

POLITECNICO DI TORINO
ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO
DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE INDUSTRIALE

I Sessione 2018 - Sezione A
Settore Industriale

Prova PRATICA del 23 luglio 2018

Il Candidato svolga uno a scelta fra i seguenti temi proposti.

Gli elaborati prodotti dovranno essere stilati in forma chiara, ordinata, sintetica e leggibile.

La completezza, l'attinenza e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.

Tema n. 1

Verifica di stabilità a compressione di un'asta e di un pannello alare

Parte 1

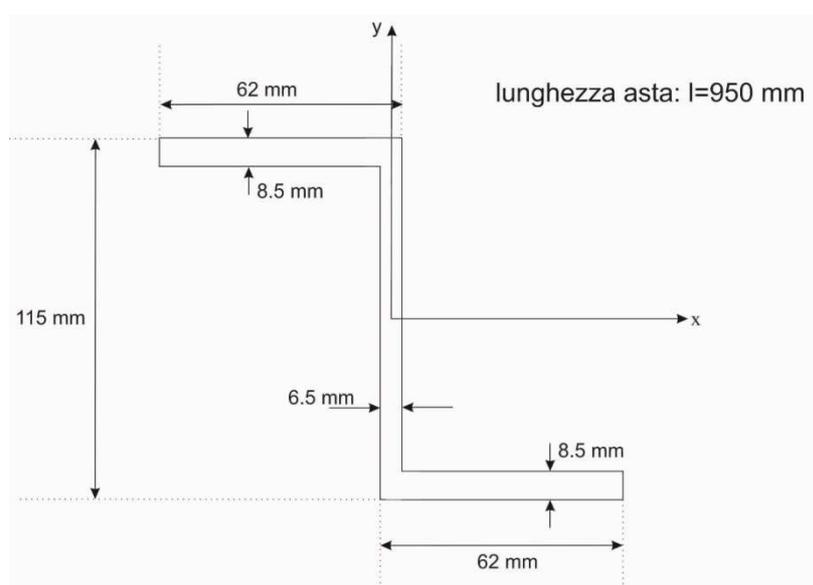


Figura 1: dati geometrici per sezione asta e valore della lunghezza lungo z

ε [-]	σ [kg/mm ²]
0	0
0.001	7.5
0.002	14.7
0.003	21.8
0.005	28.1
0.007	31.6
0.009	34.3
0.011	35.8

Tabella 1: dati per costruire curva $\sigma(\varepsilon)$ (con $\nu=0.32$) per lega Al-Cu2024 (Dural)

- 1) Date le ε e le σ in Tabella 1, costruire il diagramma $\sigma(\varepsilon)$, per punti sul foglio a quadri, evidenziando la σ di proporzionalità σ_p e quella di snervamento $\sigma_s=\sigma_{0.2}$. Fornire i valori delle due σ con un'approssimazione accettabile in relazione alla costruzione grafica richiesta. Costruire anche il diagramma $E_t(\sigma)$ dove E_t è il modulo di Young tangente. E_t può essere definito graficamente per punti utilizzando la definizione di rapporto incrementale.

- 2) Calcolare i carichi critici (per instabilità globale, instabilità locale e instabilità torsionale) di un'asta compressa in Dural (vedi Figura 1) nei due casi differenti di: semplice appoggio alle estremità e incastro alle estremità. Riportare in forma grafica l'andamento della snellezza λ dell'asta in funzione della tensione critica globale σ_{cr} .
- 3) Procedere a una ottimizzazione dell'asta, ossia quanto dovrebbe essere lunga l'asta affinché l'instabilità di tipo globale si verifichi per lo stesso valore di carico critico dovuto a instabilità di tipo torsionale o locale (la più bassa delle due). Ottimizzare l'asta per entrambi i casi di estremi appoggiati ed estremi incastrati.

Parte 2

spessore	lunghezza	profondità
$s = 1 \text{ mm}$	$l = 170 \text{ mm}$	$p = 350 \text{ mm}$

Tabella 2: dati geometrici del pannello da analizzare. Il materiale è sempre il Dural della Tabella 1

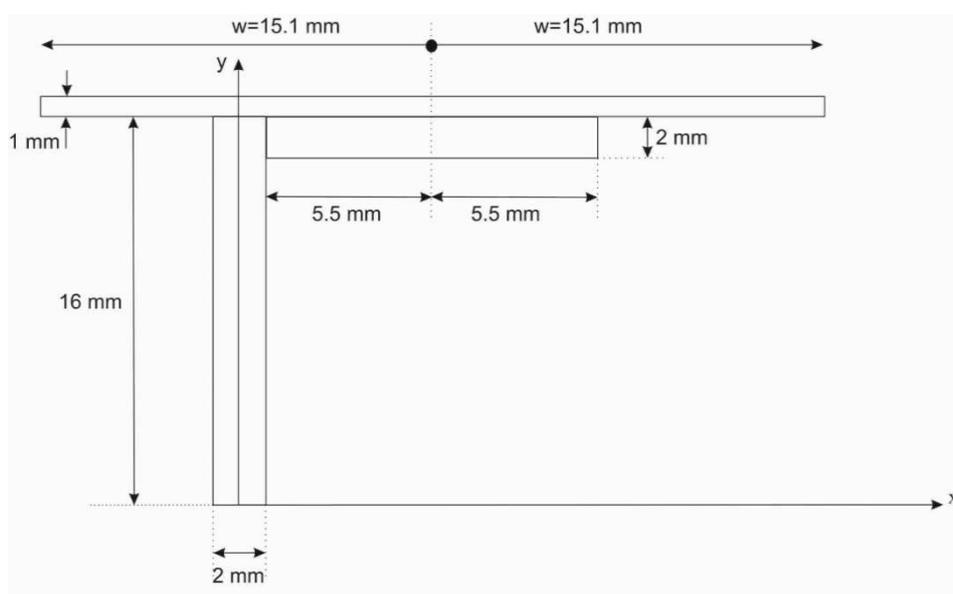


Figura 2: dati geometrici per sezione corrente e relativa striscia collaborante. Il materiale è sempre il Dural della Tabella 1

- 4) Calcolare la σ_{cr} globale del pannello (i cui dati sono riassunti in Tabella 2) considerando tutti e quattro i lati appoggiati. Confrontare il valore ottenuto con una tensione media di compressione sul pannello pari a $\sigma_m = 12.1 \text{ kg/mm}^2$ (valore medio ottenuto dalle σ_1 e σ_2 applicate sui due correnti sui quali il pannello giace).
- 5) Dai calcoli al punto 4, dovremmo trovarci oltre il limite di stabilità del pannello. Considerando il corrente 1 come il più sollecitato ($\sigma_1 = 12.3 \text{ kg/mm}^2$), si può individuare su di esso una striscia collaborante come in Figura 2 ($w = 15.1 \text{ mm}$). In questo caso (osservando la Figura 2), si calcoli l'instabilità globale e locale del corrente più la striscia collaborante.
- 6) Individuata la tensione critica più bassa fra le due calcolate al punto 5, procedere con il dimensionamento della rivettatura, ossia determinare il passo della rivettatura del pannello sul corrente.

Tema n. 2

Il sonno è un meccanismo essenziale per il mantenimento della salute sia mentale che fisica. Il sonno svolge funzioni riparatrici per il cervello e il corpo. La carenza di sonno è un fattore di rischio per diverse disfunzioni metaboliche, come ipertensione, diabete mellito, malattie cardiovascolari, ecc.

Risultati di uno studio recente hanno rivelato che un terzo della popolazione umana soffre di vari disturbi del sonno.

La polisonnografia (PSG) è il metodo più comunemente utilizzato per la valutazione oggettiva del sonno.

Tale esame prevede un monitoraggio notturno del sonno che include

- Elettroencefalografia (EEG) – 3 canali: F4-C4-O2
- Elettrooculografia (EOG) – 2 canali
 - **Nota:** Il segnale EOG viene acquisito mediante due coppie (una per lato) di elettrodi periorbitali superficiali, Il segnale EOG ha una dinamica tra 0,1 e 1,0 mV e una banda compresa tra 0,1Hz e 30Hz
- EMG di superficie dei muscoli delle gambe e delle braccia
- Flusso oro-nasale rilevato tramite un termoresistore
 - **Nota:** un termistore è un resistore il cui valore di resistenza varia con la temperatura. $R_T = R_0(1+\alpha T)$ dove: R_T = resistenza alla temperatura T; R_0 = resistenza alla temperatura 0 °C; α = coefficiente di proporzionalità caratteristico del termistore [°C⁻¹];
- Respiro toracico e addominale registrato tramite estensimetri
 - **Nota:** un estensimetro è un resistore il cui valore di resistenza varia con la deformazione a cui è sottoposto. $\Delta R/R = K\Delta L/L$ dove: R = resistenza a riposo; L = lunghezza del sensore a riposo. K= sensibilità dell'estensimetro.

Dai segnali acquisiti vengono estratte diverse variabili per valutare la normalità o la patologia.

In particolare, le diverse fasi del sonno sono caratterizzate dalla presenza di alcuni ritmi EEG e dall'assenza di altri. La relazione tra gli stadi del sonno e i ritmi EEG è nella Tabella 1. In presenza di patologie si verificano cambiamenti nel contenuto di frequenza dei segnali EEG del sonno.

TABELLA I Relazioni tra fasi del sonno e ritmi EEG.

Sleep Stage	EEG Rhythms Contained
Awake	Beta, Alpha
Stage I	Alpha, Theta
Stage II	Alpha, Theta
Stage III	Delta
Stage IV	Delta

Bande EEG: δ : 0.5–3.5 Hz; θ : 3.5–7 Hz; α : 7–14 Hz; β : 14–30 Hz

Si vuole realizzare un sistema per la polisonnografia.

Il candidato:

1. Progetti e descriva il sistema complessivo a livello di schema a blocchi. Nel caso di dati non noti il candidato effettui delle scelte di dimensionamento dei blocchi interessati riportando i criteri adottati a supporto di tali scelte.
2. Selezioni due delle grandezze elettrofisiologiche/meccaniche acquisite dal sistema definito al punto 1 e progetti la catena di amplificazione per questi segnali a livello di schema a blocchi giustificando le scelte progettuali.
3. Scriva il codice matlab che permetta di calcolare la ripartizione della potenza media del segnale EEG nelle bande δ , θ , α , β giustificando la scelta del metodo scelto.

(segue)

4. Progetti un filtro digitale per la rimozione del segnale EMG dal segnale ECG riportando il codice matlab e giustificando le scelte
5. Progetti un filtro digitale per la rimozione dell'interferenza di rete (50Hz) dal segnale EMG riportando il codice matlab e giustificando le scelte.
6. Discuta la classificazione del dispositivo medico e imposti un programma di manutenzione ordinaria elencando i test più importanti da fare, la strumentazione necessaria e i range di accettabilità delle diverse misure.

Tema n. 3

Da una linea di fermentazione alcolica deriva un flusso gassoso da trattare per l'emissione in atmosfera; l'obiettivo del trattamento è ottenere in emissione una concentrazione residua di sostanze organiche totali espresse come carbonio (COV) di 20 mg/Nm³.

La portata gassosa da trattare è di 3000 Nm³/h e contiene i seguenti inquinanti principali alle relative concentrazioni:

Etanolo	6000	mg/Nm ³
Acetato di etile	50	mg/Nm ³
Acetaldeide	200	mg/Nm ³

La tecnologia di trattamento individuata è uno scrubber ad acqua, nello stabilimento è disponibile acqua di pozzo a T= 15°C.

Il candidato dimensiona l'impianto di abbattimento e le principali apparecchiature accessorie e rediga lo schema P&ID, descrivendo il sistema di regolazione e controllo.

Il candidato valuti il miglioramento dell'efficienza di abbattimento riducendo la temperatura dell'acqua in ingresso, evidenziando vantaggi e vincoli, e rediga lo schema P&ID modificato.

Il candidato assuma ogni altro dato eventualmente necessario per lo svolgimento del tema, giustificando le scelte.

Tema n. 4

Si vuole progettare un sistema di *cruise control* per un autoveicolo.

L'obiettivo è progettare un controllore digitale in retroazione che permetta all'autoveicolo di raggiungere una determinata velocità di crociera partendo da fermo, rispettando opportuni requisiti di comfort ed efficienza.

Definizione del modello

Si consideri il seguente modello semplificato per la velocità longitudinale $v(t)$ (m/s) dell'autoveicolo:

$$m\dot{v}(t) + cv(t) = F(t) - F_d$$

dov'è la variabile temporale ($t \geq 0$); m (kg) è la massa dell'autoveicolo; c (kg/s) è il coefficiente d'attrito; F (N) è la forza equivalente di trazione applicata al veicolo e F_d (N) è una forza di disturbo (dovuta ad attrito di rotolamento e pendenza delle strada) supposta costante.

Si consideri un autoveicolo con massa pari a $m = 1000$ kg, $c = 30$ kg/s e massima forza di trazione, ad una certa marcia prefissata, pari a $F = 1200$ N. Si verifichi che la funzione di trasferimento del sistema così descritto è la seguente:

$$G(s) = \frac{1}{30 + 1000s}$$

Definizione dell'architettura del sistema di controllo

Disegnare la struttura del sistema di controllo che si intende progettare mediante schema a blocchi. In particolare, si mettano in evidenza i blocchi del sistema da controllare, del controllore, dell'attuatore, dei dispositivi di conversione e la presenza del disturbo.

Progetto del controllore

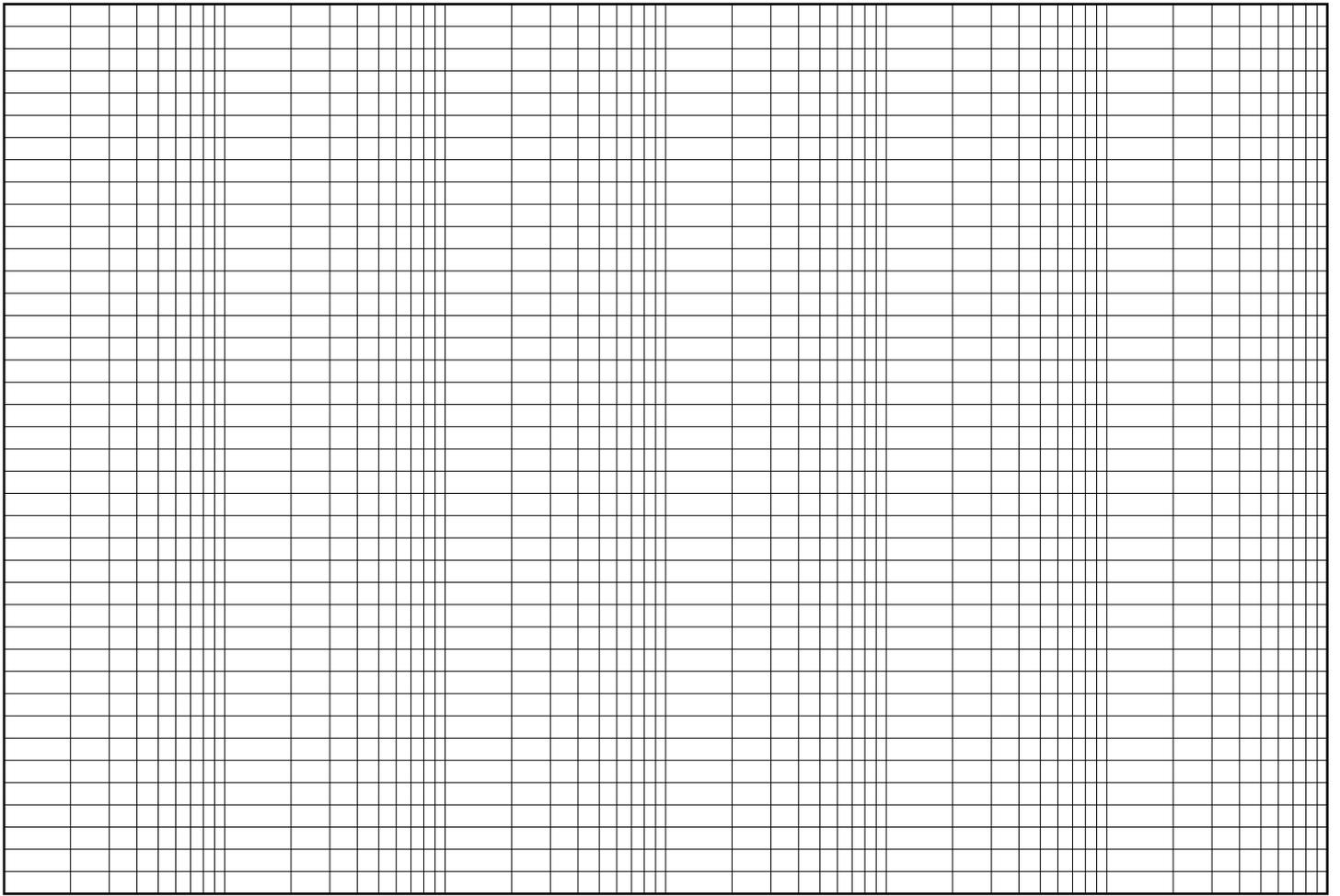
Si progetti un controllore digitale in grado di soddisfare i seguenti requisiti:

- 1) riferimenti costanti di velocità devono essere inseguiti con errore stazionario nullo;
- 2) il sistema controllato, per motivi di comfort, deve presentare adeguate caratteristiche di smorzamento (ad esempio, la sovraelongazione massima nella risposta al gradino deve essere inferiore al 10%);
- 3) il transitorio nella risposta al gradino si deve estinguere in un tempo sufficientemente piccolo (ad esempio, con un tempo di salita intorno ai 3 s ed un tempo di assestamento intorno a 7 s);
- 4) il sistema deve essere astatico per disturbi F_d costanti.

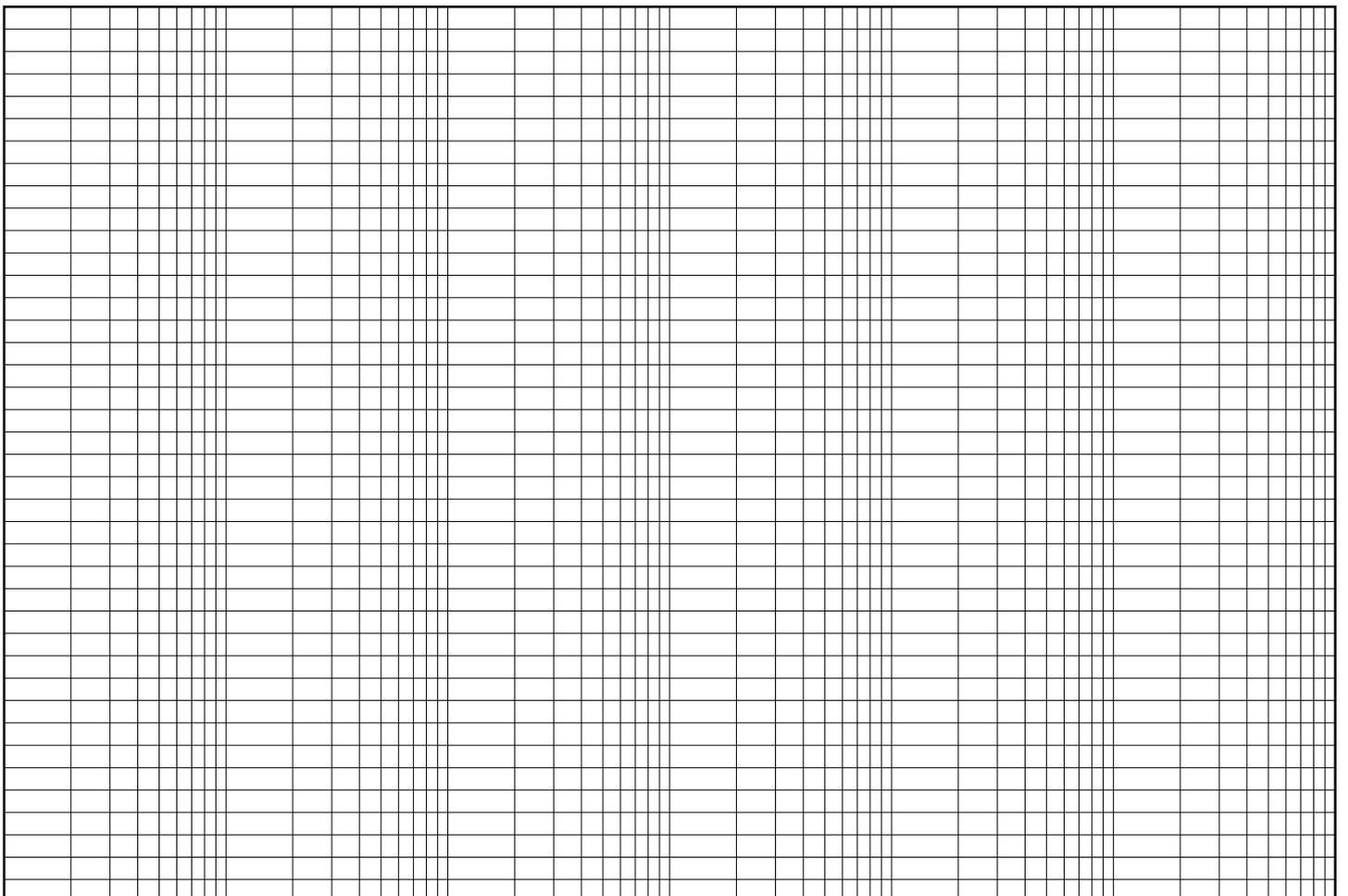
Per semplicità, trasduttori e attuatori possono essere considerati con dinamica trascurabile e guadagno unitario e si possono trascurare altre fonti di disturbo diverse da F_d .

Nella definizione del controllore digitale, si descrivano e motivino adeguatamente le scelte di parametri, algoritmi e dispositivi utilizzati per la discretizzazione (per esempio, frequenza di campionamento, dispositivi di conversione analogico/digitale e digitale/analogico).

L'eventuale tracciamento di diagrammi di Bode e/o di Nichols può essere svolto sugli appositi fogli forniti (da richiedere alla Commissione).

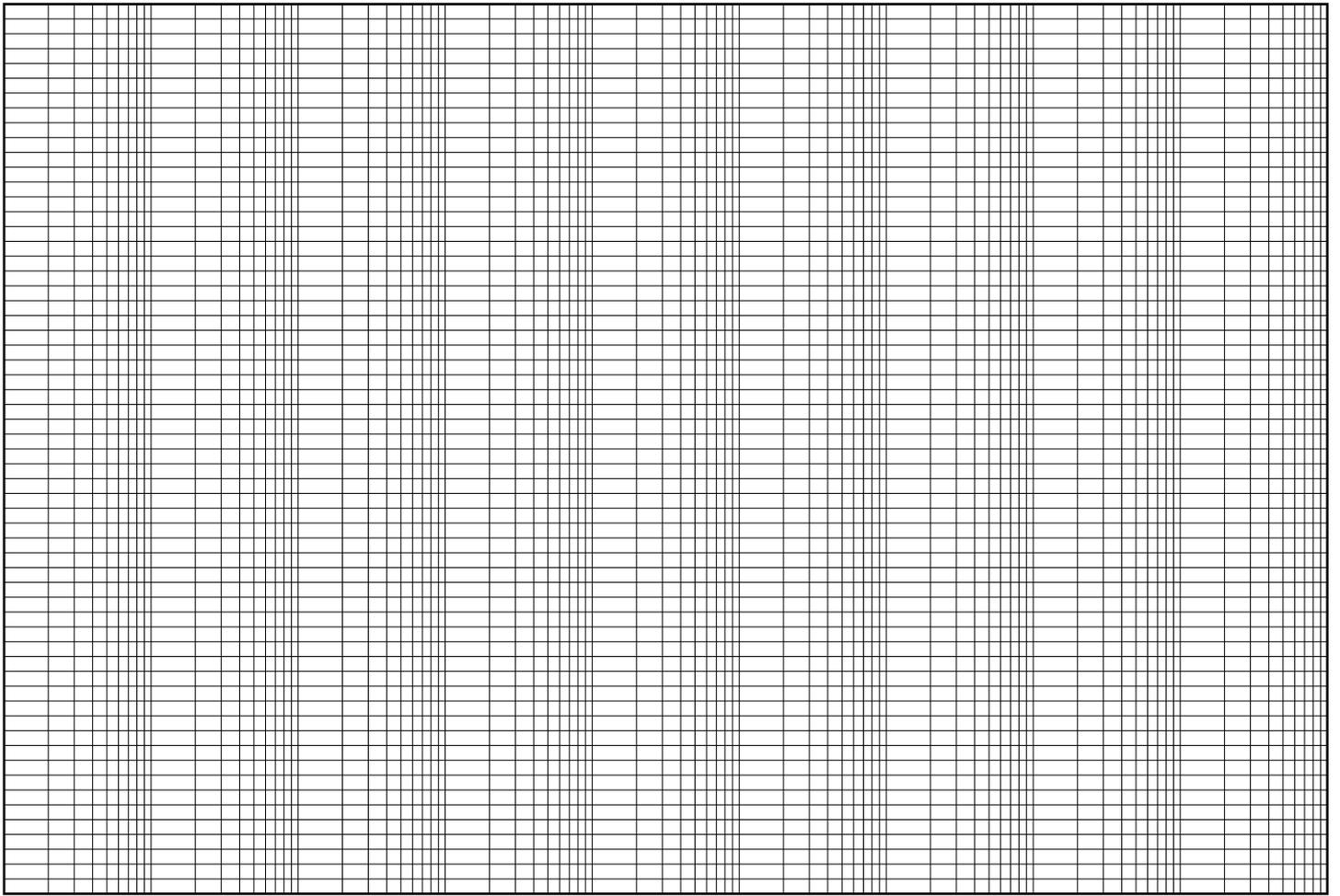


Pulsazione

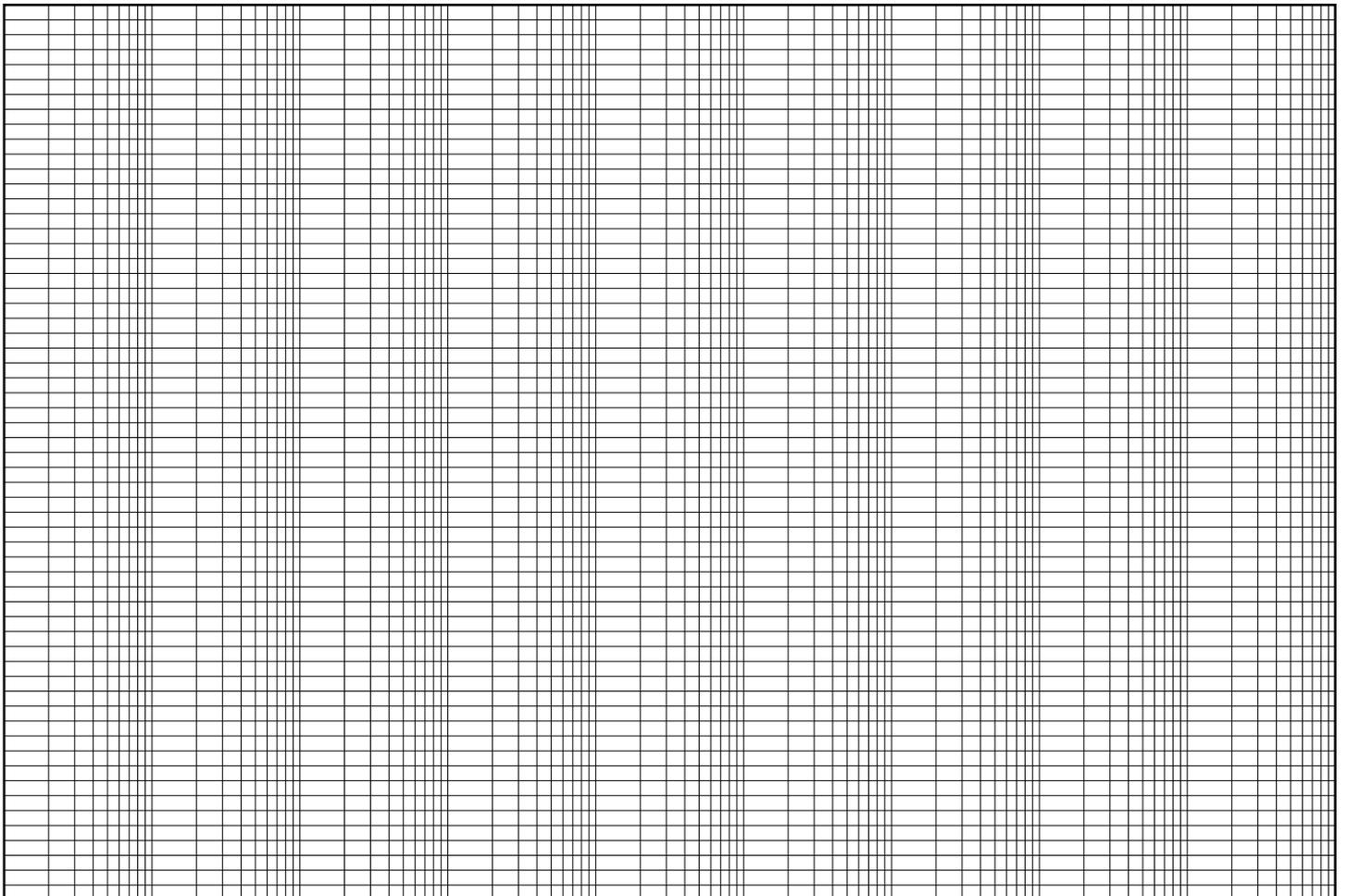


Pulsazione

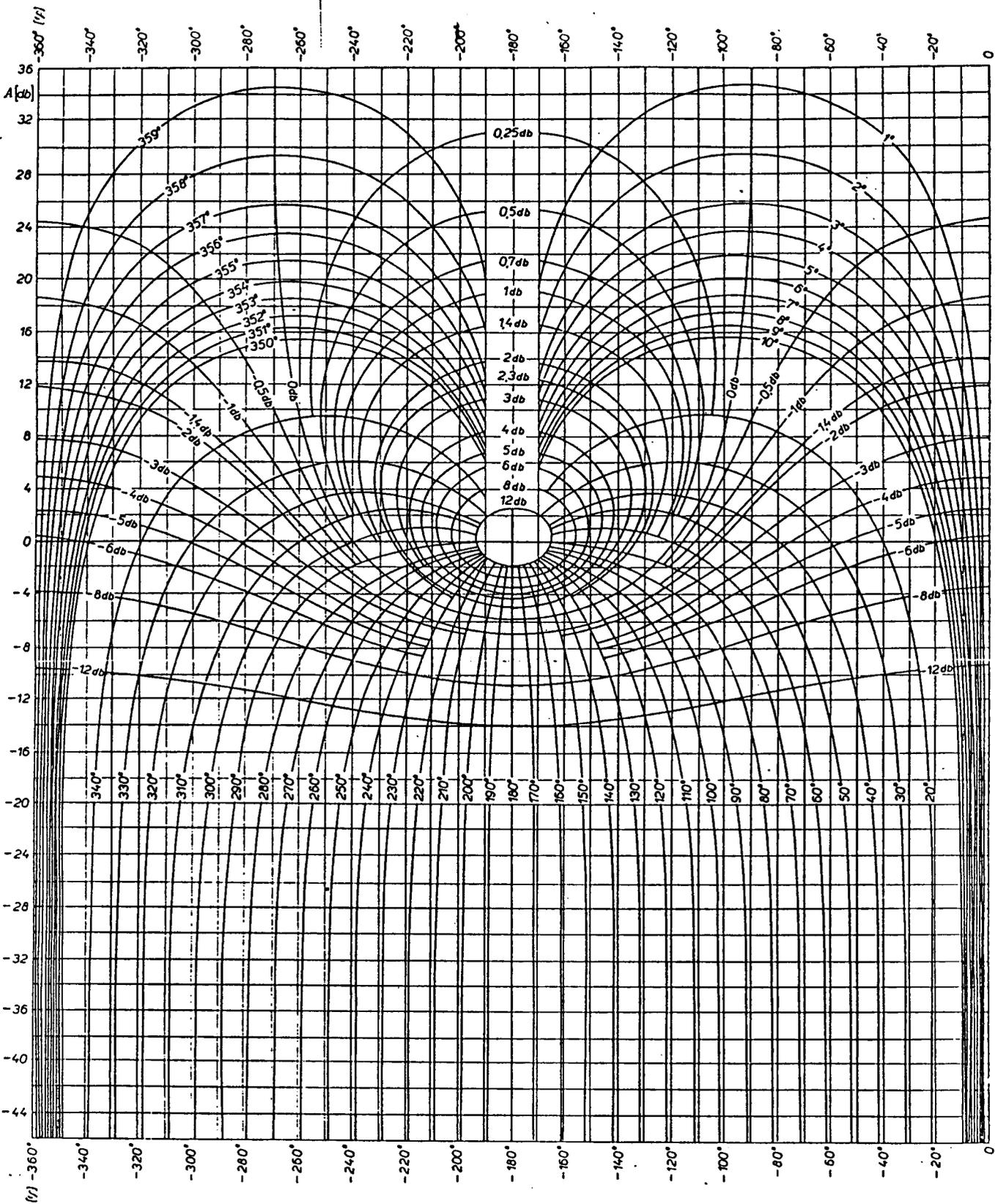
Carta semilogaritmica a 9 decadi



Pulsazione



Pulsazione



Tema n. 5

Lo stabilimento industriale rappresentato nella planimetria allegata effettua trattamenti galvanici con procedimenti di zincatura mediante bagni tradizionali ed ecologici secondo tecnologia brevettata.

Esso misura in pianta circa 145 m x 37 m ed è sviluppato su un unico livello fuori terra, con altezza utile interna sotto trave pari a 7 m circa. Separatamente si individua una palazzina destinata ad uffici direzionali e amministrativi, oltre ad alcuni locale tecnici.

Nell'ambito del reparto produttivo si individuano le seguenti utenze:

N.	Descrizione	Tensione	Pot. Inst. [kW]	Ku	Kc	Pot. Ass. [kW]
1 - 5	Linee di trattamento galvanico	400 V - 3F	110			
6 - 7	Linee di trattamento ecologico	400 V - 3F	30			
8	Impianto depurazione acque	400 V - 3F	150			
9	Impianto depurazione aria - scrubber	400 V - 3F	9			
10	Filtro a carbone	400 V - 3F	37			
11 - 13	Sabbiatrici	400 V - 3F	20			
14	Sgrassatrice	400 V - 3F	1,5			
15	Compressore d'aria	400 V - 3F	15			
16	Elettropompa antincendio uso Vigili del Fuoco	400 V - 3F	35			
17	Blocco uffici di reparto	400 V - 3F+N	20			
18	Spogliatoi e servizi igienici	230 V - 3F-N	1,2			
19	Blocco uffici direzionali e amministrativi	400 V - 3F+N	20			
20	Illuminazione generale di stabilimento	400 V - 3F+N				
	TOTALE					

In cui:

N = progressivo utenza con riscontro su planimetria

Descrizione = tipologia utenza

Tensione = tensione nominale di alimentazione e sistema (monofase F-N, trifase 3F, trifase con neutro 3F+N)

Pot. Inst. = potenza installata unitaria

Ku = fattore di utilizzo

Kc = fattore di contemporaneità

Pot. Ass. = potenza effettiva assorbita

A – POTENZA IMPEGNATA E SISTEMA DI DISTRIBUZIONE PRIMARIA

Il candidato, effettuando le necessarie assunzioni del caso (da giustificare), determini la potenza complessiva installata e la conseguente potenza assorbita, definendo pertanto il valore contrattuale da impegnare con la Società Distributrice (ad es. ENEL Distribuzione).

Per quanto concerne l'illuminazione, il candidato effettui una valutazione sommaria della potenza da installare, in relazione alle dimensioni geometriche di stabilimento fornite.

Completi pertanto la tabella soprastante con i dati mancanti ed assunti per le determinazioni richieste, riportandola nel proprio elaborato e illustrando le assunzioni effettuate.

La fornitura avverrà in media tensione, le caratteristiche della fornitura, comunicate dalla Società Distributrice, sono le seguenti (estratto da comunicazione ENEL):

(segue)

Ai fini del dimensionamento delle Vostre apparecchiature e per una adeguata progettazione e verifica dell'impianto di terra relativi alla fornitura, Vi rendiamo note di seguito le caratteristiche della rete di alimentazione del Vostro impianto:

Caratteristiche dell'alimentazione:

Linea MT alimentante:	07232 STIPEL
Frequenza nominale:	50 Hz \pm 1% (95% dell'anno) + 4% -6% (100% dell'anno)
Tensione nominale:	22 kV \pm 10%
Tensione massima per l'isolamento:	26,4 kV
Livello di isolamento a frequenza 50 Hz:	54 kV
Livello di isolamento ad impulso 1,2/50 μ s:	105 kV 135 kV
Corrente di corto circuito massima trifase:	12,5 kA
Esercizio del neutro MT:	isolato
Appartenenza Impianto di Terra Globale:	NO
Corrente di guasto monofase a terra:	$I_F = 55$ A
Tempo di eliminazione del guasto a terra:	$t_F =$ maggiore di 10 sec. (tensione di contatto ammissibile = 80 V)
Tempo di eliminazione del doppio guasto monofase a terra:	200 ms

Il candidato definisca pertanto lo schema distributivo generale di media e di bassa tensione, considerando che:

- la sezione di "ricezione" della media tensione, sarà collocata entro locale dedicato al piano terreno della Palazzina Uffici Direzionali e Amministrativi, denominato "Cabina MT ricezione", contiguo al locale ENEL;
- la sezione "trasformazione" sarà invece ubicata entro un locale dedicato entro il corpo di fabbrica principale di stabilimento, denominato "Cabina MT/BT";
- è richiesto che la potenza complessiva impegnata dall'impianto sia distribuita su due macchine, destinate a non funzionare permanentemente in parallelo: il quadro generale di bassa tensione dovrà quindi essere suddiviso in due sezioni, con possibilità di interconnessione mediante congiuntore, da utilizzare per assicurare la continuità di esercizio anche in caso di avaria di uno dei due trasformatori, benché non a piena potenza (potranno, in tale evenienza, essere sezionati dall'alimentazione i carichi ritenuti non essenziali);
- il quadro generale di bassa tensione sarà collocato entro un locale dedicato adiacente alla Cabina MT/BT.

Il candidato definisca e rappresenti (anche graficamente, ove necessario):

- schema a blocchi generale del sistema distributivo;
- schema del Quadro MT di ricezione;
- schema del Quadro MT di trasformazione;
- schema del Quadro generale di bassa tensione.

Gli schemi (unifilari) dovranno riportare le caratteristiche principali dei dispositivi di sezionamento e protezione contro le sovracorrenti. Nel definire lo schema del Quadro generale di bassa tensione, si consideri attentamente il sistema di distribuzione secondaria definito, di cui al successivo par. B.

Il candidato dimensiona i trasformatori e il sistema di rifasamento, assumendo e giustificando valori di fattore di potenza delle singole utenze, considerando il valore minimo di fattore di potenza da assicurare per non incorrere in applicazione di penali pecuniarie in bolletta.

Il candidato dimensiona tutti i cavi di media tensione presenti sull'impianto e qui di seguito riassume:

- collegamento locale ENEL/cabina di ricezione MT;
- collegamento cabina di ricezione MT/cabina di trasformazione MT/BT;
- collegamento quadro MT in cabina di trasformazione MT/BT e trasformatori.

(segue)

B –SISTEMA DI DISTRIBUZIONE SECONDARIA

L'alimentazione alle singole utenze sarà effettuata prevalentemente impiegando condotti sbarre prefabbricati, collocati longitudinalmente come rappresentato in planimetria allegata: il collegamento fra testata di alimentazione di ciascun condotto e Quadro generale di bassa tensione verrà effettuato in cavo. Da ciascun condotto sbarre saranno quindi alimentate le varie utenze/quadri mediante le specifiche cassette di derivazione con fusibili e tratto finale sino all'utenza in cavo.

Il candidato, in base ai dati di potenza assorbita dalle utenze e alla loro dislocazione, definisca come ripartire i carichi sui vari condotti, tenendo conto del posizionamento dei vari quadri elettrici (come rappresentati in planimetria) e che le linee galvaniche numerate da 1 a 7 si possono considerare come carico concentrato in prossimità della mezzeria della linea stessa. Inoltre definisca:

1. le caratteristiche nominali dei condotti sbarre da impiegare;
2. la sezione/formazione dei cavi di collegamento fra Quadro generale di bassa tensione e testate dei condotti sbarre;
3. la sezione/formazione dei cavi di collegamento fra secondario dei trasformatori e Quadro generale di bassa tensione.

Il candidato effettui le assunzioni necessarie o i dati mancanti, giustificandoli.

Il candidato infine dimensioni nel dettaglio i seguenti collegamenti, definendo formazione/sezione del cavo da utilizzare e corrente nominale dei fusibili:

- a) alimentazione impianto di depurazione acque da cassetta di derivazione da condotto sbarre a quadro di macchina (utenza n. 8);
- b) alimentazione sabbiatrice da cassetta di derivazione da condotto sbarre a quadro di macchina (utenza n. 11).

Il candidato definisca le dimensioni geometriche della canalizzazione metallica asolata atta a contenere i cavi di alimentazione dei condotti sbarre a partire dal Quadro generale di bassa tensione.

C – IMPIANTO DI TERRA

Il candidato proponga uno schema dell'impianto di terra per la protezione contro i contatti indiretti in bassa e media tensione, definendo altresì il sistema elettrico di distribuzione in bassa tensione e illustrando le modalità di scelta dei dispositivi di protezione per interruzione automatica dell'alimentazione. Illustri a tal fine la differenza tra "circuiti di distribuzione" e "circuiti terminali".

Si consideri un terreno omogeneo con resistività stimata di 250 Ω m.

D- ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA

Il candidato illustri una proposta per l'illuminazione di sicurezza del reparto produttivo, atta ad assicurare l'interruzione delle lavorazioni in condizioni di sicurezza e il raggiungimento delle uscite di sicurezza in situazioni di emergenza e assenza dell'alimentazione ordinaria. Consideri prioritariamente un sistema misto autonomo-centralizzato illustrando i criteri di dimensionamento del relativo gruppo di continuità specifico per tale applicazione.

Allegati (da richiedere alla Commissione):

- All. 1: caratteristiche cavi MT (estratto catalogo commerciale)
- All. 2: caratteristiche cavi BT (estratto catalogo commerciale)
- All. 3: caratteristiche condotti sbarre (estratto catalogo commerciale)
- All. 4: caratteristiche canaline asolate (estratto catalogo commerciale)
- All. 5: planimetria stabilimento con individuazione utenze

Norme di riferimento

Standards

CEI 20-13, IEC 60502 CEI 20-16 CEI EN 60332-1-2 (IEC 60840 per 26/45 kV)



Conduttore rigido di rame rosso ricotto. Classe 2.
Semiconduttore interno elastomerico estruso
Isolamento in HEPR di qualità G7
Semiconduttore esterno elastomerico estruso pelabile a freddo per il grado 1,8/3kV solo su richiesta
Schermo a due nastri di rame rosso intercalati
Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico
Guaina PVC qualità RZ/ST2

Rigid class 2 red copper conductor.
Inner semi-conducting layer
HEPR Insulation in G7 quality
Outer semi-conducting layer special high module hepr for 1.8 / 3 kV only on request
Two alternated copper tapes screen
Not fibrous and not hygroscopic filler
PVC sheath in RZ/ST2 quality

<i>Tensione nominale U0</i>	da 1,8kV a 26 kV	<i>Nominal voltage U0</i>
<i>Tensione nominale U</i>	da 3 kV a 45 kV	<i>Nominal voltage U</i>
<i>Tensione massima Um</i>	da 3,6 kV a 52 kV	<i>Maximun voltage Um</i>
<i>Temperatura massima di esercizio</i>	+90°C	<i>Maximun operating temperature</i>
<i>Temperatura massima di corto circuito</i>	+250°C	<i>Maximun short circuit temperature</i>
<i>Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)</i>	-15°C	<i>Min. operating temperature (without mechanical shocks)</i>
<i>Temperatura minima di installazione e maneggio</i>	0°C	<i>Minimum installation and use temperature</i>

Condizioni di impiego piu comuni

Adatti per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze. Per posa in aria libera, in tubo o canale. Ammessa la posa interrata anche non protetta.

Condizioni di posa

Raggio minimo di curvatura per diametro D (in mm):

12 D

Sforzo massimo di tiro:

60 N/mm²

Colori anime

Tripolare: Identificazione fasi: fili o nastri colorati

Colori guaina

Rosso

Marcatura ad inchiostro

GENERAL CAVI RG7H1OR (TENSIONE ISOLAMENTO) 3x(SEZIONE)
ANNO COSTRUZIONE LOTTO DI LAVORO

Note

A richiesta possono anche essere non propaganti l'incendio CEI 20-22 II

Common features

Suitable for the transport of energy between the substations and large users. For free-hanging, tube or channel. Also allowed for laying underground unprotected.

Employment

Minimum bending radius per D cable diameter (in mm):

12 D

Maximum pulling stress:

60 N/mm²

Core colours

Three cores: Identification of phases: colored ribbons or wires

Sheath colour

Red

Ink marking

GENERAL CAVI RG7H1OR (VOLTAGE INSULATION) 3x (SECTION) YEAR
BUILT LOT OF WORK

Note

A request may also be fire retardant CEI 20-22 II

Uo/U : 1,8/3 kV - U max : 3,6 kV(EX GRADO 8)

Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Diametro indicativo isolante	Diametro indicativo esterno	Peso indicativo del cavo	Raggio minimo curvatura
Conductor Number	Nominal Section	Approx conductor diameter	Approx insulation diameter	Approx external production diameter	Approx cable weight	Minimum radius bending
(N°)	(mmq)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)
Tripolare / Three cores						
3x	10	4.0	8.0	27.25	904	330
3x	16	4.8	8.8	29.5	1155	360
3x	25	6.0	10.0	32.5	1575	390
3x	35	7.0	11.0	34.5	1952	430
3x	50	8.1	12.1	37.2	2338	470
3x	70	9.9	13.9	41.4	3150	530
3x	95	11.5	15.5	45.0	4024	570
3x	120	12.9	16.9	48.7	4918	620
3x	150	14.2	18.2	52.2	5791	660
3x	185	15.9	19.9	56.5	7086	720
3x	240	18.3	22.3	62.0	8975	800
3x	300	20.7	24.7	67.35	11069	870
3x	400	23.5	27.5	74.2	13756	950

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Capacità a 50 Hz	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz	Reattanza di fase	Portata di corrente	
					In aria	Interrato
Formation	Electric Resistace 20°C	Capacities 50 Hz	Apparent resistance at 90°C and 50 Hz	Phase Reactance	Current carrying capacities	
(N° x mmq)	(Ohm/km)	(microF/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	In air (A)	In ground (A)
Tripolare / Three cores						
3x10	1.83	0.19	2.34	0.11	85	93
3x16	1.15	0.23	1.47	0.10	109	120
3x25	0.727	0.27	0.927	0.097	145	155
3x35	0.524	0.30	0.669	0.093	175	185
3x50	0.387	0.34	0.494	0.088	208	216
3x70	0.268	0.40	0.342	0.084	260	265
3x95	0.193	0.45	0.247	0.081	318	315
3x120	0.153	0.50	0.197	0.079	367	360
3x150	0.124	0.55	0.159	0.077	415	400
3x185	0.0991	0.60	0.129	0.076	476	453
3x240	0.0754	0.68	0.0990	0.074	555	520
3x300	0.0601	0.75	0.0807	0.072	635	585
3x400	0.0470	0.83	0.0651	0.071	716	651

Uo/U : 3,6/6 kV - U max : 7,2 kV(EX GRADO 11)

Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Diametro indicativo isolante	Diametro indicativo esterno	Peso indicativo del cavo	Raggio minimo curvatura
Conductor Number	Nominal Section	Approx conductor diameter	Approx insulation diameter	Approx external production diameter	Approx cable weight	Minimum radius bending
(N°)	(mmq)	(mmq)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)
Tripolare / Three cores						
3x	10	4.0	11.6	31.8	1287	400
3x	16	4.8	12.4	34.4	1530	420
3x	25	6.0	13.6	37.4	1980	470
3x	35	7.0	14.6	39.7	2406	500
3x	50	8.1	15.7	42.8	2896	530
3x	70	9.9	17.5	46.3	3663	570
3x	95	11.5	19.1	50.0	4653	640
3x	120	12.9	20.5	54.2	5544	680
3x	150	14.2	21.8	57.3	6435	720
3x	185	15.9	23.6	61.5	7821	780
3x	240	18.3	26.0	66.8	9900	860
3x	300	20.7	28.4	72.9	12375	930
3x	400	23.5	32.4	78.2	15420	997

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Capacità a 50 Hz	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz	Reattanza di fase	Portata di corrente	
					In aria	Interrato
Formation	Electric Resistace 20°C	Capacities 50 Hz	Apparent resistance at 90°C and 50 Hz	Phase Reactance	Current carrying capacities	
(N° x mmq)	(Ohm/km)	(microF/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	In air (A)	In ground (A)
Tripolare / Three cores						
3x10	1.83	0.15	2.34	0.12	85	93
3x16	1.15	0.17	1.47	0.12	109	120
3x25	0.727	0.20	0.927	0.11	145	153
3x35	0.524	0.23	0.669	0.10	175	183
3x50	0.387	0.26	0.494	0.097	211	216
3x70	0.268	0.30	0.342	0.092	262	263
3x95	0.193	0.33	0.247	0.089	318	315
3x120	0.153	0.37	0.197	0.086	370	359
3x150	0.124	0.40	0.159	0.084	415	400
3x185	0.0991	0.44	0.129	0.082	477	451
3x240	0.0754	0.49	0.0990	0.079	555	518
3x300	0.0601	0.54	0.0807	0.077	635	583
3x400	0.0470	0.60	0.0651	0.075	717	651

U_o/U : 6/10 kV - U max : 12 kV(EX GRADO 17)

Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Diametro indicativo isolante	Diametro indicativo esterno	Peso indicativo del cavo	Raggio minimo curvatura
Conductor Number	Nominal Section	Approx conductor diameter	Approx insulation diameter	Approx external production diameter	Approx cable weight	Minimum radius bending
(N°)	(mmq)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)
Tripolare / Three cores						
3x	10	4.0	14.2	36.9	1791	490
3x	16	4.8	14.2	39.0	2070	530
3x	25	6.0	15.4	42.0	2497	550
3x	35	7.0	16.4	44.0	2945	590
3x	50	8.1	17.5	47.0	3463	620
3x	70	9.9	19.3	51.0	4378	680
3x	95	11.5	20.9	55.0	5403	750
3x	120	12.9	22.3	57.1	6358	780
3x	150	14.2	23.6	62.0	7413	820
3x	185	15.9	25.4	66.0	8806	880
3x	240	18.3	27.8	72.1	10935	960
3x	300	20.7	30.2	77.8	13293	1040
3x	400	23.5	34.5	84.5	15900	1050

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Capacità a 50 Hz	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz	Reattanza di fase	Portata di corrente	
					In aria	Interrato
Formation	Electric resistance at 20°C	Capacities 50 Hz	Apparent resistance at 90°C and 50 Hz	Phase Reactance	Current carrying capacities	
(N° x mmq)	(Ohm/km)	(microF/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	In air (A)	In ground (A)
Tripolare / Three cores						
3x10	1.83	0.16	2.34	0.14	73	78
3x16	1.15	0.18	1.47	0.13	107	112
3x25	0.727	0.21	0.927	0.12	145	149
3x35	0.524	0.23	0.669	0.11	175	178
3x50	0.387	0.26	0.494	0.11	208	210
3x70	0.268	0.29	0.342	0.10	260	257
3x95	0.193	0.32	0.247	0.097	316	307
3x120	0.153	0.36	0.197	0.094	365	350
3x150	0.124	0.38	0.159	0.091	407	390
3x185	0.0991	0.42	0.129	0.088	469	440
3x240	0.0754	0.47	0.0990	0.085	550	510
3x300	0.0601	0.52	0.0807	0.084	630	580
3x400	0.0470	0.57	0.0651	0.082	720	655

U_o/U : 8,7/15 kV - U max : 17,5 kV(EX GRADO 24)

Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Diametro indicativo isolante	Diametro indicativo esterno	Peso indicativo del cavo	Raggio minimo curvatura
Conductor Number	Nominal Section	Approx conductor diameter	Approx insulation diameter	Approx external production diameter	Approx cable weight	Minimum radius bending
(N°)	(mmq)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)
Tripolare / Three cores						
3x	16	4.8	17.4	45.5	2567	600
3x	25	6.0	17.4	48.0	3025	630
3x	35	7.0	18.4	51.2	3512	670
3x	50	8.1	19.5	53.5	4109	710
3x	70	9.9	21.3	58.0	5035	760
3x	95	11.5	22.9	61.5	6119	820
3x	120	12.9	24.3	65.0	7094	870
3x	150	14.2	25.6	68.2	8199	900
3x	185	15.9	27.4	72.5	9652	960
3x	240	18.3	29.8	78.2	11860	1040
3x	300	20.7	32.2	78.6	14189	1110

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Capacità a 50 Hz	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz	Reattanza di fase	Portata di corrente	
					In aria	Interrato
Formation	Electric resistance at 20°C	Capacities 50 Hz	Apparent resistance at 90°C and 50 Hz	Phase Reactance	Current carrying capacities	
(N° x mmq)	(Ohm/km)	(microF/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	In air (A)	In ground (A)
Tripolare / Three cores						
3x16	1,15	0.15	1,47	0,14	98	101
3x25	0.727	0.18	0.927	0.13	145	145
3x35	0.524	0.19	0.669	0.12	177	173
3x50	0.387	0.21	0.494	0.12	210	204
3x70	0.268	0.24	0.342	0.11	262	250
3x95	0.193	0.26	0.247	0.10	315	298
3x120	0.153	0.29	0.197	0.10	361	339
3x150	0.124	0.31	0.159	0.097	407	378
3x185	0.0991	0.34	0.129	0.094	470	429
3x240	0.0754	0.37	0.0990	0.090	550	500
3x300	0.0601	0.42	0.0807	0.088	630	565

U_o/U : 12/20 kV - U max : 24 kV(EX GRADO 32)

Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Diametro indicativo isolante	Diametro indicativo esterno	Peso indicativo del cavo	Raggio minimo curvatura
Conductor Number	Nominal Section	Approx conductor diameter	Approx insulation diameter	Approx external production diameter	Approx cable weight	Minimum radius bending
(N°)	(mmq)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)
Tripolare / Three cores						
3x	25	6.0	20.4	54.8	3532	720
3x	35	7.0	20.4	57.6	4050	740
3x	50	8.1	21.5	60.1	4637	770
3x	70	9.9	23.3	64.5	5652	830
3x	95	11.5	24.9	69.5	6786	880
3x	120	12.9	26.3	74.8	7791	920
3x	150	14.2	27.6	75.0	8925	970
3x	185	15.9	29.4	80.3	10428	1030
3x	240	18.3	31.8	84.0	12627	1100
3x	300	20.7	34.2	91.5	15094	1180

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Capacità a 50 Hz	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz	Reattanza di fase	Portata di corrente	
					In aria	Interrato
Formation	Electric Resistace 20°C	Capacities 50 Hz	Apparent resistance at 90°C and 50 Hz	Phase Reactance	Current carrying capacities	
(N° x mmq)	(Ohm/km)	(microF/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	In air (A)	In ground (A)
Tripolare / Three cores						
3x25	0.727	0.15	0.927	0.14	145	148
3x35	0.524	0.17	0.669	0.13	177	175
3x50	0.387	0.18	0.494	0.12	210	207
3x70	0.268	0.21	0.342	0.11	262	253
3x95	0.193	0.23	0.247	0.10	315	301
3x120	0.153	0.25	0.197	0.10	361	342
3x150	0.124	0.27	0.159	0.10	407	381
3x185	0.0991	0.29	0.129	0.098	470	431
3x240	0.0754	0.32	0.0990	0.094	550	500
3x300	0.0601	0.35	0.0807	0.092	630	562

U₀/U : 18/30 kV - U max : 36 kV(EX GRADO 47)

Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Diametro indicativo isolante	Diametro indicativo esterno	Peso indicativo del cavo	Raggio minimo curvatura
Conductor Number	Nominal Section	Approx conductor diameter	Approx insulation diameter	Approx external production diameter	Approx cable weight	Minimum radius bending
(N°)	(mmq)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)
Tripolare / Three cores						
3x	35	7.0	28.0	70.6	5910	920
3x	50	8.1	27.1	72.0	6420	940
3x	70	9.9	28.9	75.9	7500	1000
3x	95	11.5	30.5	80.1	8740	1050
3x	120	12.9	31.9	83.2	9840	1090
3x	150	14.2	33.2	86.9	11070	1140
3x	185	15.9	35.0	91.0	12730	1200
3x	240	18.3	37.4	96.3	15060	1270

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Capacità a 50 Hz	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz	Reattanza di fase	Portata di corrente	
					In aria	Interrato
Formation	Electric resistance at 20°C	Capacities 50 Hz	Apparent resistance at 90°C and 50 Hz	Phase Reactance	Current carrying capacities	
(N° x mmq)	(Ohm/km)	(microF/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	In air (A)	In ground (A)
Tripolare / Three cores						
3x35	0.524	0.14	0.669	0.14	177	174
3x50	0.387	0.15	0.494	0.13	210	205
3x70	0.268	0.16	0.342	0.13	260	250
3x95	0.193	0.18	0.247	0.12	315	300
3x120	0.153	0.19	0.197	0.12	360	340
3x150	0.124	0.20	0.159	0.11	405	380
3x185	0.0991	0.22	0.129	0.11	465	430
3x240	0.0754	0.24	0.0990	0.10	545	496

ALTA TENSIONE U₀/U : 26/45 kV - U max : 52 kV (EX GRADO 67)

Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Diametro indicativo isolante	Diametro indicativo esterno	Peso indicativo del cavo	Raggio minimo curvatura
Conductor Number	Nominal Section	Approx conductor diameter	Approx insulation diameter	Approx external production diameter	Approx cable weight	Minimum radius bending
(N°)	(mmq)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)
Tripolare / Three cores						
3x	70	9.9	33.3	86.0	9130	1160
3x	95	11.5	34.9	91.0	10450	1210
3x	120	12.9	36.5	94.3	11650	1260
3x	150	14.2	36.85	92.7	12000	1230
3x	185	15.9	38.85	97.0	13570	1290

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Capacità a 50 Hz	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz	Reattanza di fase	Portata di corrente	
					In aria	Interrato
Formation	Electric Resistace 20°C	Capacities 50 Hz	Apparent resistance at 90°C and 50 Hz	Phase Reactance	Current carrying capacities	
(N° x mmq)	(Ohm/km)	(microF/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	In air (A)	In ground (A)
Tripolare / Three cores						
3x70	0.268	0.15	0.342	0.14	255	241
3x95	0.193	0.16	0.247	0.13	308	288
3x120	0.153	0.17	0.196	0.13	353	327
3x150	0.124	0.19	0.160	0.12	398	366
3x185	0.0991	0.21	0.129	0.12	457	416

CAVI PER ENERGIA E SEGNALAZIONI ISOLATI IN HEPR DI QUALITA' G16, NON PROPAGANTI L'INCENDIO SENZA ALOGENI E A BASSO SVILUPPO DI FUMI OPACHI. In accordo al Regolamento Europeo (CPR) UE 305/11
 POWER AND CONTROL CABLES INSULATED IN G16 HIGH QUALITY HEPR NOT PROPAGATING FIRE, HALOGEN FREE AND WITH LOW EMISSION OF SMOKES, TOXIC AND CORROSIVE GASES. (CPR) UE 305/11

(Conforme alla direttiva BT 2014/35/UE - Direttiva 2011/65/EU (RoHS 2))

(Accordingly to the standards BT 2014/35/UE- 2011/65/EU (RoHS 2))

Norme di riferimento

CEI 20-13 CEI 20-38 pqa IEC 60502-1 CEI UNEL 35324 -35328-35016
 EN 50575:2014 + EN 50575/A1:2016

Standards



Conduttore flessibile di rame rosso ricotto classe 5.
 Isolamento in HEPR di qualità G16
 Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico
 Guaina termoplastica LSZH, qualità M16

Flexible conductor, class 5 copper made.
 Elastomeric mixture insulation (G16 quality).
 Not fibrous and not hygroscopic filler
 LSZH thermoplastic sheath, M16.

<i>Tensione nominale U0</i>	600 V	<i>Nominal voltage U0</i>
<i>Tensione nominale U</i>	1000 V	<i>Nominal voltage U</i>
<i>Tensione di prova</i>	4000 V	<i>Test voltage</i>
<i>Tensione massima Um</i>	1200 V	<i>Maximun voltage Um</i>
<i>Temperatura massima di esercizio</i>	90°C	<i>Maximun operating temperature</i>
<i>Temperatura massima di corto circuito per sezioni fino a 240mm²</i>	+250°C	<i>Maximun short circuit temperature for sections up to 240mm²</i>
<i>Temperatura massima di corto circuito per sezioni oltre 240mm²</i>	+220°C	<i>Maximun short circuit temperature for sections over 240mm²</i>
<i>Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)</i>	-15°C	<i>Min. operating temperature (without mechanical shocks)</i>
<i>Temperatura minima di installazione e maneggio</i>	0°C	<i>Minimum installation and use temperature</i>

Condizioni di impiego piu comuni

Cavi adatti all'alimentazione elettrica in costruzioni ed altre opere di ingegneria civile con l'obiettivo di limitare la produzione e la diffusione di fuoco e di fumo, rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR). Per trasporto di energia e trasmissione segnali in ambienti interni o esterni anche bagnati. Per posa fissa in aria libera, in tubo o canaletta, su muratura e strutture metalliche o sospesa. Nei luoghi nei quali, in caso d'incendio, le persone presenti siano esposte a gravi rischi per le emissioni di fumi, gas tossici e corrosivi e nelle quali si vogliono evitare danni alle strutture, alle apparecchiature e ai beni presenti o esposti; adatti anche per posa interrata diretta o indiretta. Per trasporto di energia e trasmissione segnali in ambienti esterni anche bagnati AD6.

Condizioni di posa

Raggio minimo di curvatura per diametro D (in mm):

Cavi energia flessibili, conduttore classe 5 = 4D

Cavi segnalazione e comandi flessibili, classe 5 = 6D

Sforzo massimo di tiro:

Durante l'installazione = 50 N/mm²

In caso di sollecitazione statica = 15 N/mm²

Imballo

Bobina con metrature da definire in fase di ordine.

Colori anime

Unipolare: Nero

Bipolare: blu-marrone

Tripolare: marrone-nero-grigio o G/V-blu-marrone

Quadrupolare: blu-marrone-nero-grigio (o G/V al posto del blu)

Pentapolare: G/V-blu-marrone-nero-grigio (senza G/V 2 neri)

Multipli per segnalazioni: neri numerati

Colori guaina

Verde

Marcatura ad inchiostro

GENERALCAVI -Cca-s1b,d1,a1- IEMMEQU EFP - anno - FG16(O)M16-0,6/1 kV - form x sez. - ordine lavoro interno - metratura progressiva

Common features

For electrical power system in constructions and other civil engineering bulginngs, in order to limit fire and smoke production and spread, in accordance with the CPR. Power and control use outdoor and indoor applications, even wet. Suitable for fixed installations at open air, in tube or canals, masonry, metals structures, overhead wire and for direct or indirect underground wiring. The most important property of this kind of cable is its protection against smokes, toxic and corrosive gases in case of fire. Power and control use outdoor applications, even wet AD6.

Employment

Minimum bending radius per D cable diameter (in mm):

Power flexible cables, class 5 = 4D

Control flexible cables, class 5 = 6D

Maximum pulling stress:

During installation = 50 N/mm²

Static stress = 15 N/mm²

Packing

Drums to agree.

Core colours

Single core: Black

Two cores: blue-brown

Three cores: brown-black-gray (or blue-brown-Y/G)

Four cores: blue-brown-black-gray (or Y/G instead blue)

Five cores: Y/G-blue-brown-black-gray (or black instead Y/G)

Multicores: black with numbers

Sheath colour

Green

Ink marking

GENERALCAVI -Cca-s1b,d1,a1- IEMMEQU EFP - year - FG16(O)M16-0,6/1 kV - form x sect. - inner work order - progressive length

FG16(O)M16 0,6/1kV

Numero conduttori <i>Cores number</i>	Sezione nominale <i>Cross section</i>	Diametro indicativo conduttore <i>Approx conductor diameter</i>	Spessore medio isolante <i>Insulation medium thickness</i>	Diametro est. MASSIMO <i>Max external production diameter</i>	Peso indicativo del cavo <i>Approx cable weight</i>	Resistenza elettrica a 20°C <i>Electric resistance at 20°C</i>	Portate di corrente	
							30°C in tubo in aria	20°C Interrato
							Current carrying capacities	
(N°)	(mm²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ohm/km)	30° In pipe (A)	20°C In ground (A)
Unipolare / Single core								
1x	10	4.4	0.7	10.9	148	1.91	66	59
1x	16	5.7	0.7	11.4	206	1.21	88	77
1x	25	6.9	0.9	13.2	295	0.78	117	100
1x	35	8.1	0.9	14.6	389	0.554	144	121
1x	50	9.8	1.0	16.4	542	0.386	175	150
1x	70	11.6	1.1	18.3	739	0.272	222	184
1x	95	13.3	1.1	20.4	964	0.206	269	217
1x	120	15.1	1.2	22.4	1189	0.161	312	259
1x	150	16.8	1.4	24.8	1484	0.129	355	287
1x	185	18.6	1.6	27.0	1780	0.106	417	323
1x	240	21.4	1.7	30.2	2319	0.0801	490	379
1x	300	23.9	1.8	33.0	2877	0.0641	-	429
1x	400*	27.5	2	37.7	3870	0.0486	-	541
Bipolare / Two cores								
2x	1.5	1.6	0.7	12.0	127	13.3	22	23
2x	2.5	2.0	0.7	13.0	158	7.98	30	30
2x	4	2.6	0.7	14.2	208	4.95	40	39
2x	6	3.4	0.7	15.4	258	3.3	51	49
2x	10	4.4	0.7	17.3	385	1.91	69	66
2x	16	5.7	0.7	19.4	565	1.21	91	86
2x	25	6.9	0.9	23.0	793	0.78	119	111
2x	35	8.1	0.9	25.7	1037	0.554	146	136
2x	50	9.8	1.0	29.3	1447	0.386	175	168
2x	70	11.6	1.1	33.1	2224	0.272	221	207
2x	95	13.3	1.1	37.4	2848	0.206	265	245
2x	120	15.1	1.2	41.5	3599	0.161	305	284
2x	150	16.8	1.4	46.1	3939	0.129	-	324
2x	185*	18.6	1.6	48.77	5943	0.106	-	380
2x	240*	21.4	1.7	57.73	6760	0.0801	-	430
Tripolare / Three cores								
3x	1.5	1.6	0.7	12.5	143	13.3	19.5	19
3x	2.5	2.0	0.7	13.6	183	7.98	26	25
3x	4	2.6	0.7	14.9	244	4.95	35	32
3x	6	3.4	0.7	16.2	314	3.3	44	41
3x	10	4.4	0.7	18.2	493	1.91	60	55
3x	16	5.7	0.7	20.6	678	1.21	80	72
3x	25	6.9	0.9	24.5	977	0.78	105	93
3x	35	8.1	0.9	27.3	1354	0.554	128	114
3x	50	9.8	1.0	31.2	1918	0.368	154	141
3x	70	11.6	1.1	35.6	2624	0.272	194	174
3x	95	13.3	1.1	40.0	3418	0.206	233	206
3x	120	15.1	1.2	44.4	4326	0.161	268	238
3x	150	16.8	1.4	49.5	5348	0.129	300	272
3x	185	18.6	1.6	55.2	6611	0.106	340	306
3x	240	21.4	1.7	61.9	8613	0.0801	398	360
3x	300	22.5	1.8	68.0	11000	0.0641	-	429
Quadrupolare / Four cores								
4x	1.5	1.6	0.7	13.4	167	13.3	19.5	19
4x	2.5	2.0	0.7	14.6	221	7.98	26	25
4x	4	2.6	0.7	16.0	293	4.95	35	32
4x	6	3.4	0.7	17.5	387	3.3	44	41
4x	10	4.4	0.7	19.8	599	1.91	60	55
4x	16	5.7	0.7	22.4	871	1.21	80	72
4x	25	6.9	0.9	26.8	1239	0.78	105	93
4x	35*	8.1	0.9	-	1805	0.554	130	114
4x	50*	9.8	1.0	-	2557	0.386	155	141
4x	70*	11.6	1.1	-	3499	0.272	194	174

Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Diametro est. MASSIMO	Peso indicativo del cavo	Resistenza elettrica a 20°C	Portate di corrente	
							30°C in tubo in aria	20°C Interrato
Cores number	Cross section	Approx conductor diameter	Insulation medium thickness	Max external production diameter	Approx cable weight	Electric resistance at 20°C	Current carrying capacities	
(N°)	(mm²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ohm/km)	30° In pipe	20°C In ground
4x	95*	13.3	1.1	-	4557	0.206	2354	206
	3x35+1x25	8.1	0.9	29.2	1589	0.554	130	114
	3x50+1x25	9.8	1.0	32.4	2116	0.386	155	141
	3x70+1x35	11.6	1.1	37.0	2975	0.272	194	174
	3x95+1x50	13.3	1.1	42.0	3971	0.206	235	206
	3x120+1x70	15.1	1.2	46.9	5219	0.161	267	238
	3x150+1x95	16.8	1.4	52.5	6511	0.129	-	272
	3x185+1x95	18.6	1.6	57.3	7669	0.106	-	306
	3x240+1x150	21.4	1.7	65.5	10279	0.0801	-	360
	3x300+1x150	22.5	1.8	70.8	12000	0.0641	-	429
Pentapolare / Five cores								
5x	1.5	1.6	0.7	14.4	197	13.3	19.5	19
5x	2.5	2.0	0.7	15.6	262	7.98	26	25
5x	4	2.6	0.7	17.3	361	4.95	35	32
5x	6	3.4	0.7	18.9	476	3.3	44	41
5x	10	4.4	0.7	21.5	756	1.91	60	56
5x	16	5.7	0.7	24.4	1119	1.21	80	72
5x	25	6.9	0.9	29.3	1597	0.78	105	93
5x	35	8.1	0.9	32.8	2175	0.554	130	114
5x	50	9.8	1.0	38.2	3053	0.386	155	141
5x	70*	11.6	1.1	44.58	4374	0.272	194	174
5x	95*	13.3	1.1	49.28	5696	0.206	235	206
5x	120*	15.1	1.2	55.06	7210	0.161	267	238
Multipli / Multicores								
7x	1.5	1.6	0.7	15.4	261	13.3	11.5	16
7x	2.5	2.0	0.7	16.8	344	7.98	15.5	21
10x	1.5	1.6	0.7	18.7	344	13.3	11.5	16
10x	2.5	2.0	0.7	20.8	463	7.98	15.5	21
12x	1.5	1.6	0.7	19.3	393	13.3	12.5	9.5
12x	2.5	2.0	0.7	21.3	537	7.98	17.5	12
16x	1.5	1.6	0.7	21.1	535	13.3	12.5	9.5
16x	2.5	2.0	0.7	23.3	738	7.98	17.5	12
19x	1.5	1.6	0.7	22.1	598	13.3	11.5	8.0
19x	2.5	2.0	0.7	24.5	831	7.98	14.0	10.5
24x	1.5	1.6	0.7	25.4	718	13.3	11.5	8.0
24x	2.5	2.0	0.7	28.3	1029	7.98	14.0	10.5

Note

Le formazioni tripolari, quadripolari e multipli possono essere richiesti anche con G/V, i pentapolari anche senza G/V. I calcoli per le portate di corrente per i cavi unipolari sono stati eseguiti per 3 cavi non distanziati, per cavi bipolari con 2 conduttori caricati e per i multipolari per 3 conduttori caricati. I diametri esterni sono indicativi di produzione e possono variare di $\pm 3\%$.

Le portate sono calcolate secondo la Unel 35026, caratteristiche di posa interrata secondo 64-8-61 (temperatura terreno=20°C; profondità=0.8m; Resistività terreno=1.5 k m/W).

Le sezioni contrassegnate con (*) con compaiono nelle tabelle UNEL, non soggette al marchio IMQ EFP, ma sono conformi Regolamento Europeo (CPR) UE 305/11

Note

Three, four, five and multicores cables can be produced also with Y/G core. Current carrying capacities for single core cables are calculated on 3 close cables, for two core cables with two charged conductors and for three core cables with three charged conductors. . Outer diameters are approximates and they can have variations of max +/- 3%.

Current Carrying capacities according to UNEL 35026 with underground laying standard CEI 64-8-61 (ground temp=20°C, depth=0.8m, ground resistivity=1.5 k m/W.).

The sections marked with (*) appear in the UNEL tables, not subject to the IMQ EFP mark, but comply with EU Regulation 305/11 (CPR)

DATI TECNICI - RAME
TECHNICAL DATA - COPPER

3P + PE - 3P + N + PE

Grado di protezione Protection Degree IP	IP	55	55	55	55	55
Intensità nominale Rated Current	I_n (A)	350	450	700	900	1000
Sezione conduttori di fase Phase cross section	S_F (mmq)	156	219	300	450	600
Sezione conduttori di neutro Neutral cross section	S_N (mmq)	156	219	300	450	600
Sezione conduttore di protezione (mmq Fe) Protective conductor cross section	S_{PE}	500	500	650	770	845
Sezione conduttore di protezione (mmq Cu) Protective conductor cross section	S_{PE}	52	52	67,2	80,1	88
Tensione nominale di isolamento Insulation rated voltage	U_i (V)	1000	1000	1000	1000	1000
Tensione di prova dielettrica in c.a. Dielectric test voltage	V_{eff} (V)	3500	3500	3500	3500	3500
Corrente nominale ammissibile di breve durata trifase Short-circuit rated current (short-time) 3P	I_{CW} 1s (KA)*	25	25	30	35	35
Corrente nominale ammissibile di breve durata fase-N Short-circuit rated current (short-time) P-N	I_{CW} 1s (KA)*	15	15	18	21	21
Corrente nominale ammissibile di breve durata fase-PE Short-circuit rated current (short-time) P-PE	I_{CW} 1s (KA)*	15	15	18	21	21
Corrente nominale di picco ammissibile trifase Short-circuit rated current (peak) 3P	I_{pk} (KA)**	51	51	61	71	71
Corrente nominale di picco ammissibile fase-N Short-circuit rated current (peak) P-N	I_{pk} (KA)**	31	31	37	43	43
Corrente nominale di picco ammissibile fase-PE Short-circuit rated current (peak) P-PE	I_{pk} (KA)**	31	31	37	43	43
Energia specifica passante amm. di breve durata trifase (1s) [A ² s]* 10 ⁶ Specific energy (short-time) 3P (1s)	[A ² s]* 10 ⁶	625	625	900	1225	1225
Energia specifica passante amm. di breve durata - N(1s) [A ² s]* 10 ⁶ Specific energy (short-time) P-N (1s)	[A ² s]* 10 ⁶	375	375	540	735	735
Energia specifica passante amm. di breve durata - PE (1s) [A ² s]* 10 ⁶ Specific energy (short-time) P-PE (1s)	[A ² s]* 10 ⁶	375	375	540	735	735
Resistenza di fase (mΩ/100m) (1) Phase resistance	r_F	11,9	8,4	6,0	4,0	3,0
Resistenza di fase (mΩ/100m) (2) Phase resistance	r_F	15,4	10,9	8,2	5,4	4,1
Reattanza di fase (mΩ/100m) Phase reactance	x_F	17,4	17,4	13,4	10,6	8,4
Impedenza di fase (mΩ/100m) Phase impedance	z_F	23,5	20,5	16,2	12,3	9,35
Resistenza spira di guasto fase-N Fault loop resistance	(mΩ/100m)	40,2	21,8	19,4	10,8	6,0
Reattanza spira di guasto fase-N Fault loop reactance	(mΩ/100m)	20,9	20,9	16,1	12,7	10,0
Impedenza spira di guasto fase-N Fault loop impedance	(mΩ/100m)	45,3	30,2	25,2	16,7	11,7
Resistenza spira di guasto (mΩ/100m)*** Fault loop resistance P-N	r_{sp}	46	42	32	28	24,5
Reattanza spira di guasto (mΩ/100m)*** Fault loop reactance P-N	x_{sp}	67	66	53	46	40
Impedenza spira di guasto (mΩ/100m)*** Fault loop impedance P-N	z_{sp}	<84	<81	<65	<56	<46,9
Massa (Kg/m) Mass	3F + PE	9,2	10,9	14,7	19,0	23,3
Massa (Kg/m) Mass	3F + N + PE	10,0	12,8	16,7	23,0	29,3

- * Valore efficace della componente simmetrica
- ** Valore di picco del primo semiperiodo
- *** Indicano i valori di resistenza, reattanza ed impedenza di spira di guasto fase-PE di una linea Blindosbarra di lunghezza = 100 m (spira di guasto di lunghezza = 200 m).
- (1) Valore misurato in corrente continua a regime termico raggiunto con la corrente nominale
- (2) Valore misurato a 50 Hz a regime termico raggiunto con la corrente nominale

- * R.m.s. value
- ** Peak (first half-period)
- *** Values of resistance, reactance and impedance of a fault loop phase-PE in a Blindosbarra run of 100 meters (which means that the fault loop is 200 meters long).
- (1) Value measured in direct current after reaching thermal balance at rated current
- (2) Value measured at 50 Hz after reaching thermal balance at rated current

DATI TECNICI - ALLUMINIO

TECHNICAL DATA - ALUMINIUM

3P + PE - 3P + N + PE

Grado di protezione Protection Degree IP	IP	55	55	55	55	55	55	55
Intensità nominale Rated Current	I_n (A)	250	320	400	500	630	800	1000
Sezione conduttori di fase Phase cross section	S_F (mm ²)	156	238	300	350	525	700	839
Sezione conduttori di neutro Neutral cross section	S_N (mm ²)	156	238	300	350	525	700	839
Sezione conduttore di protezione (mm ² Fe) Protective conductor cross section	S_{PE}	500	500	650	650	770	845	1099
Sezione conduttore di protezione (mm ² Cu) Protective conductor cross section	S_{PE}	52	52	67,6	67,6	80,1	88	138
Tensione nominale di isolamento Insulation rated voltage	U_i (V)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Tensione di prova dielettrica in c.a. Dielectric test voltage	V_{eff} (V)	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
Corrente nominale ammissibile di breve durata trifase Short-circuit rated current (short-time) 3P	I_{CW} 1s (KA)*	25	25	30	30	35	35	35
Corrente nominale ammissibile di breve durata fase-N Short-circuit rated current (short-time) P-N	I_{CW} 1s (KA)*	15	15	18	18	21	21	21
Corrente nominale ammissibile di breve durata fase-PE Short-circuit rated current (short-time) P-PE	I_{CW} 1s (KA)*	15	15	18	18	21	21	21
Corrente nominale di picco ammissibile trifase Short-circuit rated current (peak) 3P	I_{pk} (KA)**	51	51	61	61	71	71	71
Corrente nominale di picco ammissibile fase-N Short-circuit rated current (peak) P-N	I_{pk} (KA)**	31	31	37	37	43	43	43
Corrente nominale di picco ammissibile fase-PE Short-circuit rated current (peak) P-PE	I_{pk} (KA)**	31	31	37	37	43	43	43
Energia specifica passante amm. di breve durata trifase (1s) [A ² s]* 10 ⁶ Specific energy (short-time) 3P (1s)		625	625	900	900	1225	1225	1225
Energia specifica passante amm. di breve durata - N(1s) [A ² s]* 10 ⁶ Specific energy (short-time) P-N (1s)		375	375	540	540	735	735	441
Energia specifica passante amm. di breve durata - PE (1s) [A ² s]* 10 ⁶ Specific energy (short-time) P-PE (1s)		375	375	540	540	735	735	441
Resistenza di fase (mΩ/100m) (1) Phase resistance	r_F	20,6	16,2	10,7	9,3	6,0	4,5	4,7
Resistenza di fase (mΩ/100m) (2) Phase resistance	r_F	27,0	18,2	13,6	11,6	8,2	6,15	4,1
Reattanza di fase (mΩ/100m) Phase reactance	x_F	17,4	17,4	13,4	13,4	10,5	8,22	7,5
Impedenza di fase (mΩ/100m) Phase impedance	z_F	32,3	25,2	19,5	17,7	13,6	10,3	8,5
Resistenza spira di guasto fase-N Fault loop resistance	(mΩ/100m)	54,0	36,4	27,2	23,2	16,4	12,3	9,4
Reattanza spira di guasto fase-N Fault loop reactance	(mΩ/100m)	20,9	20,9	16,1	16,1	12,6	9,86	9,0
Impedenza spira di guasto fase-N Fault loop impedance	(mΩ/100m)	57,9	42,0	31,6	28,2	20,7	15,8	13,0
Resistenza spira di guasto (mΩ/100m)*** Fault loop resistance P-N	r_{sp}	54	50	36	33	30	27	2,4
Reattanza spira di guasto (mΩ/100m)*** Fault loop reactance P-N	x_{sp}	76	72	56	53	48	43	3,8
Impedenza spira di guasto (mΩ/100m)*** Fault loop impedance P-N	z_{sp}	<97	<91	<70	<63	<59	<51	<4,49
Massa (Kg/m) Mass	3F + PE	6,3	6,9	8,7	9,5	11,2	12,9	-
Massa (Kg/m) Mass	3F + N + PE	6,7	7,6	9,5	10,4	12,6	14,8	16,9

* Valore efficace della componente simmetrica

** Valore di picco del primo semiperiodo

*** Indicano i valori di resistenza, reattanza ed impedenza di spira di guasto fase-PE di una linea Blindosbarra di lunghezza = 100 m (spira di guasto di lunghezza = 200 m).

(1) Valore misurato in corrente continua a regime termico raggiunto con la corrente nominale

(2) Valore misurato a 50 Hz a regime termico raggiunto con la corrente nominale

* R.m.s. value

** Peak (first half-period)

*** Values of resistance, reactance and impedance of a fault loop phase-PE in a Blindosbarra run of 100 meters (which means that the fault loop is 200 meters long).

(1) Value measured in direct current after reaching thermal balance at rated current

(2) Value measured at 50 Hz after reaching thermal balance at rated current

Passerella asolata M0 082

Coperchio con Cerniere e Fermagli

Predisposta per la treccia di messa a terra e corda di sicurezza



Dimensione		Spessore	Peso	Dati Tecnici			Codice	
b	H			[mm]	[Kg/m]	L		N°Cerniere
50	50	01	1,20	2,23	2000	2	2	M0 082 0505
75	75	01	1,20	3,28	2000	2	2	M0 082 0707
100	100	01	1,20	4,20	2000	2	2	M0 082 1010
100	100	20	2,00	7,09	2000	2	2	M0 082 1010
150	100	01	1,50	6,42	2000	2	2	M0 082 1015
150	100	20	2,00	8,62	2000	2	2	M0 082 1015
200	100	01	1,50	7,56	2000	3	3	M0 082 1020
200	100	20	2,00	10,13	2000	3	3	M0 082 1020
300	100	01	1,50	9,81	2000	3	3	M0 082 1030
300	100	20	2,00	13,13	2000	3	3	M0 082 1030
400	100	20	2,00	16,11	2000	3	3	M0 082 1040
500	100	20	2,00	19,10	2000	3	3	M0 082 1050
600	100	20	2,00	22,09	2000	3	3	M0 082 1060
300	150	20	2,00	14,72	2000	3	3	M0 082 1530
400	150	20	2,00	17,72	2000	3	3	M0 082 1540

Passerella asolata M0 082

Coperchio con Cerniere e Fermagli

Predisposta per la treccia di messa a terra e corda di sicurezza

Certificazioni



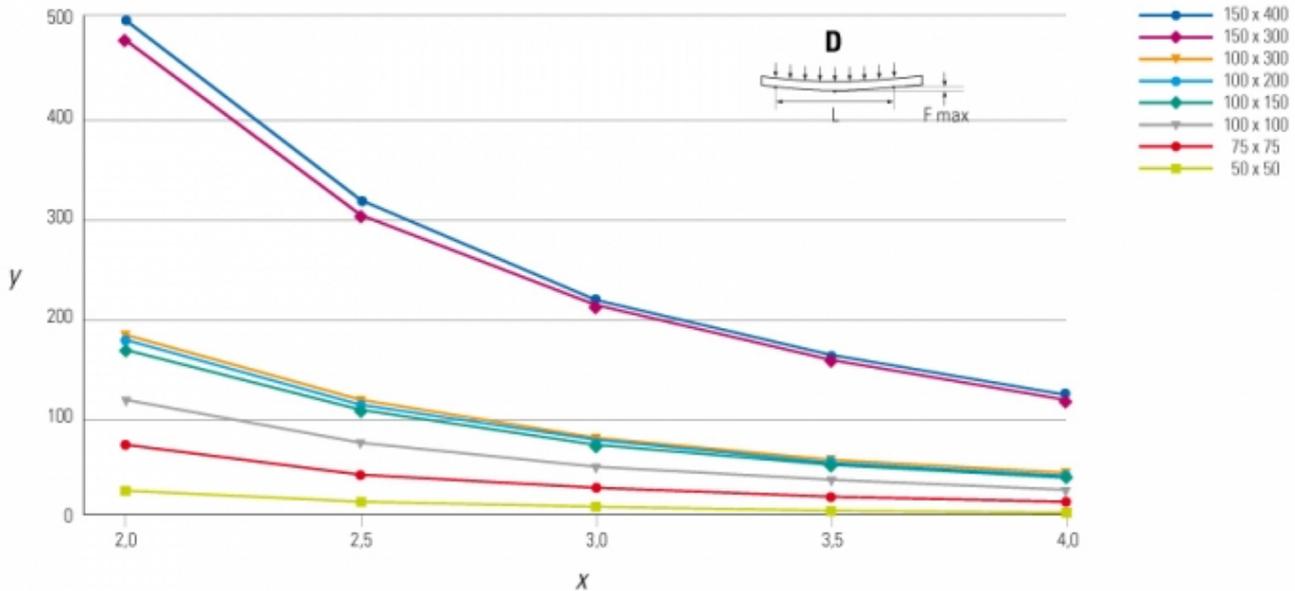
Legenda Trattamenti

	Zincato Sendzimir
	Calpestabile 20/10

Passerella asolata MO 082

Coperchio con Cerniere e Fermagli
 Predisposta per la treccia di messa a terra e corda di sicurezza

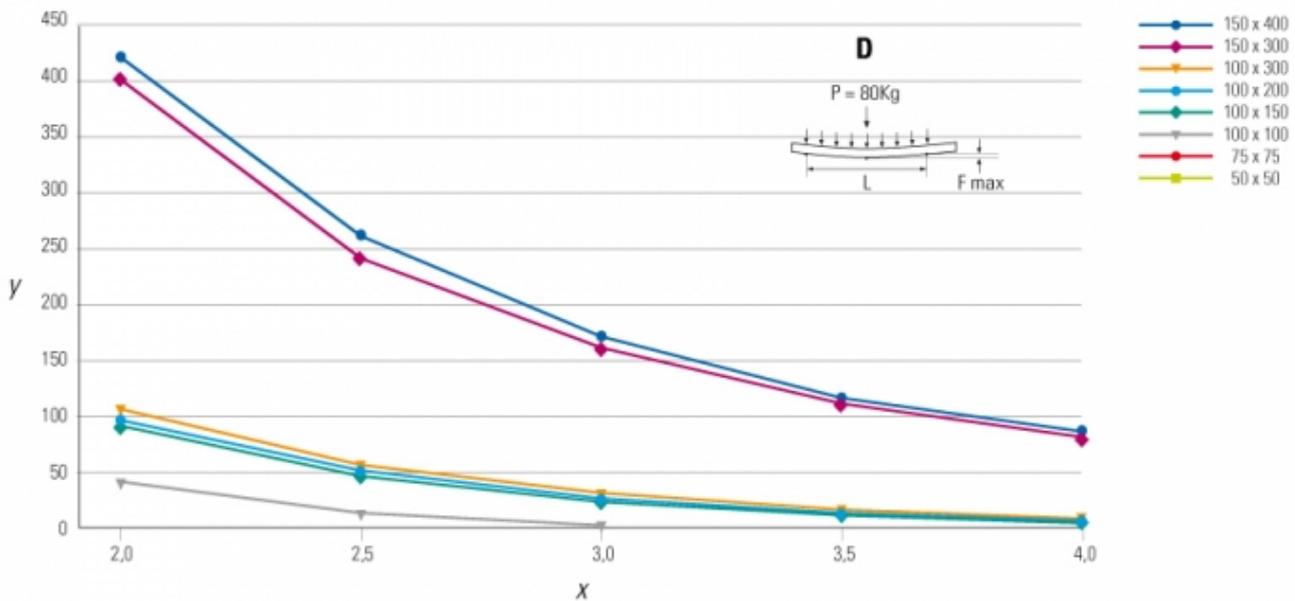
Diagramma di carico



y= Carico Massimo (Kg/m)

x= Distanza appoggi (m)

D= Carico uniforme



Passerella asolata M0 082

Coperchio con Cerniere e Fermagli
Predisposta per la treccia di messa a terra e corda di sicurezza

y= Carico Massimo (Kg/m)

x= Distanza appoggi (m)

D= Carico uniforme + Carico Concentrato 80Kg

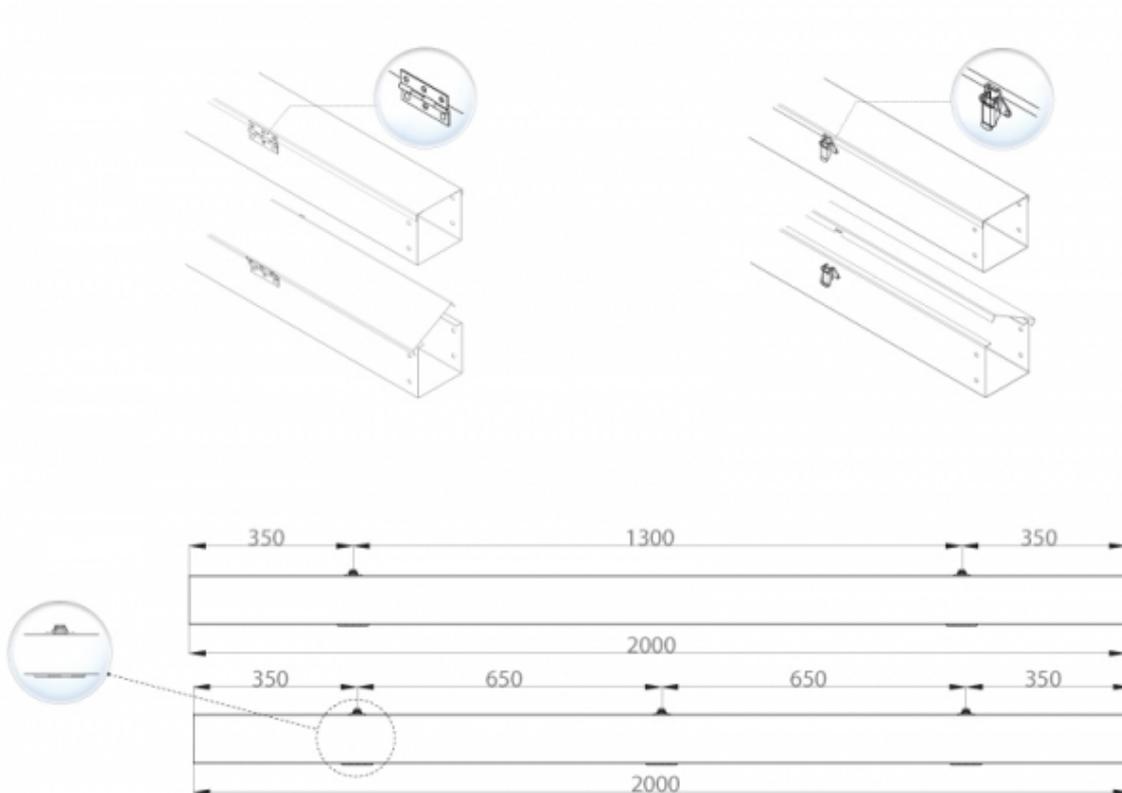
Passerella asolata M0 082

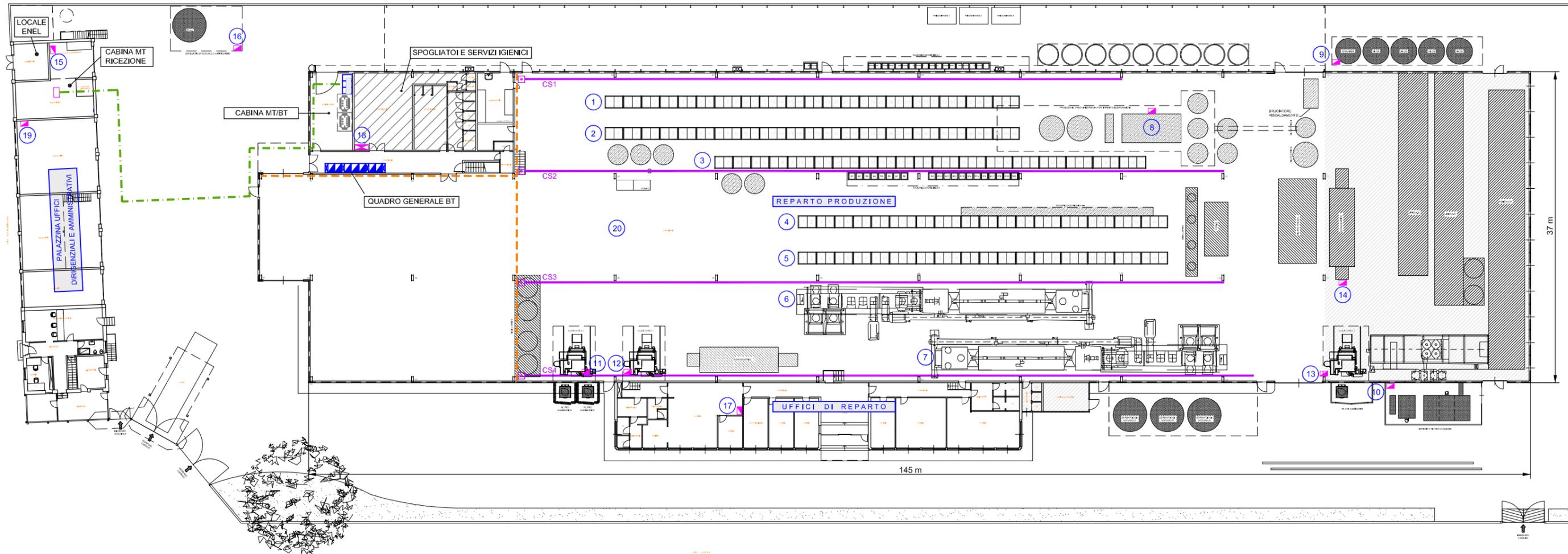
Coperchio con Cerniere e Fermagli

Predisposta per la treccia di messa a terra e corda di sicurezza

Applicazioni

Il nostro sistema "ZM" prevede la possibilità di incernierare i coperchi, permettendo una ispezione frequente senza asportare il coperchio. In contrapposizione alle cerniere, il sistema prevede il fermaglio (cod. M0 480).





LEGENDA	
RIF.	DESCRIZIONE
	Quadro elettrico
	Cunicolo cavi MT
	Condotto sbarre (CS)
	Canalina asolata linee di distribuzione primaria

Tema n. 6

Si vuole studiare un processo industriale di essiccazione della carta prodotta in uno stabilimento industriale con capacità di 180,000 t/anno. Per i calcoli, si assuma un numero di ore di funzionamento annue pari a 5,000.

L'essiccazione consiste in un processo a cascata in cui il nastro di carta viene trascinato da una serie di rulli cilindrici rotanti e asciugato nel contempo dall'azione del vapore immesso all'interno degli stessi e dall'aria calda che lambisce il nastro di carta esternamente ai cilindri rimuovendo l'acqua in eccesso.

Il processo di asciugatura è schematizzato in Figura 1, in cui sono indicate le tre sezioni A, B e C che raggruppano i rulli sulla base della pressione di impiego del vapore di alimento. In particolare, il processo di asciugatura avviene mediante fornitura di fluidi di processo nelle seguenti modalità:

- Attraverso un generatore di vapore alimentato a metano che produce vapore saturo secco alla pressione di 15 bar diretto alla sezione C. I rulli della sezione B vengono alimentati dal vapore prodotto in caldaia dopo esser stato laminato alla pressione di 5 bar in aggiunta al vapore risultante dalla laminazione della condensa in uscita dalla sezione C fino a 5 bar. In cascata, la sezione a bassa pressione A, viene alimentata esclusivamente utilizzando vapore risultante dalla laminazione della condensa in uscita dalla sezione B fino alla pressione di 1 bar.

Tutti i flussi di acqua in uscita dalla sezione di asciugatura vengono condensati e riportati al generatore di vapore assumendo condizioni di liquido saturo alla pressione di 0.8 bar.

- Attraverso un generatore termico alimentato a metano che produce aria calda fino alla temperatura di 100°C dalle condizioni di immissione di 15°C e umidità relativa del 60%. La portata d'aria calda alimenta le tre sezioni del processo di asciugatura con 5 kg per kg di carta prodotta, 2,5 kg/kg e 4 kg/kg rispettivamente per le sezioni A, B e C. Si trascurino le cadute di pressione e le perdite d'aria all'esterno e si assuma che le portate siano estratte alle temperature rispettivamente di 65°C, 80°C e 85°C per le sezioni A, B e C con uguale valore di umidità relativa pari al 35%.

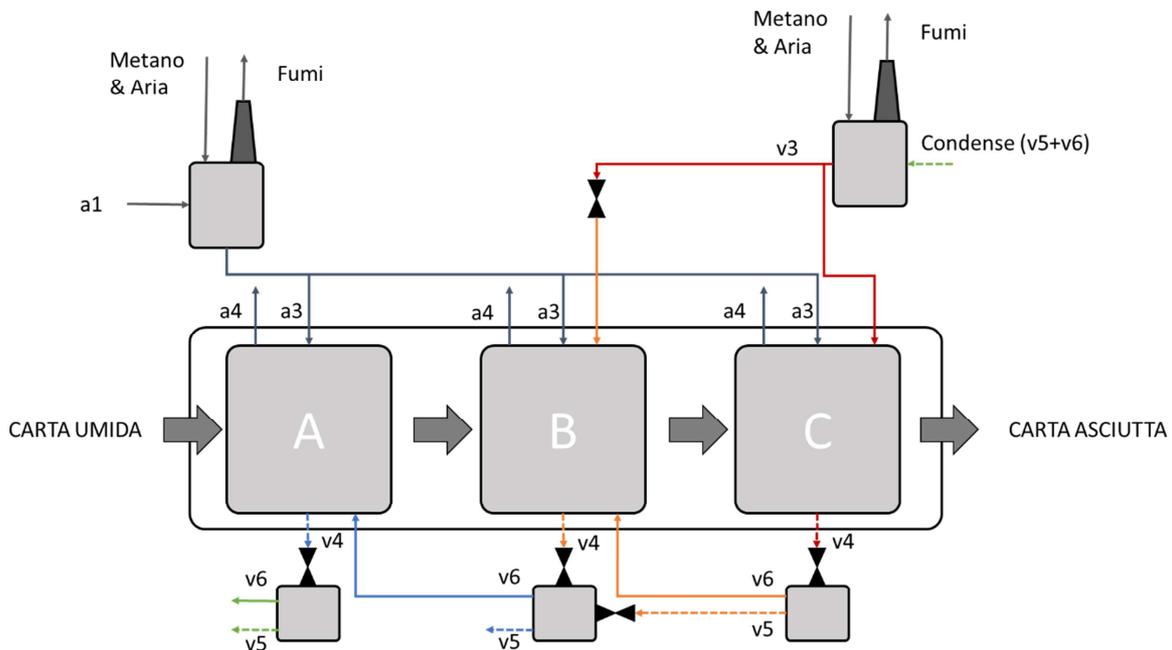


Figura 1. Schema processo

(segue)

In tali condizioni si calcoli:

- la frazione in massa di acqua contenuta nella carta all'uscita della fase di asciugatura sapendo che all'ingresso essa ha un valore del 55%.
- la portata di vapore che alimenta rispettivamente le sezioni A, B, e C se all'uscita del generatore di vapore la portata laminata è la metà di quella immessa nella sezione C dell'asciugatore a 15 bar e la portata totale di vapore è 15 kg/s.
- la portata di metano al generatore di vapore e al generatore termico per il riscaldamento dell'aria assumendo opportuni valori del rendimento di conversione e del potere calorifico del combustibile.
- Le emissioni di CO₂ prodotte complessivamente in un anno per la produzione dei fluidi termovettori ipotizzando un opportuno fattore di emissione del metano.

Al fine di incrementare l'efficienza del processo e ridurre le emissioni di anidride carbonica, si studino e comparino le due seguenti soluzioni:

Soluzione 1

Si consideri il recupero di calore all'interno del processo di asciugatura in cui l'aria in uscita dalle sezioni A, B e C venga miscelata e successivamente raffreddata per il pre-riscaldamento dell'aria di processo da inviare in seccheria secondo le condizioni individuate nello schema di base. Il flusso d'aria in uscita dalla seccheria può essere raffreddato fino alla formazione di condensa. Si calcoli il flusso termico recuperato e quello che deve essere fornito dall'esterno, si valuti la riduzione delle emissioni di CO₂ con riferimento al caso base. In particolare, nell'ipotesi di considerare uno scambiatore in configurazione controcorrente, si calcoli la superficie di scambio termico ipotizzando un opportuno coefficiente globale di scambio termico.

Soluzione 2

Nell'ipotesi di elettrificare il processo di fornitura dell'energia termica per il riscaldamento dell'aria da inviare in seccheria, si consideri la possibilità di installare una pompa di calore ad alta temperatura che recuperi il calore dai fluidi all'uscita delle tre sezioni di asciugatura A, B e C e ne innalzi il livello termico a valori compatibili a quelli di processo. Si assuma che l'aria in uscita dalle sezioni A, B e C venga miscelata prima di essere utilizzata come sorgente termica all'evaporatore della pompa di calore. Si studino due possibili soluzioni che contemplino l'utilizzo di R114 e R718 (pompa di calore a vapor d'acqua) come fluidi frigoriferi di processo le cui proprietà termodinamiche sono descritte rispettivamente dai diagrammi riportati in Figura 2 e 3. Si assuma un opportuno intervallo di lavoro dei fluidi frigoriferi che sia compatibile con i livelli termici di processo. Si assumano condizioni di saturazione dei fluidi all'uscita dell'evaporatore e del condensatore. Il candidato assuma ogni altro valore necessario allo svolgimento del calcolo se non esplicitamente indicato nel testo.

Nelle condizioni di impiego dei due diversi fluidi frigoriferi, il candidato:

- Scelga una soluzione impiantistica opportuna in rapporto all'utenza termica oggetto di studio e alla caratteristiche dei fluidi frigoriferi;
- Dimensione la pompa di calore calcolando la potenza meccanica fornita al compressore e il coefficiente di prestazione della macchina;
- Commenti le soluzioni impiantistiche implementate e gli aspetti ambientali derivanti dall'utilizzo dei due fluidi frigoriferi;
- Valuti la riduzione delle emissioni di CO₂ con riferimento al caso base nei due casi in cui il fattore di emissione della generazione elettrica nazionale sia il 30% e il 60% in meno rispetto ai livelli odierni.

Commentare l'opportunità di introdurre pompe di calore ad alta temperatura in ambito industriale sulla base delle recenti innovazioni del mercato dell'energia elettrica che favoriscono la flessibilità dei consumi nell'ottica della domanda attiva.

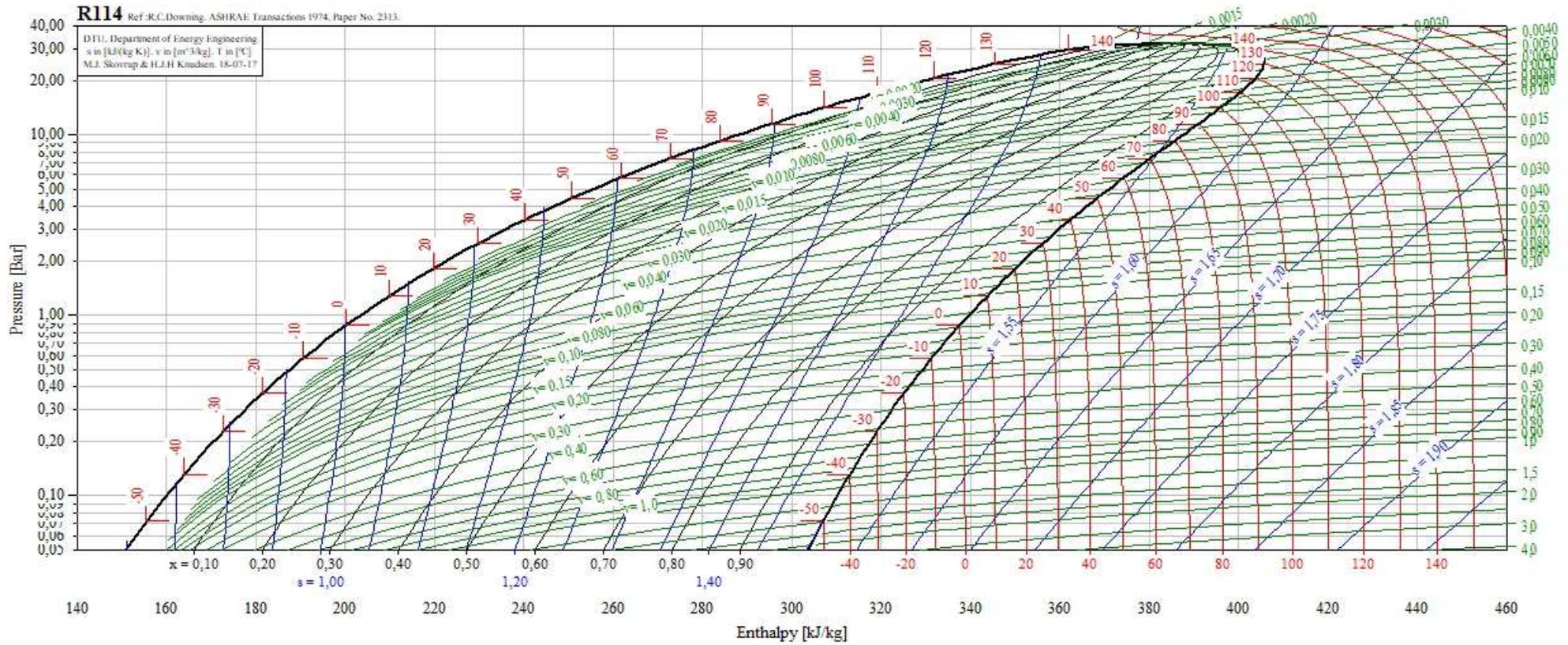


Figura 2. Diagramma termodinamico R114.

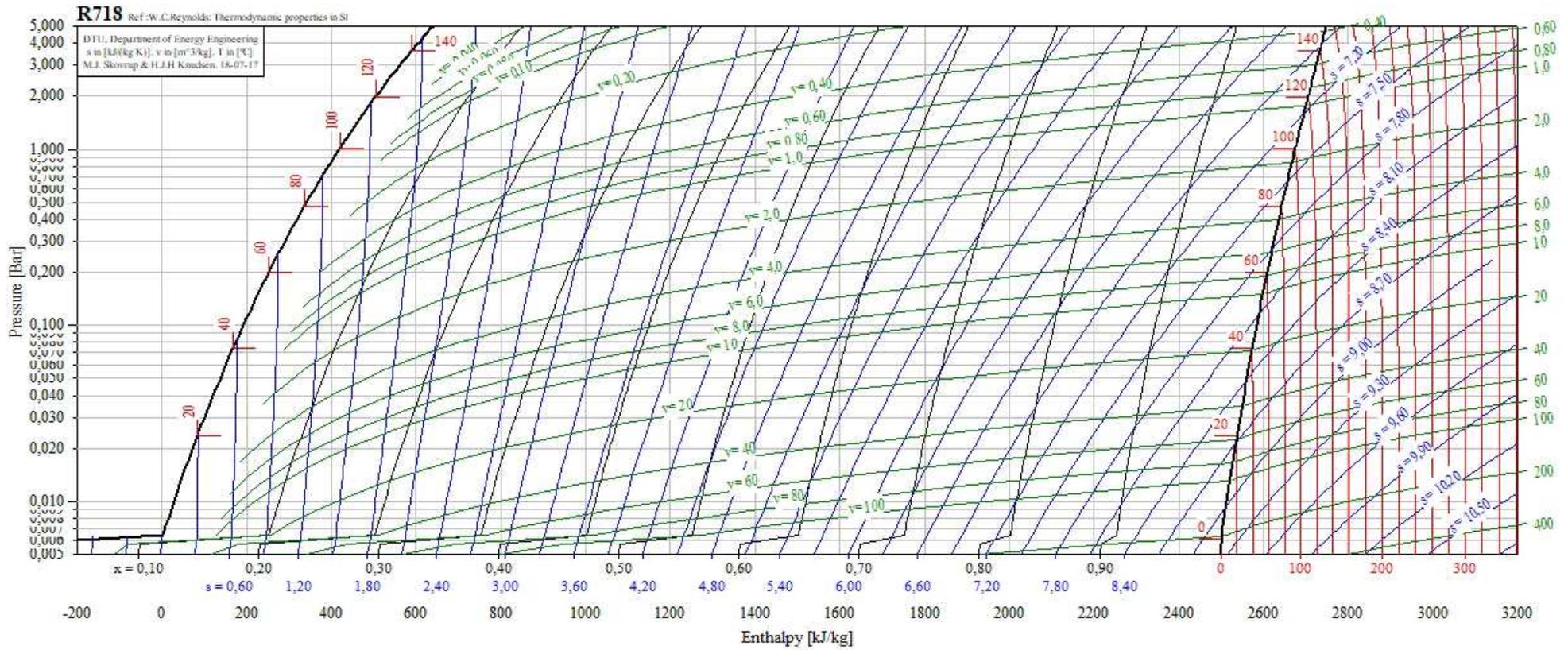
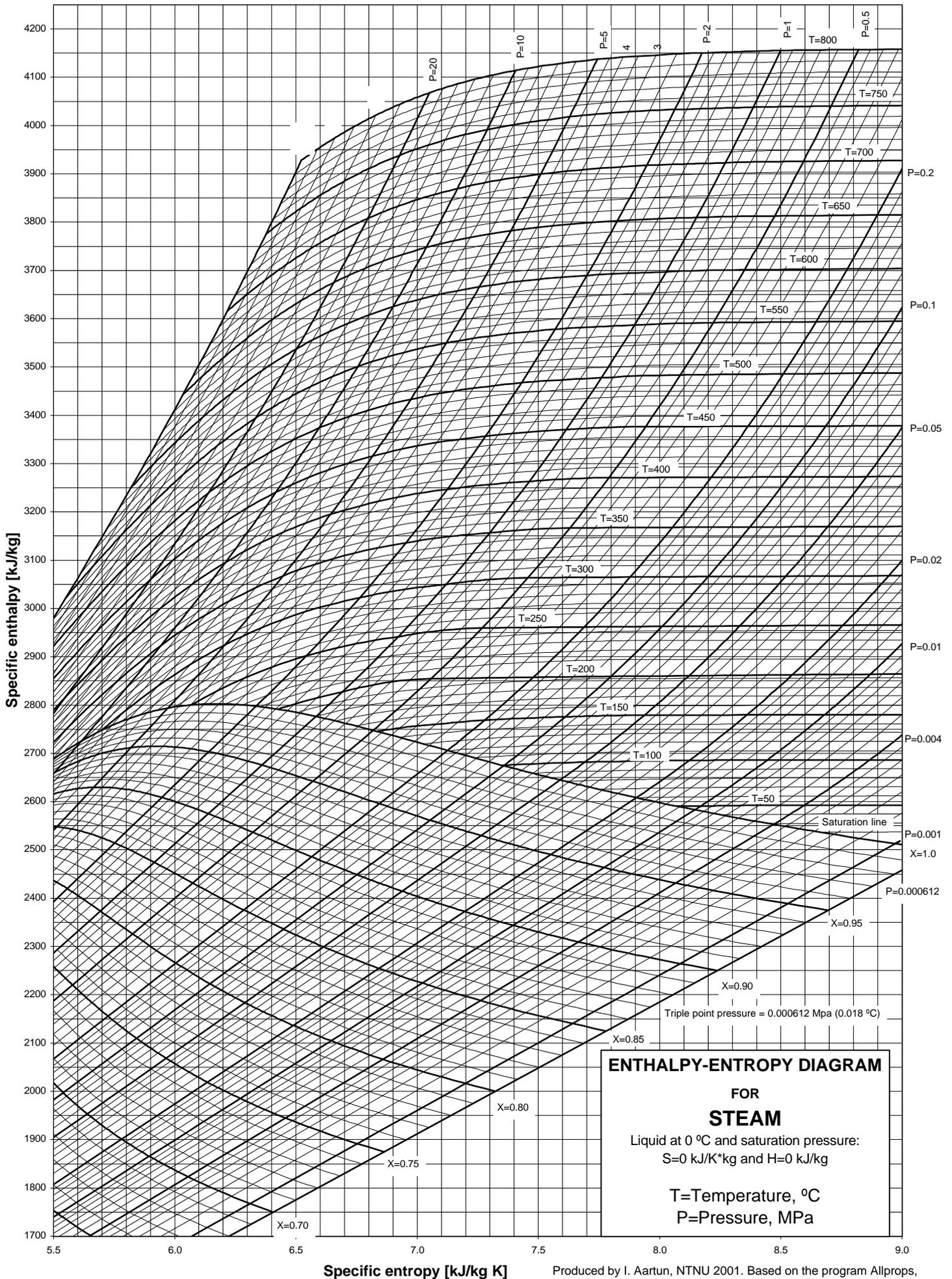


Figura 3. Diagramma termodinamico R718.



Specific enthalpy [kJ/kg]

Produced by I. Aartun, NTNU 2001. Based on the program Allprops, Center for Applied Thermodynamic Studies, University of Idaho.

Tabelle di saturazione per l'acqua

T	p	v _L	v _v	h _L	h _v	s _L	s _v
°C	bar	dm ³ /kg	m ³ /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/(kg K)	kJ/(kg K)
0.01	0.0061	1.0002	205.99	0.0006	2500.5	0	9.1541
1	0.0066	1.0002	192.44	4.1832	2502.4	0.0153	9.1277
2	0.0071	1.0001	179.76	8.4010	2504.2	0.0306	9.1013
3	0.0076	1.0001	168.02	12.613	2506.0	0.0459	9.0752
4	0.0081	1.0001	157.13	16.819	2507.9	0.0611	9.0492
5	0.0087	1.0001	147.02	21.021	2509.7	0.0763	9.0236
6	0.0094	1.0001	137.65	25.220	2511.5	0.0913	8.9981
7	0.0100	1.0001	128.94	29.415	2513.4	0.1063	8.9729
8	0.0107	1.0002	120.85	33.608	2515.2	0.1213	8.9479
9	0.0115	1.0002	113.32	37.799	2517.1	0.1361	8.9232
10	0.0123	1.0003	106.32	41.988	2518.9	0.1510	8.8986
11	0.0131	1.0004	99.808	46.175	2520.7	0.1657	8.8743
12	0.0140	1.0005	93.740	50.362	2522.6	0.1804	8.8502
13	0.0150	1.0006	88.086	54.547	2524.4	0.1951	8.8263
14	0.0160	1.0008	82.814	58.732	2526.2	0.2097	8.8027
15	0.0171	1.0009	77.897	62.917	2528.0	0.2242	8.7792
16	0.0182	1.0011	73.308	67.101	2529.9	0.2387	8.7560
17	0.0194	1.0012	69.023	71.285	2531.7	0.2532	8.7330
18	0.0206	1.0014	65.019	75.468	2533.5	0.2676	8.7101
19	0.0220	1.0016	61.277	79.652	2535.3	0.2819	8.6875
20	0.0234	1.0018	57.778	83.835	2537.2	0.2962	8.6651
21	0.0249	1.0020	54.503	88.019	2539.0	0.3105	8.6428
22	0.0265	1.0023	51.438	92.202	2540.8	0.3247	8.6208
23	0.0281	1.0025	48.568	96.386	2542.6	0.3388	8.5990
24	0.0299	1.0027	45.878	100.57	2544.5	0.3529	8.5773
25	0.0317	1.0030	43.357	104.75	2546.3	0.3670	8.5558
26	0.0336	1.0033	40.992	108.94	2548.1	0.3810	8.5346
27	0.0357	1.0035	38.773	113.12	2549.9	0.3949	8.5135
28	0.0378	1.0038	36.690	117.30	2551.7	0.4088	8.4926
29	0.0401	1.0041	34.734	121.49	2553.5	0.4227	8.4718
30	0.0425	1.0044	32.896	125.67	2555.3	0.4365	8.4513
31	0.0450	1.0047	31.168	129.85	2557.1	0.4503	8.4309
32	0.0476	1.0050	29.543	134.04	2559.0	0.4640	8.4107
33	0.0503	1.0054	28.014	138.22	2560.8	0.4777	8.3906
34	0.0532	1.0057	26.575	142.40	2562.6	0.4914	8.3708
35	0.0563	1.0061	25.220	146.59	2564.4	0.5050	8.3511
36	0.0595	1.0064	23.944	150.77	2566.2	0.5185	8.3316
37	0.0628	1.0068	22.741	154.95	2568.0	0.5320	8.3122
38	0.0663	1.0071	21.607	159.14	2569.8	0.5455	8.2930

Tabelle di saturazione per l'acqua

T	p	v _L	v _v	h _L	h _v	s _L	s _v
°C	bar	dm ³ /kg	m ³ /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/(kg K)	kJ/(kg K)
39	0.0700	1.0075	20.538	163.32	2571.6	0.5589	8.2739
40	0.0738	1.0079	19.528	167.50	2573.4	0.5723	8.2550
41	0.0778	1.0083	18.576	171.69	2575.2	0.5856	8.2363
42	0.0821	1.0087	17.676	175.87	2576.9	0.5989	8.2177
43	0.0865	1.0091	16.826	180.05	2578.7	0.6122	8.1993
44	0.0911	1.0095	16.023	184.23	2580.5	0.6254	8.1810
45	0.0959	1.0099	15.263	188.42	2582.3	0.6385	8.1629
46	0.1009	1.0104	14.545	192.60	2584.1	0.6517	8.1450
47	0.1062	1.0108	13.866	196.78	2585.9	0.6647	8.1271
48	0.1117	1.0112	13.222	200.96	2587.6	0.6778	8.1094
49	0.1175	1.0117	12.613	205.14	2589.4	0.6908	8.0919
50	0.1234	1.0122	12.037	209.33	2591.2	0.7037	8.0745
51	0.1297	1.0126	11.490	213.51	2593.0	0.7167	8.0573
52	0.1362	1.0131	10.972	217.69	2594.7	0.7295	8.0401
53	0.1430	1.0136	10.481	221.87	2596.5	0.7424	8.0232
54	0.1501	1.0141	10.015	226.06	2598.3	0.7552	8.0063
55	0.1575	1.0146	9.5726	230.24	2600.0	0.7679	7.9896
56	0.1652	1.0151	9.1529	234.42	2601.8	0.7807	7.9730
57	0.1732	1.0156	8.7544	238.60	2603.5	0.7934	7.9566
58	0.1816	1.0161	8.3759	242.79	2605.3	0.8060	7.9402
59	0.1903	1.0166	8.0162	246.97	2607.0	0.8186	7.9241
60	0.1993	1.0171	7.6743	251.15	2608.8	0.8312	7.9080
61	0.2087	1.0177	7.3493	255.34	2610.5	0.8437	7.8920
62	0.2185	1.0182	7.0401	259.52	2612.3	0.8562	7.8762
63	0.2287	1.0188	6.7460	263.71	2614.0	0.8687	7.8605
64	0.2393	1.0193	6.4661	267.89	2615.8	0.8811	7.8450
65	0.2502	1.0199	6.1996	272.08	2617.5	0.8935	7.8295
66	0.2616	1.0204	5.9458	276.26	2619.2	0.9059	7.8142
67	0.2735	1.0210	5.7040	280.45	2620.9	0.9182	7.7990
68	0.2858	1.0216	5.4736	284.63	2622.7	0.9305	7.7838
69	0.2985	1.0222	5.2540	288.82	2624.4	0.9427	7.7689
70	0.3118	1.0228	5.0447	293.01	2626.1	0.9549	7.7540
71	0.3255	1.0234	4.8449	297.20	2627.8	0.9671	7.7392
72	0.3397	1.0240	4.6544	301.39	2629.5	0.9793	7.7246
73	0.3545	1.0246	4.4726	305.58	2631.2	0.9914	7.7100
74	0.3698	1.0252	4.2990	309.77	2632.9	1.0035	7.6956
75	0.3856	1.0258	4.1333	313.96	2634.6	1.0155	7.6813
76	0.4021	1.0264	3.9750	318.15	2636.3	1.0275	7.6670
77	0.4191	1.0271	3.8237	322.34	2638.0	1.0395	7.6529

Tabelle di saturazione per l'acqua

T °C	p bar	v _L dm ³ /kg	v _v m ³ /kg	h _L kJ/kg	h _v kJ/kg	s _L kJ/(kg K)	s _v kJ/(kg K)
78	0.4367	1.0277	3.6791	326.54	2639.7	1.0515	7.6389
79	0.4549	1.0284	3.5410	330.73	2641.4	1.0634	7.6250
80	0.4737	1.0290	3.4088	334.93	2643.1	1.0753	7.6112
81	0.4932	1.0297	3.2824	339.12	2644.7	1.0872	7.5975
82	0.5134	1.0304	3.1615	343.32	2646.4	1.0990	7.5838
83	0.5343	1.0310	3.0458	347.52	2648.1	1.1108	7.5703
84	0.5559	1.0317	2.9350	351.72	2649.7	1.1226	7.5569
85	0.5782	1.0324	2.8289	355.92	2651.4	1.1343	7.5436
86	0.6012	1.0331	2.7273	360.12	2653.1	1.1460	7.5304
87	0.6250	1.0338	2.6300	364.32	2654.7	1.1577	7.5172
88	0.6496	1.0345	2.5368	368.52	2656.4	1.1693	7.5042
89	0.6750	1.0352	2.4474	372.73	2658.0	1.1809	7.4912
90	0.7012	1.0359	2.3617	376.93	2659.6	1.1925	7.4784
91	0.7282	1.0366	2.2795	381.14	2661.3	1.2041	7.4656
92	0.7561	1.0374	2.2007	385.35	2662.9	1.2156	7.4529
93	0.7850	1.0381	2.1250	389.56	2664.5	1.2271	7.4403
94	0.8147	1.0388	2.0524	393.77	2666.1	1.2386	7.4278
95	0.8453	1.0396	1.9828	397.98	2667.7	1.2501	7.4154
96	0.8769	1.0403	1.9159	402.20	2669.4	1.2615	7.4030
97	0.9095	1.0411	1.8516	406.41	2671.0	1.2729	7.3908
98	0.9430	1.0419	1.7899	410.63	2672.5	1.2842	7.3786
99	0.9776	1.0426	1.7306	414.84	2674.1	1.2956	7.3665
100	1.0132	1.0434	1.6736	419.06	2675.7	1.3069	7.3545
105	1.2079	1.0474	1.4200	440.18	2683.6	1.3631	7.2956
110	1.4324	1.0515	1.2106	461.34	2691.3	1.4186	7.2386
115	1.6902	1.0558	1.0370	482.54	2698.8	1.4735	7.1833
120	1.9848	1.0603	0.8922	503.78	2706.2	1.5278	7.1297
125	2.3201	1.0649	0.7709	525.07	2713.4	1.5815	7.0777
130	2.7002	1.0697	0.6687	546.41	2720.4	1.6346	7.0272
135	3.1293	1.0746	0.5824	567.80	2727.2	1.6873	6.9780
140	3.6120	1.0797	0.5090	589.24	2733.8	1.7394	6.9302
145	4.1529	1.0850	0.4464	610.75	2740.2	1.7910	6.8836
150	4.7572	1.0904	0.3929	632.32	2746.4	1.8421	6.8381
155	5.4299	1.0961	0.3468	653.95	2752.3	1.8927	6.7937
160	6.1766	1.1019	0.3071	675.65	2758.0	1.9429	6.7503
165	7.0029	1.1080	0.2727	697.43	2763.3	1.9927	6.7078
170	7.9147	1.1142	0.2428	719.28	2768.5	2.0421	6.6662
175	8.9181	1.1207	0.2168	741.22	2773.3	2.0911	6.6254
180	10.019	1.1273	0.1940	763.25	2777.8	2.1397	6.5853

Tabelle di saturazione per l'acqua

T	p	v _L	v _v	h _L	h _v	s _L	s _v
°C	bar	dm ³ /kg	m ³ /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/(kg K)	kJ/(kg K)
185	11.225	1.1342	0.1741	785.37	2782.0	2.1879	6.5459
190	12.542	1.1414	0.1565	807.60	2785.8	2.2358	6.5071
195	13.976	1.1488	0.1410	829.93	2789.4	2.2834	6.4689
200	15.537	1.1564	0.1273	852.38	2792.5	2.3308	6.4312
205	17.229	1.1644	0.1152	874.96	2795.3	2.3778	6.3940
210	19.062	1.1726	0.1044	897.66	2797.7	2.4246	6.3572
215	21.042	1.1811	0.0948	920.51	2799.7	2.4712	6.3208
220	23.178	1.1900	0.0862	943.51	2801.3	2.5175	6.2847
225	25.479	1.1992	0.0785	966.67	2802.4	2.5637	6.2488
230	27.951	1.2088	0.0716	990.00	2803.1	2.6097	6.2131
235	30.604	1.2188	0.0653	1013.5	2803.3	2.6556	6.1777
240	33.447	1.2292	0.0597	1037.2	2803.0	2.7013	6.1423
245	36.488	1.2401	0.0547	1061.2	2802.1	2.7470	6.1070
250	39.736	1.2515	0.0501	1085.3	2800.7	2.7926	6.0717
255	43.202	1.2633	0.0460	1109.7	2798.8	2.8382	6.0363
260	46.894	1.2758	0.0422	1134.4	2796.2	2.8838	6.0009
265	50.823	1.2889	0.0388	1159.3	2793.0	2.9294	5.9652
270	54.999	1.3026	0.0356	1184.6	2789.1	2.9751	5.9293
275	59.431	1.3171	0.0328	1210.1	2784.5	3.0210	5.8931
280	64.132	1.3324	0.0302	1236.1	2779.2	3.0669	5.8566
285	69.111	1.3486	0.0278	1262.4	2773.0	3.1131	5.8195
290	74.380	1.3658	0.0256	1289.1	2765.9	3.1595	5.7818
295	79.952	1.3841	0.0235	1316.3	2757.8	3.2062	5.7434
300	85.838	1.4037	0.0217	1344.1	2748.7	3.2534	5.7042
305	92.051	1.4247	0.0199	1372.3	2738.5	3.3010	5.6640
310	98.605	1.4473	0.0183	1401.2	2727.0	3.3491	5.6226
315	105.51	1.4718	0.0169	1430.8	2714.2	3.3979	5.5799
320	112.79	1.4984	0.0155	1461.3	2699.7	3.4476	5.5356
325	120.46	1.5277	0.0142	1492.6	2683.5	3.4983	5.4893
330	128.52	1.5601	0.0130	1525.0	2665.3	3.5501	5.4407
335	137.01	1.5963	0.0119	1558.6	2644.7	3.6035	5.3894
340	145.94	1.6373	0.0108	1593.8	2621.3	3.6587	5.3345
345	155.33	1.6845	0.0098	1630.9	2594.5	3.7164	5.2753
350	165.21	1.7401	0.0088	1670.4	2563.5	3.7774	5.2105
355	175.61	1.8076	0.0079	1713.3	2526.7	3.8429	5.1379
360	186.55	1.8936	0.0070	1761.0	2482.0	3.9153	5.0542
365	198.09	2.0121	0.0060	1816.7	2424.6	3.9994	4.9520
370	210.30	2.2069	0.0050	1889.7	2340.2	4.1094	4.8098

Tabelle di saturazione per l'acqua

p bar	T °C	v_L dm ³ /kg	v_v m ³ /kg	h_L kJ/kg	h_v kJ/kg	s_L kJ/(kg K)	s_v kJ/(kg K)
0.0061	0.010	1.0002	205.99	0.0006	2500.5	0.0000	9.1541
0.007	1.880	1.0001	181.24	7.8939	2504.0	0.0288	9.1045
0.008	3.761	1.0001	159.66	15.813	2507.4	0.0575	9.0554
0.009	5.444	1.0001	142.77	22.886	2510.5	0.0830	9.0122
0.010	6.970	1.0001	129.19	29.288	2513.3	0.1059	8.9737
0.012	9.655	1.0003	108.68	40.541	2518.3	0.1459	8.9071
0.014	11.97	1.0005	93.913	50.238	2522.5	0.1800	8.8509
0.016	14.01	1.0008	82.755	58.781	2526.2	0.2099	8.8024
0.018	15.84	1.0010	74.023	66.430	2529.6	0.2364	8.7597
0.020	17.50	1.0013	66.998	73.366	2532.6	0.2603	8.7216
0.030	24.08	1.0028	45.661	100.92	2544.6	0.3541	8.5755
0.040	28.97	1.0041	34.798	121.35	2553.5	0.4222	8.4725
0.050	32.88	1.0053	28.191	137.72	2560.5	0.4761	8.3930
0.055	34.59	1.0059	25.768	144.87	2563.6	0.4994	8.3592
0.060	36.17	1.0065	23.738	151.47	2566.5	0.5208	8.3283
0.065	37.63	1.0070	22.014	157.61	2569.1	0.5406	8.3000
0.070	39.01	1.0075	20.529	163.35	2571.6	0.5590	8.2738
0.075	40.30	1.0080	19.237	168.76	2573.9	0.5763	8.2494
0.080	41.52	1.0085	18.103	173.85	2576.1	0.5925	8.2267
0.085	42.67	1.0090	17.099	178.68	2578.1	0.6078	8.2053
0.090	43.77	1.0094	16.203	183.27	2580.1	0.6223	8.1852
0.095	44.82	1.0099	15.399	187.65	2582.0	0.6361	8.1662
0.10	45.82	1.0103	14.674	191.83	2583.8	0.6493	8.1482
0.11	47.69	1.0111	13.415	199.69	2587.1	0.6738	8.1148
0.12	49.43	1.0119	12.361	206.95	2590.2	0.6964	8.0844
0.13	51.05	1.0126	11.465	213.71	2593.0	0.7173	8.0564
0.14	52.56	1.0134	10.694	220.03	2595.7	0.7367	8.0306
0.15	53.98	1.0141	10.023	225.98	2598.2	0.7550	8.0066
0.16	55.33	1.0147	9.4330	231.61	2600.6	0.7721	7.9842
0.17	56.60	1.0154	8.9109	236.94	2602.8	0.7883	7.9631
0.18	57.81	1.0160	8.4452	242.00	2605.0	0.8036	7.9433
0.19	58.97	1.0166	8.0272	246.84	2607.0	0.8182	7.9246
0.20	60.07	1.0172	7.6499	251.46	2608.9	0.8321	7.9068
0.21	61.13	1.0177	7.3075	255.89	2610.8	0.8454	7.8899
0.22	62.15	1.0183	6.9954	260.15	2612.5	0.8581	7.8739
0.23	63.13	1.0188	6.7096	264.24	2614.2	0.8703	7.8585
0.24	64.07	1.0193	6.4470	268.18	2615.9	0.8820	7.8439
0.25	64.98	1.0199	6.2048	271.99	2617.4	0.8933	7.8298
0.26	65.86	1.0204	5.9807	275.67	2619.0	0.9041	7.8163

Tabelle di saturazione per l'acqua

p	T	v_L	v_v	h_L	h_v	s_L	s_v
bar	°C	dm ³ /kg	m ³ /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/(kg K)	kJ/(kg K)
0.27	66.71	1.0208	5.7727	279.24	2620.4	0.9146	7.8033
0.28	67.54	1.0213	5.5792	282.69	2621.9	0.9248	7.7908
0.29	68.34	1.0218	5.3986	286.04	2623.2	0.9346	7.7788
0.30	69.11	1.0222	5.2298	289.30	2624.6	0.9441	7.7672
0.32	70.60	1.0231	4.9228	295.54	2627.1	0.9623	7.7450
0.34	72.02	1.0240	4.6509	301.47	2629.6	0.9795	7.7243
0.36	73.36	1.0248	4.4083	307.10	2631.9	0.9958	7.7047
0.38	74.65	1.0256	4.1906	312.49	2634.0	1.0113	7.6863
0.40	75.88	1.0264	3.9940	317.64	2636.1	1.0261	7.6688
0.42	77.05	1.0271	3.8156	322.57	2638.1	1.0402	7.6521
0.44	78.19	1.0278	3.6529	327.32	2640.0	1.0537	7.6363
0.46	79.28	1.0286	3.5040	331.88	2641.9	1.0667	7.6212
0.48	80.33	1.0292	3.3671	336.29	2643.6	1.0792	7.6067
0.50	81.34	1.0299	3.2409	340.54	2645.3	1.0912	7.5928
0.55	83.73	1.0315	2.9642	350.59	2649.3	1.1194	7.5605
0.60	85.95	1.0331	2.7324	359.90	2653.0	1.1454	7.5310
0.65	88.02	1.0345	2.5352	368.60	2656.4	1.1695	7.5040
0.70	89.96	1.0359	2.3654	376.75	2659.6	1.1920	7.4789
0.75	91.78	1.0372	2.2175	384.43	2662.5	1.2131	7.4557
0.80	93.51	1.0385	2.0876	391.71	2665.3	1.2330	7.4339
0.85	95.15	1.0397	1.9725	398.62	2668.0	1.2518	7.4135
0.90	96.71	1.0409	1.8698	405.20	2670.5	1.2696	7.3943
0.95	98.20	1.0420	1.7776	411.49	2672.9	1.2866	7.3761
1.0	99.63	1.0431	1.6943	417.51	2675.1	1.3027	7.3589
1.1	102.3	1.0452	1.5498	428.85	2679.4	1.3330	7.3269
1.2	104.8	1.0472	1.4287	439.38	2683.3	1.3609	7.2978
1.3	107.1	1.0491	1.3256	449.22	2686.9	1.3869	7.2710
1.4	109.3	1.0510	1.2368	458.46	2690.2	1.4111	7.2462
1.5	111.4	1.0527	1.1595	467.18	2693.4	1.4338	7.2232
1.6	113.3	1.0544	1.0916	475.44	2696.3	1.4552	7.2016
1.7	115.2	1.0560	1.0314	483.29	2699.1	1.4754	7.1814
1.8	116.9	1.0575	0.9777	490.78	2701.7	1.4946	7.1623
1.9	118.6	1.0590	0.9294	497.94	2704.2	1.5129	7.1443
2.0	120.2	1.0605	0.8859	504.80	2706.5	1.5304	7.1272
2.1	121.8	1.0619	0.8463	511.40	2708.8	1.5471	7.1109
2.2	123.3	1.0633	0.8102	517.74	2710.9	1.5631	7.0954
2.3	124.7	1.0646	0.7772	523.86	2713.0	1.5785	7.0806
2.4	126.1	1.0659	0.7468	529.77	2715.0	1.5933	7.0665
2.5	127.4	1.0672	0.7188	535.49	2716.8	1.6075	7.0529

Tabelle di saturazione per l'acqua

p	T	v_L	v_v	h_L	h_v	s_L	s_v
bar	°C	dm ³ /kg	m ³ /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/(kg K)	kJ/(kg K)
2.6	128.7	1.0684	0.6929	541.03	2718.7	1.6213	7.0398
2.7	130.0	1.0697	0.6688	546.40	2720.4	1.6346	7.0272
2.8	131.2	1.0708	0.6464	551.61	2722.1	1.6475	7.0151
2.9	132.4	1.0720	0.6254	556.68	2723.7	1.6600	7.0034
3.0	133.6	1.0732	0.6059	561.61	2725.3	1.6721	6.9921
3.2	135.8	1.0754	0.5703	571.10	2728.3	1.6953	6.9706
3.4	137.9	1.0775	0.5387	580.12	2731.1	1.7173	6.9504
3.6	139.9	1.0796	0.5106	588.74	2733.7	1.7382	6.9313
3.8	141.8	1.0816	0.4853	596.99	2736.2	1.7580	6.9132
4.0	143.6	1.0835	0.4625	604.90	2738.5	1.7770	6.8961
4.2	145.4	1.0854	0.4417	612.51	2740.7	1.7952	6.8798
4.4	147.1	1.0873	0.4228	619.85	2742.9	1.8126	6.8642
4.6	148.8	1.0891	0.4055	626.92	2744.9	1.8294	6.8494
4.8	150.3	1.0908	0.3896	633.76	2746.8	1.8455	6.8351
5.0	151.9	1.0925	0.3749	640.38	2748.6	1.8610	6.8214
5.5	155.5	1.0967	0.3427	656.08	2752.9	1.8977	6.7894
6.0	158.9	1.1006	0.3156	670.71	2756.7	1.9315	6.7601
6.5	162.0	1.1043	0.2926	684.42	2760.2	1.9631	6.7330
7.0	165.0	1.1079	0.2728	697.35	2763.3	1.9925	6.7079
7.5	167.8	1.1114	0.2556	709.59	2766.2	2.0203	6.6845
8.0	170.4	1.1148	0.2404	721.23	2768.9	2.0464	6.6625
8.5	173.0	1.1180	0.2269	732.32	2771.4	2.0712	6.6418
9.0	175.4	1.1212	0.2149	742.93	2773.6	2.0948	6.6222
9.5	177.7	1.1242	0.2041	753.10	2775.7	2.1173	6.6036
10	179.9	1.1272	0.1944	762.88	2777.7	2.1388	6.5859
11	184.1	1.1330	0.1775	781.38	2781.2	2.1793	6.5529
12	188.0	1.1385	0.1633	798.67	2784.3	2.2167	6.5226
13	191.6	1.1438	0.1512	814.93	2787.0	2.2515	6.4945
14	195.1	1.1489	0.1408	830.28	2789.4	2.2842	6.4683
15	198.3	1.1538	0.1317	844.85	2791.5	2.3150	6.4438
16	201.4	1.1586	0.1238	858.73	2793.3	2.3441	6.4207
17	204.3	1.1633	0.1167	872.00	2795.0	2.3717	6.3989
18	207.2	1.1679	0.1104	884.71	2796.4	2.3980	6.3781
19	209.8	1.1723	0.1047	896.92	2797.6	2.4231	6.3584
20	212.4	1.1767	0.0996	908.69	2798.7	2.4471	6.3396
21	214.9	1.1810	0.0949	920.04	2799.7	2.4702	6.3215
22	217.3	1.1852	0.0907	931.01	2800.5	2.4924	6.3042
23	219.6	1.1893	0.0868	941.64	2801.2	2.5138	6.2876
24	221.8	1.1933	0.0832	951.96	2801.7	2.5344	6.2715

Tabelle di saturazione per l'acqua

p	T	v_L	v_v	h_L	h_v	s_L	s_v
bar	°C	dm ³ /kg	m ³ /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/(kg K)	kJ/(kg K)
25	224.0	1.1973	0.0800	961.97	2802.2	2.5544	6.2560
26	226.1	1.2013	0.0769	971.71	2802.6	2.5737	6.2410
27	228.1	1.2052	0.0741	981.20	2802.9	2.5924	6.2265
28	230.1	1.2090	0.0714	990.45	2803.1	2.6106	6.2125
29	232.0	1.2128	0.0690	999.47	2803.2	2.6283	6.1988
30	233.9	1.2166	0.0667	1008.3	2803.3	2.6454	6.1855
32	237.5	1.2240	0.0625	1025.3	2803.2	2.6785	6.1600
34	240.9	1.2312	0.0588	1041.7	2802.8	2.7099	6.1357
36	244.2	1.2384	0.0554	1057.4	2802.3	2.7399	6.1125
38	247.4	1.2454	0.0525	1072.6	2801.5	2.7686	6.0903
40	250.4	1.2524	0.0498	1087.2	2800.6	2.7962	6.0689
42	253.3	1.2592	0.0473	1101.4	2799.5	2.8227	6.0483
44	256.1	1.2661	0.0451	1115.2	2798.3	2.8483	6.0285
46	258.8	1.2728	0.0431	1128.5	2796.9	2.8730	6.0093
48	261.4	1.2795	0.0412	1141.5	2795.4	2.8969	5.9906
50	264.0	1.2861	0.0394	1154.2	2793.7	2.9201	5.9725
55	270.0	1.3026	0.0356	1184.6	2789.1	2.9752	5.9293
60	275.6	1.3190	0.0324	1213.3	2783.9	3.0266	5.8886
65	280.9	1.3352	0.0297	1240.7	2778.1	3.0751	5.8500
70	285.9	1.3515	0.0274	1267.0	2771.8	3.1211	5.8130
75	290.6	1.3678	0.0253	1292.2	2765.0	3.1648	5.7774
80	295.0	1.3843	0.0235	1316.6	2757.8	3.2066	5.7431
85	299.3	1.4009	0.0219	1340.2	2750.1	3.2468	5.7097
90	303.4	1.4177	0.0205	1363.1	2742.0	3.2855	5.6771
95	307.3	1.4348	0.0192	1385.4	2733.4	3.3229	5.6453
100	311.0	1.4522	0.0180	1407.3	2724.5	3.3591	5.6139
110	318.1	1.4881	0.0160	1449.7	2705.4	3.4287	5.5525
120	324.7	1.5259	0.0143	1490.7	2684.5	3.4953	5.4921
130	330.9	1.5662	0.0128	1530.9	2661.8	3.5595	5.4318
140	336.7	1.6096	0.0115	1570.4	2637.1	3.6220	5.3711
150	342.2	1.6571	0.0103	1609.8	2610.1	3.6837	5.3092
160	347.4	1.7099	0.0093	1649.5	2580.3	3.7452	5.2451
170	352.3	1.7698	0.0084	1690.0	2547.1	3.8073	5.1777
180	357.0	1.8399	0.0075	1732.0	2509.7	3.8714	5.1054
190	361.5	1.9252	0.0067	1776.8	2466.2	3.9393	5.0255
200	365.8	2.0360	0.0059	1826.7	2413.6	4.0146	4.9330
210	369.9	2.2003	0.0050	1887.6	2342.8	4.1062	4.8141
220	373.8	2.6931	0.0037	2011.1	2178.6	4.2939	4.5528

Tema n. 7

Il candidato è invitato a svolgere sia la parte A sia la parte B che seguono.

PARTE A

Il candidato sviluppi l'analisi del bilancio della società Viti&Bulloni SpA (si veda allegato) per l'anno 2014 e 2015. Si mettano in evidenza gli indicatori di redditività operativa, solidità patrimoniale, liquidità ed efficienza nella gestione dei magazzini. Si confrontino i risultati del 2014 con i risultati del 2015. Infine il candidato esprima una propria opinione argomentata rispetto alle priorità gestionali più coerenti con il perseguimento degli obiettivi di sviluppo dell'impresa.

PARTE B

La Viti&Bulloni SpA ha deciso di effettuare un investimento il prossimo anno per sfruttare il fatto che, per una serie di motivi, l'impresa avrà un'aliquota fiscale pari solo al 30% e un costo del capitale tra il 14% e il 18%.

L'investimento che l'impresa sta valutando, a seguito di un'analisi di fattibilità costata 15.000 euro, riguarda il macchinario per la produzione di viti: l'impresa può aggiornare in modo significativo il macchinario (opzione 1) oppure può sostituirlo completamente (opzione 2).

Il candidato individui quale tra le due alternative di investimento sia la più conveniente considerando le informazioni che seguono.

L'opzione di aggiornamento del macchinario attualmente presente in azienda richiede la sostituzione di un braccio meccanico, l'acquisto di alcune schede elettroniche e l'installazione di un nuovo software.

Il macchinario così aggiornato comporterebbe un aumento di efficienza e in particolare un risparmio di 9000 euro sui materiali e di 20.500 euro di energia.

Inoltre si avrebbe un aumento della produttività pari a 160 pezzi per anno con un margine di contribuzione unitario di 47,5 euro.

L'investimento ammonterebbe a 75.000 euro e sarebbe ammortizzabile in 10 anni. Al termine del decimo anno l'impianto verrebbe venduto ad un'altra impresa per un valore pari a 10.000 euro.

L'opzione di sostituzione (opzione 2) consiste invece nella vendita del vecchio impianto ad un valore di 100.000 euro e nell'acquisto di un nuovo impianto più avanzato dal punto di vista meccanico ed elettronico. I risparmi annuali in questo caso sarebbero pari a 30.000 euro sui materiali, 25.000 euro di energia e di 20.000 euro di costi del personale.

L'aumento di produttività risulterebbe pari a 190 pezzi all'anno sempre con un margine di contribuzione unitario di 47,5 euro.

L'investimento ammonterebbe a 550.000 euro e sarebbe ammortizzabile in 20 anni. Al termine del periodo di investimento il macchinario diverrebbe obsoleto e avrebbe un valore di recupero pari a zero.

Si tenga infine presente che:

- a) sono già stati acquistati, il mese scorso, studi tecnici per l'aggiornamento dell'impianto con una spesa di 10.000 euro;
- b) che il valore contabile corrente del macchinario presente attualmente in azienda è pari a 100.000 euro e che la quota annua di ammortamento è pari a 25.000 euro.

(segue)

Allegato: Bilancio Viti&Bulloni SpA

STATO PATRIMONIALE

ATTIVO

(in euro)	Note	31.12.2015	di cui con parti correlate	31.12.2014	di cui con parti correlate	Variazione
ATTIVITÀ NON CORRENTI						
Immobili, impianti, macchinari e altre attrezzature	1	121.970.397		119.933.069		2.037.328
Costi di sviluppo	2	39.614.818		38.203.645		1.411.173
Altre attività immateriali	2	11.911.779		11.190.906		720.873
Partecipazioni	3	253.911.063		261.790.170		(7.879.107)
Altre attività finanziarie (tra cui investimenti in altre imprese e strumenti finanziari derivati)	4	10.517.429	9.781.017	543.499	162.485	9.973.930
Crediti e altre attività non correnti	5	178.783		178.783		0
Imposte anticipate	6	13.401.652		9.550.204		3.851.448
TOTALE ATTIVITÀ NON CORRENTI		451.505.921		441.390.276		10.115.645
ATTIVITÀ CORRENTI						
Rimanenze	7	100.359.043		95.462.717		4.896.326
Crediti commerciali	8	155.475.372	45.405.823	136.009.230	39.777.548	19.466.142
Altri crediti e attività correnti	9	14.313.249		12.837.670		1.675.579
Attività finanziarie correnti e strumenti finanziari derivati	10	35.145.757	34.634.097	29.713.382	29.162.420	5.432.375
Disponibilità liquide e mezzi equivalenti	11	57.263.150	12.743.804	103.428.754	19.052.689	(46.165.604)
TOTALE ATTIVITÀ CORRENTI		362.556.571		377.251.753		(14.695.182)
TOTALE ATTIVO		814.062.492		818.642.029		(4.579.537)

PATRIMONIO NETTO E PASSIVO

(in euro)	Note	31.12.2015	di cui con parti correlate	31.12.2014	di cui con parti correlate	Variazione
PATRIMONIO NETTO						
Capitale sociale	12	34.727.914		34.727.914		0
Altre riserve	12	130.670.191		119.266.728		11.403.463
Utili / (perdite) portati a nuovo	12	40.751.626		34.657.526		6.094.100
Risultato netto	12	103.312.837		68.824.318		34.488.519
TOTALE PATRIMONIO NETTO		309.462.568		257.476.486		51.986.082
PASSIVITÀ NON CORRENTI						
Debiti verso banche non correnti	13	167.264.097	1.795.762	193.648.696	14.212.434	(26.384.599)
Altre passività finanziarie non correnti e strumenti finanziari derivati	13	1.452.383		26.755.229	24.000.000	(25.302.846)
Altre passività non correnti	14	119.956		12.657.742	4.944.925	(12.537.786)
Fondi per rischi e oneri non correnti	15	5.804.993		4.934.583		870.410
Fondi per benefici ai dipendenti	16	20.048.037	45.775	21.709.766	45.212	(1.661.729)
TOTALE PASSIVITÀ NON CORRENTI		194.689.466		259.706.016		(65.016.550)
PASSIVITÀ CORRENTI						
Debiti verso banche correnti	13	43.172.228	12.978.280	60.227.361	19.813.116	(17.055.133)
Altre passività finanziarie correnti e strumenti finanziari derivati	13	45.472.010	44.834.103	65.428.845	61.520.432	(19.956.835)
Debiti commerciali	17	144.270.442	17.157.978	121.645.741	17.395.877	22.624.701
Debiti tributari	18	6.822.538		7.810.446		(987.908)
Fondi per rischi e oneri correnti	15	2.830.000		645.000		2.185.000
Altre passività correnti	19	67.343.240	11.675.668	45.702.134	2.064.499	21.641.106
TOTALE PASSIVITÀ CORRENTI		309.910.458		301.459.527		8.450.931
TOTALE PASSIVO		504.599.924		561.165.543		(56.565.619)
TOTALE PATRIMONIO NETTO E PASSIVO		814.062.492		818.642.029		(4.579.537)

(segue)

CONTO ECONOMICO

(in euro)	Note	31.12.2015	di cui con parti correlate	31.12.2014	di cui con parti correlate	Variazione
Ricavi delle vendite e delle prestazioni	20	780.801.597	105.095.348	713.356.511	96.250.803	67.445.086
Altri ricavi e proventi	21	32.983.575	27.236.184	26.904.277	20.907.932	6.079.298
Costi per progetti interni capitalizzati	22	11.325.565		9.600.541		1.725.024
Costo delle materie prime, materiale di consumo e merci	23	(356.716.036)	(88.901.752)	(336.148.309)	(86.927.763)	(20.567.727)
Altri costi operativi	24	(156.520.325)	(14.912.265)	(138.487.199)	(12.001.386)	(18.033.126)
Costi per il personale	25	(199.718.431)	(5.583.567)	(189.394.081)	(6.149.302)	(10.324.350)
MARGINE OPERATIVO LORDO		112.155.945		85.831.740		26.324.205
Ammortamenti e svalutazioni	26	(34.858.836)		(37.118.770)		2.259.934
MARGINE OPERATIVO NETTO		77.297.109		48.712.970		28.584.139
Proventi finanziari	27	7.558.222		6.913.230		644.992
Oneri finanziari	27	(11.325.464)		(13.243.075)		1.917.611
Proventi (oneri) finanziari netti	27	(3.767.242)	(441.901)	(6.329.845)	(510.797)	2.562.603
Proventi (oneri) finanziari da partecipazioni	28	54.507.855	71.378.612	43.438.622	53.620.590	11.069.233
RISULTATO PRIMA DELLE IMPOSTE		128.037.722		85.821.747		42.215.975
Imposte	29	(24.724.885)		(16.997.429)		(7.727.456)
RISULTATO NETTO		103.312.837		68.824.318		34.488.519

Tema n. 8

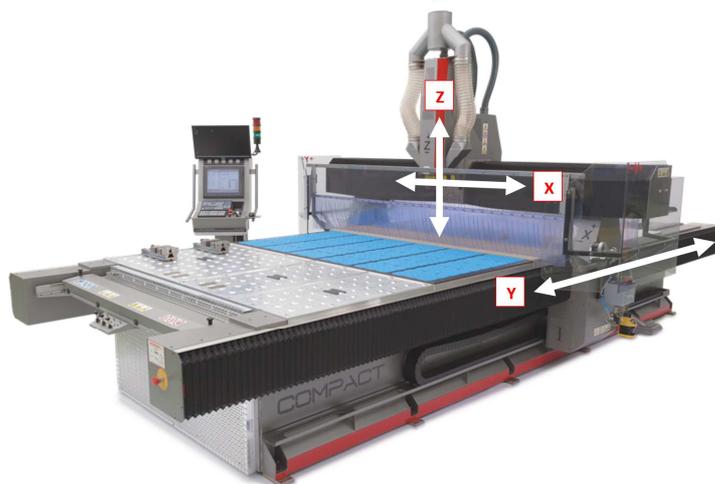


Figura 1

Si consideri una macchina a controllo numerico come da Figura 1, impiegata per la lavorazione di lastre di alluminio, legno e laminato plastico, avente tre assi motorizzati indicati con X (spostamento trasversale della testa di lavorazione), Y (spostamento longitudinale del carro mobile) e Z (spostamento verticale).

Il candidato valuti in particolare il **dimensionamento dell'asse** per la movimentazione del carro mobile in direzione Y. In Figura 2 i sistemi atti alla movimentazione degli assi X e Z non sono stati rappresentati per semplicità.

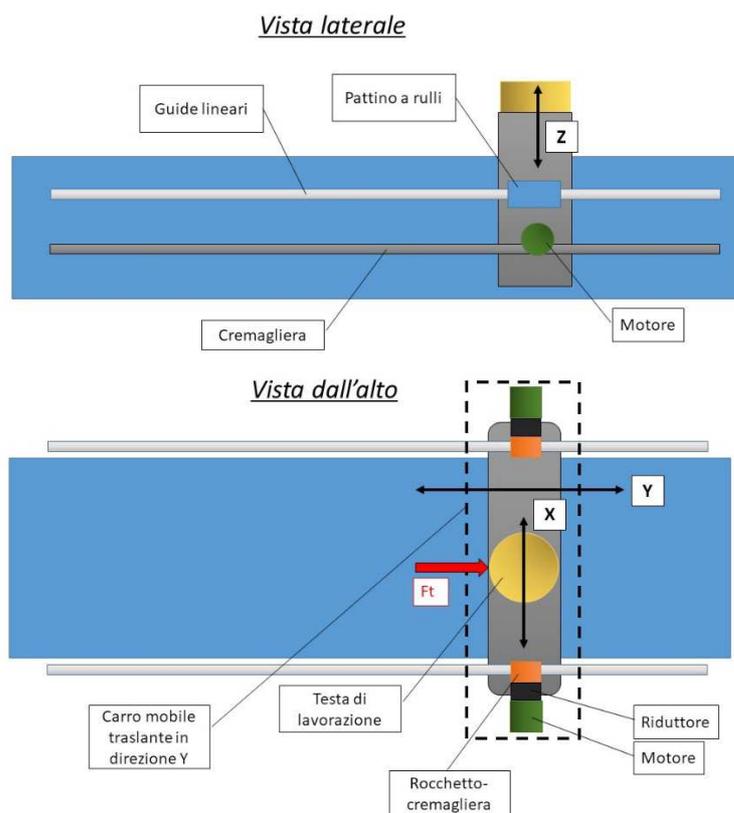


Figura 2

Il carro mobile (in direzione Y) ha una massa di 15 quintali ed è supportato da guide lineari e pattini a rulli caratterizzati da un coefficiente di attrito dinamico pari a $f=0.1$. Il sistema di movimentazione dell'asse Y è composto **da una coppia di attuatori identici**, disposti simmetricamente rispetto all'asse longitudinale della macchina, garantendo così l'avanzamento senza disassamenti e impuntamenti e nel rispetto delle tolleranze di lavorazione. Ciascun attuttore è composto da: un **servomotore elettrico** rotativo, un **riduttore epicicloidale** ed una coppia **pignone / cremagliera** ad asse dente elicoidale. (segue)

Si considerino noti i parametri della dentatura del sistema rocchetto cremagliera: numero di denti del rocchetto: $Z=40$; modulo normale $m_n=2\text{mm}$; angolo dell'elica $\beta = 19^\circ$ e angolo di pressione normale $\alpha_n = 20^\circ$.

Si conosce inoltre il **ciclo di lavoro** tipico della macchina, composto da fasi sequenziali (ABABAB...):

- Una fase di **corsa rapida** con un profilo a trapezio di velocità, come riportato in figura 3A: durata rampa di accelerazione/decelerazione: 0,25 s; velocità di traslazione a regime: 60m/min. Durata complessiva della fase: 6 s. In questa fase le forze di taglio sono nulle ($F_t=0$).
- Una **corsa di taglio** effettivo, caratterizzata dagli andamenti di velocità del carrello mobile e della forza di taglio in direzione Y, riportati nella figura 3B seguente. I parametri sono: durata rampa di accelerazione/decelerazione 0,5s; velocità di avanzamento: 3m/min; durata complessiva 45s. La forza resistente dovuta al taglio, pari a 4kN, si applica subito dopo aver raggiunto la velocità di regime.

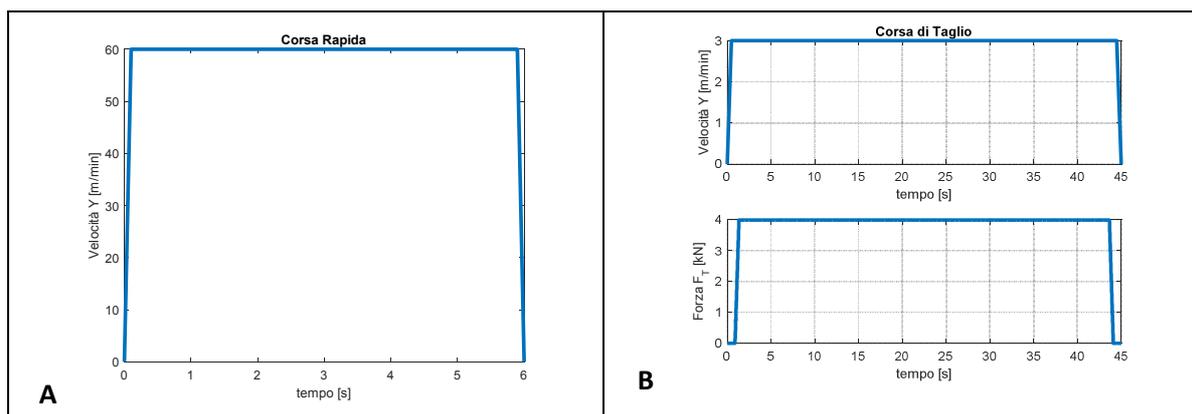


Figura 3

Si richiede di:

1. dimensionare, scegliendolo dal catalogo qui riportato, il servomotore elettrico e giustificare la scelta. Fare riferimento all'allegato (da richiedere alla commissione) contenente il significato delle definizioni.

Motor type	Stall torque	Rated speed	Output at nominal speed	Rated torque	Peak torque	PHYSICAL DATA		
						Maximum speed	Moment of inertia	Peak torque acceleration
M_0	n	P_n	M_n	M_{pk}	n_{max}	J	a_{pk}	
Nm	rpm	kW	Nm	Nm	rpm	10^{-4} Kg m^2	$\text{rpm}^2/\text{sec}^2$	
1200 min⁻¹ (6 poles) - Connection Y								
S100 24/1	24.0	1200	2.8	22.4	89.0	3000	136.00	6544
S100 30/1	30.0	1200	3.5	28.0	99.0	3000	170.00	5824
S100 43/1	43.0	1200	5.2	41.2	139.0	3000	238.00	5840
S100 54/1	54.0	1200	6.3	50.4	163.0	3000	300.00	5433
S100 66/1	66.0	1200	7.7	61.6	199.0	3000	370.00	5378
2000 min⁻¹ (6 poles) - Connection Y								
S100 24/2	24.0	2000	4.6	21.8	89.0	3000	136.0	6544
S100 30/2	30.0	2000	5.7	27.3	99.0	3000	170.0	5824
S100 43/2	43.0	2000	8.2	39.1	139.0	3000	238.0	5840
S100 54/2	54.0	2000	10.3	49.1	163.0	3000	300.0	5433
S100 66/2	66.0	2000	12.6	60.1	199.0	3000	370.0	5378
3000 min⁻¹ (6 poles) - Connection Y								
S100 24/3	24	3000	6.6	20.9	89	4000	136.0	6544
S100 30/3	30.0	3000	8.2	26.2	99	4000	170.0	5824

2. dimensionare, scegliendolo dal catalogo seguente, il riduttore epicicloidale da abbinare al motore giustificando la scelta. Si consideri un rendimento medio del 96%.

(segue)

Part Number (Gearhead + Input)	Exact Ratio	Maximum Input Speed		Motor Shaft ØD ⁴ mm	Input ¹⁾ Inertia J ₁ kgcm ²	Torsional Stiffness per arcmin		Output Torque					
		Continuous RPM (n)	Cyclic RPM (n)			C ₂	Nm	Nominal ²⁾		Acceleration M _{2E}		Peak ³⁾	
								M _{2N}	Nm	M _{2E}	Nm	M _{2PEAK}	Nm
PHA422 with Motor Mounting Plate Continued													
PHA422F0500 MF	50.00	4,500	8,000	≤11	0.50	238.5	26.9	797	90	1,152	130	2,126	240
PHA422F0500 MF	50.00	4,500	8,000	>11≤14	0.50	238.5	26.9	797	90	1,152	130	2,126	240
PHA422F0500 MF	50.00	4,500	8,000	>14≤19	0.50	238.5	26.9	797	90	1,152	130	2,126	240
PHA422F0500 MFL	50.00	4,500	8,000	>19≤24	1.56	239.0	27.0	797	90	1,152	130	2,126	240
PHA422F0500 MFLC	50.00	5,300	8,000	>19≤24	1.71	239.0	27.0	797	90	1,152	130	2,126	240
PHA422F0700 MF	70.00	4,500	8,000	≤11	0.50	236.8	26.7	797	90	974	110	2,126	240
PHA422F0700 MF	70.00	4,500	8,000	>11≤14	0.50	236.8	26.7	797	90	974	110	2,126	240
PHA422F0700 MF	70.00	4,500	8,000	>14≤19	0.50	236.8	26.7	797	90	974	110	2,126	240
PHA422F0700 MFL	70.00	4,500	8,000	>19≤24	1.56	237.0	26.8	797	90	974	110	2,126	240
PHA422F0700 MFLC	70.00	5,300	8,000	>19≤24	1.71	237.0	26.8	797	90	974	110	2,126	240
PHA422F1000 MF	100.0	4,500	8,000	≤11	0.50	176.6	19.9	531	60	886	100	1,772	200
PHA422F1000 MF	100.0	4,500	8,000	>11≤14	0.50	176.6	19.9	531	60	886	100	1,772	200
PHA422F1000 MF	100.0	4,500	8,000	>14≤19	0.50	176.6	19.9	531	60	886	100	1,772	200
PHA422F1000 MFL	100.0	4,500	8,000	>19≤24	1.56	176.7	19.9	531	60	886	100	1,772	200
PHA422F1000 MFLC	100.0	5,300	8,000	>19≤24	1.71	176.7	19.9	531	60	886	100	1,772	200

PHA521 with Motor Mounting Plate													
PHA521F0040 MF	4.000	2,200	5,000	≤19	4.96	647.7	73.1	1,860	210	2,835	320	4,422	499
PHA521F0040 MF	4.000	2,200	5,000	>19≤24	5.03	679.0	76.7	1,860	210	2,835	320	4,915	555
PHA521F0040 MF	4.000	2,200	5,000	>24≤32	4.93	679.0	76.7	1,860	210	2,835	320	4,915	555
PHA521F0040 MF	4.000	2,200	5,000	>32≤35	4.93	679.0	76.7	1,860	210	2,835	320	4,915	555
PHA521F0040 MFC	4.000	3,200	5,000	≤19	5.87	647.7	73.1	1,860	210	2,447	276	3,059	345
PHA521F0040 MFC	4.000	3,200	5,000	>19≤24	5.48	679.0	76.7	1,860	210	2,835	320	4,915	555
PHA521F0040 MFC	4.000	3,200	5,000	>24≤32	5.36	679.0	76.7	1,860	210	2,835	320	4,915	555
PHA521F0040 MFL	4.000	2,200	5,000	>32≤38	12.12	752.8	85.0	1,860	210	2,835	320	4,915	555
PHA521F0040 MFLC	4.000	3,200	5,000	>32≤38	14.91	752.8	85.0	1,860	210	2,835	320	4,915	555
PHA521F0050 MF	5.000	2,500	5,500	≤19	5.78	682.7	77.1	1,860	210	2,835	320	5,315	600
PHA521F0050 MF	5.000	2,500	5,500	>19≤24	5.85	704.6	79.5	1,860	210	2,835	320	5,315	600
PHA521F0050 MF	5.000	2,500	5,500	>24≤32	5.75	704.6	79.5	1,860	210	2,835	320	5,315	600
PHA521F0050 MF	5.000	2,500	5,500	>32≤35	5.75	704.6	79.5	1,860	210	2,835	320	5,315	600
PHA521F0050 MFC	5.000	3,500	5,500	≤19	6.69	682.7	77.1	1,860	210	2,835	320	3,824	432
PHA521F0050 MFC	5.000	3,500	5,500	>19≤24	6.30	704.6	79.5	1,860	210	2,835	320	5,315	600
PHA521F0050 MFC	5.000	3,500	5,500	>24≤32	6.18	704.6	79.5	1,860	210	2,835	320	5,315	600
PHA521F0050 MFL	5.000	2,500	5,500	>32≤38	12.94	753.7	85.1	1,860	210	2,835	320	5,315	600
PHA521F0050 MFLC	5.000	3,500	5,500	>32≤38	15.73	753.7	85.1	1,860	210	2,835	320	5,315	600
PHA521F0070 MF	7.000	3,000	6,000	≤19	5.30	627.3	70.8	1,860	210	2,392	270	5,315	600
PHA521F0070 MF	7.000	3,000	6,000	>19≤24	5.30	627.3	70.8	1,860	210	2,392	270	5,315	600
PHA521F0070 MF	7.000	3,000	6,000	>24≤32	5.20	627.3	70.8	1,860	210	2,392	270	5,315	600
PHA521F0070 MF	7.000	3,000	6,000	>32≤35	5.20	627.3	70.8	1,860	210	2,392	270	5,315	600
PHA521F0070 MFC	7.000	4,000	6,000	≤19	6.21	627.3	70.8	1,860	210	2,392	270	5,315	600
PHA521F0070 MFC	7.000	4,000	6,000	>19≤24	5.75	627.3	70.8	1,860	210	2,392	270	5,315	600
PHA521F0070 MFC	7.000	4,000	6,000	>24≤32	5.63	627.3	70.8	1,860	210	2,392	270	5,315	600
PHA521F0070 MFL	7.000	3,000	6,000	>32≤38	12.13	650.1	73.4	1,860	210	2,392	270	5,315	600
PHA521F0070 MFLC	7.000	4,000	6,000	>32≤38	14.92	650.1	73.4	1,860	210	2,392	270	5,315	600
PHA521F0100 MF	10.00	3,300	6,000	≤19	5.05	472.7	53.4	1,240	140	2,215	250	4,429	500
PHA521F0100 MF	10.00	3,300	6,000	>19≤24	5.05	472.7	53.4	1,240	140	2,215	250	4,429	500
PHA521F0100 MF	10.00	3,300	6,000	>24≤32	4.95	472.7	53.4	1,240	140	2,215	250	4,429	500
PHA521F0100 MF	10.00	3,300	6,000	>32≤35	4.95	472.7	53.4	1,240	140	2,215	250	4,429	500
PHA521F0100 MFC	10.00	4,500	6,000	≤19	5.96	472.7	53.4	1,240	140	2,215	250	4,429	500
PHA521F0100 MFC	10.00	4,500	6,000	>19≤24	5.50	472.7	53.4	1,240	140	2,215	250	4,429	500
PHA521F0100 MFC	10.00	4,500	6,000	>24≤32	5.38	472.7	53.4	1,240	140	2,215	250	4,429	500
PHA521F0100 MFL	10.00	3,300	6,000	>32≤38	11.88	479.0	54.1	1,240	140	2,215	250	4,429	500
PHA521F0100 MFLC	10.00	4,500	6,000	>32≤38	14.67	479.0	54.1	1,240	140	2,215	250	4,429	500

- Verificare che la prima frequenza propria torsionale del sistema di trasmissione (motore-utilizzatore) sia superiore a 50 Hz
- Ipotizzando di adottare un rotismo ordinario per la realizzazione pratica del riduttore avente l'albero di ingresso coassiale a quello di uscita, si richiede di scegliere il numero di salti di velocità e di disegnare il layout funzionale del riduttore che si intende progettare
- Dimensionare staticamente i seguenti componenti del riduttore: gli ingranaggi, gli alberi e i cuscinetti. L'ingombro massimo del riduttore deve rientrare in un cubo di lato: 0.5m. Si curi in modo particolare l'aspetto della regolarità nella trasmissione di coppia cercando di garantire bassi livelli di vibrazione e rumorosità. Dati per la verifica statica: albero in acciaio S275 (R_{p0.2}=275 MPa, R_m=430 MPa). Se sprovvisti, fare riferimento al catalogo dei cuscinetti (da richiedere alla commissione) per la parte di progetto riguardante essi.
- Si conduca una verifica a fatica: si verifichi la durata per vita infinita dell'albero maggiormente caricato e si verifichi la durata dei cuscinetti maggiormente caricati ipotizzando di avere un intervallo di manutenzione che preveda la sostituzione degli stessi ogni 12 mesi considerando una operatività della macchina di 12h / giorno lavorativo. Dati per la verifica a fatica dell'albero: tensione limite di fatica per prova di fatica a flessione rotante pari alla metà della tensione di rottura, esponente della curva di Wöhler per l'acciaio utilizzato pari a 3. Si adottino, laddove si ritenga opportuno, ipotesi semplificative durante il calcolo giustificandone l'accettabilità.
- Disegnare il complessivo costruttivo del riduttore, curando opportunamente l'accoppiamento dei singoli elementi (calettamenti, montaggi cuscinetti, organi di tenuta). Descrivere inoltre la sequenza di montaggio.

Verrà data particolare importanza alla chiarezza dell'elaborato, alla correttezza e plausibilità dei risultati di progetto ricavati, e ai commenti a giustificazione delle scelte fatte.

Definitions - Timing and Motor Identification

Definitions

- Stall torque (M_0): Torque available on the shaft continuously with speed close to zero (lower than 200 rpm) and with a winding current equivalent to the stall current (see Figure 1).
- Rated torque (M_n): Torque available on the shaft continuously with rated speed, and with a winding current equivalent to the rated current (see Figure 1).
- Peak torque (M_{pk}): Torque available on the shaft discontinuously, with a winding current equivalent to the peak current (see Figure 1).
- Stall current (I_0): Current supplied to the motor continuously at a speed close to zero, required to develop stall torque.
- Rated current (I_n): Current supplied to the motor continuously at a rated speed, required to develop rated torque.
- Peak current (I_{pk}): Current supplied to the motor discontinuously within a wide range of speed, required to develop peak torque.
- Voltage constant (K_e): Ratio between voltage induced by the rotor rotation (RMS value for sinusoidal motor, peak value for trapezoidal motor) at a certain number of revolutions and angular speed ($\omega=2 \times \pi \times n/60$ where n is the speed expressed in rpm) measured in rad/sec.
- Torque constant (K_t): Ratio between torque on the shaft and the current RMS value for sinusoidal motors, peak value for trapezoidal motors (equivalent to the voltage constant of a trapezoidal motor and to that of a sinusoidal motor multiplied by $\sqrt{3}$).
- Back electromotive force (B.E.M.F): Voltage induced by the rotor rotation (RMS value for sinusoidal motor, peak value for trapezoidal motor) at a certain number of revolutions.
- Phasing procedure: Synchronization procedure of those signals generated by the transducer with the back electromotive force induced by the rotating rotor and measured between two phase terminals of the motor winding.
- Saturation (saturation curve): It is made up of the peak torque curve combined with that representing the physical limit of the current, which may be expressed at some speed according to supply voltage (see Figure 1).
- Duty cycle: In case of an intermittent duty cycle it is possible to overload the motor in proportion to the ratio between operating time and total cycle time: the figure shows two overload curves at 20% and 50% (S3 duty).

Torque to speed performance curve: continuous and intermittent duties.

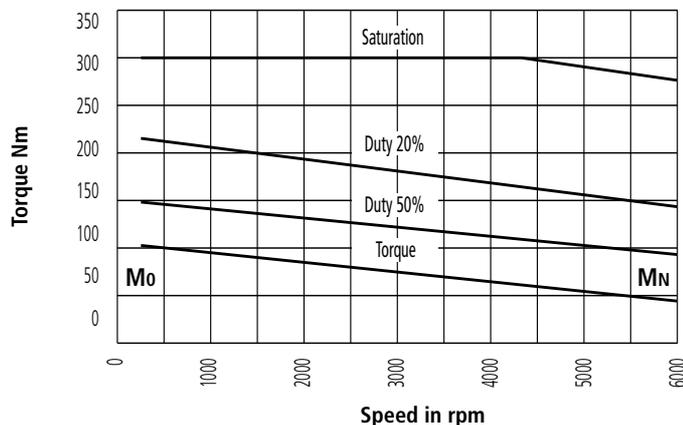


Fig. 1

- Continuous duty area: It includes all points of the torque/speed figure where the load torque value is lower than or equivalent to the torque curve that joints Mo and Mn: therefore, this is a continuous operation duty. The continuous duty area is defined as the area below the torque curve in the motor speed range available (see Figure 1).
- Intermittent duty area: It includes all points of the torque/speed figure where the load torque value is higher than the torque curve that joints Mo and Mn: therefore, this is non-continuous operation duty. The Intermittent duty area is defined as the area between the torque curve and the saturation curve (see Figure 1).

Phasing Procedure

- Autophasing

In the event that the motor is equipped with a new generation digital drive you only need to carry out phasing procedures explained in the reference handbook, thus matching data indicated in the motor nameplate with related parameters.

- Example of mechanical manual phasing procedure of a 2-pole resolver mounted on a 6-pole sinusoidal brushless servomotor..
Disconnect terminals U, V, W from the DRIVE
Inject a direct current applying voltage with positive polarity in the phase V (blue) and negative polarity in the phase W (red): in this way the rotor of the motor results locked in a certain position. A current is required to hold the rotor in a fixed position, therefore without the presence of position clearance. The resolver must be excited with an operating generator at 7VRMS- 10KHz or through a drive, keeping, for instance, only electric supply R1, R3 connected to the drive and leaving the other wires (S1, S2, S3, S4) free. Display the signal S1 (red) and S2 (yellow) using a two-channel oscilloscope by connecting each probe screen to the equipotential connections Mo, including wires S3, S4 and R3 (see Resolver at page 18). Loosen the clamp screws of the NDE-shield and turn the stator of the resolver (always keeping the motor shaft still) until the signal S1-Mo is null ($\leq 100\text{mV}$) and the signal S2-Mo reaches the maximum value. Check that, slightly turning the motor shaft clockwise (looking at the flange end and disconnecting S2 probe in order to connect the power supply voltage signal R1), the signal S1-Mo results in phase with the signal R1-Mo. In the event that it is in phase opposition (180°), turn the resolver again and search for the following position that minimizes the signal S1-Mo, and then repeat the phase test. As soon as a reciprocal phase is obtained, let the shaft free to reach the angular position (V-W phases are still executed by the direct current). In this position fix the stator of the resolver with the screws that must be sealed using varnish.

Motor Selection

In order to properly select the motor the total motion mechanism of the drive must be assessed, thereby defining, rated and stall torque, accelerations required through a speed/torque graph, inertia of the machine (considering any gearbox to the motor) and the installation environment.

Refer to the chapter "Data in the order" for selection criteria.

Tema n. 9

La realizzazione di giunzioni tra materiali e componenti è di fondamentale importanza in molte applicazioni di interesse ingegneristico.

Il candidato consideri i seguenti casi, assumendo che le giunzioni non siano di tipo meccanico (ad esempio tramite l'utilizzo di rivetti), ma prevedano l'impiego di un materiale da interporre tra i due componenti:

- 1) giunzione alluminio/alluminio, destinata ad essere esposta in esercizio ad una temperatura variabile tra 20°C e 200°C;
- 2) giunzione acciaio/acciaio, destinata ad essere esposta in esercizio ad una temperatura variabile tra 20°C e 700°C;
- 3) giunzione carburo di silicio/carburo di silicio, destinata ad essere esposta in esercizio ad una temperatura variabile tra 20°C e 500°C;
- 4) giunzione alluminio/carburo di silicio, destinata ad essere esposta in esercizio ad una temperatura variabile tra 20°C e 200°C;

Per ciascuna delle situazioni precedenti, il candidato individui almeno un materiale di giunzione adatto allo scopo, indicandone la tipologia/composizione e motivando dettagliatamente la scelta attraverso valutazioni quantitative, anche facendo ricorso a diagrammi e grafici appropriati.

Il candidato schematizzi e descriva le varie fasi dei processi per realizzare tali giunzioni a seconda del materiale scelto, considerando anche l'opportunità di effettuare pre-trattamenti sui componenti da accoppiare, ed evidenziando eventuali aspetti critici legati alla sicurezza ed alla salvaguardia ambientale.

Il candidato illustri infine quali parametri influenzano la qualità dei giunti e descriva le prove meccaniche solitamente impiegate per testare la funzionalità delle giunzioni.

NOTA: il candidato stabilisca liberamente le ipotesi, assunzioni e vincoli che ritiene più opportuni in merito ai componenti da accoppiare, ad esempio il tipo di lega (per l'acciaio e l'alluminio) e la geometria del sistema (è consentito, se ritenuto opportuno, il riferimento a casi pratici specifici a conoscenza del candidato).