



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

**Appunti universitari**

**Tesi di laurea**

**Cartoleria e cancelleria**

**Stampa file e fotocopie**

**Print on demand**

**Rilegature**

NUMERO: 1043

DATA: 15/07/2014

# **A P P U N T I**

STUDENTE: Bruno S.

MATERIA: Impianti Meccanici Eserc.

Prof. Schienone

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.  
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

## IMPIANTI MECCANICI – a.a. 2013/14

### Esercitazione n. 1 - Punto di pareggio

#### Punto 1

Un impianto di produzione di un prodotto monocomponente ha una capacità annuale nominale di 190.000 pezzi operando su di un turno giornaliero. Sapendo che:

- a) per ogni pezzo prodotto occorrono
  - 3,2 kg di materia prima di tipo A avente un costo di 1,3 €/kg
  - 0,5 kg di materia prima di tipo B avente un costo di 3,5 €/kg
- b) sul totale della produzione è stata rilevata storicamente una difettosità pari al 6%; ogni pezzo difettoso non è recuperabile e lo smaltimento prevede un costo di 1,2 €/pezzo
- c) il costo mensile pagato per l'erogazione dell'energia elettrica è di 40000 €; si può ritenere che il 12% dell'energia non sia funzione della produzione realizzata
- d) il numero di addetti è di 16 unità. Ogni addetto opera per 1620 ore/anno con un costo medio orario di 25 €
- e) gli ammortamenti annuali assommano a 240.000 € mentre il costo mensile degli interessi passivi è di 10.000 €
- f) il costo del guardianaggio e delle assicurazioni è di 17.000 €/mese

Volendo l'Azienda proprietaria dell'impianto mantenere il BEP in un intervallo compreso tra il 55% e il 60% della capacità produttiva massima si determini quali debbono essere i prezzi di vendita per unità di prodotto (e si costruisca un grafico della situazione individuata).

#### Punto 2

Da una indagine di mercato recentemente condotta si è appurato la possibilità di elevare la quota annua di prodotto venduto a 280.000 pezzi qualora il prezzo scenda a 18,4 €/pezzo, per la cui produzione occorre l'introduzione di un secondo turno giornaliero.

Si decida se effettuare la produzione incrementale sulla base di:

- g) nuovo ammontare del BEP
- h) l'incremento di utile ottenibile nella nuova situazione rispetto alla precedente
- i) il mancato utile dovuto alla non completa saturazione del secondo turno

Riportare in grafico la nuova situazione

#### Punto 3

Con riferimento ai dati iniziali (punto 1 con il ricavo minimo individuato) valutare la variazione del BEP nel caso in cui possano verificarsi le seguenti variazioni

- il costo dell'energia aumenti del 15%
- la materia prima di tipo A presenti un incremento del 10%
- gli interessi passivi subiscano un aumento del 30%
- il costo della manodopera subisca un aumento del 5%

Riportare in grafico la nuova situazione

#### Punto 4

Con riferimento ai dati iniziali (punto 1 con il ricavo minimo individuato) valutare le probabilità di avere un BEP nel caso in cui si considerino le seguenti condizioni statistiche:

i dati riportati al punto 1 sono da intendersi come valore medio

- la deviazione standard del ricavo è pari a 0,9 €
- la deviazione standard del costo del materiale di tipo A è pari a 0,3 €

Riportare in grafico la curva cumulativa relativa alla probabilità di avere un valore di BEP inferiore o eguale a un determinato valore.

z	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
prob (-z,+z)	0,000	0,3829	0,6827	0,8664	0,9545	0,9876	0,9973

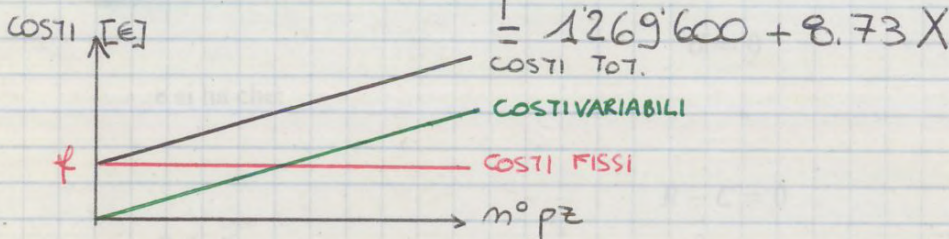
$$C_{\text{enel V}} = \frac{C_{\text{enel}} \cdot 12 \text{ mesi} \cdot \% \text{ € in variabile}}{\text{Capacità annuale nominale}} = \frac{40000 \frac{\text{€}}{\text{mese}} \cdot 12 \text{ mesi} \cdot 0,88}{190'000 \text{ pz}} = 2,2 \text{ €/pz}$$

COSTO VARIABILE TOT:  $C'_1 = \sum C_{V_1} = 8,21 \text{ €/pz}$

Bisogna riferire il valore trovato alla quantità di pezzi venduti (tenendo conto del 6% di pz difettosi non vendibili):

**COSTI V. EFFETTIVI:**  $C_1 = \frac{C'_1}{1 - 0,06} = \frac{8,21}{0,94} = 8,73 \text{ €/pz}$

**COSTI TOT:**  $C_1 = f_1 + c_1 \cdot X$  (X: quantità pz venduti)



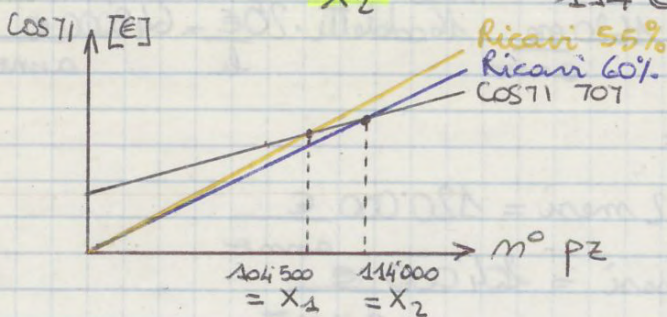
Sapendo che  $X_{\text{BEP}} = \frac{f}{r - c}$  dove r: ricavo x unità di prodotto

$$\Rightarrow X_1 = X_{\text{BEP}} (55\%) = \text{Capacità annuale nominale} \cdot 0,55 = 104'500 \text{ pz}$$

$$X_2 = X_{\text{BEP}} (60\%) = \text{Capacità annuale nominale} \cdot 0,6 = 114'000 \text{ pz}$$

**PREZZI:**  $r_1 = \frac{f_1}{X_1} + c_1 = \frac{1'269'600}{104'500} + 8,73 = 20,88 \text{ €}$

$$r_2 = \frac{f_1}{X_2} + c_1 = \frac{1'269'600 \text{ €}}{114'000 \text{ pz}} + 8,73 \frac{\text{€}}{\text{pz}} = 19,87 \text{ €}$$



$$= \frac{20,88 \text{ €}}{\text{pz}} \cdot 190'000 \text{ pz} - \left( 1269'600 \text{ €} + \frac{8,21 \text{ €}}{\text{pz}} \cdot 190'000 \text{ pz} \right)$$

$$= 1138273 \text{ €/anno}$$

- $$UT_{1T,60\%} = r_2 \cdot X - (f_1 + c_1' \cdot X)$$

$$= \frac{19,87 \text{ €}}{\text{pz}} \cdot 190'000 \text{ pz} - \left( 1269'600 \text{ €} + \frac{8,21 \text{ €}}{\text{pz}} \cdot 190'000 \text{ pz} \right)$$

$$= 945'09,36 \text{ €/anno}$$

*bisogna ammortizzare*

CASO 2 TURNI:  $U_{2T} = r_{2T} \cdot \text{pz venduti} - (f_{2T} + c_1' \cdot \text{pz venduti})$

$$= 18,4 \text{ €} \cdot 280'000 \text{ pz} - \left( 1975'200 \text{ €} + \frac{8,73 \text{ €}}{\text{pz}} \cdot 280'000 \text{ pz} \right)$$

$$= 732'710,41 \text{ €}$$

Incrementi di UT:  $UT_{incr,55\%} = U_{2T} - U_{1T,55\%} = -213199 \text{ €}$

$$UT_{incr,60\%} = U_{2T} - U_{1T,60\%} = -405563 \text{ €}$$

$$U_{2T, \text{a saturaz}^\circ} = r_{2T} \cdot \text{pz a sat. imp} \cdot (1 - 0,06) - (f_{2T} + c_1' \cdot \text{pz a sat. imp})$$

$$= \frac{18,4 \text{ €}}{\text{pz}} \cdot 380'000 \text{ pz} \cdot (1 - 0,06) - \left( 1975'200 \text{ €} + \frac{8,21 \text{ €}}{\text{pz}} \cdot 380'000 \text{ pz} \right)$$

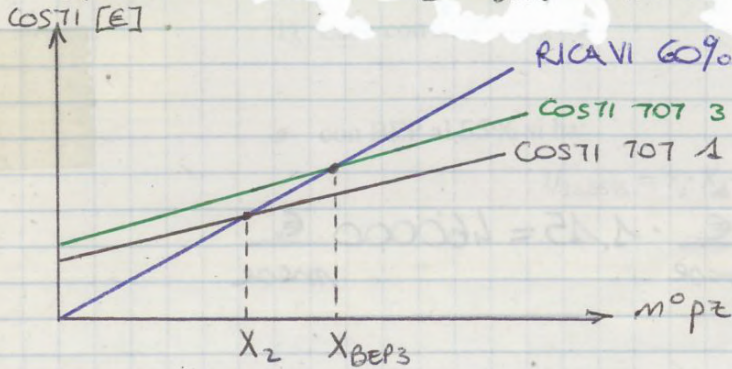
$$= 1479'320 \text{ €}$$

$$UT_{mancato} = U_{2T, \text{a saturaz}^\circ} - U_{2T} = 1479'320 \text{ €} - 732'710 \text{ €}$$

$$= 746'610 \text{ €}$$

$$\frac{X_{BEP3} \cdot 100}{\text{Capacità annuale nominale}} = \frac{130242 \cdot 100}{190000} = 69\% \text{ della cap. produttiva attuale}$$

$$\Delta BEP = X_{BEP3} - X_2 = X_{BEP3} - X_{BEP(60\%)} = 130242 - 114000 = 16242$$



Rispetto al caso 1 si ha 1 incremento del pto di BEP, in spostamento + a dx dovuto al fatto che, con 1 aumento tot nelle componenti fisse e variabili, a raggiungere il pto di pareggio è necessario vendere + unità di prodotto.

**PROBABILITA'**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O
	-3	-2,5	-2	-1,5	-1	-0,5	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
prob. (+z-z)	0,9973	0,9876	0,9545	0,8664	0,6827	0,3829	0	0,3829	0,6827	0,8664	0,9545	0,9876	0,9973
1	$\frac{A-B}{2} \cdot \frac{1-2}{2}$	$\frac{B-C}{2} \cdot \frac{1-2}{2}$											N1 <sub>prob</sub>
2	$\frac{A-B}{2} \cdot \frac{2-3}{2}$												N2 <sub>prob</sub>
3													N3 <sub>prob</sub>
4													
5													
6													
7													
8													
9													
0													
1													
2													
3													

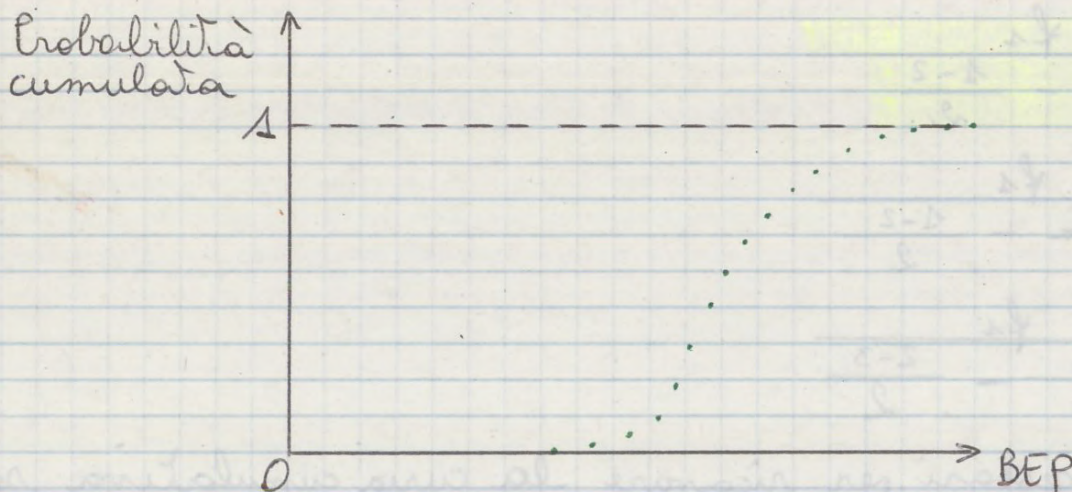
I valori all' interno della tabella sn in valore assoluto

	0,9973	0,9876	0,9545	0,8664	0,6827	0,3829	0	0,3829	0,6827	0,8664	0,9545	0,9876	0,9973
	da -3 a -2,5	da -2,5 a -2	da -2 a -1,5	da -1,5 a -1	da -1 a -0,5	da -0,5 a 0	da 0 a 0,5	da 0,5 a 1	da 1 a 1,5	da 1,5 a 2	da 2 a 2,5	da 2,5 a 3	
0,9973	2 E-05	8 E-05	0,0002	0,0004	0,0007	0,0009	0,0009	0,0007	0,0004	0,0002	8 E-05	2 E-05	
0,9876	8 E-05	0,0003	0,0007	0,0015	0,0025	0,0032	0,0032	0,0025	0,0015	0,0007	0,0003	8 E-05	
0,9545	0,0002	0,0007	0,0019	0,0041	0,0066	0,0084	0,0084	0,0066	0,0041	0,0019	0,0007	0,0002	
0,8664	0,0005	0,0015	0,0041	0,0084	0,0138	0,0176	0,0176	0,0138	0,0084	0,0041	0,0015	0,0005	
0,6827	0,0007	0,0025	0,0066	0,0138	0,0225	0,0287	0,0287	0,0225	0,0138	0,0066	0,0025	0,0007	
0,3829	0,0009	0,0032	0,0084	0,0176	0,0287	0,0367	0,0367	0,0287	0,0176	0,0084	0,0032	0,0009	
0	0,0009	0,0032	0,0084	0,0176	0,0287	0,0367	0,0367	0,0287	0,0176	0,0084	0,0032	0,0009	
0,3829	0,0007	0,0025	0,0066	0,0138	0,0225	0,0287	0,0287	0,0225	0,0138	0,0066	0,0025	0,0007	
0,6827	0,0004	0,0015	0,0041	0,0084	0,0138	0,0176	0,0176	0,0138	0,0084	0,0041	0,0015	0,0004	
0,8664	0,0002	0,0007	0,0019	0,0041	0,0066	0,0084	0,0084	0,0066	0,0041	0,0019	0,0007	0,0002	
0,9545	8 E-05	0,0003	0,0007	0,0015	0,0025	0,0032	0,0032	0,0025	0,0015	0,0007	0,0003	8 E-05	
0,9876	2 E-05	8 E-05	0,0002	0,0004	0,0007	0,0009	0,0009	0,0007	0,0004	0,0002	8 E-05	2 E-05	
0,9973													

BEP	Probabilità	Probabilità cumulata
$N1_{BEP}$	$N1_{probabilità}$	$N1_{probabilità}$
$N2_{BEP}$	$N2_{probabilità}$	$(N1+N2)_{prob}$
$N3_{BEP}$	$N3_{prob}$	$(N1+N2+N3)_{prob}$
...	...	...

Si inseriscono tutti i valori della tabella del BEP in ordine crescente e i relativi valori della probabilità

CUMULATA



la cumulata è 1 curva puntuale



### Investimenti in regime di incertezza

Il responsabile di un'azienda sta decidendo quanto dovrà essere la capacità produttiva del reparto che dovrà iniziare a produrre nel prossimo anno.

La domanda futura non è conosciuta ma viene stimata che possa assumere i seguenti valori:

3000 – 3500 – 4000 – 4500 – 5000 pezzi/anno

Viene quindi sviluppato uno studio sul NPV sulle 25 possibili combinazioni tra valore della domanda e valore della capacità produttiva. Nella tabella sottostante si chiede di valutare la scelta più corretta se per l'analisi venissero usati, in alternativa, i seguenti metodi

- MAXIMIN
- MINIMAX REGRET
- PRINCIPIO di RAGIONE INSUFFICIENTE

NPV (in migliaia di Euro)		domanda prevista				
		3000	3500	4000	4500	5000
capacità produttiva	3000	<b>8400+50Y</b>	8200	7900	7600	<b>6200+50X</b>
	3500	7600	10400	10100	9800	9400
	4000	6500	9700	12200	11600	10900
	4500	5600	8700	11500	13200	12800
	5000	<b>3200+100Y</b>	7100	10200	11900	<b>13800+50X</b>

A seguito di ulteriore indagini si sono stimate le probabilità di accadimento del valore della domanda:

$$p(3000) = 17\%$$

$$p(3500) = (19+X)\%$$

$$p(4000) = (24-Y)\%$$

$$p(4500) = (32-X)\%$$

$$p(5000) = (8+Y)\%$$

Definire la migliore scelta attraverso Bayes

Quale ultima analisi indicare la migliore soluzione integrando l'approccio di Bayes con il concetto di utilità attesa.

A fronte di un'indagine conoscitiva il decisore ha espresso il proprio concetto di utilità del denaro attraverso l'individuazione di alcuni valori della relazione UT-somma\_denaro.

I punti sono:

somma\_denaro: 4500

se X è dispari → **UT: 11-Y/4**

se X è pari → **UT: 23+Y/4**

somma\_denaro: 12000

**UT: 50**

Disegnare la curva e trarre informazione in merito alla scelta da effettuare.

① Bis: Indice Relativo R → indicatore dell'UT lordo % annuale

$$R = \frac{1}{PBP}$$

$$R = \frac{UT_{annuo} \cdot 100}{Inv. iniziale} = 32\%$$

② NPV: per det. bisogna calcolare il PV

$$C = FCA_j = M_j \cdot \frac{1}{(1+i)^j} \quad \leftarrow \text{Elusso di Cassa Anno } j$$

$$\bullet FCA_1 = \frac{400}{(1+0.07)^1} = 373.83 \text{ KE}$$

$$\bullet FCA_6 = \frac{220}{(1+0.07)^6} = 146.59 \text{ KE}$$

Anno	0	1	2	3	4	5	6		
M	-1650	+400	+550	+635	+635	+550	+220	PV	NPV
C	-1650	373,8	480,4	518,4	484,4	392,1	146,6	2395,7	745,7

dato che l'attualizza<sup>o</sup> è riferita al tempo 0, l'esborso iniziale è invariato

$$PV = \sum FCA_j = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 = 373.8 + 480.4 + 518.4 + 484.4 + 392.1 + 146.6 = 2395.7 \text{ KE} \approx 2396 \text{ KE}$$

$$NPV = PV - Inv. iniziale = 2396 - 1650 = 746 \text{ KE}$$

③ Rate of Return

$$ROR = \frac{NPV \cdot 100}{Inv. iniziale} = \frac{746 \cdot 100}{1650} = 45,2\%$$

④ Tasso interno di reddito

L'IRR è il tasso di sconto (i) che annulla il NPV

$$IRR \Rightarrow \sum_j M_j \frac{1}{(1+IRR)^j} - Inv. iniziale = NPV = 0$$

X det l'IRR bisogna procedere x tentativi compilando la tabella seguente:

⑫

## ② Metodo grafico combinatorio

Considerando i quattro investimenti e considerando un vincolo massimo di spesa di  $(570+10 \cdot X)$  k€, indicare la combinazione di investimenti migliore mediante l'utilizzo del metodo grafico combinatorio.

	A	B	C	D	E
Investimenti	$190 + Y$ $= 195$	260	125	$70 + X$ $= 77$	245
NPV	140	250	90	65	$100 + X$ $= 107$

$$ROR = \frac{NPV}{Inr. iniziale} \cdot 100$$

	Inr. iniziale	NPV	ROR
A	195	140	71.8%
B	260	250	96.2%
C	125	90	72%
D	77	65	84.4%
E	245	107	43.7%
AB	$I_A + I_B$	$NPV_A + NPV_B$	$\frac{NPV_A + B}{I_A + I_B} = 85.7\%$
AC			71.9%
AD			75.4%
AE			56.1%
BC			88.3%
BD			93.5%
BE			70.7%
CD			76.7%
CE			53.2%
ABC			82.8%
ABD			85.5%
ABE			71.0%
ACD			74.3%
ACE			59.6%
BCD			87.7%
BCE			71.0%

	Inr. iniziale	NPV	ROR
ABCD			83%
ABCE			71.2%
ABCDE			72.3%

- Si scelgono i vertici della spessata, xché su gli inv. migliori, in qt a parità di NPV hanno 1 esborso iniziale + basso.
- + la linea verde tende alla verticale, + il ROR è alto, + l'inv. è remunerativo.

VERTICI	$\Delta$ Inv. iniziale	$\Delta$ NPV	ROR
D	77	65	84.4%
$\Delta(D-C)$	A	C	$\frac{C}{A} = 52.1\%$
$\Delta(C-A)$	B	D	$\frac{D}{B} = 71.4\%$
$\Delta(A-CD)$			214.3%
$\Delta(CD-B)$			163.8%
$\Delta(B-BD)$			84.4%
$\Delta(BD-BC)$			52.1%
$\Delta(BC-AB)$			71.4%
$\Delta(AB-BCD)$			214.3%
$\Delta(BCD-ABD)$			71.4%
$\Delta(ABD-ABC)$	48	25	52.1%

$$A = \text{Inv}_C - \text{Inv}_D = 125 - 77 = 48 \text{ KE}$$

$$B = \text{Inv}_A - \text{Inv}_C = 195 - 125 = 70 \text{ KE}$$

$$C = \text{NPV}_C - \text{NPV}_D = 90 - 65 = 25$$

$$D = \text{NPV}_A - \text{NPV}_C = 140 - 90 = 50$$

Si opta x l'inv ABC xché è qllo che permette di guadagnare di + in assenza di altre info.

- ① • **MAXIMIN**:  $\forall$  capacità produttiva si individua il valore min di remunerabilità. Poi, tra gli inv selezionati si sceglie quello con valore  $>$

			Domanda					MAXIMIN		NPV LAGRANGE		
			S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	min	max	$\Sigma$	$\mu$	max
Capacità produttiva a	D <sub>1</sub>	3000	8650	8200	7900	7600	6550		38900	7780		
	D <sub>2</sub>	3500	7600	10400	10100	9800	9400	7600	7600	47300	9460	
	D <sub>3</sub>	4000	6500	9700	12200	11600	10900	6500		50900	10180	
	D <sub>4</sub>	4500	5600	8700	11500	13200	12800	5600		51800	10360	10360
	D <sub>5</sub>	5000	3700	7100	10200	11900	14150	3700		47050	9410	

- **Principio di LAGRANGE**: NN avendo alcuna conoscenza delle prob degli stati NN si ha 1 sufficiente ragione x differenziarli 1 dall' altro, pertanto si attribuisce ad ognuno 1' identica prob e si sceglie il progetto con  $\mu$  NPV  $>$ .

4 casi con la stessa prob.  $\rightarrow 25\%$

5 casi " " " "  $\rightarrow 20\%$

$$\Sigma_{D1} = 8650 + 8200 + 7900 + 7600 + 6550 = 38900 \text{ KE}$$

$$\downarrow$$

$$= \Sigma (NPV)_{D1}$$

$$\text{Media: } \mu_{D1} = \frac{\Sigma_{D1}}{5} = \frac{38900}{5} = 7780 \text{ KE}$$

- **MINIMAX REGRET**: si basa sulla scelta dell' alternativa x la quale è min la max  $\Delta$  tra il suo risultato e quello della miglior decisione x qualunque stato del sist.
- $\rightarrow$  ogni el. di qsta matrice si ottiene con differenza tra il max della colonna j e i singoli pt di  $\Delta$  S<sub>j</sub> D<sub>i</sub>
  - $\rightarrow$  si cerca il max rammarico x riga
  - $\rightarrow$  si sceglie il min dei max.

$\Sigma$ denari	UTILITA'
0	0%
4500	9.75%
12000	50%

Generica eq. della parabola:  
 $y = ax^2 + bx + c$

$$\begin{cases} c = 0 \\ 0.0975 = a \cdot 2025 \cdot 10^4 + b \cdot 4500 \\ 0.5 = a \cdot 144 \cdot 10^6 + b \cdot 12 \cdot 10^3 \end{cases}$$

$c = 0$

$$a \cdot 288 \cdot 10^6 + 24000b = 1$$

$$b = \frac{1 - 288 \cdot 10^6 a}{24000}$$

$$0.0975 = a \cdot 2025 \cdot 10^4 + 0.1875 - 54 \cdot 10^6 a$$

$$0.09 = 3375 \cdot 10^4 a$$

$$\begin{cases} a = 2.67 \cdot 10^{-9} \\ b = 9.67 \cdot 10^{-6} \\ c = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} a = 2.67 \cdot 10^{-7} \\ b = 9.67 \cdot 10^{-4} \\ c = 0 \end{cases}$$

		DOMANDA					MAX UTILITÀ ATI	
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	VALORE ATTESO	
		3000	3500	4000	4500	5000	V.A.	max
Capacità produttiva	D <sub>1</sub>	3000	28.3	25.9	24.3	22.8	17.8	24,2
	D <sub>2</sub>	3500	22.8	38.9	37	35.1	32.7	34,05
	D <sub>3</sub>	4000	17.6	34.5	51.5	47.1	42.3	53.8 53.8
	D <sub>4</sub>	4500	13.8	28.6	46.4	59.3	56.1	40,7
	D <sub>5</sub>	5000	7.2	20.3	37.6	49.3	67.1	34,7
P <sub>i</sub>			0,17	0,26	0,19	0,25	0,13	

F° di utilità :  $y = 2.67 \cdot 10^{-7} x^2 + 9.67 \cdot 10^{-4} x$

(20)

### IMPIANTI MECCANICI - Esercitazione n. 3

$X = \text{somma lunghezza nomi}$

$Y = \text{minima lunghezza nome}$

#### Prodotto ALFA

1. Un'azienda consuma mensilmente 450 pezzi che vengono acquistati a  $(85 + Y)$  Euro/cad.; l'emissione dell'ordine comporta un onere di  $(200 + X)$  Euro, mentre il costo di immobilizzo annuale della scorta è pari a  $(31 + Y/2)$  Euro.  
Valutare il Lotto Economico di Acquisto in regime deterministico sapendo che il prodotto viene venduto in confezioni da 15 pezzi.
2. Valutare l'opportunità di accettare l'offerta del nostro fornitore che propone di acquistare almeno 450 pezzi con uno sconto del 0,8%, oppure almeno 75 confezioni, con uno sconto del  $(2,3 + Y/25)\%$
3. Dati:
  - il costo di ogni singolo shortage Cs (indipendente dalla durata dello shortage stesso) pari a  $(950 - 5Y)$  Euro
  - il tempo di approvvigionamento pari a 12 giorni
  - la deviazione standard del consumo mensile pari a 79,06e, considerando l'anno di 360 giorni, determinare la migliore politica di gestione della scorta del prodotto ALFA
4. Rappresentare graficamente l'andamento del costo di gestione al variare del LEA e del PUR

#### Prodotto ALFA - EMQ

5. Con riferimento solo al punto 1 valutare la dimensione ottimale del lotto di acquisto nel caso il fornitore riesca a garantire una consegna giornaliera non superiore a 4 confezioni.

#### Classificazione ABC

6. Dal magazzino che fornisce le linee di produzione, nell'anno 2013, è stato prelevato il materiale così come risulta dalla tabella allegata. Considerando che l'andamento del 2013 possa ritenersi rappresentativo anche per gli anni successivi, si valuti, per ogni materiale, quale politica di riordino sarebbe più opportuno utilizzare.

#### Gestione materiali classe A e classe C

7. Con riferimento al punto 6 determinare i parametri necessari per l'implementazione della gestione delle scorte relative a tutti i prodotti considerando
  - per i prodotti di classe A (valutazione solo del LEA):**
    - costo ordine, percentuale del costo di stoccaggio rispetto al costo di acquisto come al punto 1
    - confezione di acquisto unitario
    - nessuno sconto proposto
  - per i prodotti di classe C:**
    - il tempo medio di approvvigionamento è riportato in tabella
    - la deviazione standard del tempo di approvvigionamento è pari al 10% del tempo medio
  - per i prodotti di classe B:**
    - libera assegnazione in A o C

$\Rightarrow LEA_2 = n^{\circ} \text{ confer.} \cdot L = 18 \cdot 15 = 270 \text{ pezzi}$

Si calcola il costo tot x lotto di acquisto e si valuta la migliore delle 2 opz<sup>o</sup>:  $C_{tot} = \frac{LEA}{2} \cdot p \cdot i + \frac{Q_0}{LEA} \cdot a + p \cdot Q_0$

$C_{tot1} = \frac{255 \cdot 2,75}{2} + \frac{450}{255} \cdot 220 + 89 \cdot 450 = 40788,86 \text{ €}$

$C_{tot2} = \frac{270 \cdot 2,75}{2} + \frac{450}{270} \cdot 220 + 89 \cdot 450 = 40787,92 \text{ €}$

$\Rightarrow LEA_2$  è la sol migliore

**SCONTI:**

② • Caso 1:  $p_1 = p (1 - 0,008) = 88,3 \text{ €}$

$LEA1 = \sqrt{\frac{2Q_0 \cdot a}{p_1 \cdot i}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 450 \cdot 220}{88,3 \cdot 3,09 \cdot 10^{-2}}} = 269,4 \text{ pezzi}$

$C_1 = \frac{LEA1}{2} \cdot p_1 \cdot i + \frac{Q_0}{LEA1} \cdot a + p_1 \cdot Q_0$

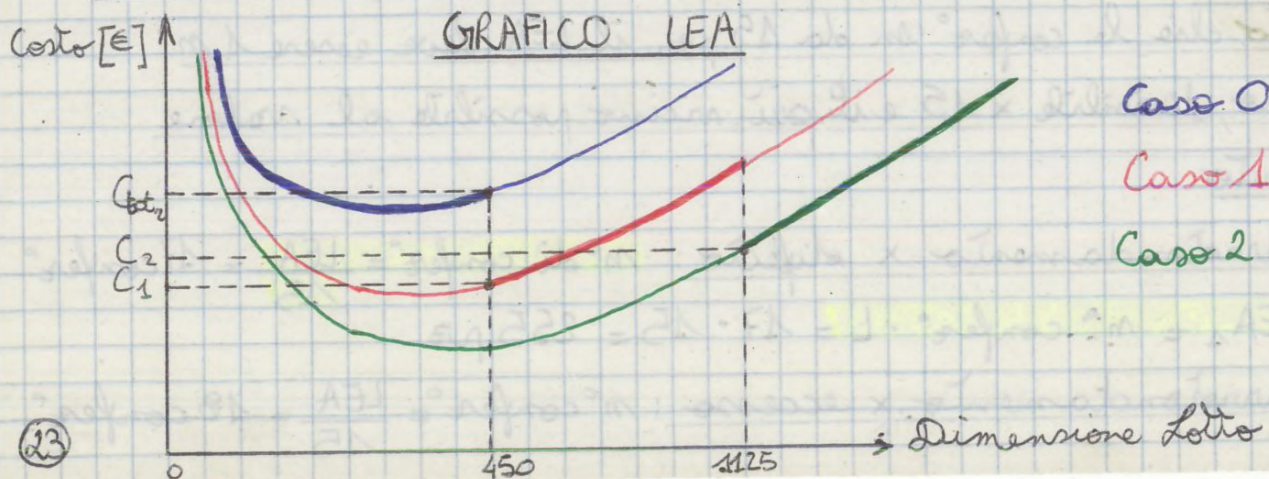
$= \frac{450}{2} \cdot 88,3 \cdot 3,09 \cdot 10^{-2} + \frac{450}{450} \cdot 220 + 88,3 \cdot 450$   
 $= 40563,4 \text{ €}$

• Caso 2:  $p_2 = p (1 - 0,0246) = 86,8 \text{ €}$

$LEA2 = \sqrt{\frac{2Q_0 \cdot a}{p_2 \cdot i}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 450 \cdot 220}{86,8 \cdot 3,09 \cdot 10^{-2}}} = 271,7 \text{ pezzi}$

$C_2 = \frac{1125}{2} \cdot 86,8 \cdot 3,09 \cdot 10^{-2} + \frac{450}{1125} \cdot 220 + 86,7 \cdot 450 = 40661,6 \text{ €}$

	Caso 0	Caso 1	Caso 2
Sconto	0%	0,8%	2,46%
LEA [pezzi]	270	269,4	271,7
LE [pezzi]	270	450	1125
Costi [€]	$C_{tot1} = 40787,9$	$C_1 = 40563,4$	$C_2 = 40661,6$





Per verificare che questa situazione sia quella ottimale, si fissa il  $PUR = 255 \text{ pz}$ , mentre il  $\begin{cases} LEA = 435 \text{ pz} \\ LEA = 465 \text{ pz} \end{cases}$  (scarto det. dal n° di pezzi in ogni confes°, con  $L=15$ )

Il calcolo dei  $C_{tot}$  con  $LEA = 435 \text{ pz}$  deve tener conto del mancato risparmio dovuto alle scorte quantità  $\Rightarrow$  si considera il prezzo pieno pari a  $89 \text{ €}$

•  $LEA = 435 \text{ pz}$

$$C_{tot} = (255 - 180 + \frac{435}{2}) \cdot 89 \cdot \frac{3,09}{100} + \frac{450 \cdot 220}{435} + \frac{6,68}{100} \left( \frac{450}{435} \right) 930 + 89 \cdot 450$$

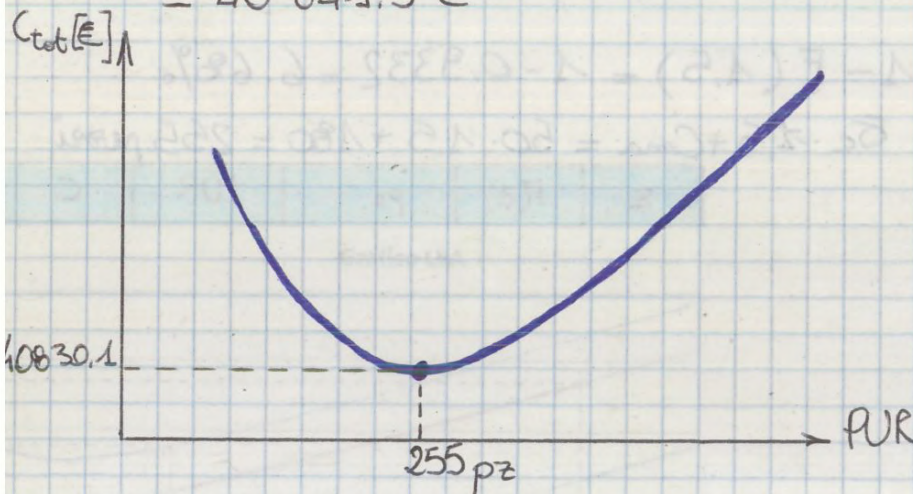
$$= 41'146,2 \text{ €}$$

$$= (PUR - C_{ma} + \frac{LEA}{2}) p \cdot i + \frac{Q_0 \cdot a}{LEA} + p_s \cdot \frac{Q_0}{LEA} \cdot C_s + p \cdot Q_0$$

•  $LEA = 465 \text{ pz}$

$$C_{tot} = (255 - 180 + \frac{465}{2}) \cdot 89 \left( 1 - \frac{0,8}{100} \right) \frac{3,09}{100} + \frac{450 \cdot 220}{465} + \frac{6,68}{100} \left( \frac{450}{465} \right) 930 + 89 \left( 1 - \frac{0,8}{100} \right) \cdot 450$$

$$= 40'841,5 \text{ €}$$



### ③ Classificare ABC

Dal magazzino che fornisce le linee di produzione, nell'anno 2013, è stato prelevato il materiale così come risulta dalla tabella allegata. Considerando che l'andamento del 2013 possa ritenersi rappresentativo anche per gli anni successivi, si valuti, per ogni materiale, quale politica di riordino sarebbe più opportuno utilizzare.

Prodotto	Consumi anno 2015												Prezzo medio €	Tempo approv. giorni
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giù	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic		
A	1.343	1.328	1.314	1.300	1.285	1.271	1.257	1.243	1.228	1.214	1.200	1.186	47,84	-127,3546316
B	1.223	1.209	1.195	1.181	1.166	1.152	1.138	1.124	1.110	1.096	1.082	1.068	51,57	-135,3678346
C	1.103	1.089	1.075	1.061	1.047	1.034	1.020	1.006	992	978	964	951	55,31	-143,3810376
D	983	969	956	942	928	915	901	887	874	860	847	833	59,04	-151,3942406
E	863	850	836	823	809	796	783	769	756	742	729	716	62,78	-159,4074436
F	743	730	717	703	690	677	664	651	638	624	611	598	66,51	-167,4206466
G	623	610	597	584	571	558	545	532	519	506	493	480	70,25	-175,4338496
H	503	490	478	465	452	439	427	414	401	388	376	363	73,99	-183,4470526
I	383	371	358	346	333	321	308	296	283	271	258	245	77,72	-191,4602556
L	263	251	239	226	214	202	190	177	165	153	140	128	81,46	-199,4734586
M	143	131	119	107	95	83	71	59	47	35	23	10	85,19	-207,4866617
N	24	12	0	-12	-24	-36	-48	-60	-71	-83	-95	-107	88,93	-215,4998647
O	-96	-108	-120	-131	-143	-155	-166	-178	-190	-201	-213	-225	92,67	-223,5130677
P	-216	-228	-239	-251	-262	-273	-285	-296	-308	-319	-331	-342	96,40	-231,5262707
Q	-336	-347	-359	-370	-381	-392	-404	-415	-426	-437	-448	-460	100,14	-239,5394737
R	-456	-467	-478	-489	-500	-511	-522	-533	-544	-555	-566	-577	103,87	-247,5526767
S	-576	-587	-598	-608	-619	-630	-641	-651	-662	-673	-684	-695	107,61	-255,5658797
T	-696	-707	-717	-728	-738	-749	-759	-770	-780	-791	-802	-812	111,35	-263,5790827
U	-816	-826	-837	-847	-857	-868	-878	-888	-899	-909	-919	-930	115,08	-271,5922857
V	-936	-946	-956	-966	-976	-986	-997	-1.007	-1.017	-1.027	-1.037	-1.047	118,82	-279,6054887

① Costo annuale<sub>A</sub> = Σ consumi mensile<sub>A</sub> · prezzo medio

So riordinano i vari prodotti in ordine decrescente di prezzo

② Costo annuale tot = Σ costo annuale<sub>A,B,C,...</sub>

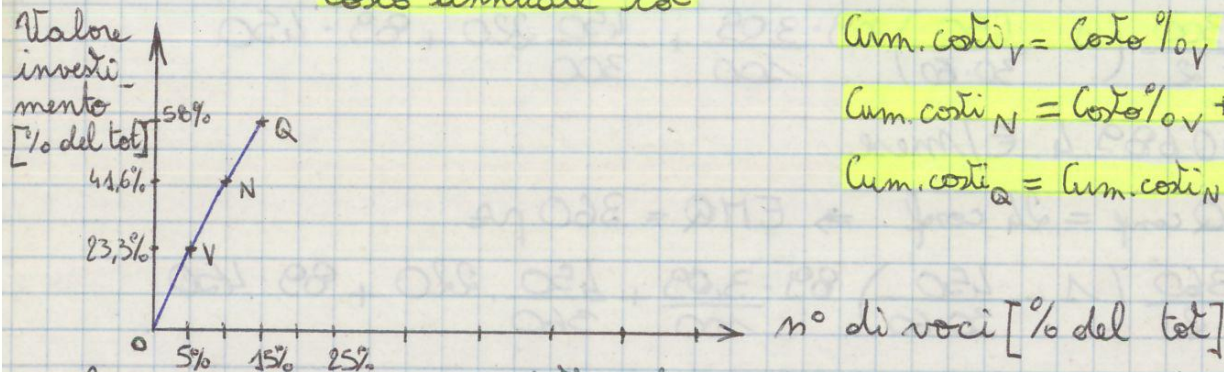
③ Costo % =  $\frac{\text{Costo annuale}_A}{\text{Costo annuale tot}}$

④ Cumulata costi:

Cum. costi<sub>V</sub> = Costo %<sub>V</sub> = 23,3%

Cum. costi<sub>N</sub> = Costo %<sub>V</sub> + Costo %<sub>N</sub> = 41,6%

Cum. costi<sub>Q</sub> = Cum. costi<sub>N</sub> + Costo %<sub>Q</sub> = 58%



20 voci ⇒ ogni prodotto ha 1% equidistribuita dalle altre (in qto caso 5%)

10 voci ⇒ 10%

25 voci ⇒ 4%

• Mat A: > 70% del costo annuo %

• Mat C: < 10% " " " "

• Mat B: il resto

⑦

$$\textcircled{3} T_{a,max} = T_a + 3\sigma_{T_a} = T_a + 3(0,1T_a)$$

$$T_{a,max_H} = 20 \text{ gg} + 3(0,1 \cdot 20 \text{ gg}) = 26 \text{ gg}$$

$$t_1 = \left(\frac{T_a}{30} + 1\right) 30$$

$$t_{1_H} = \left(\frac{20}{30} + 1\right) 30 = 1,66 \cdot 30 \Rightarrow t_{1_H} = 1 \cdot 30 = 30 \text{ gg}$$

lo si deve arrotondare x difetto

$$\Rightarrow C_{teorico} = (t_1 - T_{a,max}) C_{max,g}$$

$$C_{teorico_H} = (30 - 26) \cdot 37 = 148 \text{ pz}$$

$$\textcircled{4} C_{presunto} = T_{a,max} \cdot C_{max,g}$$

$$C_{presunto_H} = 26 \cdot 37 = 962 \text{ pz}$$

$$\textcircled{5} D_{max} = C_{teorico} + C_{presunto}$$

← consumo max

$$D_{max_H} = C_{teorico_H} + C_{presunto_H} = 1110 \text{ pz}$$

$\textcircled{6}$  Livello di riordino:

$$LR = 1,5 \cdot D_{max} = z \cdot D_{max}$$

↑ che corrisponde ad 1 prob. di non andare in sottocorta del 93%

$\textcircled{7}$  Livello di giacenza:

$$LG = LR - D_{max}$$

## ESERCITAZIONE 4

## RULLIERE

**RULLIERE**  
al tempo iniziale

### ① Dimensionamento al tempo iniziale

Si vuole dimensionare un sistema di trasporto mediante rulliere destinato alla movimentazione di 1 prodotto:

- il prodotto **A** è confezionato in colli parallelepipedi con una base di **500 x 500 mm** e ha una massa di **100 kg** (per ogni collo)

Il sistema di trasporto prevede un **primo tratto motorizzato** avente lunghezza pari a **30 m**; il **secondo tratto** formato da **rulli folli** ha una **lunghezza complessiva** di **70 m**.

Compreso nel secondo tratto deve essere previsto uno **spazio destinato all'accumulo** dei materiali che deve contenere **almeno 10 colli**. In tale zona la **pendenza della rulliera** deve essere **maggiore del 1,5%**

Il **dislivello massimo** tra inizio e fine non potrà superare **0,5 m**.

L'impianto deve essere in grado di funzionare con **continuità** su **2 turni giornalieri** di **8 ore** per **5 giorni alla settimana**; tale impianto dovrà essere dimensionato per funzionare per **7 anni** (1 anno = 46 settimane).

- Dimensionare l'impianto in condizioni di **assenza di attrito** (per gli eventuali dati mancanti si dovrà giustificare la scelta)
- Dimensionare l'impianto **considerando gli attriti**

Il prodotto è sempre orientato in modo che nel senso di marcia si abbia il lato + lungo (così si scelgono rulli più stretti e quindi + economici) + il peso scarica su + rulli  
Da catalogo, il n° min di rulli da installare è  $n \geq 3$   
rulli  $\Rightarrow n = 4$  rulli

• **Interasse dei rulli**:  $I = \frac{Y}{n} = \frac{500}{4} = 125 \text{ mm}$  (meglio se intero)  
 $n$ : n° rulli che supporta il carico

• **Forza peso**:  $P_u = 100 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 981 \text{ N}$

• **Ore di funzionamento**:  $D_{\text{min}} = 8 \frac{\text{h}}{\text{turno}} \cdot 2 \frac{\text{turni}}{\text{gg}} \cdot 5 \frac{\text{gg}}{\text{settimana}} \cdot 46 \frac{\text{sett.}}{\text{anno}} = 25760 \text{ ore}$

### ① Dimensionamento senza attrito

Tratto di accumulo:  $L_{CD} = 10 \cdot Y = 5 \text{ m}$  (n° colli che deve contenere)

$L_{AB} = 30 \text{ m}$   
 $L_{BC} = 65 \text{ m}$   
 $L_{CD} = 5 \text{ m}$

**Lunghezza rulli (da catalogo):**

$$L \geq X + 50 [\text{mm}] = 630 \text{ mm}$$

**Lunghezza rulli [mm]**  
200 - 250 - 315 - 400 - 500 -  
630 - 800 - 1000 - 1150

		RULLI MOTORIZZATI	RULLI FOLLI
Diametro	D [mm]	102	102
Vel max	n [giri/min]	250	— (250)
Vel max perif.	v <sub>max</sub> [m/s]	1,335	— (4,335)
Carico sopportabile x 10000 h	C10 [N]	1340	1600
Coeff di durata effettivo	K	0,275	0,229

$$v_{max} = \frac{D \pi n}{60} \cdot 10^{-3} = 1,335 \text{ m/s}$$

$$K_F = \frac{P}{P_{10000 F}} = \frac{367,9}{1600} = 0,229$$

Supponendo di assegnare lo stesso diametro a rulli folti e motorizzati, gli motorizzati su + sollevati.  
Interpolando:

$$\text{Durata}_{25760H} = 50000 - \frac{(50000 - 25000)(0,58 - K_H)}{0,58 - 0,74}$$

$$= 140625 - 156250 K_H = 97729,1 \text{ ore}$$

$$\text{Durata}_{25760F} = 140625 - 156250 K_F = 104699,7 \text{ ore}$$

$$\text{In anni: } \frac{\text{Durata}_H [\text{ore}]}{n^\circ \text{ ore 1 anno}} = \frac{97729}{8 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 46} = 26,6 \text{ anni}$$

$$(26,6 \text{ anni} - 26) \cdot 12 = (6,68 \text{ mesi} - 6) \cdot 30 = 20 \text{ gg}$$

26 anni, 6 mesi e 20 gg

	MOTORIZZATI	FOLLI
DURATA EFFETTIVA	97729 ore	104699,7 ore
	26,6 anni	28,5 anni

Dalle formule della cinematica:

$$t_{AB} = \frac{L_{AB}}{v_B} = \frac{30}{1,335} = 22,47 \text{ s}$$

32  $t_{BC} = \frac{L_{BC}}{v_C} = \frac{65}{1,335} = 48,7 \text{ s}$

$$t_{BC} = \frac{v_c - v_B}{a_c} = 89.08 \text{ s}$$

$$t_{CD} = \frac{v_D - v_c}{a_D} = 8.19 \text{ s}$$

		$\alpha$	L	h	a	v	t
TRATTO	TIPO	rad	m	m	m <sup>2</sup> /s	m/s	s
AB	MOTORIZZATI	0	30	0	0	1.15	26
BC	FOLLI	0	65	0.43	-0.009	0.309	89.08
CD	FOLLI	0.015	5	0.07	0.074	0.912	8.19

$$T = t_{AB} + t_{BC} + t_{CD} = 123.4 \text{ s} = 2 \text{ min } 3 \text{ s}$$

		MOTORIZZATI	FOLLI
Diametro	D [mm]	102	102
Vel max	n [giri/min]	215.3	57.8
Vel max perif.	v <sub>max</sub> [m/s]	1.15	0.309
Carico sopportabile x 10000 h	C10 [N]	1446	1600
Coeff di durata effettiva	K	0.254	0.229

$$n = \frac{60 v_{max}}{D \pi} \cdot 10^3 = \frac{60 \cdot 1.15 \cdot 10^3}{102 \pi} = 215.3 \text{ giri/min}$$

Da tabella:

rpm	100	250
C10	1800	1340

$$C_{10} = C_{10_1} + (C_{10_1} - C_{10_2}) \frac{m_B - m_1}{m_1 - m_2} = 1800 + (1800 - 1340) \frac{m_B - 100}{100 - 250} = 1446 \text{ N}$$

$$K_H = \frac{P}{C_{10_H}} = \frac{367.9}{1446} = 0.254$$

$$K_F = \frac{P}{C_{10_F}} = 0.229$$

	MOTORIZZATI	FOLLI
DURATA EFFETTIVA	100938 ore	104844 ore
	27.4 anni	28.5 anni

$$Durata_H = 140625 - 156250 \text{ K}$$

34

- Nel caso in cui si continui a trasportare il prodotto A, la vita residua dell'impianto è:

$$\text{vita residua}_A = \text{vita tot}_A - 3 \text{ anni}$$

- La vita residua dell'impianto nel caso in cui si abbia il trasporto del prodotto B è data da:

$$\left(\frac{\text{vita res}}{\text{vita tot}}\right)_A = \left(\frac{\text{vita res}}{\text{vita tot}}\right)_B$$

$$\text{vita res}_B = \text{vita tot}_B \cdot \left(\frac{\text{vita res}}{\text{vita tot}}\right)_A$$

	MOTORIZZATI	FOLLI
vita res. A	$26.6 - 3 = 23.6$ anni	$28.5 - 3 = 25.5$ anni
vita res. B	21.5 anni	23.7 anni

$$\Rightarrow \text{vita res}_B = \frac{24.2 \cdot 23.6}{26.6} = 21.5 \text{ anni}$$

$$\text{vita res. effettiva} = \frac{1}{3} \text{ vita res.}_A + \frac{2}{3} \text{ vita res.}_B$$

$$\Rightarrow \text{vita res. eff.}_H = \frac{1}{3} \cdot 23.6 + \frac{2}{3} \cdot 21.5 = 22.2 \text{ anni}$$

$$\text{vita res. eff.}_F = \frac{1}{3} \cdot 25.5 + \frac{2}{3} \cdot 23.7 = 24.3 \text{ anni}$$

$$\Delta \text{ vita residua} = \text{vita res. eff.} - \text{vita res.}_A$$

$$\Rightarrow \Delta \text{ vita res.}_H = 22.2 - 23.6 = -1.4 \text{ anni}$$

$$\Delta \text{ vita res.}_F = 24.3 - 25.5 = -1.2 \text{ anni}$$

## ESERCITAZIONE 5

## DIMENSIONAMENTO DEL NASTRO

Uno stabilimento siderurgico viene approvvigionato di minerali di ferro; bisogna prevedere un sistema di trasporto di tali materie prime dal punto di attacco delle navi fino ai parchi per il deposito. Si deve dimensionare l'impianto tenendo presente che il nastro sarà a conca e il terreno presenta una variazione di quota tra inizio e fine di +40 metri =  $H$

### DATI

Capacità (massima) nave  $45.000 \text{ t} = M_{max}$

Tempo massimo di scarico  $24 \text{ h} = t$

Densità specifica  $3.200 \text{ kg/m}^3 = \rho$

Distanza tra punto di carico e scarico  $4.250 \text{ m} = \text{interasse}$

Angolo di sovraccarico per il minerale di ferro  $15^\circ = \alpha$

Intervallo fra le stazioni di andata  $0,7 \text{ m} = \bar{i}_a$

Intervallo fra le stazioni di ritorno  $2,1 \text{ m} = \bar{i}_r$

Tele costituenti il nucleo (1° possibilità) P/N 27

- spessore  $2,1 \text{ mm} = S_t$
- massa  $2,4 \text{ kg/m}^2 = m_{27}$

Tele costituenti il nucleo (2° possibilità) P/N31,5

- spessore  $2,3 \text{ mm}$
- massa  $2,8 \text{ kg/m}^2 = m_{31,5}$

Copertura in gomma PVC (singolo lato)

- spessore  $6 \text{ mm}$
- massa  $3,9 \text{ kg/m}^2 = m_{PVC}$

Forza per la messa a regime dei nastri  $16 \text{ N/m}_{\text{interasse}} = P_4'$

Coefficiente di attrito dei rulli  $0,03 = f'$  (coeff di attrito volvente)

Massa rullo andata  $15 \text{ kg/m}$

Massa rullo ritorno (2 per stazione)  $14 \text{ kg/m}$

Rendimento del gruppo riduttore - motore elettrico  $75\% = \eta$

Inclinazione rulli laterali  $25^\circ = \beta$

Coefficiente di attrito tra tamburo e nastro  $0,295 = f$  (fattore di attrito dinamico)

- Velocità compresa tra  $3,5$  e  $5 \text{ m/s}$
- Larghezza nastro: passo  $100 \text{ mm}$

Definire differenti scenari impiantistici (almeno 3), senza operare scelte in quanto manca valutazione economica.

Portata necessaria x il trasferimento di mat:

$$G = \frac{M_{max}}{t} \cdot 1,1 = \frac{45.000 \text{ t} \cdot 1,1}{24 \text{ h}} = 2062,5 \text{ t/h}$$

$$\text{Capacità sezionale del nastro: } A = \frac{G}{\rho v} = \frac{2062,5 \cdot 10^3}{3600 \cdot 3200 \cdot 4,25} = 0,0421 \text{ m}^2$$

$3,5 \leq v \leq 5 \text{ m/s}$ , pertanto la si assume di  $4,25 \text{ m/s}$ , x poi verificarla.



$P_4$  forse d'inerzia

•  $P_1 = f' (P_m + P_{ra} + P_{rr})$  [N]

\* Peso nastro:

$P_m = (m_{tele} \cdot m_{tele} + 2 m_{PVC}) 2 b \cdot i \cdot 9,81$

Il n° di tele nn è noto a priori, si sceglie pertanto 1 valore di tentativo e si procede iterativamente fino a convergenza.

Ad es. impongo  $n_{tele} = 20$  tele

$P_m = (20 \cdot 2,4 + 2 \cdot 3,9) 2 \cdot 800 \cdot 10^{-3} \cdot 4250 \cdot 9,81 = 3722306,4 \text{ N}$

\* Peso rulli di andata:

$P_{ra} = \frac{i}{i_a} \cdot m_{ra} \cdot 9,81 \cdot b$

$= \frac{4250}{0,7} \cdot \frac{15 \text{ kg}}{m} \cdot 9,81 \cdot 800 \cdot 10^{-3} = 714728,6 \text{ N}$

Se la massa del rullo fosse stata in [kg/rullo],  $mn$  si sarebbe dovuto moltiplicare  $\times b$

\* Peso rulli di ritorno:

$P_{rr} = \frac{i}{i_r} \cdot m_{rr} \cdot 9,81 \cdot b = \frac{4250}{2,1} \cdot \frac{14 \text{ kg}}{m} \cdot 9,81 \cdot \frac{800}{10^3} = 222360 \text{ N}$

$\Rightarrow P_1 = f' (P_m + P_{ra} + P_{rr}) = 0,03 (3722306,4 + 714728,6 + 222360) = 139781,9 \text{ N}$

•  $P_2 = f' \cdot q_m \cdot i = 0,03 \cdot 1322 \cdot 4250 = 168609,4 \text{ N}$

$q_m = \frac{9,81 \cdot G}{3,6 \cdot v} = \frac{9,81 \cdot 2062,5}{3,6 \cdot 4,25} = 1322 \text{ N/m}$

•  $P_3 = \pm q_m \cdot H = \pm 52897 \text{ N}$

+ se il nastro è in solita

- se il nastro è in dicesa

•  $P_4 = f (m_{sistema}, m_{carico}, acc)$

③  $\Rightarrow P_4 = P_4' \cdot i = 68 \cdot 000 \text{ N}$

$$P_4 = 68'000 \text{ N}$$

$$P_{\text{tot}} = 448'500 \text{ N}$$

$$T = 506'804 \text{ N}$$

$\Rightarrow n = 23,4$  tele, dato che si arrotonda sempre x eccesso,  $n = 24$  tele. **CONVERGIE**, ma  $n < 10$  tele.

Spessore del nastro, potenza elettrica, diametro del tamburo

• Spessore nastro:  $S_m = n \cdot S_t + 2 S_{pvc}$  [mm]  
 $= 24 \cdot 2,1 + 2 \cdot 6 = 62,4 \text{ mm}$

• Potenza elettrica:  $N = \frac{P_{\text{tot}} \cdot v}{1000 \cdot \eta}$  [kW]  
 $= \frac{448'500 \cdot 4,25}{1000 \cdot 0,75} = 2541,5 \text{ kW}$

• Diametro min dei tamburi:  $\phi_d = C \cdot S_{\text{nucleo}} = C \cdot n \cdot S_t$   
 $= 108 \cdot 24 \cdot 2,1$   
 $= 5,4 \text{ m}$

SUDDIVISIONE DELL' IMPIANTO IN 3 TRATTI:

Dato che il n° di tele è troppo elevato, si divide l' impianto in 3 tratti.

$b = 800 \text{ mm}$   
 $v = 4,25 \text{ m/s}$  }  $\Rightarrow A_{\text{tot}} = 0,054 \text{ m}^2 > A = 0,042 \text{ m}^2$

Forza necessaria x la movimentaz°:

•  $P_m = (m_{\text{tele}} \cdot m_{\text{tele}} + 2 m_{pvc}) \cdot \frac{2b \cdot i}{3} \cdot 9,81$   
 $= (9 \cdot 2,4 + 2 \cdot 3,9) \cdot \frac{2 \cdot 800 \cdot 10^{-3} \cdot 4250}{3} \cdot 9,81 = 653738 \text{ N}$

•  $P_{ra} = \frac{i}{3 \cdot i_a} \cdot m_{ra} \cdot 9,81 \cdot b = \frac{4250}{3 \cdot 0,7} \cdot 15 \cdot 9,81 \cdot 800 \cdot 10^{-3} = 238'242,8 \text{ N}$

•  $P_{rr} = \frac{i}{3 \cdot i_r} \cdot m_{rr} \cdot 9,81 \cdot b = \frac{4250}{3 \cdot 2,1} \cdot 14 \cdot 9,81 \cdot 800 \cdot 10^{-3} = 74'120 \text{ N}$

$P_1 = 0,03 (P_m + P_{ra} + P_{rr}) = 28983,02 \text{ N}$

•  $P_2 = f' \cdot q_m \cdot \frac{i}{3} = 0,03 \cdot 1322 \cdot \frac{4250}{3} = 56'203 \text{ N}$

④  $P_3 = \pm q_m \cdot \frac{H}{3} = 1322 \cdot \frac{40}{3} = 17626,7 \text{ N}$

4) parametri che possono essere fatti cambiare su:

- da → + ↗ + ↘ il n° di tele ( $\sim 420^\circ - 480^\circ$ )
- v (dip dal tipo di nastro) + v ↗ + ↘ b ( $m \cong, N \downarrow$ )
- tipo di nastro (P/N 27, P/N 31,5)
- b → + ↗ + ↘ m
- $m_{tele}$  → + ↗ + ↗ m e viceversa
- n° tratti → + ↗ + ↘ m

## IMPIANTI MECCANICI - Anno Accademico 2013/2014

### Esercitazione n. 6 - **Impianto di distribuzione dell'acqua**

**X:** somma lunghezza [cognomi]

**Y:** max lunghezza [cognomi] - min lunghezza [cognomi]

**Z:** min lunghezza [cognomi]

In uno stabilimento occorre realizzare un impianto di distribuzione dell'acqua.

L'acqua, prelevata da un pozzo alla profondità di  $(2+Z/10)$  m rispetto al piano campagna nel punto A della piantina, viene inviata al serbatoio di accumulo ubicato nel punto S seguendo il tragitto riportato mediante un gruppo di pompaggio (P) che funziona a portata costante sulle 24 ore (*nota: la pompa è indicata sul tratto di adduzione ma non nella posizione corretta*)

Le utenze presenti all'interno dello stabilimento sono 6 (U1, U2, U3, U4, U5, U6) e presentano una richiesta giornaliera distribuita secondo la tabella sottoriportata. Il layout delle tubazioni è riportato nella figura.

Utenza	Consumo orario [m <sup>3</sup> /h]																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
U1	Consumo costante = $(40 - Y)$						Consumo costante = $(50 + Y)$												Consumo costante = $(40 - Y)$					
U2	30	30	30	30	30	30	30	59	80	80	80	80	59	80	80	80	80	59	30	30	30	30	30	30
U3	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	20	20	20	20	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
U4	Consumo costante = $(15 - Z)$						15	15	15	15	Consumo costante = $(15 + 3Z)$						15	15	Consumo costante = $(15 - Z)$					
U5	40	40	40	40	40	40	40	40	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	40	40	40	40
U6	12	12	12	12	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	12	12	12

#### Punto 1

- Determinare il volume del serbatoio necessario per la compensazione;

#### Punto 2

- Effettuare il dimensionamento economico della linea di adduzione considerando:
  - ✓ un periodo di funzionamento pari a  $N = 5200$  h/anno
  - ✓ un costo dell'energia pari a  $C_w = 0,125$  €/kWh
  - ✓ per la tubazione un coefficiente di costo  $A = 1,09 \cdot 10^6$
  - ✓ un coefficiente di complessità  $m = 3,78$
  - ✓ l'impianto ammortizzabile in 6 anni
  - ✓ un tasso di interesse  $i = (7+Z)\%$
  - ✓ un coefficiente annuo dei costi di manutenzione pari a  $r = 1\%$
  - ✓ un rendimento globale del gruppo di pompaggio pari a  $(72+Y)\%$
  - ✓ trascurando i costi relativi all'impianto di pompaggio
- Determinare le caratteristiche del gruppo di pompaggio;

#### Punto 3

- Determinare il volume del serbatoio e il diametro economico della tubazione nel caso l'alimentazione dell'acqua non avvenga su 24 ore al giorno ma solo su 13 (dalle 19.00 alle 8.00)

## IMPIANTI MECCANICI - Anno Accademico 2013/2014

### Esercitazione n. 7 - **Impianto pneumatico**

In uno stabilimento occorre provvedere al trasferimento, mediante impianto di trasporto pneumatico, di zucchero da un silos principale SP a 6 diversi silos Si di alimentazione alle linee di estrusione.

Nella sottostante pianta sono riportati l'ubicazione dei vari silos, la quota [m] della tubazione nell'ingresso/uscita dei silos, nonché una zona tratteggiata, in cui sono presenti uffici e magazzini aventi un'altezza totale di 19 m.

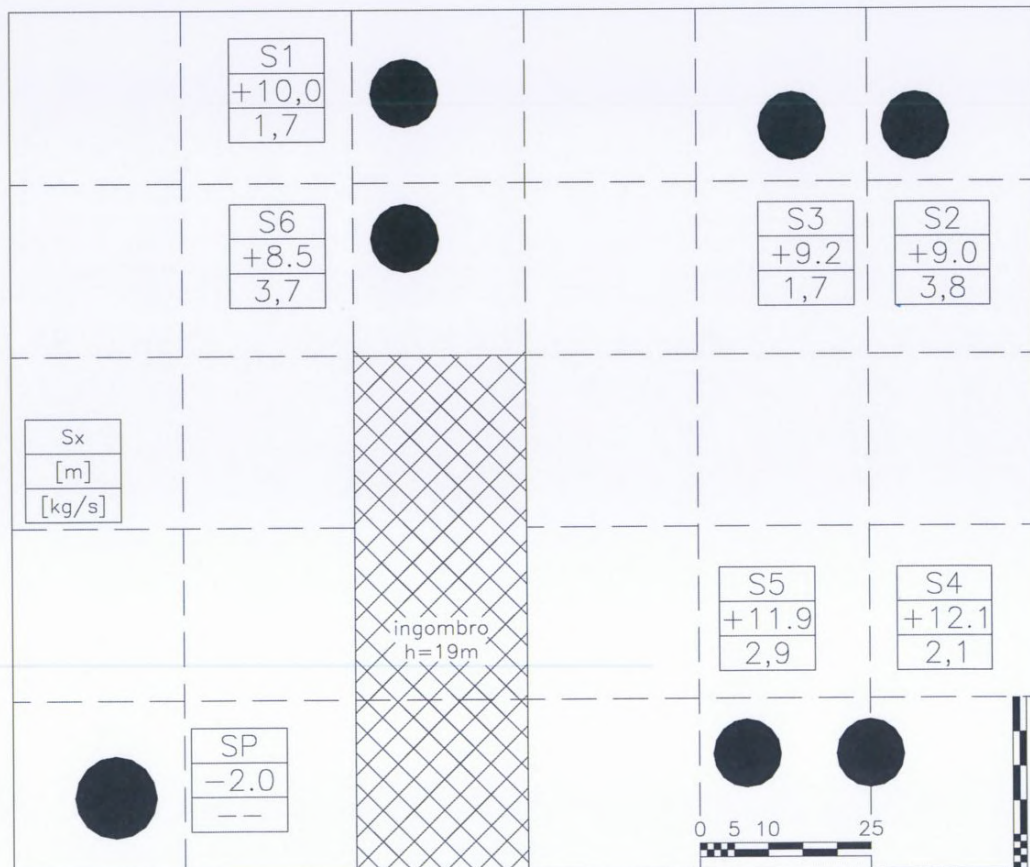
Le portate [kg/s] sono riportate a fianco di ogni silos.

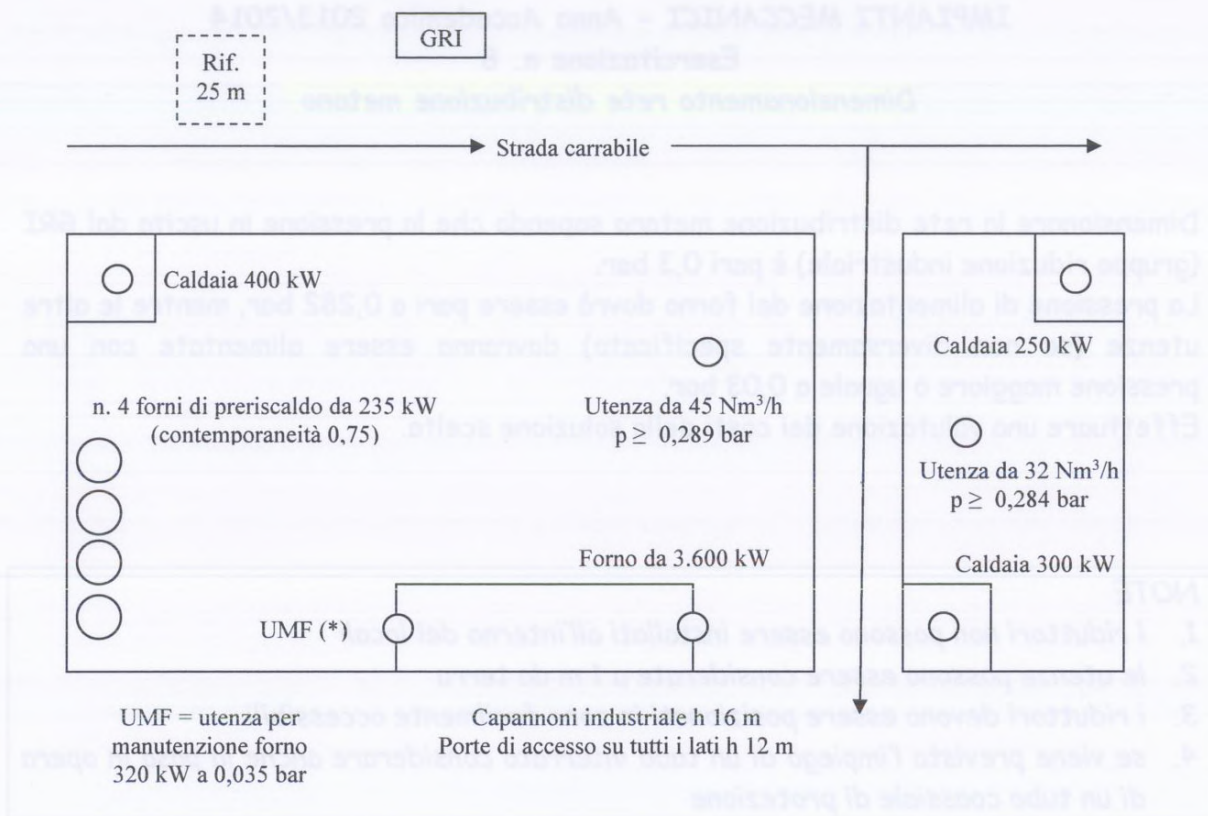
Dimensionare l'impianto (tubazioni e ventilatori), considerando che la fase di carico potrà avvenire un coefficiente di contemporaneità pari a 1, tranne che per

- i silos 1 e 3 che potranno essere caricati o uno o l'altro.
- i silos 2 e 6 che potranno essere caricati o uno o l'altro.

Le polveri presenti all'interno dello stabilimento potrebbero danneggiare lo zucchero.

La scala del disegno è 1:1000 (la distanza tra due righe tratteggiate è pari a 25 m)





IMPIANTO GAS METANO

UT	P [kWh]	p <sub>red</sub> [bar]	p <sub>max</sub> [bar]

Tratto	Q <sub>N</sub> [Nm <sup>3</sup> /h]	Q [m <sup>3</sup> /h]	L [m]	L <sub>virtuali</sub> [m]	Δp/L <sub>eq</sub> [bar]	p <sub>2,teorica</sub> [bar]	d [mm]	DN	d <sub>int</sub> [mm]	p <sub>2</sub> [bar]	v [m/s]	< 16

$$Q_N = \frac{P}{PCI} \cdot 3600 = \frac{P \cdot 3600}{35,9 \cdot 1000}$$

# IMPIANTO GAS METANO

1<sup>a</sup> ed. ogni riduttore,  
1<sup>a</sup> dell'UT

$$= \frac{\Delta p}{L} \cdot L_{\text{equiv}}$$

$$= p_{1, \text{teorica}} - p_{1, \text{ABS}} - \Delta p_{\text{max}}$$

Tratto	DN	curva a 90°		Leq - raccordi [m]			Rubinetti		Leq [m]	Ltot [m]	$\Delta p_{\text{max}}$ [bar]	p <sub>1</sub> [bar]	p <sub>2, \text{teorica}}</sub> [bar]
		q.tà	Leq [m]	a T	a croce	a gomito	q.tà	Leq [m]					







IMPIANTO METANO (p=34)

Riduttori	Q [Nm <sup>3</sup> /h]	quantità	tipo	prezzo unitario [€/cad]	costo [€]

Tratto	L [m]	DN	peso specifico [kg/m]	costo [€]

## IMPIANTI MECCANICI - Anno Accademico 2013/2014

### Esercitazione n. 9 - **Distribuzione vapore**

La rete distribuzione vapore, riportata in figura, è ubicata in zona con una temperatura esterna minimo di  $-10^{\circ}\text{C}$ ; è al servizio di 4 utenze distinte aventi portata e pressione assoluta di alimentazione rilevabili dal disegno.

Il vapore saturo secco viene prodotto ad una pressione assoluta di 10 bar.

Le tubazioni sono realizzate in acciaio al carbonio (serie commerciale) e coibentate con coppelle in lana di vetro, le valvole, i compensatori e il riduttore di pressione sono del tipo flangiato.

Si chiede di:

- a) dimensionare la rete di distribuzione al fine di garantire le pressioni di alimentazioni nel rispetto del minimo investimento iniziale, il tratto tra il generatore di vapore e il collettore di distribuzione dovrà essere dimensionato considerando un coefficiente di contemporaneità delle utenze pari a 1;
- b) eseguire uno schema esecutivo della rete comprensivo di pendenze, pozzetti di drenaggio, scaricatori di condensa ed altri eventuali particolari valutati nel caso di messa a regime termico in un tempo di 20' e nel caso di coibentazione di media efficienza;
- c) definire i tipi di staffaggio ritenuti idonei e il loro posizionamento a disegno al fine di una corretta funzionalità impiantistica, nell'ipotesi di inserimento di giunti dilatatori a compensazione assiale che si dovranno prevedere e dimensionare in modo opportuno (valutazione solo per i tratti superiori o eguali a 10 m);
- d) valutare la spinta esercitata sui punti fissi in base ai criteri di vincoli adottati al punto c), considerando un coefficiente di attrito delle guide pari a 0,3 (nei punti indicati nello schema con le frecce)

IMPIANTO VAPORE

(p-33-35)

Tratti	Q [kg/h]	Q+10% [kg/h]	L [m]	L+10% [m]	vincoli	$\Delta p$ [bar]/100m consentiti	vmax [m/s]	DN	dint [mm]

(p-39)

Pozzetto	DN	L orizz [m]	L vert [m]	Profondità [mm]	Scaricatore

(p-40)

p diff [bar]	cond. Avv. [kg/20min10m]	cond.av.c [kg/h10m]	port.avv. [kg/h]	tipo/funz.	FS min	port.*FSmin [kg/h]	modello	port.Nom. [kg/h]	FS eff

(p-45)

Tratti /	DN /	$\Delta L$ [mm]	modello /	mov. [mm]	lung.lib. [mm]	Lmin [mm]	Linst [mm]	Lpre. [mm]

# ① ESERCITAZIONE 6 IMPIANTO DISTRIBUZIONE H<sub>2</sub>O

Uno stabilimento deve realizzare un impianto di distribuzione dell'acqua. L'acqua, prelevata da un pozzo alla profondità di  $(2+Z/10)$  m rispetto al piano campagna nel punto A della piantina, viene inviata al serbatoio di accumulo ubicato nel punto S seguendo il tragitto riportato mediante un gruppo di pompaggio (P) che funziona a portata costante sulle 24 ore (nota: la pompa è indicata sul tratto di adduzione ma non nella posizione corretta).

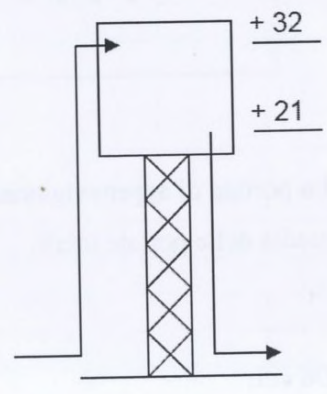
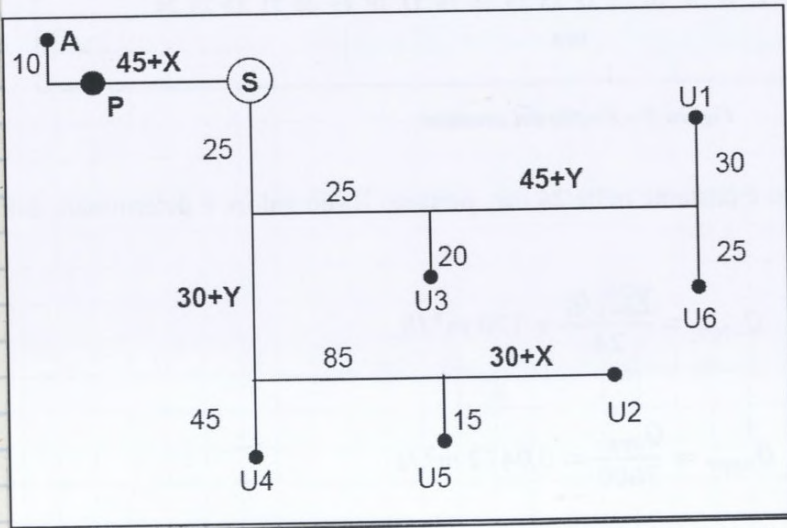
Le utenze presenti all'interno dello stabilimento sono 6 (U1, U2, U3, U4, U5, U6) e presentano una richiesta giornaliera distribuita secondo la tabella sottoriportata. Il layout delle tubazioni è riportato nella figura.

Utenza	Consumo orario [m <sup>3</sup> /h]																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
U1	Consumo costante = $(40 - Y)$						Consumo costante = $(50 + Y)$												Consumo costante = $(40 - Y)$					
U2	30	30	30	30	30	30	30	59	80	80	80	80	59	80	80	80	80	59	30	30	30	30	30	30
U3	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	20	20	20	20	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
U4	Consumo costante = $(15 - Z)$						Consumo costante = $(15 + 3Z)$												Consumo costante = $(15 - Z)$					
U5	40	40	40	40	40	40	40	40	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	40	40	40	40
U6	12	12	12	12	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	12	12	12	12

Determinare il volume del serbatoio necessario per la compensazione.

X	26
Y	2
Z	5

H <sub>pozzo</sub>	-2,5 m
H <sub>serb,sup</sub>	32 m
H <sub>serb,inf</sub>	21 m



Disegni non in scala  
Tutte le misure sono in metri

Utenza	Q = consumo orario [m <sup>3</sup> /h]																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
U1	38	38	38	38	38	38	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	38	38	38	38	38	38
U2	30	30	30	30	30	30	30	59	80	80	80	80	59	80	80	80	80	59	30	30	30	30	30	30
U3	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	20	20	20	20	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
U4	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15	30	30	30	30	30	30	15	15	10	10	10	10	10	10
U5	40	40	40	40	40	40	40	40	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	40	40	40	40
U6	12	12	12	12	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	12	12	12	12
Somma	156	156	156	156	156	156	163	192	188	188	197	197	176	197	197	203	188	167	131	131	156	156	156	156

$$Q_{app} = \sum_{i=1}^{24} Q_{i,j} = \frac{156 \cdot 10 + 163 + 192 + 188 \cdot 3 + 197 \cdot 4 + 176 + 203 + \dots}{24} = 170$$

2 Effettuare il dimensionamento economico della linea di adduzione considerando:

- un periodo di funzionamento pari a  $N = 5200$  h/anno
- un costo dell'energia pari a  $C_w = 0,125$  €/kWh
- per la tubazione un coefficiente di costo  $A = 1,09 \cdot 10^6$
- un coefficiente di complessità  $m = 3,78$
- l'impianto ammortizzabile in 6 anni
- un tasso di interesse  $i = (7+Z)\%$
- un coefficiente annuo dei costi di manutenzione pari a  $r = 1\%$
- un rendimento globale del gruppo di pompaggio pari a  $(72+Y)\%$
- trascurando i costi relativi all'impianto di pompaggio

N	5200 h/anno
$c_w$	0,125 €/kWh
A	1090000
m	3,78
y	6 anni
i	12 %
$r_{man}$	1 %
$\eta$	74 %
$\rho$	1000 kg/m <sup>3</sup>

↑ densità  $\rho_{H_2O}$

Determinare le caratteristiche del gruppo di pompaggio.

Diametro di 1° tentativo con l'ip di tubi nuovi:  $\beta = 0,00165$

$$d_{1^{\circ} \text{tent.}} = \left( \frac{m \cdot c_w \cdot N \cdot \beta \cdot Q_{app}^3 \cdot \rho}{m \cdot r_1 \cdot A \cdot 102 \cdot \eta} \right)^{\frac{1}{m+1}} \quad \left\{ \begin{array}{l} \beta = 0,00165 \\ m = 5,08 \end{array} \right.$$

$$= \left( \frac{5,08 \cdot 0,125 \cdot 5200 \cdot 0,00165 \cdot (170/3600)^3 \cdot 1000}{3,78 \cdot 0,25 \cdot 1,09 \cdot 10^6 \cdot 102 \cdot 0,74} \right)^{\frac{1}{3,78+5,08}}$$

$$= 0,1206 \text{ m} = 120,6 \text{ mm}$$

$$r_{amm(x)} = \frac{(1+i)^y \cdot i}{(1+i)^y - 1} = \frac{(1+0,12)^6 \cdot 0,12}{(1+0,12)^6 - 1} = 0,24$$

$$r_1 = r_{amm(x)} + r_{man(tub)} = 0,24 + 0,01 = 0,25$$

Ora bisogna ricavare il diametro commerciale che minimizza i costi  $\Rightarrow$  si scelgono i 2 diametri commerciali immediatamente + grandi di quello calcolato e si valutano i costi considerando tubi usati:

$$\left\{ \begin{array}{l} \beta_1 = 2 \left( 0,00164 + \frac{0,00004}{d_1[m]} \right) \\ \quad = 0,0039 \\ \text{e } \beta_2 = 0,0030 \\ \quad m = 5 \end{array} \right.$$

$$d_{1^{\circ} \text{tent.}} = 120,6 \text{ mm} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} DN_1 = 125 \text{ mm} \Rightarrow d_1 = 129,9 \text{ mm} \\ DN_2 = 150 \text{ mm} \Rightarrow d_2 = 155,2 \text{ mm} \end{array} \right.$$

$d$  è il diametro interno del tubo ricavato dalla tabella seguente.

3

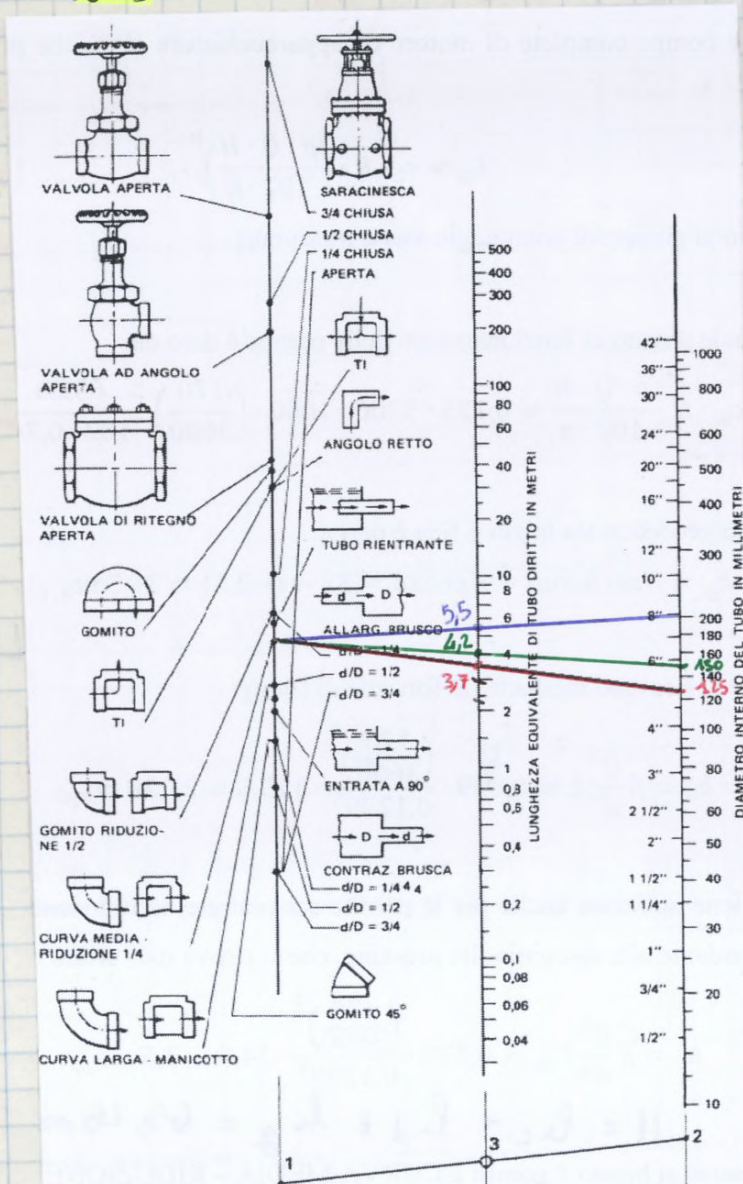
$$dv \quad H = h_g + h_d + h_c = 65,28 \text{ m}_{H_2O}$$

$$h_g = H_{serb, sup} - H_{serb, inf} = 32 - (-2,5) = 34,5 \text{ m}_{H_2O}$$

$$h_d = \beta \cdot \frac{Q^2 \cdot L}{d^5} = 0,0039 \cdot \frac{(170/3600)^2 \cdot 115,5}{0,1299^5} = 27,28 \text{ m}_{H_2O}$$

$$h_c = \beta \cdot \frac{Q^2}{d^5} \cdot L_{eq} = 0,0039 \cdot \frac{(170/3600)^2 \cdot 14,8}{0,1299^5} = 3,5 \text{ m}_{H_2O}$$

$$L_{eq} = \sum_{i=1}^m L_{eq,i} = 3,7 \cdot 4 = 14,8 \text{ m}$$



Potenza richiesta alla pompa:

$$P = \frac{\rho \cdot Q \cdot H}{102 \eta} = \frac{1000 \cdot (170/3600) \cdot 65,28}{102 \cdot 0,74} = 40,8 \text{ kW}$$

5



- ③ • Determinare il volume del serbatoio e il diametro economico della tubazione nel caso l'alimentazione dell'acqua non avvenga su 24 ore al giorno ma solo su 13 (dalle 19.00 alle 8.00)

$$Q_{appr} = \frac{\sum_{i=1}^{24} Q_i}{13} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_8 + \dots + Q_{24}}{13} = 313 \text{ m}^3/\text{h}$$

Utenza	Q = consumo orario [m <sup>3</sup> /h]																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
U1	38	38	38	38	38	38	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	38	38	38	38	38	38	
U2	30	30	30	30	30	30	30	59	80	80	80	80	59	80	80	80	80	59	30	30	30	30	30	30
U3	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	20	20	20	20	20	26	26	26	26	26	26	26	26	26
U4	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15	30	30	30	30	30	15	15	10	10	10	10	10	10	10
U5	40	40	40	40	40	40	40	40	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	40	40	40	40
U6	12	12	12	12	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	12	12	12	12
Somma	156	156	156	156	156	156	163	192	188	188	197	197	176	197	197	203	188	167	131	131	156	156	156	156
Q <sub>appr</sub>	313	313	313	313	313	313	313	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	313	313	313	313	313	313

• Differenziale di portata:

$$\Delta Q_i = Q_{appr} - Q_i$$

$$\Delta Q_1 = 313 - 156 = 157 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta Q_8 = 0 - 192 = -192 \text{ m}^3/\text{h}$$

Differenziale di portata																								
ora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$\Delta Q$ [m <sup>3</sup> /h]	157	157	157	157	157	157	150	-192	188	188	197	197	176	197	197	203	188	167	182	182	157	157	157	157

• Accumulo:

$$Acc_i = \sum_{k=1}^{24} \Delta Q_k$$

$$Acc_1 = 157 \text{ m}^3$$

$$Acc_2 = 157 + 157 = 314 \text{ m}^3$$

Accumulo																								
ora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$\Delta Q$ [m <sup>3</sup> ]	157	315	472	630	787	945	1095	903	715	527	330	133	43	240	437	640	828	995	812	630	472	315	157	0

$$V_{serb} = \max(Acc_i) - \min(Acc_i) = 1095 - (-995) = 2090 \text{ m}^3$$

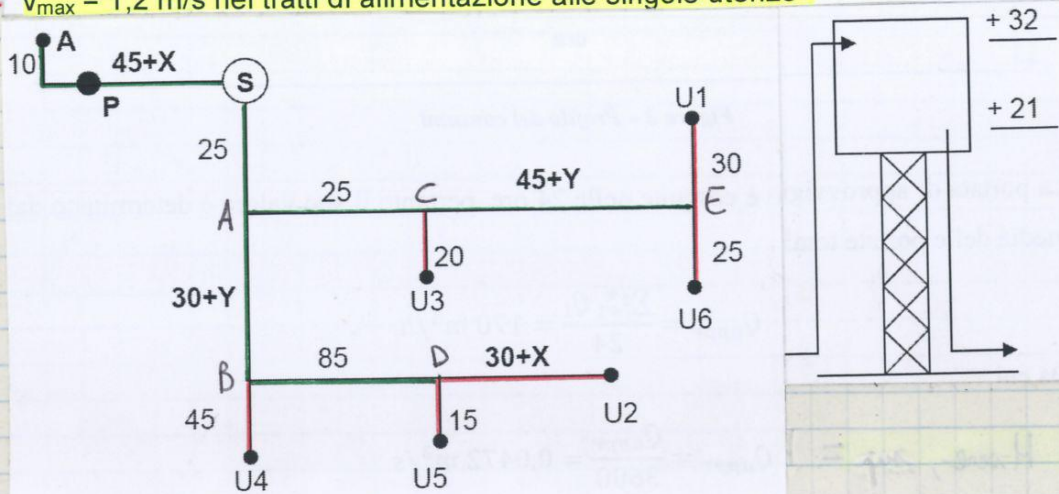
$$\phi = \sqrt{\frac{4 V_{serb}}{\pi h}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2090}{\pi \cdot 11}} = 15,5 \Rightarrow \phi = 16 \text{ m}$$

⑦ •  $N_3 = N \cdot 13/24 = 5200 \cdot 13/24 = 2817 \text{ h/anno}$

4. Realizzare un primo dimensionamento delle tubazioni di distribuzione alle utenze considerando solo le seguenti condizioni:

$v_{max} = 1,75$  m/s nei tratti in comune

$v_{max} = 1,2$  m/s nei tratti di alimentazione alle singole utenze



Utenza	Consumo orario [m³/h]																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
U1	38	38	38	38	38	38	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	38	38	38	38	38	38
U2	30	30	30	30	30	30	30	59	80	80	80	80	59	80	80	80	80	80	59	30	30	30	30	30
U3	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	20	20	20	20	20	26	26	26	26	26	26	26	26
U4	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	30	30	30	30	30	30	15	15	10	10	10	10	10
U5	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	40	40	40
U6	12	12	12	12	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	12	12	12

Tratto	Q [m³/h]	Consumo orario [m³/h]																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
S-A	203	156	156	156	156	156	156	163	192	188	188	197	197	176	197	197	203	188	167	131	131	156	156	156	
A-C	78	76	76	76	76	76	76	78	78	78	78	72	72	72	72	72	78	78	78	76	76	76	76	76	
C-U3	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	20	20	20	20	20	26	26	26	26	26	26	26	26	
C-E	52	50	50	50	50	50	50	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	50	50	50	50	50	50	
E-U1	52	38	38	38	38	38	38	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	38	38	38	38	38	38	
E-U6	12	12	12	12	12	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	12	12	12	12	
A-B	125	80	80	80	80	80	80	85	114	110	110	125	125	104	125	125	125	110	89	55	55	80	80	80	
B-U4	30	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15	30	30	30	30	30	30	15	15	10	10	10	10	10	
B-D	99	70	70	70	70	70	70	70	99	95	95	95	95	74	95	95	95	95	74	45	45	70	70	70	
D-U5	40	40	40	40	40	40	40	40	40	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	40	40	40	
D-U2	80	30	30	30	30	30	30	30	59	80	80	80	80	59	80	80	80	80	59	30	30	30	30	30	

I diametri interni min dei vari tratti si ottengono imponendo la vel max data dal testo.

$$d_{int, min} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_{max}}} \Rightarrow d_{int, min S-A} = \sqrt{\frac{4(203/3600)}{\pi \cdot 1,75}} = 0,2026 \text{ m} = 202,6 \text{ mm}$$

Tratto	Q [m³/h]	$v_{max}$ [m/s]	$d_{int, min}$ [mm]	DN
S-A	203	1,75	202,6	200
A-C	78	1,75	125,6	125
C-U3	26	1,2	87,5	100
C-E	52	1,75	102,5	100
E-U1	52	1,2	123,8	125
E-U6	12	1,2	59,5	65
A-B	125	1,75	158,9	200

B-U4	30	1,2	94,0	100
B-D	99	1,75	141,4	150
D-U5	40	1,2	108,6	125
D-U2	80	1,2	153,6	150

5

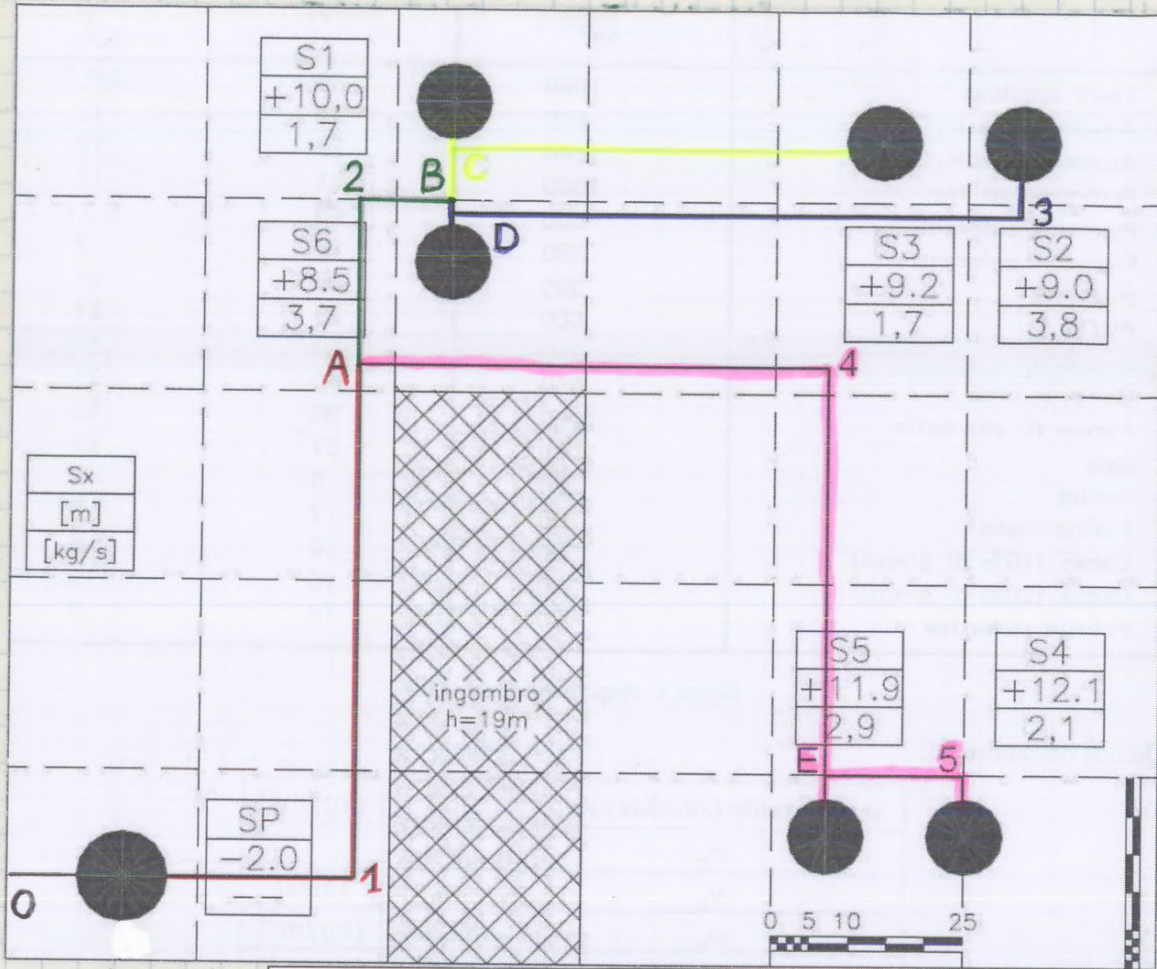
• Definire il dimensionamento delle tubazioni di distribuzione alle utenze tenendo conto che la **pressione relativa di alimentazione delle utenze non deve mai essere inferiore a 1,7 bar**; tenendo in considerazione il minimo costo impiantistico realizzabile.

○ Nel caso di comparazione tra differenti scenari è possibile (in via preliminare) considerare le lunghezze equivalenti per le perdite di carico concentrate pari al 10% della lunghezza effettiva.

○ Per lo scenario ritenuto migliore occorrerà determinare le corrette lunghezze equivalenti

$p_i >$  rispetto al pto 4  $\Rightarrow$   $v \times$  garantire alla  $p$  deve  $\downarrow$   
ATTENZIONE a nn  $\downarrow$  troppo  $v$ , altrimenti i diametri  
 $\uparrow$  troppo comportando dei costi  $>$ .

11



SILOS								
	SP	S1	S2	S3	S4	S5	S6	
Quota	-2	10	9	9,2	12,1	11,9	8,5	[m]
Portata materiale		1,7	3,8	1,7	2,1	2,9	3,7	[kg/s]

Dalla tabella riportante le caratteristiche del mat trasportato, si ricava:

$\rho$ apparente (zucchero) $\rho_m$	900	[kg/m <sup>3</sup> ]
$r_v$	60	
$v_a$	14	[m/s]
$\rho_a$ (aria)	1,2	[kg/m <sup>3</sup> ]
$r_p$	12,5	[kg/m <sup>3</sup> ]
altezza ingombro	19	[m]
$k$ (che imp)	4	[/]
h suolo	8,5	[m]

$$r_p = \frac{\rho_m \cdot v}{\rho_a \cdot A} = \frac{\rho_m}{\rho_a \cdot r_v} = \frac{900}{1,2 \cdot 60} = 12,5 \text{ kg/m}^3$$

A: portata d'aria necessaria x il covetto trasportato

$$A = \frac{Q}{\rho_m} \cdot r_v$$

Q: portata di mat da trasportare

CALCOLO PARAMETRI								
(caso portate materiale massime - portata di aria massima, perdite di carico massime - velocità massime)								
Tratti	Portata materiale [kg/s]	Portata materiale [m <sup>3</sup> /s]	Portata in volume aria [m <sup>3</sup> /s]	Sezione [m <sup>2</sup> ]	Diametro max [m]	DN [mm]	Diametro effettivo [m]	Velocità effettiva [m/s]
0-SP	0	0	0,7000	0,0500	0,2523	200	0,207	20,8
SP-A	10,5	0,0117	0,7000	0,0500	0,2523	200	0,207	20,8
A-B	5,5	0,0061	0,3667	0,0262	0,1826	150	0,1552	19,4
B-C	1,7	0,0019	0,1133	0,0081	0,1015	80	0,0816	21,7
C-S1	1,7	0,0019	0,1133	0,0081	0,1015	80	0,0816	21,7
C-S3	1,7	0,0019	0,1133	0,0081	0,1015	80	0,0816	21,7
B-D	3,8	0,0042	0,2533	0,0181	0,1518	125	0,1299	19,1
D-S6	3,7	0,0041	0,2467	0,0176	0,1498	125	0,1299	18,6
D-S2	3,8	0,0042	0,2533	0,0181	0,1518	125	0,1299	19,1
A-E	5	0,0056	0,3333	0,0238	0,1741	150	0,1552	17,6
E-S5	2,9	0,0032	0,1933	0,0138	0,1326	125	0,1299	14,6
E-S4	2,1	0,0023	0,1400	0,0100	0,1128	100	0,1062	15,8

↳ calcolato il diametro max, si sceglie cm DN allo avente d'int appena < d max

Si calcolano ora le perdite di carico dell'aria e del mat nei singoli tratti delle tubaz°, nel caso di portate di mat max (xché sn qlle che generano perdite di carico max)

### ① PERDITE DI CARICO DELL'ARIA

- Perdite legate all'E di avviamento (nel tratto SP-A)

$$h_{sa} = \frac{1}{2} \rho_a v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 20,8^2 = 259,59 \text{ Pa}$$

v: max nel all' interno delle tubaz°

- Perdite legate all' ingresso nel circuito (nel tratto SP-A)

$$h_{za} = k \cdot h_{sa} = 4 \cdot 259,59 = 1038,36 \text{ Pa}$$

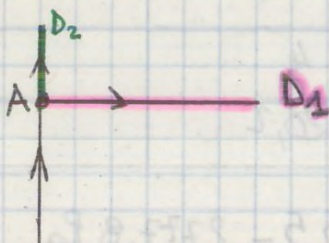
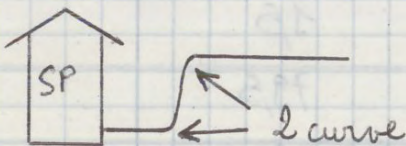
$k = 3$  impianto in depressione  
 $k = 4$  " " pressione

④ • perdite di carico nei condotti;  $h_{za} = 7,97 \cdot 10^{-3} \cdot \rho_a \cdot v^2 \cdot \frac{L}{d_{int}}$

$v = \frac{1,924}{1,281} \cdot L_{est}$   
 $d_{int} \rightarrow [m]$

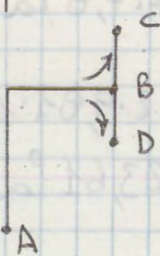
Calcolo J perdite di carico

Tratti	j (curve)	Numero curve	D2/D1	j (divisione)	j (2 Condotti deviati)	Numero condotti deviati	J <sub>tot</sub>
0-SP	0	0	0	0	0	0	0
SP-A	0,14	3	0	0	0	0	0,42
A-B	0,14	1	1	1	1,5	1	2,64
B-C	0,14	2	0	0	0	0	0,28
C-S1	0,14	2	1	1	0	0	1,28
C-S3	0,14	2	0	1,5	0	0	1,78
B-D	0,14	0	0	0	0	0	0
D-S6	0,14	0	1	1	0	0	1
D-S2	0,14	3	0	1,5	0	0	1,92
A-E	0,14	2	0	1,5	0	0	1,78
E-S5	0,14	0	1,22	0,7	0	0	0,7
E-S4	0,14	3	0	1,5	0	0	1,92



$D_2$  mn è deviato  $\Rightarrow \frac{D_2}{D_1} \Rightarrow j = 1$

$D_1$  deviato  $\Rightarrow j = 1,5$



A-B : 2 condotti deviati  $\Rightarrow j = 1,5$

$$j_{tot} = j_{curve} \cdot n^{\circ} \text{ curve} + j_{div} \cdot n^{\circ} \text{ div} + j_{2 \text{ cond. dev.}} \cdot n^{\circ} \text{ cond. dev.}$$

$$= 0,42$$

$$h_{5a-S4} = \frac{1}{2} \cdot 0,42 \cdot 1,2 \cdot 20,8^2 = 109,03 \text{ Pa}$$

• Perdite legate ai cycloni (dov'è il silos)  $\Rightarrow$  x i tratti :

C-S1, C-S3, D-S6, D-S2, E-S5, E-S4

$$h_{6a} = 10 \cdot \text{Pa} \cdot \frac{v^2}{2} \Rightarrow h_{6a \text{ C-S1}} = 10 \cdot 1,2 \cdot \frac{21,7^2}{2} = 2817,9 \text{ Pa}$$

• Perdite legate ai filtri :  $h_{6a} = h_{7a}$

(17)

• Perdite legate al dislivello:  $h_{4m} = \frac{Q}{A} \cdot H \cdot g$

$$h_{4m-SPA} = \frac{10,5}{0,7} \cdot 10,5 \cdot 9,81 = 1545 \text{ Pa}$$

• Perdite di carico legate alla variaz<sup>o</sup> di sez<sup>o</sup>:  $h_{5m} = h_{5a} \cdot \sigma_p$

$$h_{5m-SPA} = 109,03 \cdot 12,5 = 1362,8 \text{ Pa}$$

Riassumendo:

PERDITE DI CARICO MATERIALE					
	$h_{1m}$	$h_{2m}$	$h_{3m}$	$h_{4m}$	$h_{5m}$
Tratti	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
0-SP	0	0	0	0	0
SP-A	3244,86	6489,72	676,89	1545,08	1362,84
A-B	0	0	971,19	0	7438,09
B-C	0	0	226,611	103,01	986,27
C-S1	0	0	67,689	117,72	4508,65
C-S3	0	0	1530,36	0	6269,84
B-D	0	0	44,145	0	0
D-S6	0	0	73,575	0	2598,16
D-S2	0	0	2339,685	73,58	5261,76
A-E	0	0	3455,082	500,31	4144,69
E-S5	0	0	117,72	0	1117,27
E-S4	0	0	550,341	29,43	3597,00

X det le perdite di carico tot, si devono considerare i 6 tratti che da 0 raggiungono i 6 nido

Perdite tot aria  $0-S1 = \text{Perdite}_{0-SP} + \text{Perdite}_{SP-A} + \text{Perdite}_{A-B, B-C, C-S1}$

idem x le perdite del mat

Perdite tot  $0-S1 = (\text{Perdite aria} + \text{Perdite mat})_{0-S1}$

Tratti	Perdite totali aria [Pa]	Perdite totali materiali [Pa]	Perdite totali [Pa]
0-S1	10776	27739	38514
0-S2	11645	29448	41092
0-S3	15170	30845	50961
0-S6	8334	24445	32778
0-S5	8298,44	22654,46	30953
0-S4	9478,03	25596,25	35074

Il tratto + sfavorito è quello con perdite >

## ESERCITAZIONE 8 : DIMENSIONAMENTO RETE METANO

Dimensionare la rete distribuzione metano sapendo che la pressione in uscita dal GRI (gruppo riduzione industriale) è pari 0,3 bar.

La pressione di alimentazione del forno dovrà essere pari a 0,282 bar, mentre le altre utenze (se non diversamente specificato) dovranno essere alimentate con una pressione maggiore o uguale a 0,03 bar.

*p<sub>alimentaz</sub>° = p<sub>relativa</sub>*

Effettuare una valutazione dei costi della soluzione scelta.

### NOTE

1. i riduttori non possono essere installati all'interno dei locali
2. le utenze possono essere considerate a 1 m da terra
3. i riduttori devono essere posizionati in zone facilmente accessibili
4. se viene previsto l'impiego di un tubo interrato considerare anche la posa in opera di un tubo coassiale di protezione

### COSTI

Tubazioni (compreso staffaggio) 1,5 €/kg

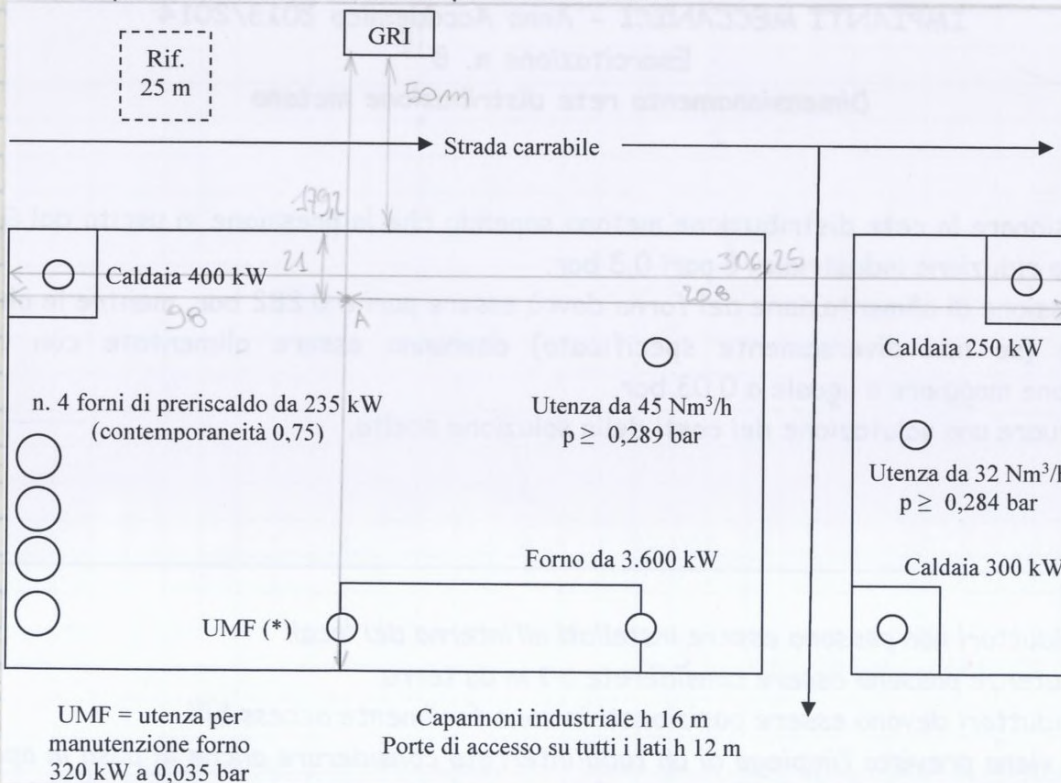
Riduttori pressione da 0,3 a 0,04 Q < 25 Nm<sup>3</sup>/h 450 €

Q < 50 Nm<sup>3</sup>/h 800 €

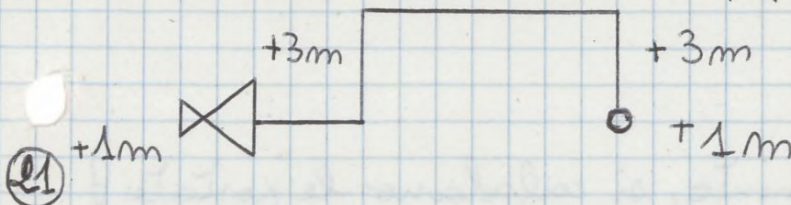
Q < 100 Nm<sup>3</sup>/h 1000 €

Q < 200 Nm<sup>3</sup>/h 1400 €

Tutte le pressioni sono indicate in pressione relativa



Bisogna posizionare 1 riduttore di pressione prima delle caldaie, dell' UMF e dei 4 forni preriscaldati





senza usando il potere calorifico < del metano:  $PCI = 35,9 \frac{MJ}{Nm^3}$

Si considerano inizialmente cond. normali di p e t°

( $p = 1,013 \text{ mbar}$ ,  $T = 20^\circ C$ ):  $Q_N = \frac{P}{PCI} \cdot 3600$

X la caldaia C1:  $Q_{N-C1} = \frac{P_{C1}}{PCI} \cdot 3600 = \frac{400}{35,9 \cdot 1000} \cdot 3600 = 40,1 \text{ Nm}^3/h$

$P_{ass} = P_{rel} + 1,013 = 0,03 + 1,013 = 1,043 \text{ bar}$

$Q_{C1} = \frac{Q_N}{P_{ass}} = \frac{40,1}{1,043} = 38,5 \text{ m}^3/h$

indica che siamo in cond. NORMALI

	$Q_N$ [Nm <sup>3</sup> /h]	P assoluta [bar]	Q [m <sup>3</sup> /h]
C1	40,1	1,043	38,5
C2	25,1	1,043	24,0
C3	30,1	1,043	28,8
UMF	32,1	1,048	30,6
F	361,0	1,295	278,8
U1	45,0	1,302	34,6
U2	32	1,297	24,7
FN	23,6	1,043	22,6

	P relativa [bar]	P assoluta [bar]
Patimentazione	0,3	1,313
$P_{U1} \geq$	0,289	1,302
$P_{U2} \geq$	0,284	1,297
$P_F =$	0,282	1,295
$P_{UMF}$	0,035	1,048

Il dimensionamento è stato effettuato usando lunghezze equivalenti dei tratti ↑ del 10% (le lunghezze su state del dal disegno).

Terminato qst dimensionamento, dp aver trovato ogni diametro ed il corrispettivo DN, si calcolano le L eq effettive cn le quali si ricalcolano le p ai terminali. Se qste soddisfano ancora i requisiti

allora il dimensionamento è corretto, viceversa si ↑ i dia

23

di p x unità di, eppure dov'è nota la p da tenere si impone la vel pari a 16 m/s.  $\rightarrow$  x i tratti al riduttore

TRATTO GRI-A: P NOTA

$$Q_N = \sum_{i=1}^n Q_{Ni}$$

$$\Rightarrow Q_{NGRI-A} = Q_{Nc_1+c_2+c_3+F+U_1+U_2+FN} = 40,1 + 25,1 + 30,1 + 361 + 45 + 32 + 23,6 \cdot 4 \cdot 0,75 = 604 \text{ N m}^3/\text{h}$$

La portata x il funzionamento dell' UMF non è considerata xché f° o l' UMF o il forno F  $\Rightarrow$  si considera x il dimensionamento la portata >

$$\Delta P_{GRI-A} = \frac{\Delta P_{GRI-U_2}}{L_{eqGRI-U_2}} \cdot L_{GRI-A} = 4,27 \cdot 10^{-5} \cdot 96,8 = 4,13 \cdot 10^{-3}$$

$$P_A = P_{alimentar} - \Delta P_{GRI-A} = 1,313 - 4,13 \cdot 10^{-3} = 1,308 \text{ bar}$$

$$d = \left( \frac{48600 \cdot \rho \cdot L_{eq} \cdot Q_N^{1,82}}{(P_1^2 - P_2^2)_{ass.} \cdot \Delta P_{GRI-A}} \right)^{1/4,82} \leftarrow \text{diametro}$$

$$d_{GRI-A} = \left( \frac{48600 \cdot 0,554 \cdot 96,8 \cdot 10^{-3} \cdot 604^{1,82}}{1,313^2 - 1,308^2} \right)^{1/4,82} = 149,63 \text{ mm}$$

VERIFICARE LA VELOCITÀ (formula p-27)

$$\text{dov' } \begin{cases} P_1 = P_{GRI} = P_{alimentar} = 1,313 \text{ bar} \\ P_2 = P_A = 1,308 \text{ bar} \end{cases}$$

$\Delta P$  si usa sempre  $\Delta L$  quello del tratto + spavorito TRANNE che x l'ultimo tratto dov'  $\Delta P = P_{tratto} - P_2$

N.B.: x il tratto A-B,  $\begin{cases} P_1 = P_{\text{in effettiva GRI-A}} \\ P_2 = P_{\text{in eff}} - \frac{\Delta P_{GRI-U_2}}{L_{eqGRI-U_2}} \cdot L_{eqAB} \end{cases}$

DENOMINATORE FORMULA DIAMETRO

$$B-C: \begin{cases} P_1 = P_{\text{in eff A-B}} \\ P_2 = P_{\text{in eff A-B}} - \frac{\Delta P_{GRI-U_1}}{L_{eqGRI-U_1}} \cdot L_{eqB-C} \end{cases} \rightarrow \text{non si usa}$$

$$C-U_1: \begin{cases} P_1 = P_{\text{in eff B-C}} \\ P_2 = P_{U_1} \end{cases} \quad \frac{\Delta P_{GRI-U_2}}{L_{eqGRI-U_2}} \text{ xché}$$

$$C-F: \begin{cases} P_1 = P_{\text{in eff B-C}} \\ P_2 = P_F \end{cases}$$

così siamo + vicini alla p da si vuole ottenere