



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025**

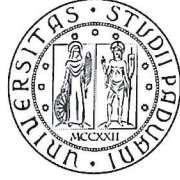
TEMA 1: Aerospaziale

La sonda Explorer2 deve compiere uno studio ravvicinato di una cometa (il cui raggio stimato è di 500 metri e la cui massa è stimata in $4.4 \cdot 10^{10}$ kg). Per poter raggiungere la cometa dovrà eseguire un flyby di Saturno il prossimo 12 Novembre 2026, proveniente da Giove, e cercherà di inviare delle spettacolari immagini del pianeta prima di raggiungere la cometa quando sia ad una distanza pari a 12UA.

Per poter eseguire il flyby l'aiming radius Δ sia pari a $\Delta = 1500000$ km e la navicella ha intercettato Saturno ad una anomalia vera $\theta = 150^\circ$ nell'orbita di trasferimento da Giove a Saturno (per cui eseguendo una manovra non hohmanniana).

Determinare:

- l'altezza del perisaturno, l'eccentricità iperbolica ed il turn angle;
- l'angolo Φ_2 che la velocità $v_{\infty,2}$ ha all'uscita della sfera di influenza di Saturno, rispetto alla velocità del pianeta, sapendo che l'approccio è tale per cui la velocità eliocentrica in uscita è maggiore;
- quanto tempo passa la sonda ad una altezza inferiore di $h = 70000$ km dal pianeta;
- eseguire il disegno dei vettori velocità V_1 e V_2 (velocità eliocentriche di ingresso e di uscita dalla sfera di influenza di Saturno), $v_{\infty,1}$ e $v_{\infty,2}$ velocità di eccesso iperbolico all'ingresso e all'uscita dalla sfera di influenza di Saturno;
- il raggio di perisaturno se si volesse essere catturati in un'orbita circolare spendendo il minimo ΔV (calcolare anche il minimo ΔV);
- il tempo che la sonda impiega a raggiungere la distanza della cometa;
- proporre una strategia e determinare il ΔV per essere catturati dalla cometa ed eseguire una analisi della superficie da una distanza di circa 30km;
- dimensionare inoltre il sistema di potenza (pannelli solari o altro) in modo da assicurare la sopravvivenza della sonda alla distanza di 12UA avendo precedentemente fatto delle ipotesi sulla produzione di calore interno dovuta alla strumentazione a bordo;
- dimensionare anche il sistema di comunicazione per avere un link diretto con la terra e poter trasmettere almeno 1 GB di dati al giorno.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

***ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE***

***Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025***

TEMA 2: Bioingegneria

Si delinei un progetto di miglioramento del processo industriale connesso alla produzione di un dispositivo biomedicale per il quale lo stato dell'arte attuale risulti non ottimale. Si descrivano, in particolare: i) criticità attuali del dispositivo; ii) possibili miglioramenti; iii) vantaggi derivanti dai miglioramenti; iv) strategie e tecnologie da impiegare per il raggiungimento dei risultati.

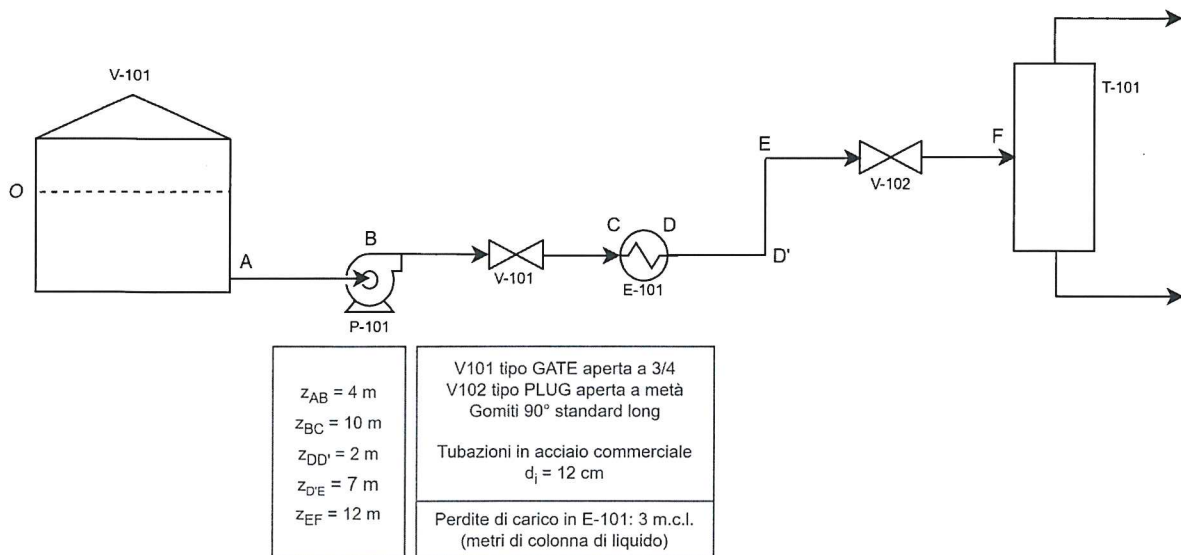


**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025**

TEMA 3: Chimica

Il candidato consideri lo schema semplificato (rappresentativo della configurazione effettiva, anche se non in scala) mostrato in Figura che illustra una parte di un circuito idraulico di alimentazione (A → F) ad una colonna di distillazione che separa *n*-pentano da *n*-esano. Assumere le tubazioni perfettamente coibentate.



Il liquido, costituito da una miscela equimolare di *n*-pentano e *n*-esano, è immagazzinato in V-101 a 2 bara e 20 °C e viene alimentato alla colonna con una portata totale di 500 kmol/h. In corrispondenza del punto F nel circuito (ingresso alla colonna) la corrente deve essere in condizioni idonee ovvero a 2 bara e in forma di liquido saturo.

Il punto O rappresenta il pelo libero del liquido rispetto al fondo del serbatoio V-101 e, nella configurazione iniziale, è pari a 3 m misurati dal fondo del serbatoio V-101. Il circuito preleva il liquido dal fondo del serbatoio e si può assumere che il fondo di V-101 e la pompa P-101 siano alla stessa quota.

Con riferimento alla configurazione data:

1. Determinare la prevalenza totale che la pompa P-101 deve erogare e la potenza richiesta assumendo un'efficienza del 70 %.
2. Determinare l'NPSH disponibile.

Si consideri ora la colonna di distillazione T-101, dotata di condensatore totale e bollitore parziale e che opera a 2 bara al fondo della colonna (assumere la pressione costante lungo la colonna) e ad un



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025**

rapporto di riflusso pari a 1.06 (ovvero $1.4 \cdot R_{MIN}$). È necessario produrre delle correnti contenenti rispettivamente il 95 %_{mol} di *n*-pentano e 99 %_{mol} di *n*-esano e a tale scopo è stato determinato che la colonna richiede 15 stadi ideali, con alimentazione allo stadio ideale n. 5.

Relativamente a questa operazione unitaria di separazione:

3. Schematizzare l'apparecchiatura in oggetto, indicandone tutte le correnti rilevanti.
4. Calcolare tutte le portate (molari) che caratterizzano l'apparecchiatura.
5. Calcolare l'efficienza totale media della colonna di distillazione.
6. Dare una stima preliminare del diametro e dell'altezza richieste per l'apparecchiatura assumendo di utilizzare piatti forati a campanelle distanziati di 0.61 m e con una sezione attiva al passaggio del flusso pari all'88 %. Assumere di operare al 75 % della portata di *flooding*.
7. Calcolare i carichi termici del bollitore e del condensatore, la superficie di scambio richiesta e le portate ponderali di fluido di servizio richieste. È disponibile acqua di raffreddamento a 30 °C che viene riscaldata a 40 °C e vapore che viene condensato a 160 °C.

Come indicato in figura, la miscela da sottoporre a separazione viene preriscaldata alla temperatura idonea nello scambiatore E-101 utilizzando come fluido caldo una corrente liquida a pressione atmosferica e costituita da una miscela idrocarburica pesante disponibile a 140 °C e che lascia lo scambiatore a 100 °C. Per le proprietà di questa corrente calda riferirsi alla Tabella 1, assumendole costanti.

Con riferimento a questa operazione unitaria di scambio termico:

8. Proporre il dimensionamento di uno scambiatore di calore a fascio tubiero utilizzando tubi con diametro esterno di 19 mm, spessore 2.1 mm e lunghezza 4.88 m. Assumere una resistenza totale dovuta allo sporco pari a $9 \cdot 10^{-4}$ (m² K)/W.

Dati

Tabella 1. Proprietà termofisiche (costanti) della corrente calda incrociante in E-101.

Densità	900 kg/m ³
Viscosità	5 cP
Conduttività termica	0.11 W/(m K)
Calore specifico a pressione costante	1.85 kJ/(kg K)



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025**

Tabella 2. Lunghezze equivalenti e altezze cinetiche equivalenti.

Fitting or Valve	K, Number of Velocity Heads	Number of Equivalent Pipe Diameters
45° standard elbow	0.35	15
45° long radius elbow	0.2	10
90° standard radius elbow	0.6–0.8	30–40
90° standard long elbow	0.45	23
90° square elbow	1.5	75
Tee-entry from leg	1.2	60
Tee-entry into leg	1.8	90
Union and coupling	0.04	2
Sharp reduction (tank outlet)	0.5	25
Sudden expansion (tank inlet)	1.0	50
Gate valve		
fully open	0.15	7.5
1/4 open	16	800
1/2 open	4	200
3/4 open	1	40
Globe valve, bevel seat		
fully open	6	300
1/2 open	8.5	450
Globe valve, plug disk		
fully open	9	450
1/2 open	36	1800
1/4 open	112	5600
Plug valve - open	0.4	18

Tabella 3. Tensione superficiale da utilizzare nel punto n. 6.

Tensione superficiale	30 dine/cm
-----------------------	------------



**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025**

TEMA 4: Meccatronica e Automazione

Si consideri il convertitore dc/ac mostrato in *Figura 1a*. La sorgente di tensione continua U_i rappresenta un sistema di accumulo la cui tensione varia nell'intervallo $[U_{i,m}, U_{i,M}] = [120 \text{ V}, 240 \text{ V}]$. Tale sorgente alimenta un convertitore boost sincrono, incaricato di alimentare un inverter trifase la cui tensione linea-linea rms nominale è pari a $U_{ll,rms} = 400 \text{ V}$. Il sistema è in grado di fornire una potenza massima di $P_{ac} = 6 \text{ kW}$.

Utilizzando la nomenclatura in *Figura 1*, e considerando le specifiche sopra riportate e quelle in *Tabella 1*:

1) Si calcoli il valore minimo della tensione di dc-link U_{DC} , tale che l'indice di modulazione dell'inverter trifase sia sempre $m < 0.8$, cioè l'ampiezza della tensione nominale $U_{ll,rms}$ sia pari al 80% di quella massima generabile dall'inverter senza che risulti distorta. Il candidato proponga il tipo di modulazione da applicare ai dispositivi di commutazione M_{3-8} .

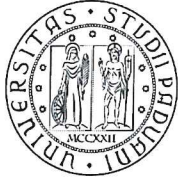
2) Sulla base delle specifiche ricavate al punto 1), si selezioni dalla tabella a lato il dispositivo di commutazione MOSFET T_x più appropriato per l'implementazione dell'inverter trifase. Il parametro $I_{D,max}$ riportato in tabella indica la massima corrente di drain continua e corrisponde anche al valore massimo della corrente RMS sostenibile dal dispositivo. Si assuma inoltre che la massima corrente di drain di picco sia pari al 200% della corrente continua, ovvero $I_{D,pk} = 2I_{D,max}$. Si motivi adeguatamente la risposta.

MOSFET	$V_{DS,max}$	$R_{DS,on}$	$I_{D,max}$
T1	1200 V	117 m Ω	22 A
T2	1200 V	60 m Ω	36 A
T3	750 V	140 m Ω	16 A
T4	650 V	50 m Ω	38 A
T5	400 V	45 m Ω	40 A

3) Sulla base della tensione di dc-link U_{DC} ricavata al punto 1), si individui il range di duty-cycle entro cui opererà il convertitore boost sincrono M_{1-2} , tenendo conto delle possibili tensioni in ingresso U_i .

4) Si riporti il dimensionamento dell'induttore L del convertitore boost tale da garantire un'oscillazione massima della corrente dell'induttore pari al 20% (picco-picco) del suo valore medio in condizioni di potenza nominale e massimo ripple nel range individuato al punto 3).

5) Si dimensionino la capacità di dc-link C_{DC} affinché il ripple statico di tensione sul dc-link sia inferiore al 4% (picco-picco). Si consideri la corrente assorbita dall'inverter I_{DC} costante.



**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

*Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025*

6) Si stimi l'efficienza del convertitore boost sincrono tenendo conto delle perdite nei power MOSFET (sia in conduzione sia in commutazione) e nell'induttore. Per i MOSFET si considerino le specifiche del dispositivo scelto in 2), si considerino tempi di commutazione $t_{on-off} = t_{off-on} = 50 \text{ ns}$. Per l'induttore si calcolino solo le perdite nell'avvolgimento assumendo una resistenza in continua $R_{L,DC} = 10 \text{ m}\Omega$ e resistenza in alternata $R_{L,AC} = 70 \text{ m}\Omega$ a 100 kHz. Si discutano eventuali altri contributi di perdita associati al convertitore boost.

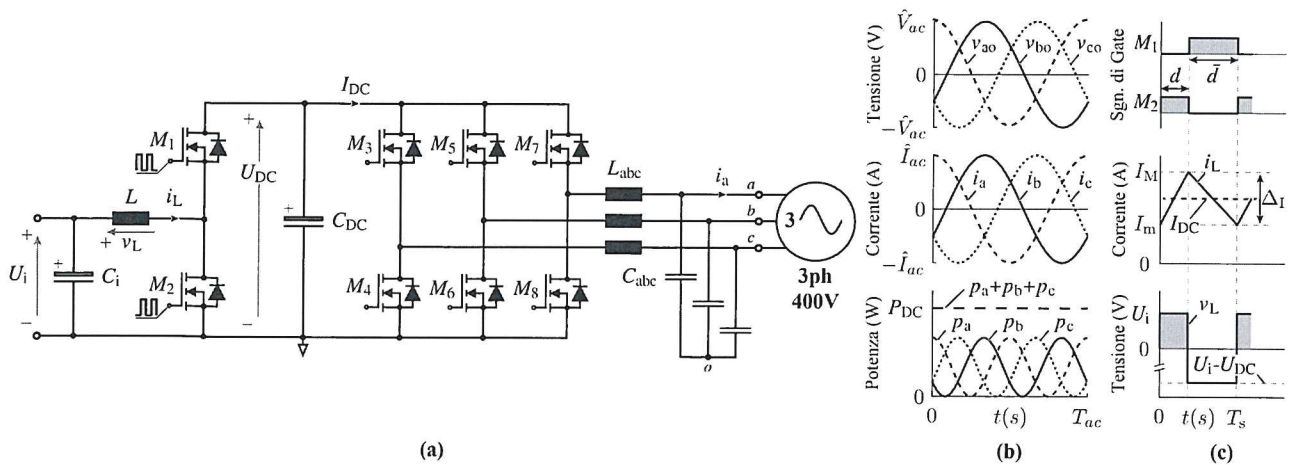


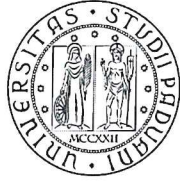
Figura 1

Suggerimento: Il candidato riporti eventuali variabili o valori utilizzati nello svolgimento della prova nella *Figura 1* stessa.

Parametro	Valore	Parametro	Valore
Tensione d'ingresso U_i	120-240V	Tempo di Turn-on t_{off-on}	50 ns
Tensione AC linea-linea d'uscita $U_{ll,rms}$	400 V	Tempo di Turn-off t_{on-off}	50 ns
Potenza nominale	6 kW	Resistenza DC dell'induttore L	10 mΩ
Frequenza di commutazione $F_s = 1/T_s$	100 kHz	Resistenza AC dell'induttore L @ 100 kHz	70 mΩ

Tabella 1

Nota: Il candidato assuma eventuali dati mancanti non riportati nel testo e nella *Tabella 1*.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025**

TEMA 5: Sicurezza

Analisi dei rischi e progetti di mitigazione in un processo di seconda lavorazione del legno

Il candidato, nel ruolo di ingegnere incaricato della sicurezza, elabori un **progetto tecnico-gestionale** volto a migliorare le condizioni di sicurezza del caso studio descritto nelle pagine seguenti, svolgendo le seguenti attività.

PARTE 1: Identificazione e riduzione dei rischi di processo

NB: per lo svolgimento, il candidato deve fare riferimento alle informazioni riportate nella Scheda 1 del caso studio.

In riferimento al contesto industriale descritto (processo che include impianti e aree di servizio), si richiede di:

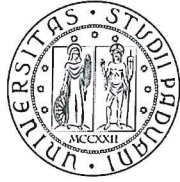
- 1.1 elencare e spiegare brevemente i principali **riferimenti normativi applicabili**;
- 1.2 realizzare uno **schema del layout del processo produttivo**, nel quale siano presenti tutti gli impianti/macchinari e le tutte le aree di servizio;
- 1.3 eseguire la procedura di identificazione qualitativa dei pericoli in forma di **What-If** e classificare i **3 scenari incidentali** ritenuti più rilevanti;
- 1.4 stabilire opportune misure di **prevenzione e protezione**, distinguendo tra interventi **tecnici** e interventi **gestionali**.

PARTE 2: Analisi e quantificazione dei rischi dell'impianto

NB: per lo svolgimento, il candidato deve fare riferimento alle informazioni riportate nella Scheda 2 del caso studio.

In riferimento al sistema di aspirazione delle polveri di legno (figura 1) si richiede di:

- 2.1 eseguire una **analisi Hazop** (analisi di pericolo e operabilità);
- 2.2 individuare i **Top Event** ritenuti plausibili;
- 2.3 costruire il **Fault Tree** (albero dei guasti) in relazione ad uno dei Top Event individuati.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025**

CASO STUDIO: Processo di seconda lavorazione del legno

All'interno dello stabilimento produttivo di un'azienda manifatturiera è attivo un sistema semi-automatico per la seconda lavorazione del legno.

Il processo produttivo parte dal ricevimento del semilavorato in legno, include una serie di trasformazioni (descritte in seguito) e si conclude con l'assemblaggio del prodotto finito, che viene infine assemblato e spedito al cliente.

SCHEDA 1: Descrizione del processo

NB: Le informazioni seguenti sono necessarie per lo svolgimento della parte 1 dell'elaborato (quesiti 1.1, 1.2, 1.3, 1.4).

Descrizione del processo

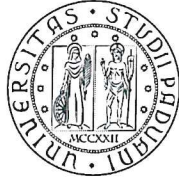
Il processo produttivo si compone di **impianti e macchinari** di trasformazione e di **aree di servizio** a supporto del processo produttivo, descritti di seguito.

Gli **impianti**, rappresentati schematicamente in figura 1, sono in particolare:

- Piallatrice (impianto semi-automatizzato)
- Fresatrice (impianto automatizzato)
- Tornio per la finitura (impianto automatizzato con robot)
- Finitura (lavorazione manuale)
- Assemblaggio (lavorazione manuale)

All'impianto sono associate **aree di servizio**, tra cui:

- Aree di movimentazione dei semilavorati;
- Aree di programmazione e controllo degli impianti automatizzati;
- Magazzino dei materiali in ingresso;
- Magazzino dei semilavorati;
- Magazzino dei prodotti finiti (manufatti verniciati);
- Zone di stoccaggio delle sostanze chimiche utilizzate nel processo;
- Zone di stoccaggio degli scarti e dei reflui;
- Impianti di areazione forzata e raccolta delle polveri di legno;
- Impianto di trattamento degli scarichi idrici.



**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

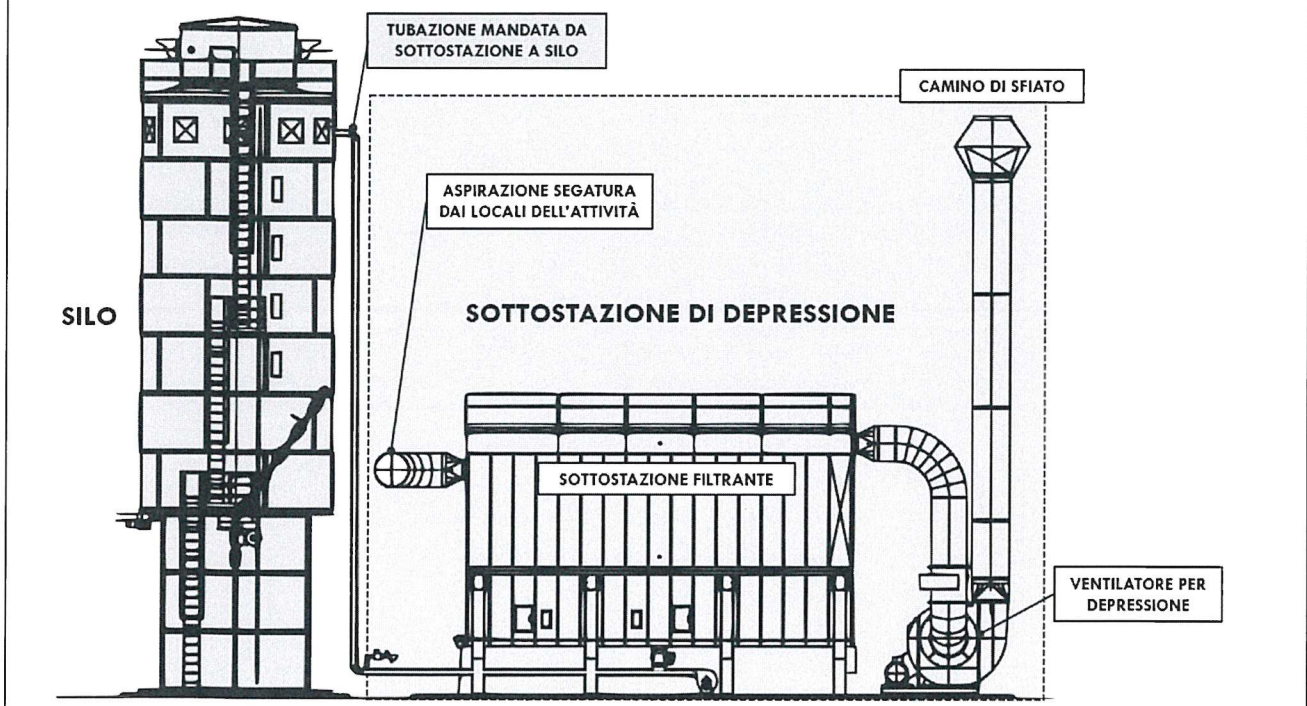
*Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025*

SCHEMA 2: Specifica tecnica di impianto

NB: Le informazioni seguenti sono necessarie per lo svolgimento della parte 2 dell'elaborato (quesiti 2.1, 2.2, 2.3).

Il sistema di aspirazione delle polveri di legno è installato in prossimità degli impianti di lavorazione del legno allo scopo di prevenire rischi di esplosione, incendio, inalazione delle polveri di legno. Il sistema è composto come rappresentato in figura 1.

Figura 1: Schema del sistema di aspirazione delle polveri di legno





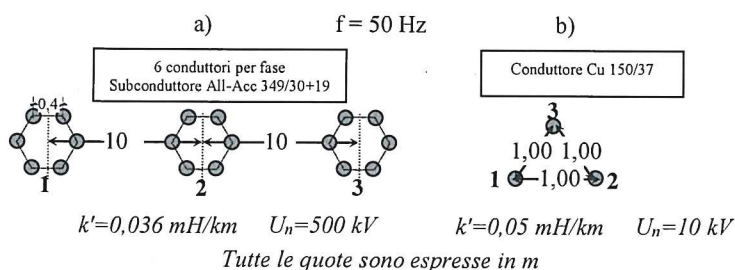
**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025**

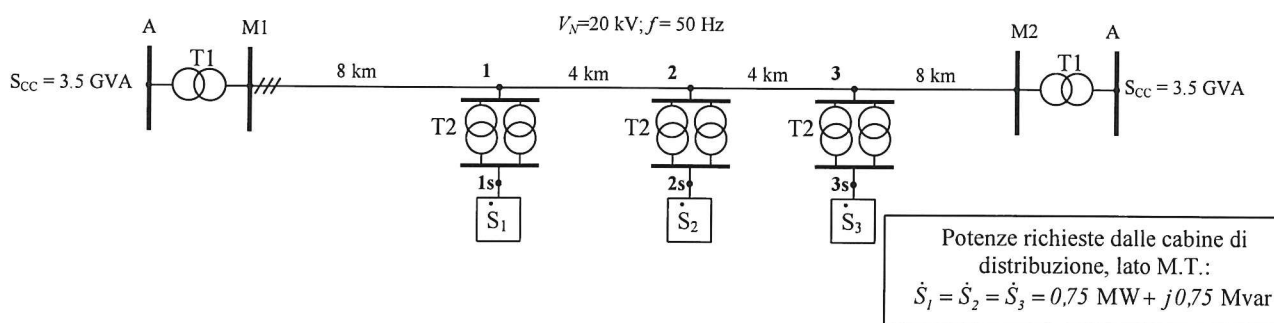
TEMA 6: Elettrica A

Impianti elettrici

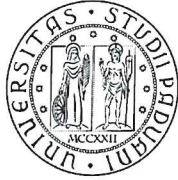
1) Con riferimento alla figura, si calcolino l'impedenza longitudinale chilometrica e l'ammettenza trasversale chilometrica delle due configurazioni a) (la linea è trasposta) e b). Si assuma per la conduttanza trasversale valore nullo in entrambi i casi.



2) Con riferimento alla rete trifase alimentata ad entrambe le estremità (a neutro isolato) di figura, esercita a tensione nominale $U_n = 20 \text{ [kV]}$, si richiede di:



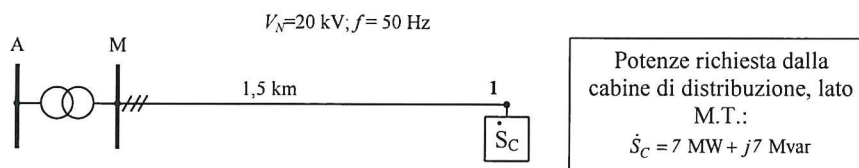
- Dimensionare la linea aerea della rete trifase di distribuzione (a neutro isolato) alimentata alle due estremità, in base ai dati stabiliti in figura e considerando *conduttori in rame* ed una caduta di tensione ammissibile del **2 %** (si consideri come distanza inter-fase $D = 1.5 \text{ m}$).
- la massima caduta di tensione percentuale;
- nell'ipotesi di linea a sbalzo da **M1**, la massima caduta di tensione percentuale prima e dopo aver rifasato localmente i carichi a $\cos\phi$ pari a 0.90;
- sempre con la linea alimentata a sbalzo da **M1**, il banco di condensatori di rifasamento inserito sulla sbarra **M1** per avere un $\cos\phi$ pari a 0.99, specificandone il collegamento.



**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025**

3) Si consideri poi un'altra situazione in cui si presenti la necessità di alimentare con una linea dedicata un'utenza che assorbe una potenza S_C , si richiede di:



- dimensionare la linea in cavo **ARG7HIRX** ($\rho_{20^\circ} = 0.030 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$) sapendo che si prevede l'utilizzo di tre cavi unipolari posati a trifoglio a contatto direttamente interrati in terreno a resistività termica pari a $100 \text{ }^\circ\text{Ccm/W}$ e che la massima caduta di tensione ammissibile sia del 2%. Nel solo dimensionamento del cavo, vista l'esigua lunghezza del collegamento, si trascuri la componente reattiva e si ricordi che la temperatura d'esercizio del cavo è 90°C .
- calcolare la massima caduta di tensione percentuale;
- calcolare le perdite attive e quelle dielettriche (supponendo $c = 0.27 \mu\text{F}/\text{km}$ e $\tan\delta = 0.001$).

4) Calcolare, *supponendo che tutta la rete della figura di cui al punto 2) sia esercita a sbalzo da M1* e sia costituita da conduttori in rame con induttanza chilometrica $\ell = 1.2 \text{ [mH/km]}$ e resistenza chilometrica (a 50°C) $r = 0.5 \text{ [\Omega/km]}$ e che la potenza di corto circuito trifase sulle sbarre A sia pari a $3,5 \text{ GVA}$ ($\cos\phi_{cc} = 0$) e che le caratteristiche dei trasformatori siano riassunte nella tabella (nel punto 1, 2 e 3 sono derivati due trasformatori in parallelo *identici*).

	<i>T1</i>	<i>T2</i>
Potenza [MVA]	25	1
U_1 [kV]	132	20
U_2 [kV]	20	0.4
$u_{cc} \%$	18	3
$\cos\phi_{cc}$	0.05	0.36
Gruppo e collegamento	Yy6	Dyn11

- la corrente di guasto al secondario e il valore corrispondente al primario nel caso di corto circuito fase 1-terra nel punto 2s.
- Calcolare nelle ipotesi di cui al punto precedente la corrente di guasto al secondario e il valore corrispondente al primario nel caso di **corto circuito fase 2-fase 3 nel punto M1**.



**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025**

FOGLIO DELLE RISPOSTE

Domanda n. 1

	a) $\underline{z} =$	$\underline{y} =$	b) $\underline{z} =$	$\underline{y} =$
--	----------------------	-------------------	----------------------	-------------------

Domanda n. 2

a)	Sezione commerciale	[mm ²]	
b)	Max cdt alimentata entrambe estremità	[%]	
c)	Max cdt con linea a sbalzo	[%]	
	Max cdt con rif. distrib. a $\cos\phi=0.90$	[%]	
d)	Potenza banco di condensatori di rif.	[kvar]	
	Tipo collegamento		

Domanda n. 3

a)	Sezione del cavo	[mm ²]	
	Tensioni di isolamento		
b)	Max cdt percentuale	[%]	
c)	Perdite attive	[kW]	
d)	Perdite dielettriche	[W]	

Domanda n 4

			 Ig1 	 Ig2 	 Ig3
a)	Corrente di guasto a secondario	[A]			
	Corrente di guasto a primario	[A]			
			 Ig1 	 Ig2 	 Ig3
b)	Corrente di guasto a secondario	[A]			
	Corrente di guasto a primario	[A]			

N.B. Con $|I_{gi}|$ si indica il modulo della corrente di guasto sulla fase i -esima ($i=1,2,3$)



**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025**

TEMA 7: Elettrica B

Progettazione di macchine elettriche

Progettare un motore asincrono trifase a 12 poli, di potenza nominale $P = 75 \text{ kW}$, tensione nominale $V_n = 400 \text{ V}$, frequenza nominale 50 Hz , per servizio continuativo.

Il fattore di potenza nominale sia $\cos\varphi > 0.8$.

E' richiesta una coppia massima $T_{\max} \geq 1.5 T_{\text{nom}}$.

L'applicazione a cui è destinato il motore richiede che la coppia di spunto sia $T_{\text{spunto}} \geq T_{\text{nom}}$.

Presentare il progetto completo di calcoli, disegni ed avvolgimento, compilando la seguente tabella riassuntiva:

Scelte progettuali		Note	
Flusso magnetico per polo		Tipo di rotore e geometria	
Induzione al traferro			
Carico elettrico (A/m)			
Densità di corrente statore			
Densità di corrente rotore			
Statore		Avvolgimento	
Diametro interno		Numero di Cave	Rotore
Lunghezza assiale		N.conduttori / fase	
Altezza dente		Diametro filo	
Larghezza dente		Paralleli filo	
Altezza corona		Percorsi parallelo	
Diametro esterno		Sezione conduttore	
Induzione dente		Passo cava	
Induzione corona			
Circuito magnetico (V_n)		Pesi e Perdite	
FMM (traferro)		Avvolgim. statore	VERIFICHE
FMM (denti stat.)		Avvolgim. rotore	
FMM (corona stat.)		Ferro statore	
FMM (denti rotore)		Ferro rotore	
FMM (corona rot.)		Perdite Joule stat.	
Corr. Magnetizz.		Perdite Joule rot.	
Corrente a vuoto		Perdite ferro	
valore %		Perdite meccanic.	



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025**

TEMA 8: Energetica

In un ciclo Brayton-Joule, una portata di aria $\dot{m}_a = 3 \text{ kg/s}$ (gas ideale con $c_{p,a} = 1004 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ e $k = 1.4$) viene aspirata alla temperatura $t_1 = 20 \text{ °C}$ e alla pressione $p_1 = 1 \text{ bar}$ e inviata al compressore avente rendimento isoentropico pari a 0.85 con rapporto di compressione pari a 6.

La portata di aria all'uscita del compressore viene preriscaldata prima dell'ingresso in camera di combustione mediante uno scambiatore isobaro e adiabatico verso l'esterno avente efficienza termica $\varepsilon = 0.50$. Nello scambiatore viene utilizzata una portata di olio diatermico $\dot{m}_{olio} = 5 \text{ kg/s}$ (calore specifico $c_{olio} = 2090 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$) entrante a temperatura $t_i = 300 \text{ °C}$.

Successivamente, la portata d'aria viene mandata in una camera di combustione adiabatica e isobara in cui viene bruciato gas metano entrante alla temperatura $t_{i,c} = 20 \text{ °C}$.

I fumi, supposti a comportamento ideale con $c_{p,f} = 1300 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ e $k = 1.33$, escono dalla camera di combustione alla temperatura $T_4 = 1100 \text{ K}$ ed entrano nella turbina (rendimento isoentropico pari a 0.90), dove la portata di gas viene espansa fino alla pressione $p_5 = p_1$.

Determinare, con le unità di misura specificate:

1. la temperatura di fine compressione t_2 [°C];
2. la temperatura all'uscita della turbina t_5 [°C];
3. la temperatura di ingresso dell'aria in camera di combustione t_3 [°C];
4. la portata di combustibile (gas metano) \dot{m}_c [kg/h];
5. il rendimento globale d'impianto del turbomotore η [%];

Si ipotizzi una soluzione impiantistica con rigenerazione per aumentare l'efficienza dell'impianto. Con riferimento alla nuova configurazione, si disegni lo schema d'impianto con lo scambiatore rigenerativo. Assumendo che la temperatura in uscita dalla camera di combustione e la portata di aria non cambino, determinare:

6. il rendimento globale d'impianto del turbomotore dotato di scambiatore rigenerativo a flussi incrociati η' [%].
7. la superficie di scambio termico dello scambiatore rigenerativo [m²].

Si rappresentino le trasformazioni del ciclo termodinamico su un diagramma T-s, sia per la configurazione iniziale sia per quella con rigenerazione.

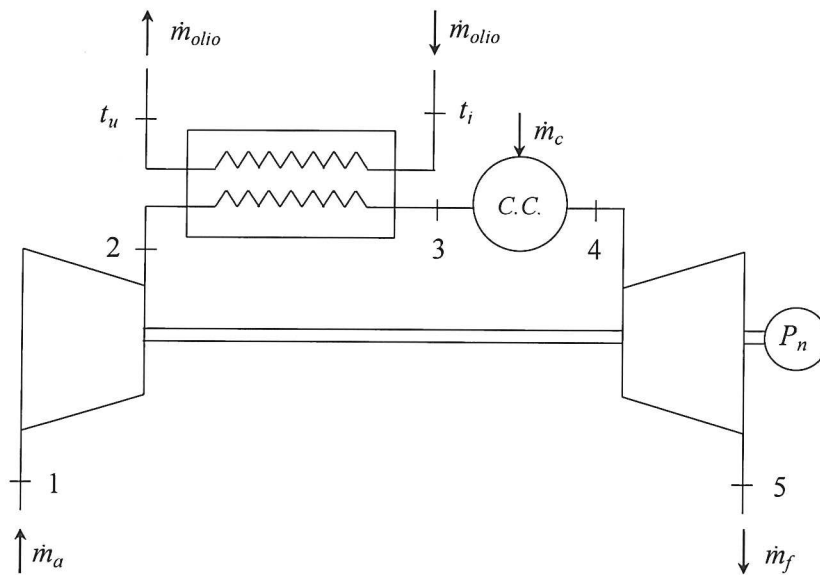
Ove necessario, giustificare in maniera opportuna le assunzioni effettuate.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

*Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025*





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

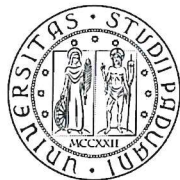
**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025**

TEMA 9: Gestionale

Noti i dati contabili della Omega Spa riportati nella tabella sottostante, relativi agli ultimi tre esercizi:

- a) Si riclassifichi il Conto Economico secondo lo schema "a valore aggiunto", specificando i valori di: valore della produzione caratteristica, valore aggiunto, margine operativo lordo, reddito operativo della gestione caratteristica, reddito operativo globale, reddito ordinario, reddito ante imposte, reddito netto
- b) Si riclassifichi il Conto Economico secondo lo schema "a ricavi e costo del venduto", specificando i valori di: costo della produzione venduta, margine lordo industriale, reddito operativo della gestione caratteristica, reddito operativo globale, reddito ordinario, reddito ante imposte, reddito netto
- c) Si riclassifichi lo Stato Patrimoniale secondo lo schema "finanziario", specificando i valori di: attivo corrente, attivo immobilizzato, attivo netto, passivo corrente, passivo consolidato, totale passivo
- d) Si riclassifichi lo Stato Patrimoniale secondo lo schema "funzionale", specificando i valori di: attivo corrente della gestione caratteristica, passivo corrente della gestione caratteristica, capitale circolante operativo netto, capitale investito netto nella gestione caratteristica, capitale investito netto
- e) calcolare, esplicitando le modalità di calcolo (incluse eventuali approssimazioni adottate) e arrotondando alla seconda cifra decimale, per ciascun anno i seguenti indici: ROE, ROA, ROI, ROI', ROS, rotazione del capitale investito netto nella gestione caratteristica, leva finanziaria e rispettivo effetto di leva finanziaria, indipendenza finanziaria, onerosità delle passività finanziarie, quoziente di indebitamento finanziario, grado di elasticità degli impieghi, grado di elasticità delle fonti, indice di disponibilità, indice di liquidità, indice di copertura delle immobilizzazioni, indice di autocopertura, durata dei crediti, durata dei debiti
- f) eseguire, per ogni biennio, l'analisi della redditività e dell'equilibrio tra redditività degli investimenti e onerosità dei finanziamenti
- g) eseguire, per ogni biennio, l'analisi della struttura patrimoniale e della solidità finanziaria
- h) sintetizzare (max 10 righe) i principali fenomeni emersi dall'analisi dei due bienni.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025**

Omega Spa (dati contabili in migliaia di Euro)	2022	2023	2024
interessi attivi	780	610	640
salari e stipendi industriali	2004	1474	1627
costi industriali vari	750	166	173
sopravvenienze attive	158	103	264
terreni	748	748	748
capitale sociale	1266	1266	1266
debiti verso l'erario a breve termine	290	282	6
spese generali amministrative	526	418	449
denaro e valori in cassa	10	22	10
altri debiti commerciali a breve termine	490	470	458
altri debiti verso banche a breve termine	702	308	324
Magazzini Finali prodotti finiti	1500	1243	1280
Magazzini iniziali prodotti finiti	725	827	830
debiti verso fornitori	2215	1210	1466
riserva legale	1350	1356	1666
salari e stipendi commerciali e amministrativi	1310	830	831
Mutuo (quota a medio-lungo termine)	109	290	444
crediti finanziari a medio-lungo termine vs imprese collegate	1479	1562	2038
altri debiti finanziari a medio-lungo termine	1582	1292	1744
Costo per godimento di beni di terzi	740	712	698
altre riserve	1183	1272	1278
cambiali commerciali attive	2000	1997	2038
partecipazioni finanziarie a breve termine	29	34	22
impianti e macchinari netti	1222	1386	1562
plusvalenze	45	47	54
ratei attivi operativi	104	138	496
crediti verso clienti	3718	1972	2050
accantonamento al fondo di Ammortamento commerciale e amministrativo	200	190	224
fabbricati	2886	3100	2499
utile di esercizio	829	990	597
minusvalenze	77	69	50
Costi per lavorazioni esterne	122	148	91
Conti correnti bancari attivi	676	298	836
Oneri finanziari	780	730	902



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025**

crediti finanziari a breve termine	1051	912	1400
Imposte di esercizio	614	826	298
accantonamento al fondo di Ammortamento industriale	104	196	201
conti correnti bancari passivi	412	306	612
Ricavi di vendita	14874	15416	14095
fondo trattamento di fine rapporto	815	989	1237
fondo manutenzione	430	486	68
altri costi commerciali	406	274	380
Mutuo (quota a breve termine)	516	516	516
debiti finanziari a breve termine vs controllate	3354	2446	3436
Consumi di Materie Prime	8170	9569	8982
Magazzini Finali Materie Prime	120	67	139



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

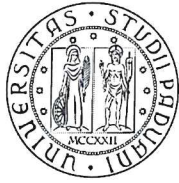
***ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE***

***Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025***

TEMA 10: Meccanica e Innovazione del Prodotto

In riferimento al disegno tecnico del pezzo finito riportato di seguito, ottenuto tramite lavorazioni di asportazione di truciolo alle macchine utensili:

1. Individuare quale possa essere stato il processo di fabbricazione del grezzo, tenendo conto del materiale e del fatto che si debba produrre un lotto di piccole dimensioni;
2. Descrivere, sulla base del punto 1, i passaggi necessari per ottenere il grezzo;
3. Elaborare il ciclo di lavorazione alle macchine utensili per ottenere il pezzo finito rappresentato a disegno, partendo dal grezzo di cui al punto 2), considerando le tolleranze di rugosità superficiale e di posizione riportate. Per ogni lavorazione specificare: il tipo di operazione, il tipo di macchina utensile e l'utensile impiegato. Per ciascuna lavorazione si disegni il posizionamento del pezzo sulla macchina;
4. Prendere in esame il foro di diametro 17mm: dopo aver scelto un'opportuna velocità di taglio dalle tabelle riportate, determinare l'avanzamento consigliato per tale lavorazione;
5. Descrivere l'influenza dell'avanzamento sul fenomeno del tallonamento in un processo di foratura.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

*Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025*

Materiale: EN-GJL-200 (ex G200)

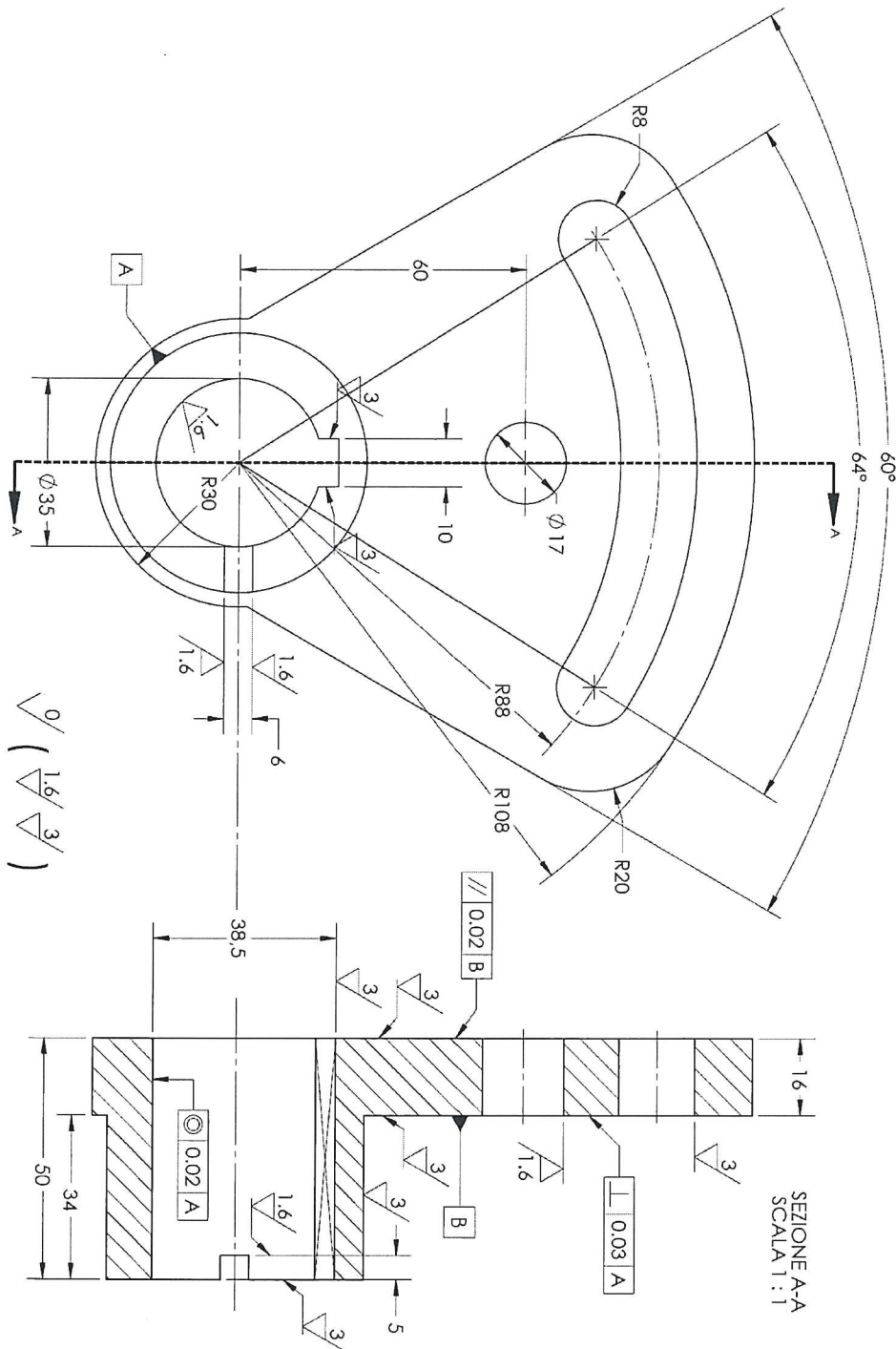
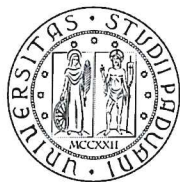


Figura 1. Disegno tecnico di una forcella di collegamento.

Handwritten signature or mark.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025**

Materiale del pezzo	(m/min)
Leghe di alluminio	30–120
Leghe di magnesio	45–120
Leghe di rame	15–60
Acciai	20–30
Acciai inox	10–20
Leghe di titanio	6–20
Ghise	20–60
Termoplastiche	30–60
Termoindurenti	20–60

Tabella 1. Velocità di taglio al variare del materiale in lavorazione. I range sono validi per punte elicoidali in acciaio rapido.

N (giri/min)	200	225	325	415	530	676	862
f (mm/giro)	0.01	0.07	0.10	0.14	0.19	0.26	0.28

Tabella 2. Parametri di taglio in foratura.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI
INGEGNERE INDUSTRIALE**

**Seconda sessione 2025
Prova pratica del 15 dicembre 2025**

TEMA 11: Materiali

Si deve nichelare e cromare una produzione di 6000 barre di diametro 10 mm e lunghezza 500 mm in acciaio al carbonio.

Le barre vengono trattate in lotti da 150 pezzi in uno stesso telaio.

Le barre vengono per prime introdotte in una vasca di nichelatura elettrolitica di capacità 1500 litri, con una concentrazione iniziale di nichel nel bagno pari a 80 g/L ad una temperatura di 55°C. In questa fase si desidera ottenere, in prima approssimazione, uno spessore medio di nichel sulle barre pari a 15 μm. La vasca di nichelatura opera con una densità catodica di 4 A/dm², un potenziale medio di 4.5V, con una efficienza catodica di deposizione del 90%. La concentrazione minima accettabile prima del ripristino del nickel è fissata a 72 g/L.

A valle della nichelatura, le barre passano in una vasca di cromatura a cromo trivalente per ottenere uno strato sottile 0.4 μm di cromo decorativo/funzionale. Il volume del bagno di cromo è di 1000 L e la vasca lavora ad una temperatura del bagno di 45°C, con una densità di corrente nominale di 8 A/dm² e potenziale medio di 6 V. L'efficienza catodica è pari al 25%.

Inoltre da prove sperimentali interne all'azienda si è ricavato che il rivestimento Ni + Cr supera le 60 ore di esposizione in nebbia salina senza fenomeni di corrosione visibile se

$$s_{Ni} + 5 s_{Cr} \geq 18 \mu m$$

con: s_{Ni} lo spessore del nichel (in μm) e s_{Cr} lo spessore del cromo (in μm).

Supponendo che l'impianto lavori 8 ore al giorno e che, incluso il tempo di movimentazione e lavaggi, ogni lotto richieda un tempo ciclo totale nella vasca di nichelatura di 30 minuti,

determinare:

- il numero massimo di lotti che possono essere trattati prima di raggiungere la concentrazione minima di nichel nel bagno di nichelatura
- la frequenza di ripristino del nichel e il consumo giornaliero medio di nichel
- l'energia elettrica consumata in KWh per lotto nel bagno di nichelatura
- il tempo di cromatura necessario per ottenere lo spessore di cromo richiesto
- l'energia elettrica consumata per lotto nella vasca di cromatura.

Infine, si minimizzi il tempo totale di trattamento per lotto soddisfacendo la richiesta di superare le 60 ore di esposizione in nebbia salina, considerando che la densità di corrente della vasca di nichelatura deve rimanere nell'intervallo 2-6 A/dm² e la densità di corrente della vasca di cromatura deve rimanere nell'intervallo 5-12 A/dm².

Tab. A.1 - Conduttori a corda di rame crudo per linee elettriche aeree (da tab. UNEL 01437)

Grandezza	Formazione: numero fili x d n° x mm	Sezione teorica mm ²	Ø mm	Massa teorica kg/km	Carico di rottura daN	Resistenza elettrica teo- rica a 20°C Ω/km
16/ 7	7x1,70	15,69	5,1	144,1	664,0	1,140
25/ 7	7x2,14	25,18	6,42	228,3	1028	0,7199
35/ 7	7x2,52	34,91	7,56	316,6	1426	0,5192
40/ 7	7x2,70	40,08	8,1	363,4	1637	0,4522
50/ 7	7x3,00	49,48	9	448,7	2021	0,3663
65/19	19x2,10	65,81	10,5	602,6	2632	0,2781
70/19	19x2,14	68,34	10,7	625,8	2733	0,2678
95/19	19x2,52	94,76	12,6	867,7	3790	0,1831
120/19	19x2,80	117,0	14	1071	4679	0,1564
150/37	37x2,30	153,7	16,1	1415	5949	0,1196
230/37	37x2,80	227,8	19,6	2096	8817	0,08073

Tab. A.2 - Conduttori a corda di alluminio crudo per linee elettriche aeree (da tab. UNEL 01435)

Grandezza	Formazione: numero fili x d n°. x mm	Sezione teorica mm ²	Ø mm	Massa teorica kg/km	Carico di rottura daN	Resistenza elettrica teo- rica a 20°C Ω/km
25/7	7x2,14	25,18	6,42	68,00	431,0	1,137
35/7	7x2,50	34,36	7,5	94,10	575,0	0,8332
50/7	7x3,00	49,48	9	135,5	790,0	0,5786
70/19	19x2,14	68,34	10,7	188,0	1169	0,4210
95/19	19x2,50	93,27	12,5	256,6	1559	0,3085
120/19	19x2,90	125,5	14,5	345,3	2003	0,2292
240/37	37x2,90	244,4	20,3	673,8	3900	0,1180
500/61	61x3,20	490,6	28,8	1355	7285	0,05690
800/61	61x4,00	766,5	36	2118	10970	0,03770

EF

Tab. A.3 - Conduttori a corda di lega di alluminio per linee elettriche aeree (da tab. UNEL 01436)

Grandezza	Formazione: numero fili x d n° x mm	Sezione teorica mm ²	Ø mm	Massa teorica kg/km	Carico di rottura daN	Resistenza elettrica teorica a 20°C Ω/km
35/ 7	7x2,52	34,91	7,56	95,60	995,0	0,9429
50/ 7	7x3,00	49,48	9	135,5	1410	0,6653
70/19	19x2,14	68,34	10,7	188,0	1948	0,4840
95/19	19x2,52	94,76	12,6	260,7	2701	0,3491
120/19	19x2,90	125,5	14,5	345,3	3577	0,2636
150/37	37x2,25	147,1	15,75	405,6	4193	0,2253
185/37	37x2,52	184,5	17,64	508,8	5259	0,1797
200/37	37x2,60	196,4	18,2	541,6	5599	0,1688
240/37	37x2,90	244,4	20,3	673,8	6965	0,1357
300/61	61x2,52	304,2	22,68	840,6	8671	0,1092
400/61	61x2,90	402,9	26,1	1113	11480	0,08247

Tab. A.4 - Conduttori a corda di alluminio-acciaio per linee elettriche aeree (da tab. UNEL 01434)

Grandezza	Formazione: numero fili x d n° x mm		Sezione teorica mm ²			Rappor- to se- zioni allumi- nio-ac- ciaio	Ø mm	Massa teorica kg/km			Carico di rottura daN		Resisten- za elct- trica teorica a 20°C Ω/km
	allumi- nio	acciaio	allumi- nio	acciaio	totale			allumi- nio	acciaio	totale	con acciaio tipo 135	con acciaio tipo 170	
42/ 5+ 1	6x3,00	1x3,00	42,41	7,069	49,48	6,0	9	116,4	55,13	171,5	1515	1613	0,6766
68/ 12+ 7	12x2,68	7x2,68	67,69	39,49	107,2	1,7	13,4	186,9	309,4	496,3	5650	6195	0,4266
128/ 26+ 7	26x2,50	7x1,95	127,6	20,90	148,5	6,1	15,85	352,4	163,8	516,2	4696	4909	0,2261
191/ 26+ 7	26x3,06	7x2,38	191,2	31,14	222,3	6,1	19,38	528,0	244,0	772,0	6692	7122	0,1509
212/ 30+ 7	30x3,00	7x3,00	212,0	49,48	261,5	4,3	21	586,0	387,7	973,7	9183	9866	0,1362
265/ 26+ 7	26x3,60	7x2,80	264,6	43,10	307,7	6,1	22,8	730,8	337,7	1068	9157	9752	0,1090
349/ 30+ 19	30x3,85	19x2,30	349,2	78,94	428,1	4,4	26,9	965,1	620,6	1586	14520	15610	0,08274
382/ 54+ 7	54x3,00	7x3,00	381,7	49,48	431,2	7,7	27	1055	387,7	1443	12030	12710	0,07573
416/ 30+ 19	30x4,20	19x2,50	415,6	93,26	508,9	4,5	29,3	1148	733,2	1881	17200	18490	0,06952
434/ 54+ 7	54x3,20	7x3,20	434,2	56,29	490,5	7,7	28,8	1200	441,1	1641	13370	14060	0,06656
520/ 54+ 19	54x3,50	19x2,10	519,5	65,80	585,3	7,9	31,5	1436	517,4	1953	16180	16850	0,05564
629/ 54+ 19	54x3,85	19x2,30	628,6	78,94	707,5	8,0	34,6	1737	620,6	2358	18960	20050	0,04598
748/ 54+ 19	54x4,20	19x2,50	748,1	93,26	841,4	8,0	37,7	2068	733,2	2801	22490	23770	0,03864
1657/150+ 37	150x3,75	37x2,68	1657	208,7	1866	7,9	56,26	4610	1659	6269	50400	53280	0,01758

Tab. A.5 - Portate di corrente in regime permanente in conduttori a corda, con 40°C di sovratemperatura, all'aperto con aria tranquilla.

Sezione nominale della corda mm ²	Corrente in A		
	Rame	Alluminio	Lega di AL
16	115	-	-
25	151	121	-
35	174	149	142
50	231	185	176
70	282	226	215
95	357	282	269
120	411	329	313
150	477	-	369
185	-	-	414
230	621	-	-
240	-	513	488
300	-	-	568

Tab. A.6 - Portate di corrente in regime permanente in corde di Alluminio-acciaio, con 40°C di sovratemperatura, all'aperto con aria tranquilla.

Designazione della corda	Corrente in A
42/ 6+ 1	219
68/ 12+ 7	259
128/ 26+ 7	356
191/ 26+ 7	458
212/ 30+ 7	492
265/ 26+ 7	576
349/ 30+19	712
382/ 54+ 7	765
416/ 30+19	819
434/ 54+ 7	849
520/ 54+19	987

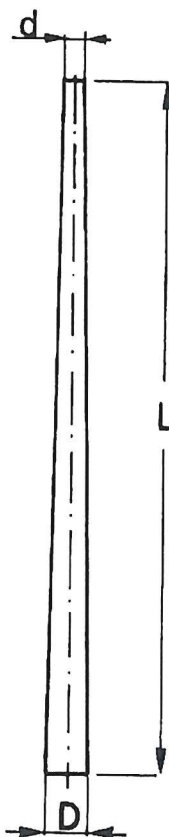
ef

Tab. A.11 - Distanze minime indicative tra i conduttori di linee aeree in M.T. (cm).

Tensioni Campate	fino a 10 kV	10 + 22 kV	22 + 30 kV
	fino a 60 m	75	105
60 + 90	90	120	150
90 + 100	105	135	165

Tab. A.12 - Pali in cemento armato centrifugato per linee elettriche aeree in BT e MT .

L m	Tiro in testa di rottura teorico kg	D cm	d cm	peso kg
8,0	200	21,00	9,0	300
8,5		21,75		330
8,0	300	22,50	10,5	320
9,0		24,00		370
9,5		24,75		420
10,0		25,50		470
10,5		26,25		520
11,0		27,00		570
11,5		27,75		620
9,0	350	24,00	10,5	380
9,5		24,75		430
10,0		25,50		480
10,5		26,25		530
11,0		27,00		580
11,5		27,75		630
12,0	28,50	680		
9,0	450	25,50	12,0	500
10,0		27,00		580
11,0		28,50		670
12,0		30,00		770
9,0	600	27,50	14,0	600
9,5		28,25		650
10,0		29,00		700
10,5		29,75		750
11,0		30,50		800
12,0		32,00		900
13,0		33,50		1050
14,0		35,00		1200



L m	Tiro in testa di rottura teorico kg	D cm	d cm	peso kg
9,0	900	31,50	18	800
9,5		32,25		850
10,0		33,00		900
10,5		33,75		950
11,0		34,50		1000
12,0		36,00		1200
13,0		37,50		1300
14,0	39,00	1500		
9,0	1200	33,50	20	900
10,0		35,00		1050
11,0		36,50		1175
12,0		38,00		1375
13,0		39,50		1500
14,0	41,00	1700		
10,0	1500	37,00	22	1150
11,0		38,50		1300
12,0		40,00		1500
13,0		41,50		1650
14,0	43,00	1850		
10,0	1800	39,00	24	1400
11,0		40,50		1600
12,0		42,00		1900
13,0		43,50		2100
14,0		45,00		2300
16,0		48,00		2600
10,0	2400	42,00	27	1600
11,0		43,50		1800
12,0		45,00		2100
13,0		46,50		2400
14,0		48,00		2700
14,0		48,00		2700
16,0		51,00		3400

EF

DATI COSTRUTTIVI E PORTATE DI CORRENTE

COEFFICIENTI DI CORREZIONE DELLE PORTATE DI CORRENTE

TEMPERATURA DELL'AMBIENTE DIVERSA DA QUELLA DI RIFERIMENTO

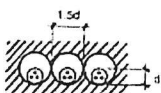
Temperatura ambiente °C	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Cavi in terra	1.04	1.00	0.96	0.92	0.88	0.84	0.80	—	—	—	—
Cavi in aria *	—	1.09	1.05	1.00	0.95	0.90	0.85	0.79	0.74	0.67	0.60

* Non esposti al sole direttamente

CAVI TRIPOLARI (O TERNE DI CAVI UNIPOLARI A TRIFOGLIO) POSATI IN TERRA

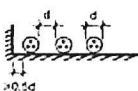
Numero di cavi o terne (in orizzontale)		2	3	4	6
Distanza fra i cavi o terne	7 cm	0.84	0.74	0.67	0.60
	25 cm	0.86	0.78	0.74	0.69

CAVI TRIPOLARI (O TERNE DI CAVI UNIPOLARI A TRIFOGLIO) POSATI IN TUBO INTERRATO

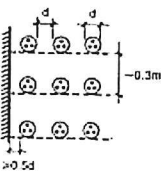


Numero di cavi (in orizzontale)	1	2	3
	0.82	0.69	0.61

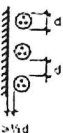
CAVI TRIPOLARI POSATI IN ARIA



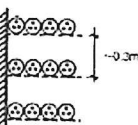
Numero cavi (in orizzontale)	1	2	3	6
	0.95	0.90	0.88	0.85



Numero di cavi (in orizzontale)		1	2	3	6
Numero di strati (in verticale)	1	1.00	0.98	0.96	0.93
	2	1.00	0.95	0.93	0.90
	3	1.00	0.94	0.90	0.87



Numero cavi (in verticale)	1	2	3	6
	1.00	0.93	0.90	0.87



Numero di cavi (in orizzontale)		1	2	3	6
Numero di strati (in verticale)	1	0.95	0.84	0.80	0.75
	2	0.95	0.80	0.76	0.71
	3	0.95	0.78	0.74	0.70



Numero cavi (in orizzontale)	1	2	3	6
	0.95	0.78	0.73	0.68

PORTATE DI CORRENTE IN REGIME PERMANENTE

CAVI UNIPOLARI

sezione nominale mm ²	posa in aria				posa in terra							
					R _t = 100 °C cm/W				R _t = 200 °C cm/W			
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
1x 25	176	—	157	—	158	—	152	—	123	—	118	—
1x 35	213	—	190	—	189	—	182	—	146	—	141	—
1x 50	255	200	228	177	224	174	216	168	172	134	166	129
1x 70	320	250	284	221	274	214	265	206	209	163	202	158
1x 95	390	306	346	269	328	256	316	246	249	195	241	188
1x120	450	353	399	311	373	292	360	281	282	221	273	213
1x150	510	400	451	353	416	326	402	314	313	246	304	238
1x185	585	461	520	406	471	370	456	357	354	278	344	269
1x240	690	545	614	481	544	429	528	415	407	321	397	311
1x300	790	630	705	552	611	483	595	468	456	361	446	351
1x400	910	730	816	645	688	550	673	534	512	410	503	400
1x500	1050	850	944	753	776	627	761	611	575	465	568	455
1x630	1190	965	1087	877	873	713	856	696	645	528	637	518


CAVI TRIPOLARI

sezione nominale mm ²	posa in aria		posa in terra			
			R _t = 100 °C cm/W		R _t = 200 °C cm/W	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
3x 25	144	—	149	—	117	—
3x 35	177	—	175	—	138	—
3x 50	209	164	207	161	162	126
3x 70	260	203	253	197	198	154
3x 95	315	246	300	234	234	183
3x120	362	283	342	266	266	208
3x150	408	319	381	298	296	232
3x185	468	366	431	337	335	262
3x240	550	430	500	392	387	303
3x300	630	495	561	441	435	341

sezione nominale mm ²	posa in aria		posa in terra			
			R _t = 100 °C cm/W		R _t = 200 °C cm/W	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
3x 25	140	—	150	—	118	—
3x 35	172	—	177	—	139	—
3x 50	203	159	208	162	163	127
3x 70	251	197	255	199	199	155
3x 95	303	237	301	235	235	184
3x120	347	272	342	267	266	208
3x150	391	307	381	299	296	232
3x185	446	349	430	338	334	262
3x240	520	410	494	390	382	302
3x300	595	474	553	438	427	339

DATI TECNICI

VALORI TEORICI DELLA RESISTENZA APPARENTE DEL CONDUTTORE A 50 Hz ED A 90°C (Ohm/km)

Cavi unipolari 

Sezione mm ²	Conduttori in rame				Conduttori in alluminio			
	1.8/3 kV 3.6/6 kV	6/10 kV 8.7/15 kV	12/20 kV 15/20 kV 18/30 kV	26/45 kV	1.8/3 kV 3.6/6 kV	6/10 kV 8.7/15 kV	12/20 kV 15/20 kV 18/30 kV	26/45 kV
10	2.35	2.35	—	—	—	—	—	—
16	1.48	1.48	—	—	—	—	—	—
25	0.936	0.936	0.936	—	—	—	—	—
35	0.674	0.675	0.675	—	—	—	—	—
50	0.499	0.499	0.499	—	0.818	0.818	0.818	—
70	0.345	0.345	0.345	0.345	0.566	0.566	0.566	0.566
95	0.249	0.249	0.249	0.249	0.409	0.409	0.409	0.409
120	0.197	0.197	0.197	0.197	0.323	0.323	0.323	0.323
150	0.161	0.161	0.161	0.161	0.263	0.263	0.263	0.263
185	0.128	0.128	0.128	0.128	0.210	0.210	0.210	0.210
240	0.0984	0.0983	0.0982	0.0981	0.161	0.161	0.161	0.161
300	0.0789	0.0788	0.0787	0.0786	0.130	0.130	0.130	0.129
400	0.0625	0.0624	0.0623	0.0622	0.102	0.102	0.102	0.102
500	0.0496	0.0494	0.0493	0.0491	0.0813	0.0810	0.0813	0.0805
630	0.0396	0.0394	0.0393	0.0391	0.0649	0.0646	0.0649	0.0645

Cavi unipolari 

Sezione mm ²	Tutte le tensioni	
	conduttori in rame	cond. in alluminio
10	2.35	—
16	1.48	—
25	0.936	—
35	0.675	—
50	0.499	0.818
70	0.345	0.566
95	0.249	0.409
120	0.197	0.323
150	0.162	0.265
185	0.129	0.211
240	0.0995	0.163
300	0.0805	0.133
400	0.0645	0.106
500	0.0521	0.0854
630	0.0429	0.0704


Cavi tripolari 

Sezione mm ²	Tutte le tensioni	
	conduttori in rame	cond. in alluminio
10	2.35	—
16	1.48	—
25	0.936	—
35	0.675	—
50	0.499	0.818
70	0.345	0.566
95	0.250	0.410
120	0.198	0.325
150	0.162	0.265
185	0.130	0.213
240	0.100	0.164
300	0.0815	0.134
400	0.0658	0.108
500	0.0536	0.0879

VALORE DELLA CAPACITÀ A 50 Hz (μF/km)

Sezione mm ²	1.8/3 kV		3.6/6 kV		6/10 kV	8.7/15 kV	12/20 kV	15/20 kV	18/30 kV	26/45 kV
	schermati	armati	schermati	armati						
10	0.19	0.16	0.15	0.14	0.16	—	—	—	—	—
16	0.23	0.18	0.17	0.16	0.18	0.15	—	—	—	—
25	0.27	0.21	0.20	0.18	0.21	0.18	0.17	—	—	—
35	0.30	0.23	0.23	0.19	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	—
50	0.34	0.25	0.26	0.22	0.26	0.21	0.18	0.17	0.15	—
70	0.40	0.28	0.30	0.24	0.29	0.24	0.21	0.19	0.16	0.14
95	0.45	0.30	0.33	0.25	0.32	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16
120	0.50	0.32	0.37	0.28	0.36	0.29	0.25	0.22	0.19	0.17
150	0.55	0.34	0.40	0.29	0.38	0.31	0.27	0.24	0.20	0.19
185	0.60	0.37	0.44	0.31	0.42	0.34	0.29	0.26	0.22	0.21
240	0.68	0.38	0.49	0.32	0.47	0.37	0.32	0.28	0.24	0.23
300	0.75	0.41	0.54	0.35	0.52	0.42	0.35	0.31	0.27	0.25
400	0.83	0.44	0.60	0.38	0.57	0.45	0.39	0.34	0.29	0.27
500	0.88	0.45	0.64	0.39	0.64	0.51	0.43	0.38	0.32	0.30
630	0.92	—	0.72	—	0.73	0.58	0.49	0.43	0.36	0.33

VALORE DELLA REATTANZA DI FASE A 50 Hz (Ohm/km)

Cavi unipolari  (valore medio)

Sezione mm ²	1.8/3 kV	3.6/6 kV	6/10 kV	8.7/15 kV	12/20 kV	15/20 kV	18/30 kV	26/45 kV
10	0.19	0.20	0.21	—	—	—	—	—
16	0.18	0.19	0.20	0.21	—	—	—	—
25	0.18	0.18	0.19	0.20	0.21	—	—	—
35	0.17	0.18	0.19	0.19	0.20	0.20	0.21	—
50	0.16	0.17	0.18	0.19	0.19	0.20	0.20	—
70	0.16	0.17	0.17	0.18	0.19	0.19	0.20	0.21
95	0.16	0.16	0.17	0.17	0.18	0.18	0.19	0.20
120	0.15	0.16	0.16	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19
150	0.15	0.16	0.16	0.17	0.17	0.18	0.18	0.19
→ 185	0.15	0.15	0.16	0.16	0.17	0.17	0.18	0.18
240	0.14	0.15	0.16	0.16	0.16	0.17	0.17	0.18
300	0.14	0.15	0.15	0.16	0.16	0.16	0.17	0.17
400	0.14	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.16	0.17
500	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.17
630	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16

Cavi unipolari 

Sezione mm ²	1.8/3 kV	3.6/6 kV	6/10 kV	8.7/15 kV	12/20 kV	15/20 kV	18/30 kV	26/45 kV
10	0.13	0.14	0.16	—	—	—	—	—
16	0.12	0.14	0.15	0.15	—	—	—	—
25	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	—	—	—
35	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	—
50	0.11	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	—
70	0.10	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15
95	0.098	0.10	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14
120	0.095	0.10	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14
150	0.092	0.097	0.10	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13
185	0.089	0.094	0.10	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12
240	0.086	0.091	0.097	0.10	0.11	0.11	0.11	0.12
300	0.084	0.089	0.095	0.099	0.10	0.11	0.11	0.12
400	0.083	0.087	0.092	0.096	0.099	0.10	0.11	0.11
500	0.081	0.084	0.089	0.092	0.096	0.098	0.10	0.11
630	0.079	0.082	0.087	0.090	0.093	0.096	0.099	0.10

Cavi tripolari 

Sezione mm ²	1.8/3 kV	3.6/6 kV	6/10 kV	8.7/15 kV	12/20 kV	15/20 kV	18/30 kV	26/45 kV
10	0.11	0.12	0.14	—	—	—	—	—
16	0.10	0.12	0.13	0.14	—	—	—	—
25	0.097	0.11	0.12	0.13	0.14	—	—	—
35	0.093	0.10	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	—
50	0.088	0.097	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	—
70	0.084	0.092	0.10	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14
95	0.081	0.089	0.097	0.10	0.10	0.11	0.12	0.13
120	0.079	0.086	0.094	0.10	0.10	0.11	0.12	0.13
150	0.077	0.084	0.091	0.097	0.10	0.11	0.11	0.12
185	0.076	0.082	0.088	0.094	0.098	0.10	0.11	0.11
240	0.074	0.079	0.085	0.090	0.094	0.098	0.10	—
300	0.072	0.077	0.084	0.088	0.092	0.096	0.10	—
400	0.071	0.075	0.082	0.086	—	—	—	—
500	0.070	0.074	0.079	—	—	—	—	—