, umidità 20%, tenore di ceneri 1%). A tal fine si operino le opportune assunzioni tecniche ed economiche relativamente ai dati non espressamente forniti.

La figura 2 riporta lo schema costruttivo e le dimensioni del collettore del vapore. Il candidato effettui il dimensionamento geometrico di tale collettore, il dimensionamento strutturale del corpo cilindrico e dei fondi, la verifica della saldatura tra corpo cilindrico e fondo e la determinazione dello spessore dell'isolante necessario a garantire un valore massimo della temperatura superficiale esterna di 40 °C.

Il collettore avrà i fondi paraellittici, sarà realizzato in acciaio e avrà le seguenti dimensioni:

- Spaziatura B_i : in funzione del diametro del corrispondente attacco, come da tabella seguente

DN	15	20	25	32	40	50	65	80	120	125	150	200	250	300
B [mm]	200	210	220	240	270	300	340	400	450	450	500	650	650	700

- Altezza degli attacchi $A = d_0 + 200$ mm
- Diametro del collettore: $D = 1,3 (d_1^2 + d_2^2 + d_3^2)^{1/2}$

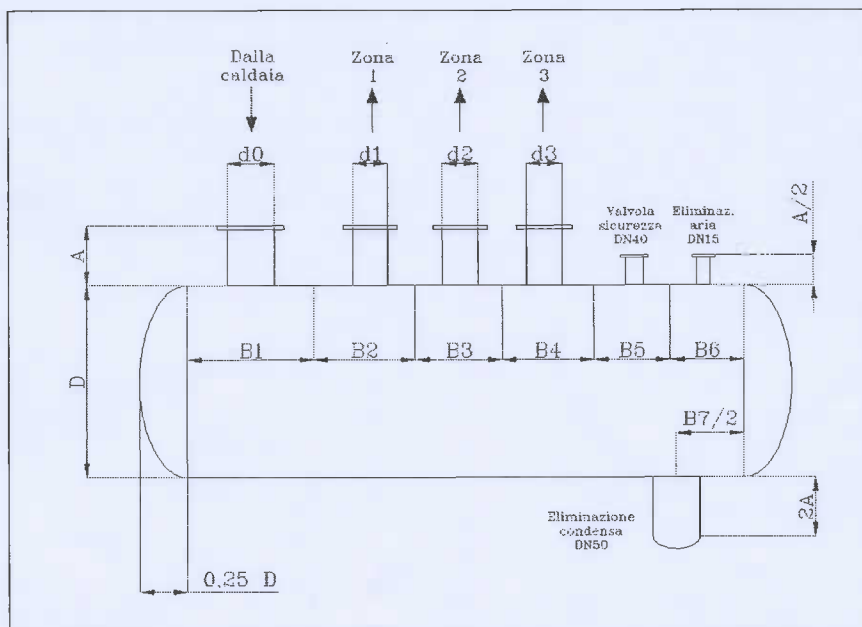


Figura 2 – Schema costruttivo del collettore del vapore.

ESAME DI STATO INGEGNERIA

19 GIUGNO 2012

LAUREA SPECIALISTICA – SEZIONE A

INDIRIZZO: INGEGNERIA CHIMICA

II^ Prova Scritta

Un compito a scelta tra:

Compito n.1

Il candidato descriva e commenti i criteri di progettazione per il dimensionamento di apparecchiature di separazione multicomponenti.

Compito n.2

Il candidato descriva le principali tipologie di apparecchiature industriali per lo scambio di calore e i criteri di progettazione per il loro dimensionamento.

ESAME DI STATO INGEGNERIA

Sezione A

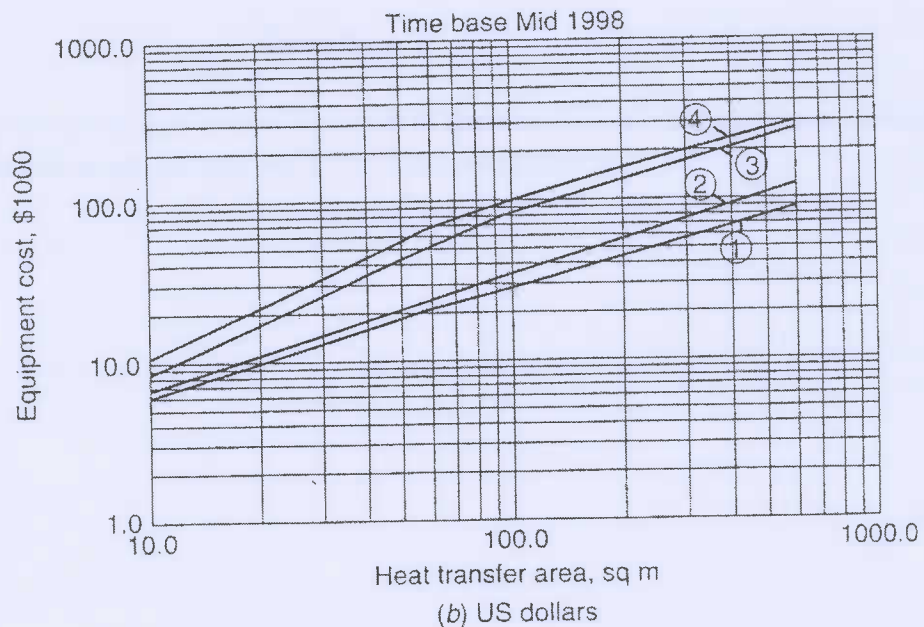
5 Luglio 2012

INDIRIZZO: INGEGNERIA CHIMICA

Prova pratica di progettazione

Uno scambiatore a fascio tubero orizzontale deve essere dimensionato per condensare 7,56 Kg/s di isobutano saturo a 827 kN/m^2 ($T_c = 337$) utilizzando acqua di rete a 300 K da inviare nel lato tubi. Sono disponibili tubi con $d_o=19,05 \text{ mm}$, 14 s.w.g. (spessore 2.11 mm) da disporre su maglia quadrata da 25,4 mm. Per il coefficiente globale di sporco è richiesto un valore massimo di $0,00053 \text{ m}^2\text{K/W}$. Il calore latente di condensazione dell'isobutano a 337 K è pari a 274,9 kJ/kg.

Si valuti il costo fisso dell'apparecchiatura, utilizzando la figura allegata e un fattore di rivalutazione pari a 1,8, si commentino criticamente le scelte progettuali effettuate e i risultati ottenuti e si dia una rappresentazione grafica dello scambiatore dimensionato, completo degli elementi di strumentazione e controllo necessari.



Materials		Pressure factors	Type factors
Shell	Tubes		
① Carbon steel	Carbon steel	1-10 bar × 1.0	Floating head × 1.0
② C.S.	Brass	10-20 × 1.1	Fixed tube sheet × 0.8
③ C.S.	Stainless steel	20-30 × 1.25	U tube × 0.85
④ S.S.	S.S.	30-50 × 1.3	Kettle × 1.3
		50-70 × 1.5	

Figure 6.3a, b. Shell and tube heat exchangers. Time base mid-1998
 Purchased cost = (bare cost from figure) × Type factor × Pressure factor



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI
FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
I SESSIONE - ANNO 2012**

I PROVA SCRITTA – SEZ. B - INGEGNERIA INDUSTRIALE

Il contenimento dei consumi energetici nell'attività industriale e civile riveste sempre più importanza: il candidato illustri e discuta questa problematica in termini generali e con eventuale riferimento ad una specifica tipologia di impianto produttivo o edificio civile.

ESAME DI STATO INGEGNERIA

26 GIUGNO 2012

LAUREA SPECIALISTICA – **SEZIONE B**

INDIRIZZO: INGEGNERIA CHIMICA

II^ Prova Scritta

Il candidato descriva le principali tipologie di apparecchiature industriali utilizzate per le operazioni unitarie di distillazione e di assorbimento e i criteri di progettazione per il loro dimensionamento.

ESAME DI STATO INGEGNERIA

Sezione B

5 Luglio 2012

INDIRIZZO: INGEGNERIA CHIMICA

Prova pratica di progettazione

Una colonna di distillazione a piatti, equipaggiata con un condensatore totale e un ribollitore Kettle, viene utilizzata per l'ottenimento di un distillato con purezza dello 0.90 (mol%) e un residuo con purezza dello 0.95 (mol%). L'alimentazione è costituita da 300 kmoli/h di una miscela ($\alpha=2.5$) nello stato di liquido saturo contenente il 40% molare di componente più volatile e avente una temperatura di 75°C. Si determini il numero di piatti teorici necessari in colonna per la separazione richiesta, dando giustificazione delle eventuali assunzioni e scelte progettuali utilizzate per il calcolo. Si determini inoltre il numero di piatti effettivi per ciascuna sezione della colonna nell'ipotesi di avere efficienza dell' 80% per i piatti della zona di arricchimento e del 70% per quelli della zona di esaurimento.

Nella configurazione iniziale la corrente di alimentazione, disponibile alla temperatura di 25°C, viene portata alla temperatura di alimentazione in uno scambiatore di calore a fascio tubiero che utilizza vapore di rete a pressione atmosferica come fluido ausiliario.

Determinare il consumo di vapore di rete (disponibile a pressione atmosferica) e il suo costo annuo.

Nell'ipotesi che si voglia ridurre il consumo di vapore di rete si valuti la possibilità di utilizzare il residuo della colonna di distillazione per preriscaldare l'alimentazione e si determini la superficie di scambio necessaria per uno scambiatore a fascio tubero per il quale è prevedibile un valore di $U_c = 250 \text{ W/m}^2\text{C}$ giustificando le assunzioni e scelte progettuali adottate. Si rappresenti infine sommariamente lo schema semplificato della configurazione impiantistica (colonna+apparecchiature di scambio) risultante in quest'ultimo caso, completo del sistema di strumentazione e controllo necessario.

Residuo (PM=92)	T uscita =110°C	T stoccaggio = 30 °C
Calore specifico	2,26 [KJ/Kg K]	
Alimentazione (PM= 70)	T ingresso colonna =75°C	T stoccaggio = 25°C
Calore specifico	2,50 [KJ/Kg K]	
Costo vapore di rete	€ 10,00/tonn	
λ del vapore di rete	539,30 Kcal/Kg	