

# ASSORBIMENTO

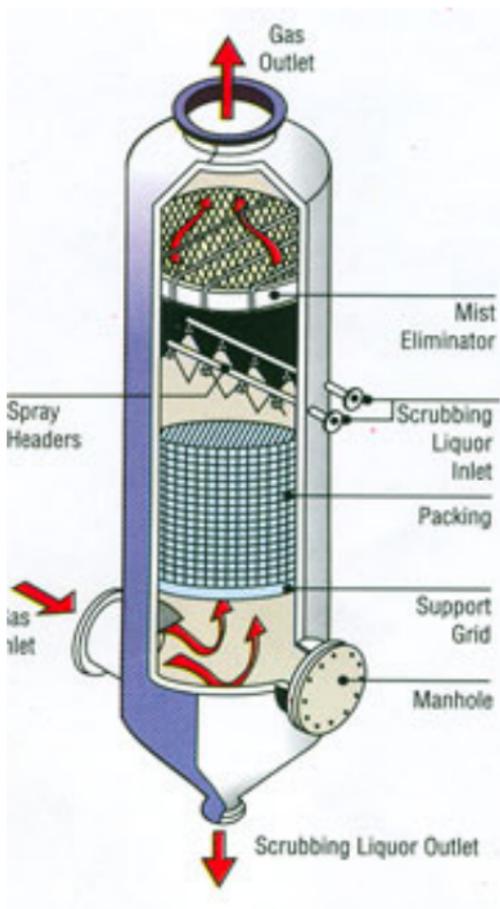
---



Rev. 02/13

*Antonio Coviello*  
ITIS Fermi – TV

## SCHEMA COSTRUTTIVO



## TORRE DI ASSORBIMENTO CON RIEMPIMENTO

## ASS-ES01:

### Biossido di Zolfo / Aria / Acqua

---

Una portata di 125 Kmoli/h di aria contenente biossido di zolfo con frazione molare  $x = 4,0 \cdot 10^{-2}$ , viene inviata in una colonna di assorbimento, a corpi di riempimento, operante alla temperatura di 20 °C ed alla pressione di 1 atm. Si desidera assorbire il biossido di zolfo con acqua a 20 °C in modo che l'aria in uscita ne contenga una concentrazione in frazione molare pari a:  $5,2 \cdot 10^{-3}$ .

La portata d'acqua deve essere maggiore di quella minima di un fattore 1,3.

Alle condizioni operative si può ritenere che le condizioni di equilibrio siano rappresentate dalla retta di equazione:  $Y = 2,8 X$  dove con X si intende il rapporto molare tra l' $\text{SO}_2$  e l'acqua, con Y si intende il rapporto molare tra l' $\text{SO}_2$  e l'aria.

Le masse molari delle sostanze interessate sono:

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ g/mol} \quad M_{\text{SO}_2} = 64 \text{ g/mol} \quad M_{\text{Aria}} = 29 \text{ g/mol.}$$

Determinare :

1. la portata di acqua in  $\text{m}^3/\text{h}$  da inviare in testa alla colonna;
2. il numero di stadi teorici richiesti per l'operazione.

$$(6.876 \text{ m}^3/\text{h}, 4.74 \text{ stadi} )$$

File delle soluzioni: ES-ASS-01

## ASS-ES02:

### Ammoniaca / Aria / Acqua

---

In una colonna di assorbimento, a corpi di riempimento, operante a pressione atmosferica e alla temperatura di 20 °C, si vuole recuperare gran parte dell'ammoniaca contenuta nella miscela gassosa con una concentrazione del 3,5 % in volume mediante assorbimento con acqua.

La portata complessiva del gas è 10000 m<sup>3</sup>/h e si vuole che all'uscita della colonna la concentrazione di ammoniaca non superi lo 0,3 % in volume. Date le basse concentrazioni di ammoniaca nelle due fasi, si può ritenere valida la legge di Henry e le condizioni di equilibrio possono essere rappresentate dalla retta:  $Y = 2,8 X$  essendo Y e X rispettivamente il rapporto molare di ammoniaca nella fase gassosa e il rapporto molare di ammoniaca nella fase liquida.

Determinare:

1. il numero di stadi teorici, sapendo che  $(L/G)_{OTT} = 1,55 \cdot (L/G)_{MIN}$ ;
2. l'altezza minima del riempimento se H.E.T.P.= 680 mm;
3. la portata di acqua in m<sup>3</sup>/h da inviare in testa alla colonna.

(5,81, 3.95 m, 24.132 m<sup>3</sup>/h)

File delle soluzioni: ES-ASS-02

## ASS-ES03:

### Solvente Organico / Aria / Acqua

---

Una porta di  $12000 \text{ m}^3/\text{h}$  di aria, contenente l'8,5 % in volume di un solvente organico, viene inviata al fondo di una torre di assorbimento a corpi di riempimento per essere lavata in controcorrente con acqua. Tale operazione viene effettuata perché si desidera recuperare il 92 % in volume del solvente presente nella corrente gassosa.

Le condizioni operative sono: temperatura  $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ , pressione  $P = 1 \text{ atm}$

Le condizioni di equilibrio possono essere rappresentate dalla retta:  $Y = 1,18 X$ , essendo  $X$  e  $Y$  i rapporti molari del solvente organico rispettivamente nella fase liquida e nella fase gassosa.

Determinare:

1. il numero di stadi teorici, sapendo che  $(L/G)_{\text{OTT}} = 1,4 \cdot (L/G)_{\text{MIN}}$ ;
2. la portata di acqua in  $\text{m}^3/\text{h}$  da inviare in testa alla colonna.  
(5,03, 12.502  $\text{m}^3/\text{h}$ )

File delle soluzioni: ES-ASS-03

## ASS-ES04:

### Solvente Organico / Aria / Acqua

---

Si vuole abbattere e recuperare il 90 % in volume di un solvente organico contenuto, in ragione del 6,8 % in volume, in  $6700 \text{ m}^3/\text{h}$  di aria per assorbimento con acqua in una colonna a piatti forati. L'operazione è condotta a  $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Le condizioni di equilibrio possono essere rappresentate dalla retta:  $Y = 1,45 X$  essendo  $X$  e  $Y$  i rapporti molari del solvente organico rispettivamente nella fase liquida e nella fase gassosa.

Determinare:

1. il numero di stadi teorici, sapendo che  $(L/G)_{\text{OTT}} = 1,5 \cdot (L/G)_{\text{MIN}}$ ;
2. il numero di piatti se si ritiene che l'efficienza della colonna sia del 57 %;
3. la portata di acqua in  $\text{m}^3/\text{h}$  da inviare in testa alla colonna.

(4.01, 7,03, 9.158  $\text{m}^3/\text{h}$ )

File delle soluzioni: ES-ASS-04

## ASS-ES05:

### Benzene / Aria / Olio

---

Un impianto di recupero benzene ( $M_{\text{BENZENE}} = 78 \text{ g/mol}$ ) contenuto nell'aria ( $M_{\text{ARIA}} = 29 \text{ g/mol}$ ) in ragione del 5 % in volume è costituito da una unità di assorbimento a piatti alimentata con un olio idrocarburico poco volatile ( $M_{\text{OLIO}} = 290 \text{ g/mol}$ ) e avente densità  $d = 0.86 \text{ kg/dm}^3$ . L'unità di assorbimento opera alla temperatura di 300 K ed a pressione atmosferica.

Si debbono trattare  $1200 \text{ m}^3/\text{h}$  di aria e l'obiettivo è di recuperare il 95 % del benzene in essi contenuto, operando con una portata di olio pari a 1,5 la portata minima.

Alle condizioni operative si può ritenere che le condizioni di equilibrio siano rappresentate dalla retta di equazione:  $Y = 0,095 X$  dove con Y ed X si indicano rispettivamente, i rapporti molari benzene-aria e benzene-olio.

L'efficienza dei piatti può essere considerata del 65%.

Determinare:

1. Il numero di piatti di cui occorre dotare la torre;
2. La portata di olio da inviare in  $\text{m}^3/\text{h}$ ;
3. la concentrazione, in percentuale in peso, della soluzione di benzene in olio in uscita dal fondo colonna

( 8,2, 2,11  $\text{m}^3/\text{h}$ , 0,45 m)

File delle soluzioni: ES-ASS-05

## ASS-ES06: Acetone / Aria / Acqua

---

Una miscela aria-acetone con frazione volumetrica 0.02 di acetone viene trattata in una colonna di assorbimento in controcorrente con una portata di acqua maggiore secondo un fattore 1,2 della portata minima. La portata ponderale del gas è di  $450 \text{ m}^3/\text{h}$ . Il riempimento è formato da anelli Raschig in ceramica da 1". La colonna opera ad una temperatura costante di  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  ed alla pressione atmosferica. Le condizioni di equilibrio, alla temperatura di esercizio, possono essere rappresentate dalla retta:  $Y = 2,35 X$  dove  $Y$  e  $X$  sono i rapporti molari dell'acetone rispettivamente nell'aria e nell'acqua. Si intende recuperare il 90 % dell'acetone presente nell'alimentazione.

Sapendo che:

l'H.E.T.P. degli anelli Raschig è di: 1050 mm;

il tasso specifico di irroramento è di:  $2,3 \text{ Kg/s} \cdot \text{m}^2$ .

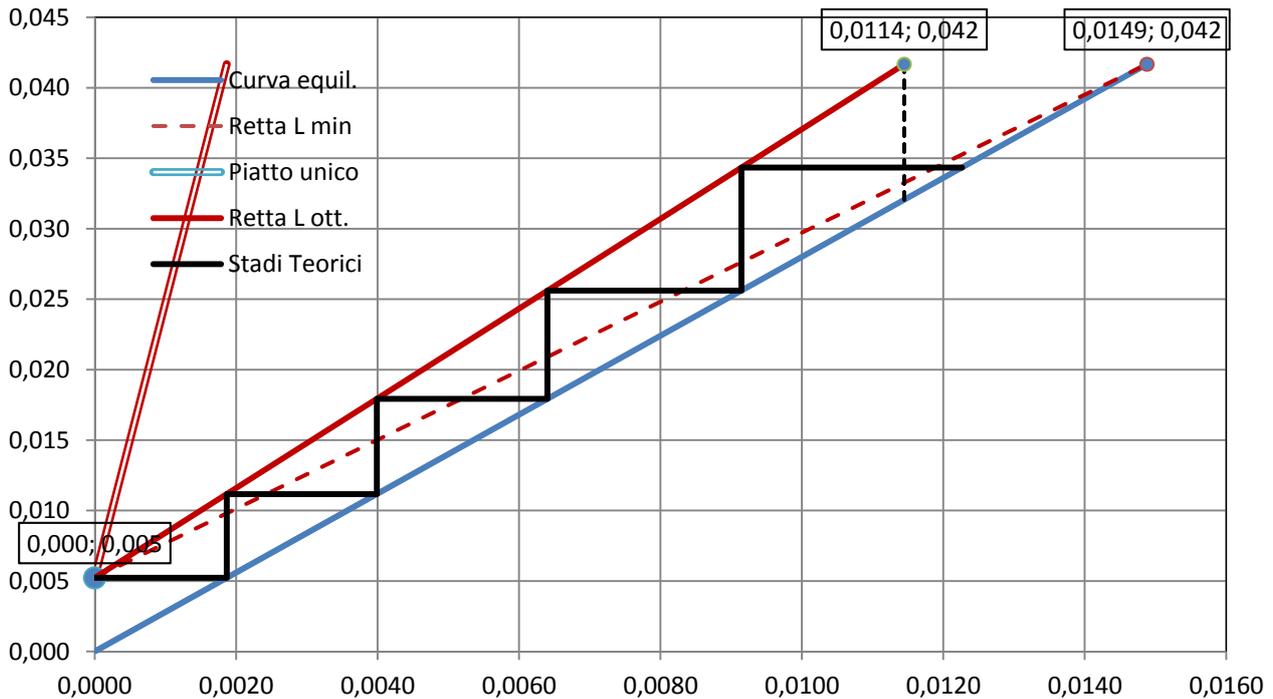
Determinare:

1. l'altezza della colonna;
2. Il diametro della colonna;

(6,93 m, 0,25 m)

File delle soluzioni: ES-ASS-06

# Soluzioni esercizio ES ASS-01



Curva di equilibrio:

$$Y = 2,8 X + 0$$

<u>Sostanze:</u>	Gas inerte (G)	$M_G =$	29 kg/kmol
	Soluto (A)	$M_A =$	64 kg/kmol
	Liquido (L)	$M_L =$	18 kg/kmol

Composizione:	Condizioni ottimali				1 solo piatto		
	G ingr	G usc	L ingr	L usc	Liquido	Coda	
A - Stripp.	320	40,144753	0	279,855	0	279,855	kg/h
INERTE	3480	3480	6876	6876	42162	67927	kg/h
<b>Totale</b>	<b>3800</b>	<b>3520</b>	<b>6876</b>	<b>6876</b>	<b>42162</b>	<b>42162</b>	<b>kg/h</b>
A - Stripp.	5	0,6272618	0	4,37274	0	4,37274	kmol/h
INERTE	120,00	120,00	382,00	382,00	2342,31	2342,31	kmol/h
<b>Totale</b>	<b>125,00</b>	<b>120,63</b>	<b>382,00</b>	<b>386,38</b>	<b>2342,31</b>	<b>2346,68</b>	<b>kmol/h</b>
$Y_A$	4,00E-02	5,20E-03	0,00E+00	1,13E-02	0,00E+00	1,86E-03	Frazioni Molari
$Y_A$	4,17E-02	5,23E-03	0,00E+00	1,14E-02	0,00E+00	1,87E-03	Rapporti Molari
					$(L/G)_1 =$	19,519	

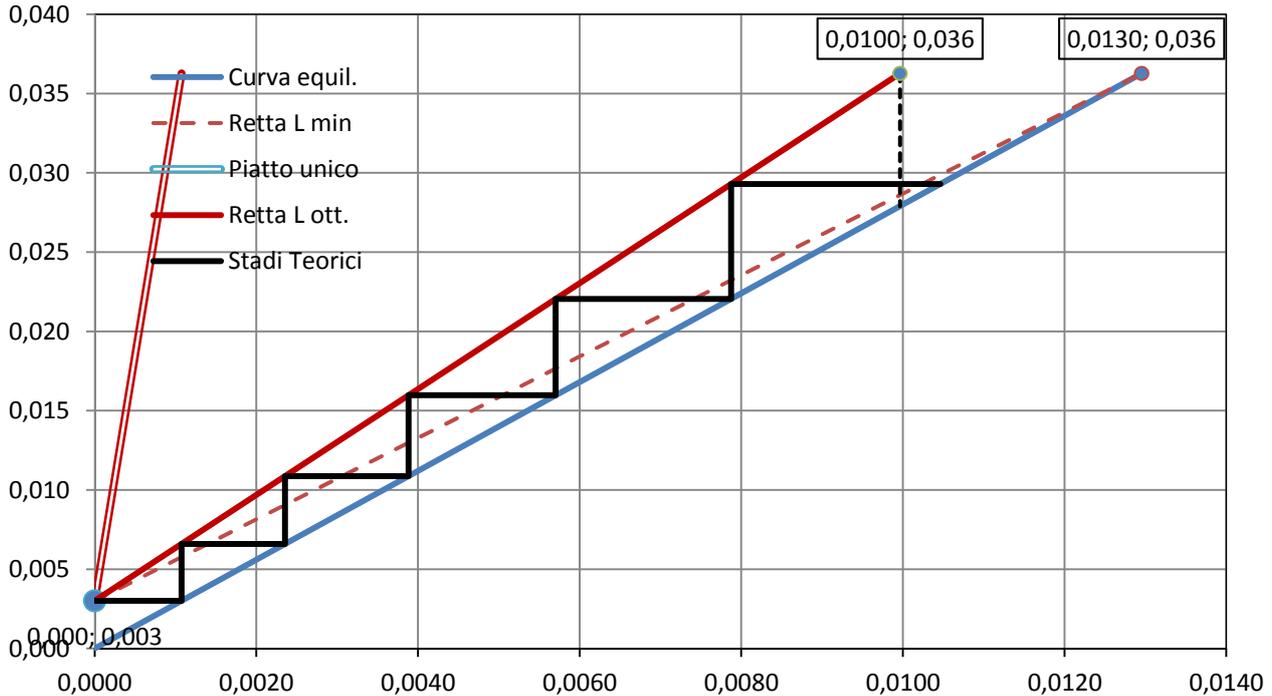
Calcolo delle Rette di lavoro:

Condizioni minime di liquido		Condizioni Ottimali di liquido	
$(L_{MIN}/G)_{MIN} =$	2,449	$(L_{OTT}/G)_{OTT} =$	3,183
$L_{MIN} =$	294 kmol/h	$L_{OTT} =$	382 kmol/h
$L_{MIN} =$	18806 kg/h	$L_{OTT} =$	24448 kg/h

Numero di piatti teorici: 4,74

Ver. 1.0

## Soluzioni esercizio ES ASS-02



Curva di equilibrio:

$$Y = 2,8 X + 0$$

<u>Sostanze:</u>	Gas inerte (G)	$M_G =$	29 kg/kmol
	Soluto (A)	$M_A =$	17 kg/kmol
	Liquido (L)	$M_L =$	18 kg/kmol

Composizione: Condizioni ottimali

	G ingr	G usc	L ingr	L usc
A - Stripp.	247,639	20,544918	0	227,094
INERTE	11647,36	11647,357	24132	24132
<b>Totali</b>	<b>11895</b>	<b>11668</b>	<b>24132</b>	<b>24132</b>

1 solo piatto

Liquido	Coda
0	227,094
223749	360485
<b>223749</b>	<b>223749</b>

kg/h  
kg/h  
kg/h

A - Stripp.	14,567	1,2085246	0	13,3585
INERTE	401,63	401,63	1340,66	1340,66
<b>Totali</b>	<b>416,20</b>	<b>402,84</b>	<b>1340,66</b>	<b>1354,02</b>

0	13,3585
12430,51	12430,51
<b>12430,51</b>	<b>12443,87</b>

kmol/h  
kmol/h  
kmol/h

$Y_A$	3,50E-02	3,00E-03	0,00E+00	9,87E-03
$Y_A$	3,63E-02	3,01E-03	0,00E+00	9,96E-03

0,00E+00	1,07E-03
0,00E+00	1,07E-03

Frazioni Molari  
Rapporti Molari

$$(L/G)_{1^{\circ}} = 30,950$$

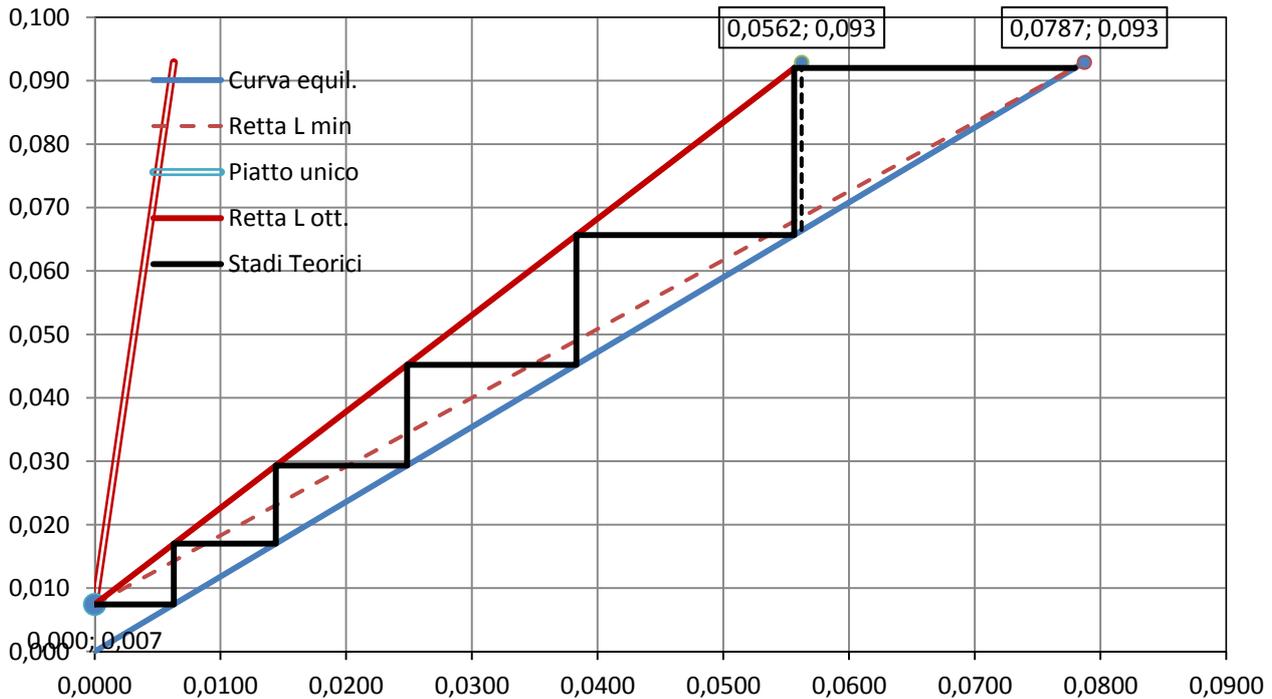
Calcolo delle Rette di lavoro:

Condizioni minime di liquido		Condizioni Ottimali di liquido	
$(L_{MIN}/G)_{MIN} =$	2,568	$(L_{OTT}/G)_{OTT} =$	3,338
$L_{MIN} =$	1031 kmol/h	$L_{OTT} =$	1341 kmol/h
$L_{MIN} =$	17532 kg/h	$L_{OTT} =$	22791 kg/h

Numero di piatti: #DIV/0! Teorici

Ver. 1.0

## Soluzioni esercizio ES ASS-03



Curva di equilibrio:

$$Y = 1,18 X + 0$$

<u>Sostanze:</u>	Gas inerte (G)	$M_G =$	29 kg/kmol
	Soluto (A)	$M_A =$	- kg/kmol
	Liquido (L)	$M_L =$	18 kg/kmol

Composizione: Condizioni ottimali

	G ingr	G usc	L ingr	L usc
A - Stripp.	#VALORE!	#VALORE!	0	#####
INERTE	13252,91	13252,906	12502	12502
<b>Totali</b>	<b>#VALORE!</b>	<b>#VALORE!</b>	<b>12502</b>	<b>12502</b>

1 solo piatto

Liquido	Coda
0	#####
111635	179857
111635	111635

kg/h  
kg/h  
kg/h

A - Stripp.	42,45325	3,396	#VALORE!	39,0573
INERTE	457,00	457,00	694,57	694,57
<b>Totali</b>	<b>499,45</b>	<b>460,39</b>	<b>#VALORE!</b>	<b>733,62</b>

#####	39,0573
6201,96	6201,96
#####	6241,02

kmol/h  
kmol/h  
kmol/h

$Y_A$	8,50E-02	7,38E-03	0,00E+00	5,32E-02
$Y_A$	9,29E-02	7,43E-03	0,00E+00	5,62E-02

0,00E+00	6,26E-03
0,00E+00	6,30E-03

Frazioni Molari  
Rapporti Molari

$$(L/G)_1 = 13,571$$

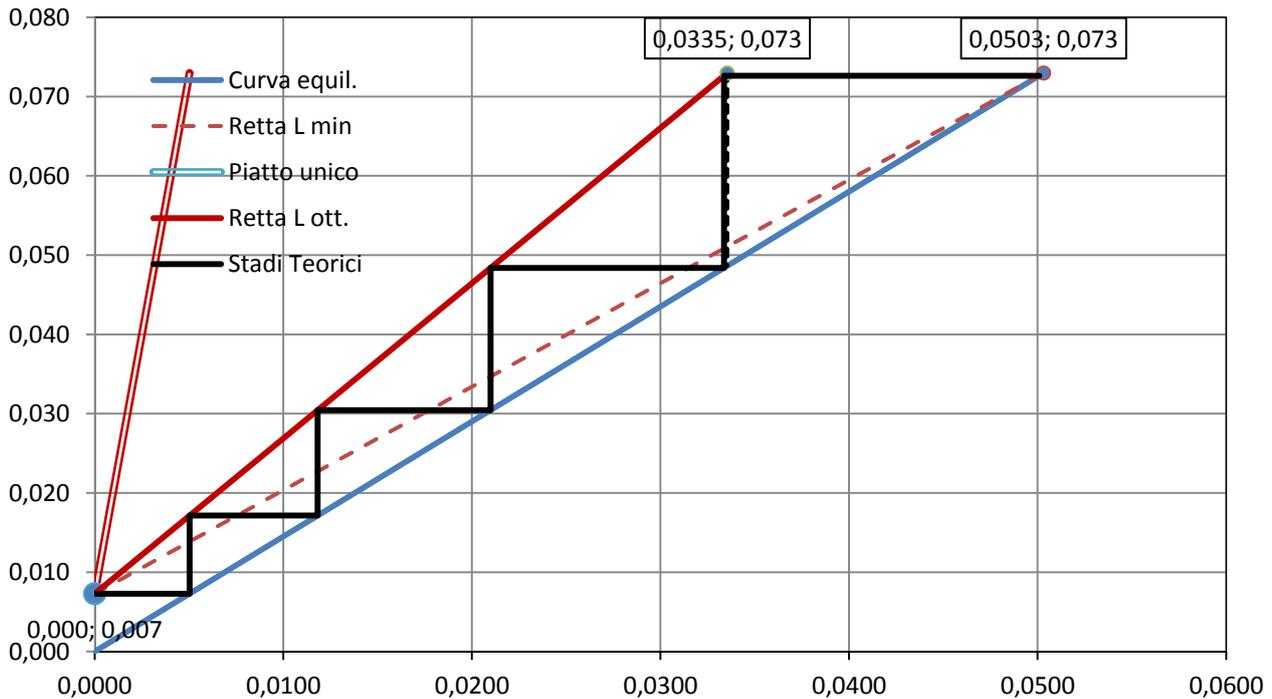
Calcolo delle Rette di lavoro:

Condizioni minime di liquido		Condizioni Ottimali di liquido	
$(L_{MIN}/G)_{MIN} =$	1,086	$(L_{OTT}/G)_{OTT} =$	1,520
$L_{MIN} =$	496 kmol/h	$L_{OTT} =$	695 kmol/h
$L_{MIN} =$	8930 kg/h	$L_{OTT} =$	12502 kg/h

Numero di piatti: 5,03 Teorici

Ver. 1.0

## Soluzioni esercizio ES ASS-04



Curva di equilibrio:

$$Y = 1,45 X + 0$$

<u>Sostanze:</u>	Gas inerte (G)	$M_G =$	29 kg/kmol
	Soluto (A)	$M_A =$	- kg/kmol
	Liquido (L)	$M_L =$	18 kg/kmol

Composizione: Condizioni ottimali

	G ingr	G usc	L ing	L usc
A - Stripp.	#VALORE!	#VALORE!	0	#####
INERTE	7537,0	7537	9158	9158
Totale	#VALORE!	#VALORE!	9158	#####

1 solo piatto

Liquido	Coda
0	#####
61059	98373
61059	#####

kg/h  
kg/h  
kg/h

A - Stripp.	18,96	1,896	#VALORE!	17,07
INERTE	259,90	259,90	508,76	508,76
Totale	278,86	261,79	#VALORE!	525,82

#####	17,1
3392,2	3392,2
#####	3409,2

kmol/h  
kmol/h  
kmol/h

$Y_A$	6,80E-02	7,24E-03	0,00E+00	3,25E-02
$Y_A$	7,30E-02	7,30E-03	0,00E+00	3,35E-02

0,00E+00	5,01E-03
0,00E+00	5,03E-03

Frazioni Molari  
Rapporti Molari

$$(L/G)_1 = 13,052$$

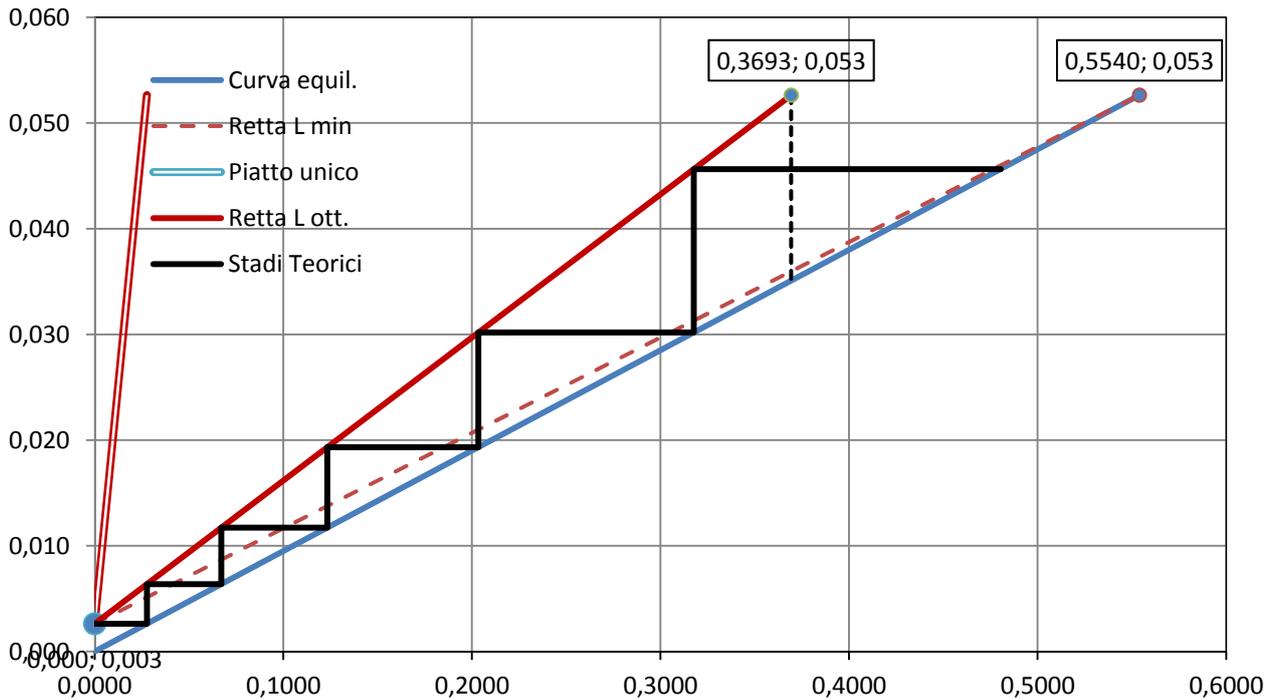
Calcolo delle Rette di lavoro:

Condizioni minime di liquido		Condizioni Ottimali di liquido	
$(L_{MIN}/G)_{MIN} =$	1,305	$(L_{OTT}/G)_{OTT} =$	1,958
$L_{MIN} =$	339 kmol/h	$L_{OTT} =$	509 kmol/h
$L_{MIN} =$	6105 kg/h	$L_{OTT} =$	9158 kg/h

Numero di piatti: 4,01 Teorici

Ver. 1.0

## Soluzioni esercizio ES ASS-05



Curva di equilibrio:

$$Y = 0,095 X + 0$$

<u>Sostanze:</u>	Gas inerte (G)	$M_G =$	29 kg/kmol
	Soluto (A)	$M_A =$	78 kg/kmol
	Liquido (L)	$M_L =$	290 kg/kmol

Composizione: Condizioni ottimali

	G ingr	G usc	L ing	L usc
A - Stripp.	190,2	9,5	0	181
INERTE	1343,9	1343,9	1819	1819
<b>Totali</b>	<b>1534</b>	<b>1353</b>	<b>1819</b>	<b>2000</b>

1 solo piatto

Liquido	Coda
0	181
1506	2427
<b>1506</b>	<b>2608</b>

kg/h  
kg/h  
kg/h

A - Stripp.	2,439	0,1219	0	2,32
INERTE	46,34	46,34	6,27	6,27
<b>Totali</b>	<b>48,78</b>	<b>46,46</b>	<b>6,27</b>	<b>8,59</b>

0	2,3171
83,68	83,68
<b>83,68</b>	<b>86,00</b>

kmol/h  
kmol/h  
kmol/h

$Y_A$	0,050	0,0026	0,000	0,270
$Y_A$	0,053	0,0026	0,000	0,369

0,0000	0,0269
0,0000	0,0277

Frazioni Molari  
Rapporti Molari

$$(L/G)_1 = 1,806$$

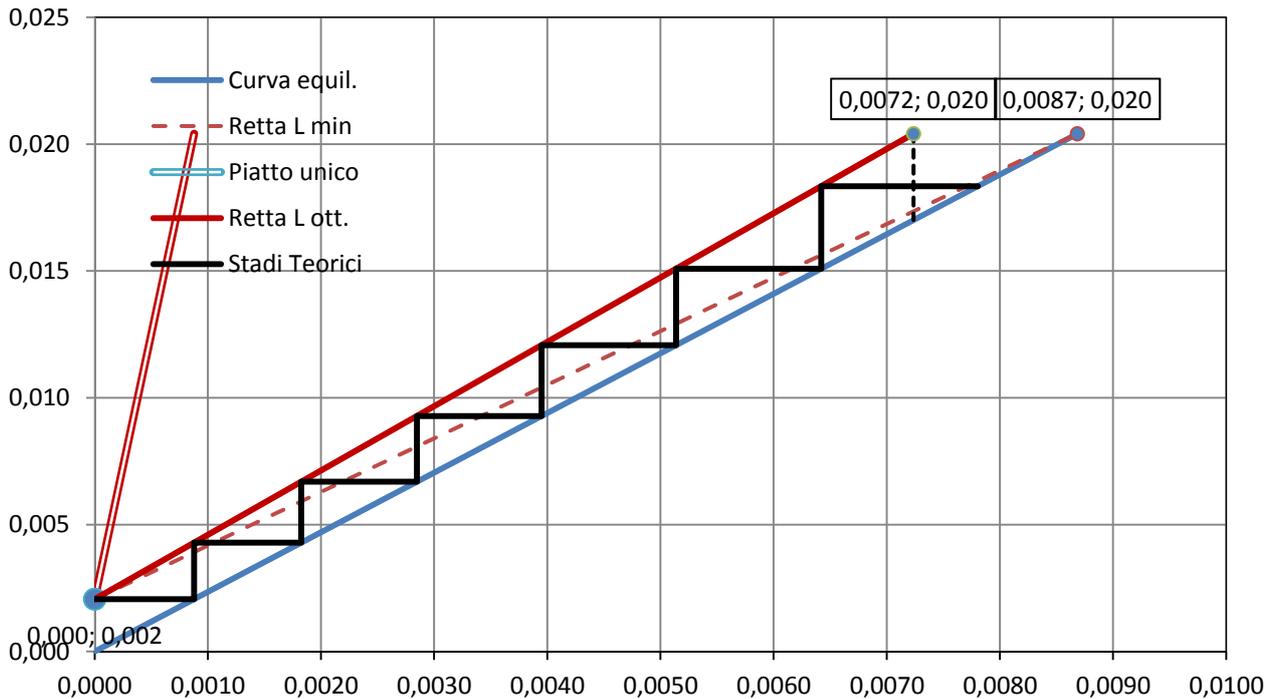
Calcolo delle Rette di lavoro:

Condizioni minime di liquido		Condizioni Ottimali di liquido	
$(L_{MIN}/G)_{MIN} =$	0,090	$(L_{OTT}/G)_{OTT} =$	0,135
$L_{MIN} =$	4 kmol/h	$L_{OTT} =$	6 kmol/h
$L_{MIN} =$	1213 kg/h	$L_{OTT} =$	1819 kg/h

Numero di piatti: 5,32 Teorici

Ver. 1.0

## Soluzioni esercizio ES ASS-06



Curva di equilibrio:

$$Y = 2,35 X + 0$$

<u>Sostanze:</u>	Gas inerte (G)	$M_G =$	29 kg/kmol
	Soluto (A)	$M_A =$	58 kg/kmol
	Liquido (L)	$M_L =$	18 kg/kmol

Composizione:	Condizioni ottimali				1 solo piatto		
	G ingr	G usc	L ingr	L usc	Liquido	Coda	
A - Stripp.	21,2	2,1	0	19	0	19	kg/h
INERTE	519,8	519,8	818	818	6738	10855	kg/h
<b>Totali</b>	<b>541</b>	<b>522</b>	<b>818</b>	<b>837</b>	<b>6738</b>	<b>10874</b>	<b>kg/h</b>
A - Stripp.	0,3658	0,037	0	0,33	0	0,3288	kmol/h
INERTE	17,92	17,92	45,43	45,43	374,32	374,32	kmol/h
<b>Totali</b>	<b>18,29</b>	<b>17,96</b>	<b>45,43</b>	<b>45,76</b>	<b>374,32</b>	<b>374,64</b>	<b>kmol/h</b>
$Y_A$	0,020	0,0021	0,000	0,007	0,0000	0,0009	Frazioni Molari
$Y_A$	0,020	0,0021	0,000	0,007	0,0000	0,0009	Rapporti Molari
					$(L/G)_{1^{\circ}} =$	20,883	

Calcolo delle Rette di lavoro:

Condizioni minime di liquido		Condizioni Ottimali di liquido	
$(L_{MIN}/G)_{MIN} =$	2,112	$(L_{OTT}/G)_{OTT} =$	2,535
$L_{MIN} =$	38 kmol/h	$L_{OTT} =$	45 kmol/h
$L_{MIN} =$	682 kg/h	$L_{OTT} =$	818 kg/h

Numero di piatti: 6,59 Teorici

Ver. 1.0