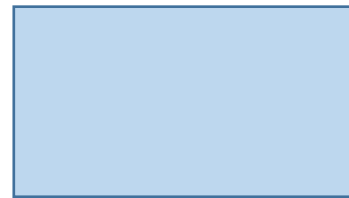
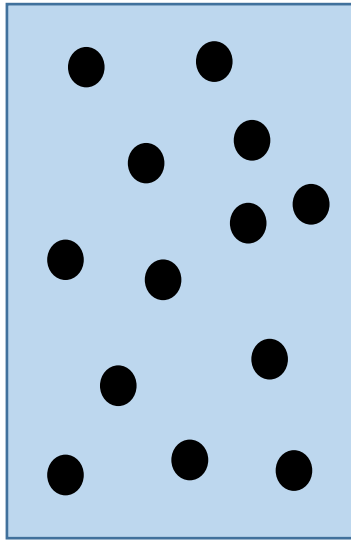


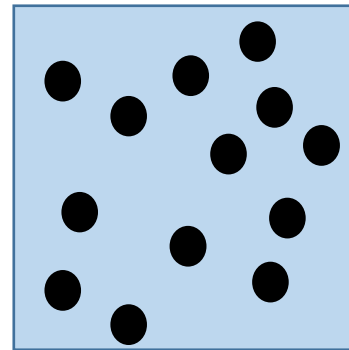
Εξάτμιση

Η απομάκρυνση διαλύτη (συνήθως νερού)
από διάλυμα ή αιώρημα μη πτητικής ουσίας.

Αραιό
Διάλυμα



Καθαρός
Διαλύτης



Συμπυκνωμένο
Διάλυμα

Η εξάτμιση είναι ενεργοβόρος διεργασία:

Λανθάνουσα Θερμότητα Εξάτμισης του Νερού στους 100°C :
 $\Delta H_s = 2250 \text{ kJ/kg} = 0.625 \text{ MWh/tn}$

Κόστος Ατμού Θέρμανσης (στην καλύτερη περίπτωση):
 $C_s = 20\text{€}/\text{MWh}$

→ Λειτουργικό κόστος εξάτμισης $m = 1 \text{ tn}$ νερού:

$$C_{op} = m \Delta H_s C_s = 12.5 \text{ €/tn} \text{!!!!!!!}$$

Σε σύγκριση με το κόστος πόσιμου νερού:

$$C_w = 1 \text{ €/tn}$$

Πρέπει να δούμε σοβαρά το πρόβλημα της Ενέργειας.

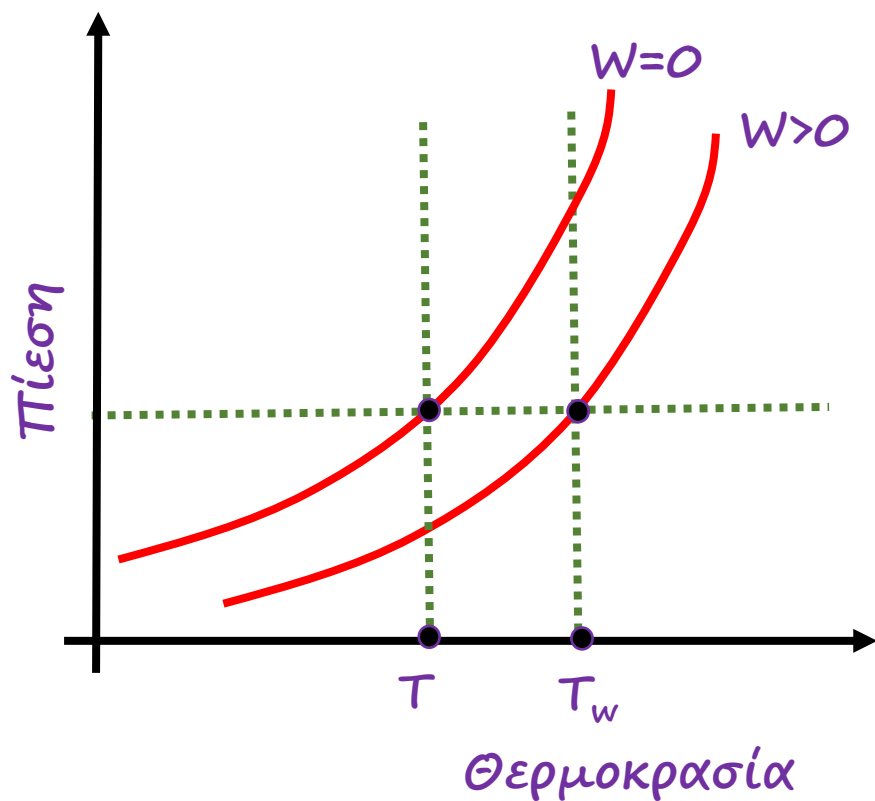
Βασικές γνώσεις από τα προηγούμενα
που θέλουν μικρές τροποποιήσεις:

- (1) Τάση ατμών, Θερμοκρασία βρασμού συναρτήσεως της πίεσης
Εξίσωση Antoine κλπ
- (2) Συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας

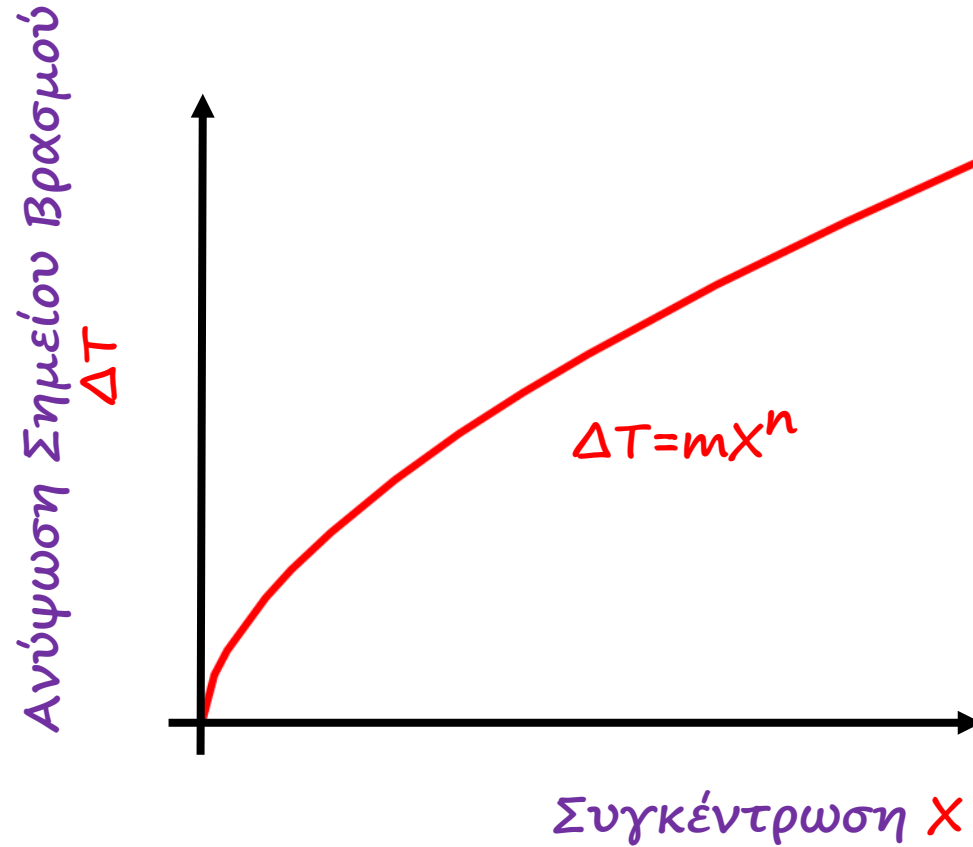
Ως προς το (1) έχουμε
ανύψωση σημείου βρασμού για πυκνά διαλύματα.

Ως προς το (2) πρέπει να δώσουμε έμφαση
στην εξάρτηση του συνολικού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας
από το ιξώδες,
το οποίο αυξάνεται σημαντικά με τη συμπίκνωση του διαλύματος.

Ανύψωση Σημείου Βρασμού

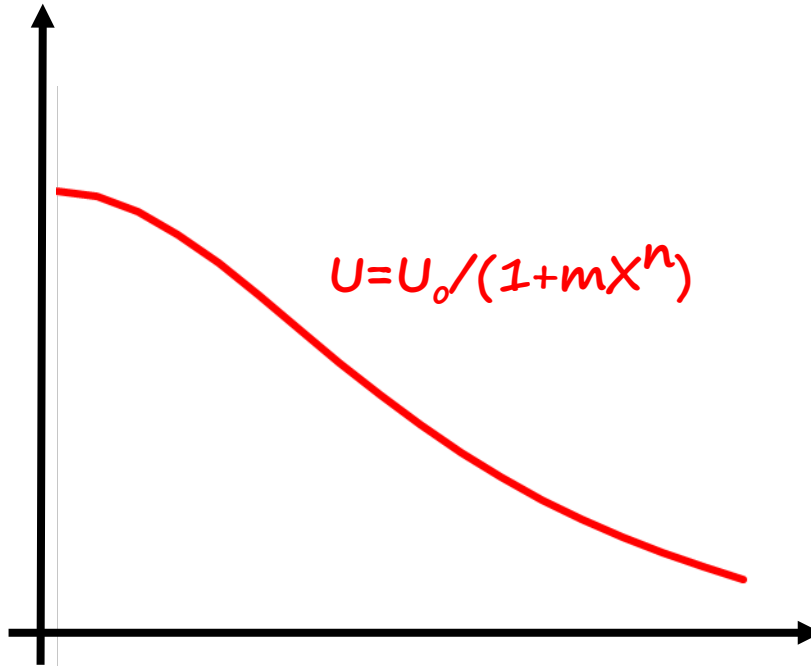


Ανύψωση Σημείου Βρασμού



Εξάρτηση του Συνολικού Συντελεστή Μεταφοράς Θερμότητας από τη Συγκέντρωση του Διαλύματος

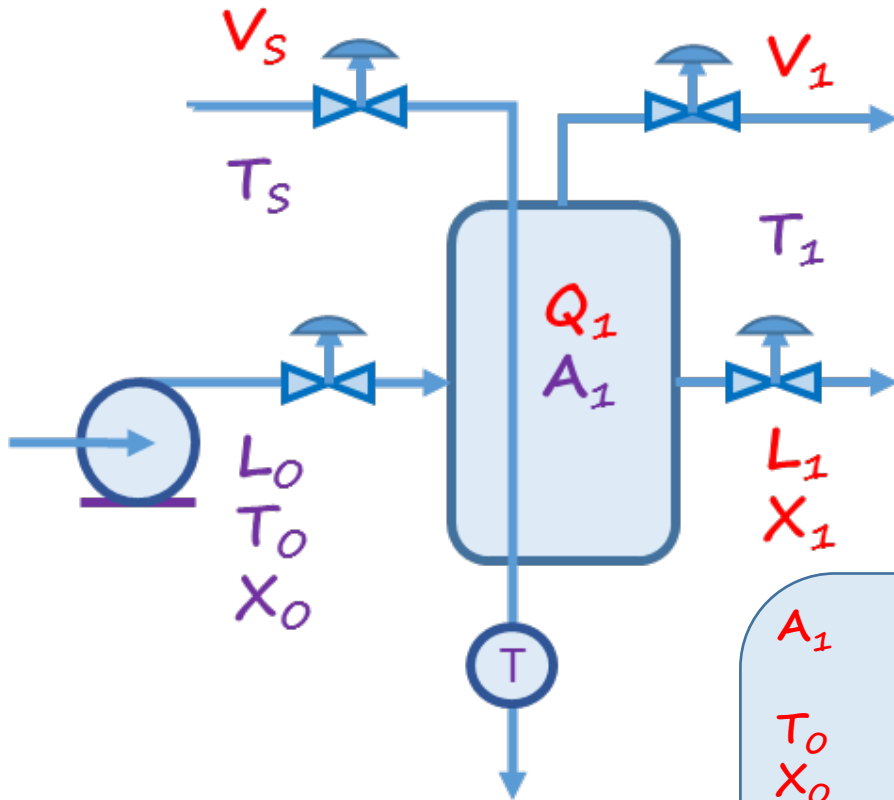
Επιφανειακός Συντελεστής
Μεταφοράς Θερμότητας U



$$U = U_0 / (1 + mX^n)$$

Συγκέντρωση X

Εξατμιστήρας

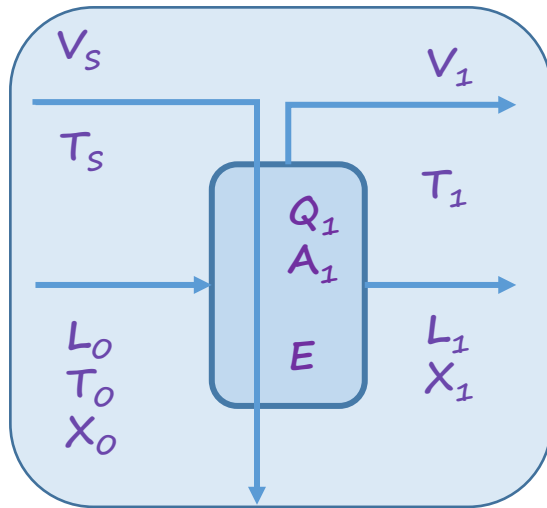


Περιγραφικός Κανόνας

- A_1 εκ κατασκευής
- T_0 από την προηγούμενη διεργασία
- X_0 από την προηγούμενη διεργασία
- T_s από την βάννα ατμού θέρμανσης (P_s)
- L_0 από την αντλία και βάννα τροφοδοσίας
- T_1 από τις βάννες εξόδου εξατμιστήρα (P_1)

→ Ελεύθερες Μεταβλητές 6

Το Μαθηματικό Μοντέλο



Ανάλυση Βαθμών Ελευθερίας

Μεταβλητές	12
Εξισώσεις	6
Ελεύθερες	6

Πρόβλημα Σχεδιασμού

Δεδομένα L_o, T_o, X_o, X_1, T_s

Σχεδιασμού T_1

(1) $\rightarrow L_1$

(2) $\rightarrow V_1$

(3) $\rightarrow Q_1$

(4) $\rightarrow V_s$

(5) $\rightarrow A_1$

(6) $\rightarrow E$

Εξισώσεις

(1) $L_o X_o = L_1 X_1$

(2) $L_o = V_1 + L_1$

(3) $Q_1 = L_o C_p (T_1 - T_o) + V_1 \Delta H(T_1)$

(4) $Q_1 = V_s \Delta H(T_s)$

(5) $Q_1 = A_1 U(X_1) (T_s - T_1)$

(6) $E = (V_1 + V_2 + V_3) / V_s$

Μεταβλητές Δεδομένα

L_o, X_o, L_1, X_1

V_1

Q_1, T_1, T_o

V_s

A_1, T_s

E

$C_p, \Delta H(T)$

$U(X)$

Οικονομική Ανάλυση

(7) $C_{op} = C_s Q_1 t_y$

(8) $C_{eq} = C_1 A_1^n$

(9) $CTL = C_{op} + e C_{eq}$

Μεταβλητές

C_{op}

C_{eq}

CTL

Δεδομένα

C_s, t_y

C_1, n

e

Πρόβλημα Λειτουργίας

Δεδομένα $A_1, L_o, T_o, X_o, T_s, T_1$

Δοκιμής X_1

(5) $\rightarrow Q_1$

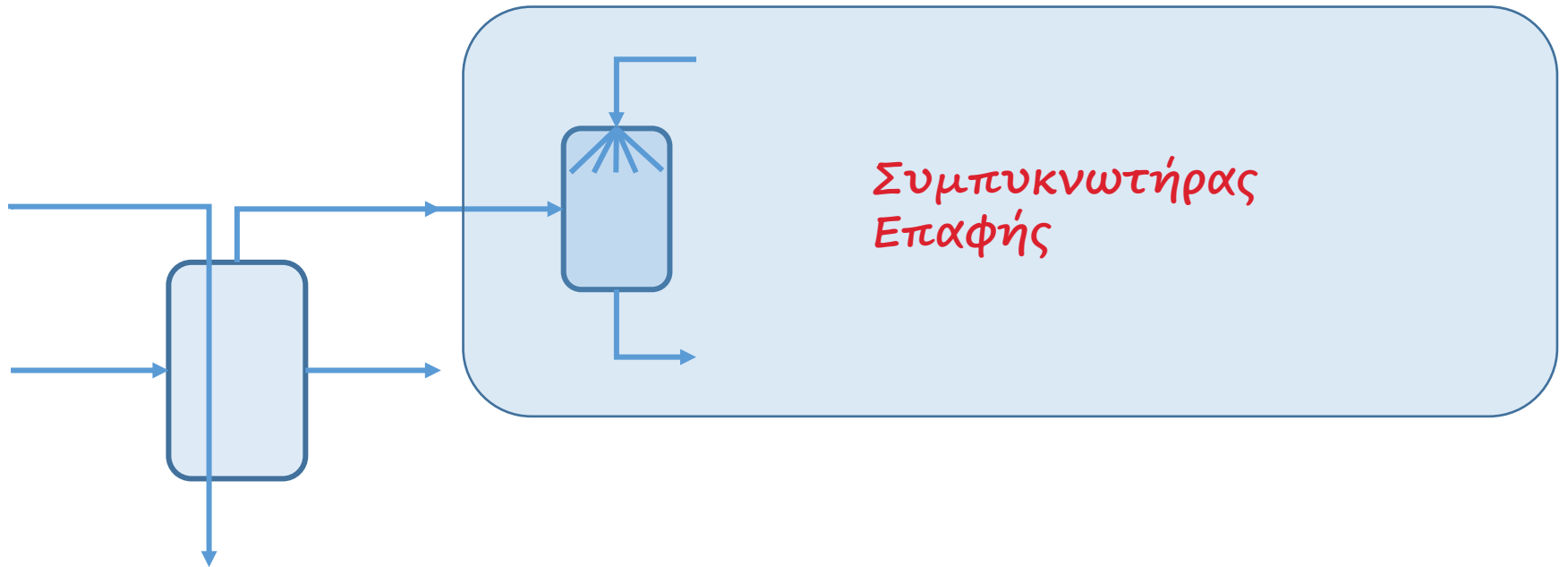
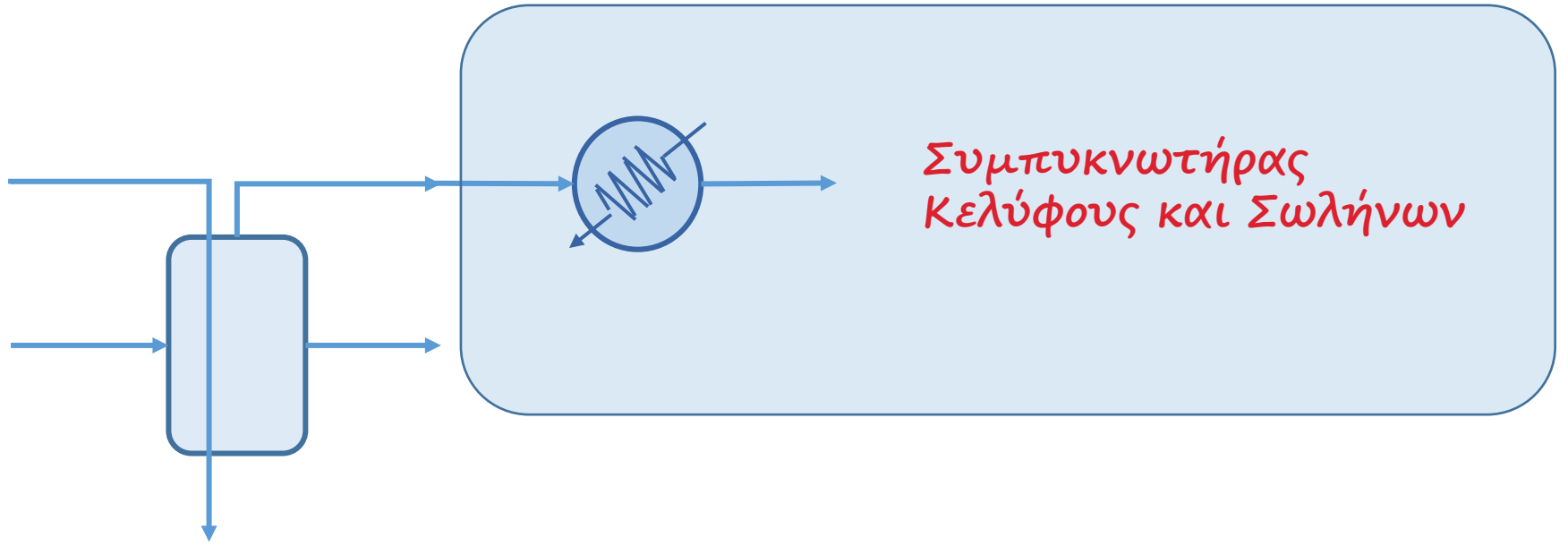
(4) $\rightarrow V_s$

(3) $\rightarrow V_1$

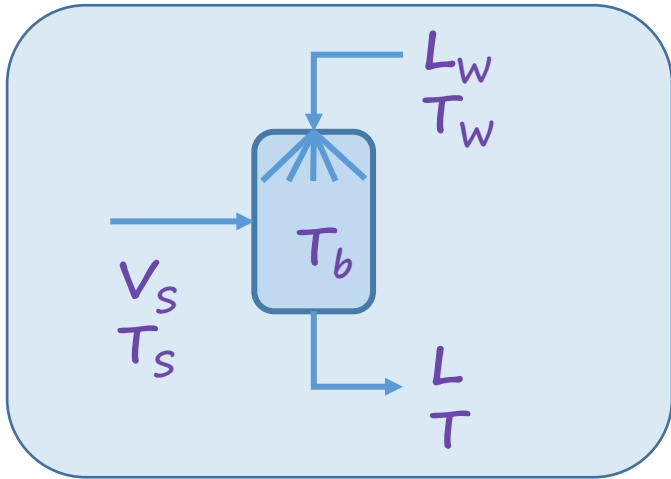
(2) $\rightarrow L_o$

(1) $\rightarrow X_1$ έλεγχος

(6) $\rightarrow E$



Συμπυκνωτήρας Επαφής



Εξισώσεις (2)

$$L = V_s + L_w$$

$$V_s C_{PS} (T_s - T_b) + V_s \Delta H_s + V_s C_{PW} (T_b - T) = L_w C_{PW} (T - T_w)$$

Μεταβλητές (7)

$$L \quad V_s \quad L_w \quad T_s \quad T_b \quad T \quad T_w$$

Δεδομένα (3)

$$C_{PS} \quad \Delta H_s \quad C_{PW}$$

Εξοικονόμηση Ενέργειας

1 → Αύξηση Αριθμού Βαθμίδων

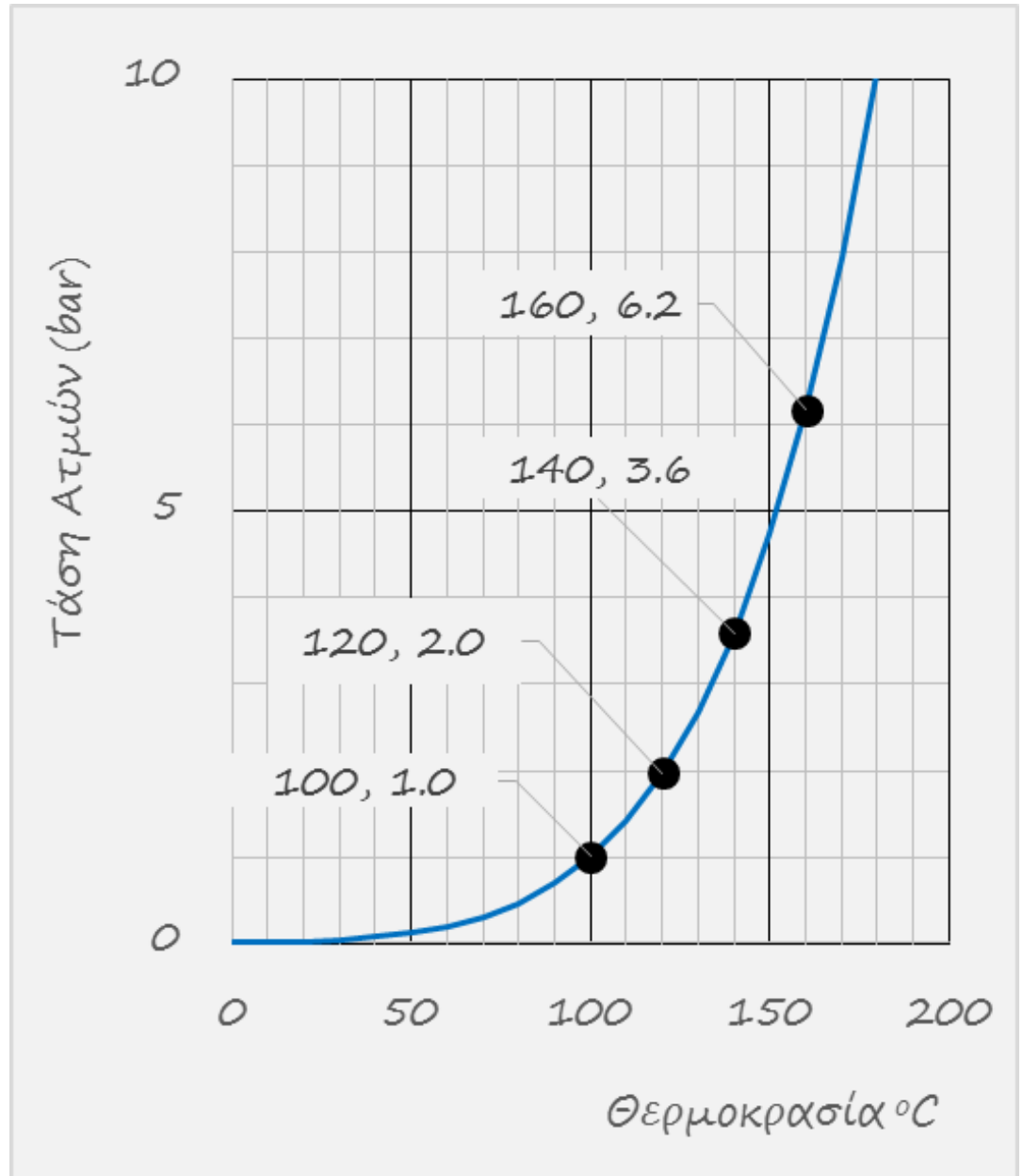
2 → Στιγμαία Εξάτμιση Συμπυκνώματος Ατμού

3 → Προθέρμανση Τροφοδοσίας

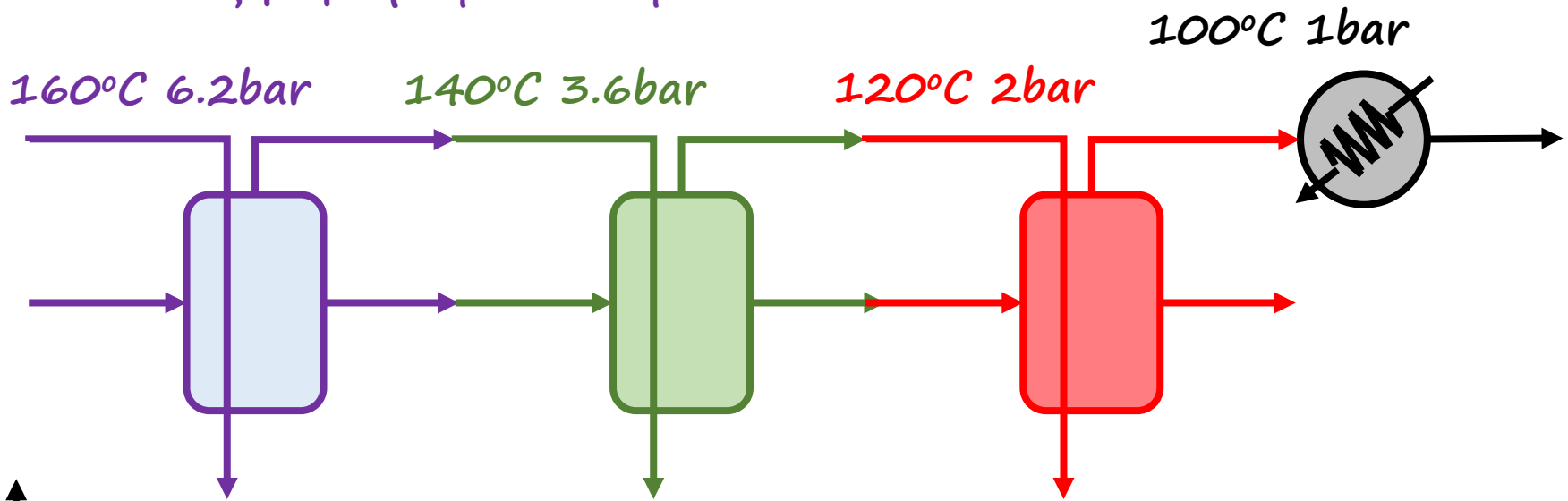
4 → Ανασυμπύεση Ατμών

1 → Αύξηση Αριθμού Βαθμίδων

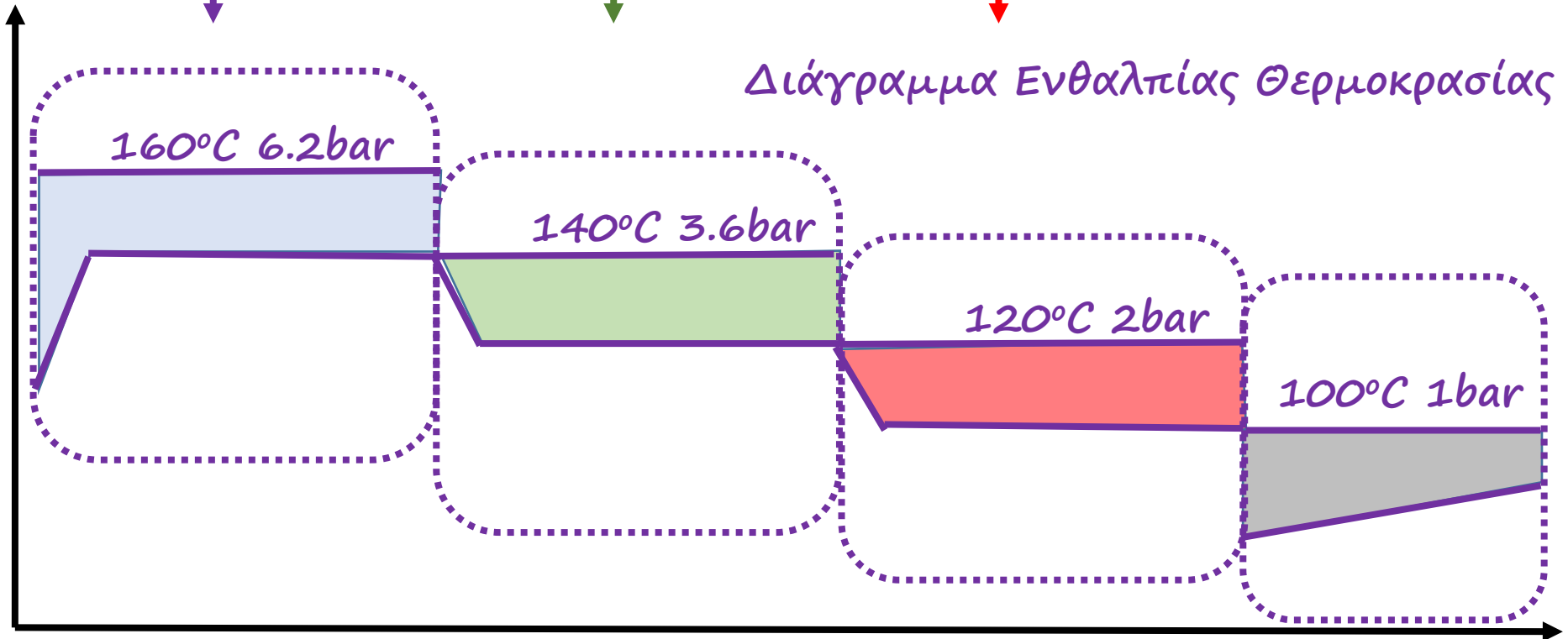
πάλι πίσω
στα βασικά



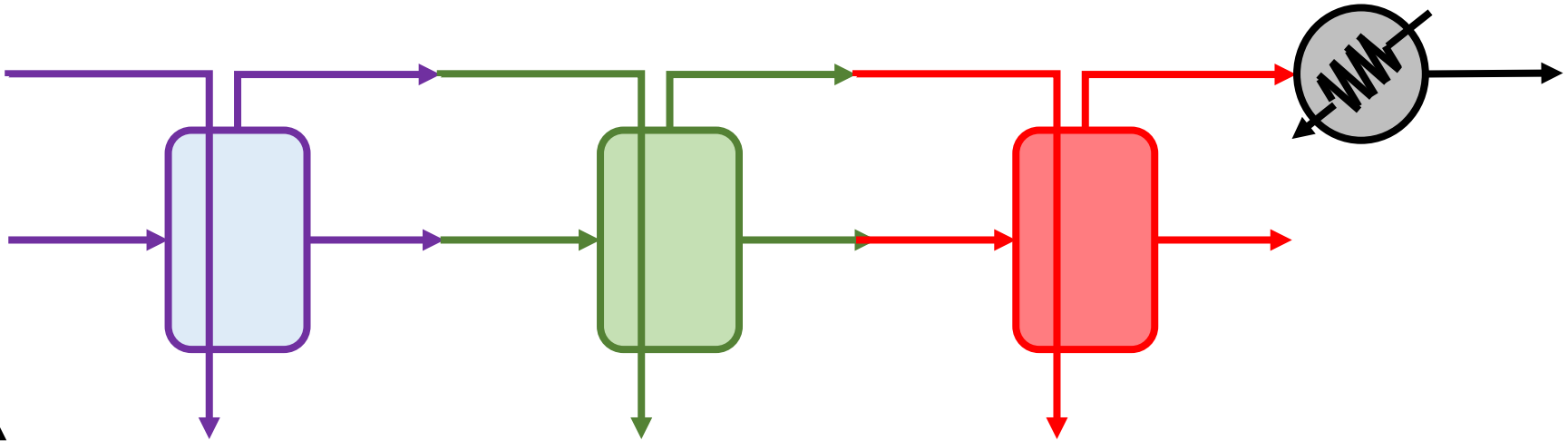
1 → Αύξηση Αριθμού Βαθμίδων



Διάγραμμα Ενθαλπίας Θερμοκρασίας

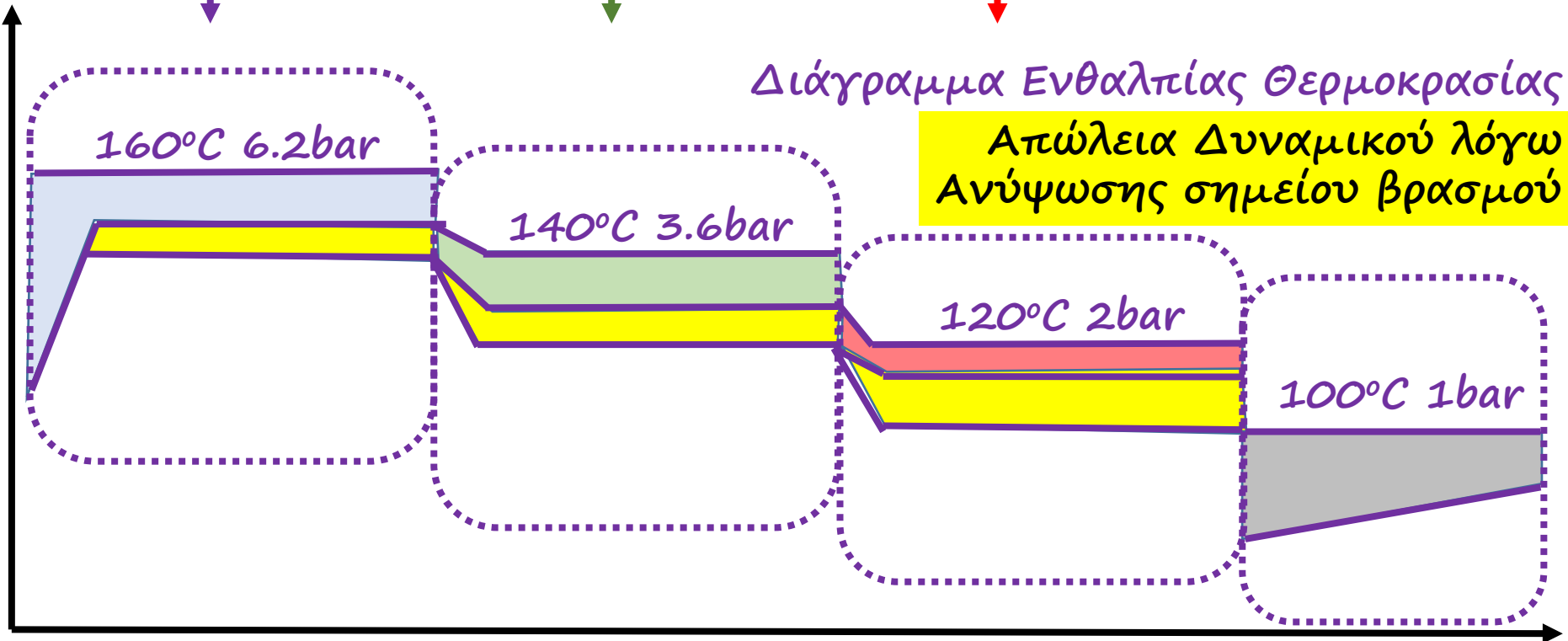


1 → Αύξηση Αριθμού Βαθμίδων



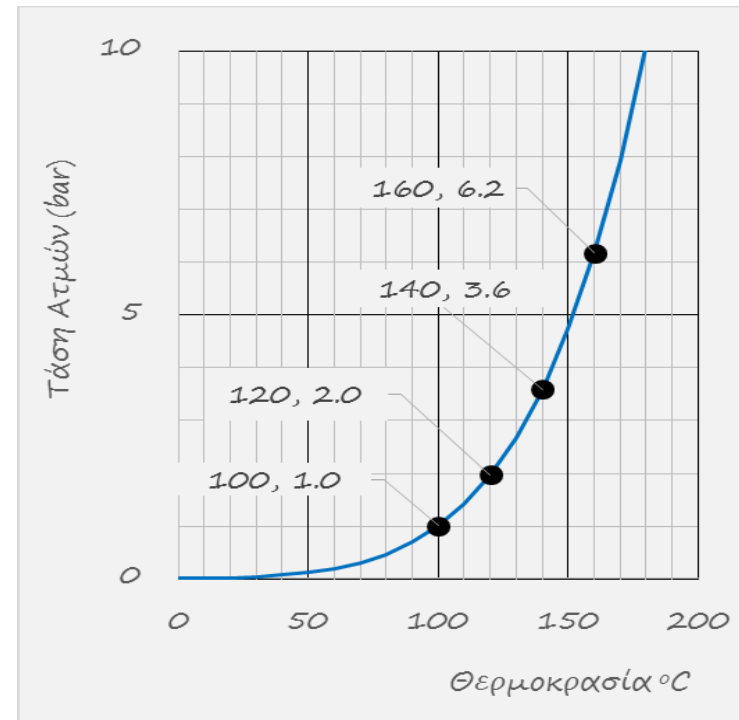
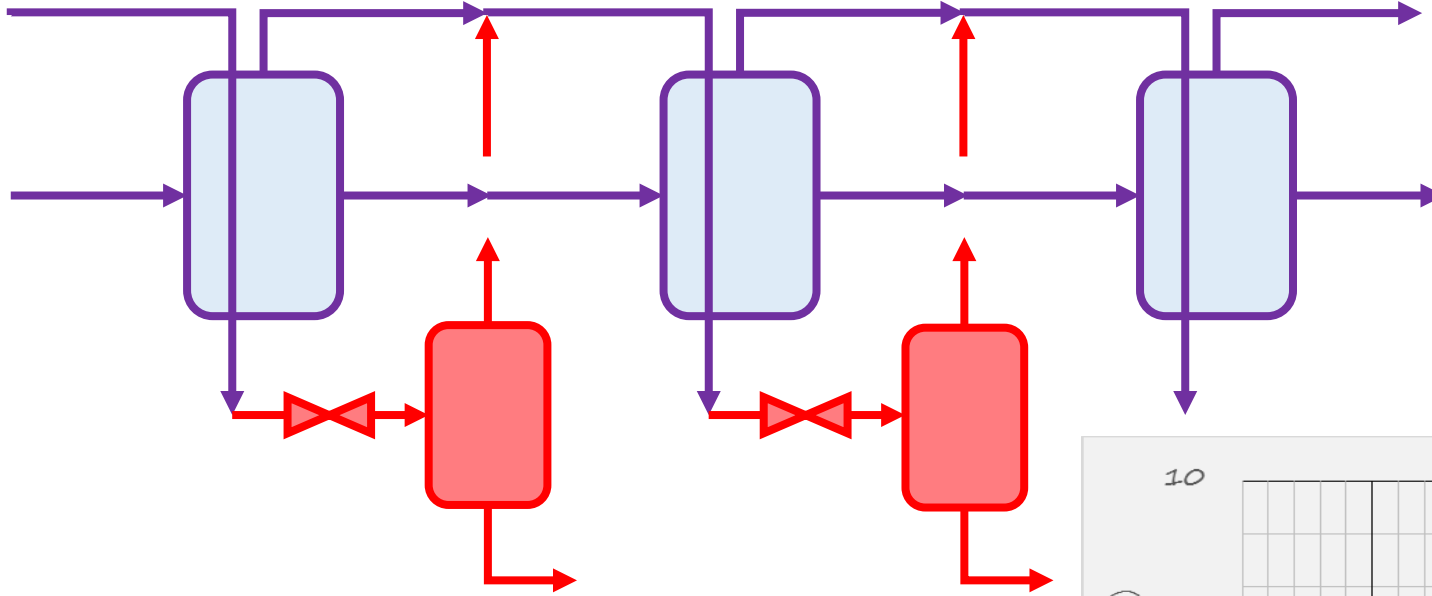
Διάγραμμα Ενθαλπίας Θερμοκρασίας

Απώλεια Δυναμικού λόγω Ανύψωσης σημείου βρασμού

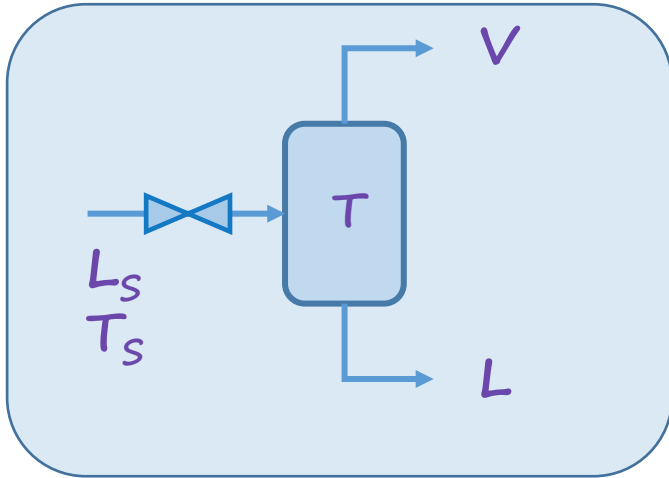


2 → Στιγμαία Εξάτμιση Συμπυκνώματος Ατμού

160°C 6.2bar 140°C 3.6bar 120°C 2bar 100°C 1bar



Δοχείο Στιγματικής Εξάτμισης Συμπυκνώματος Ατμού



Εξισώσεις (2)

$$L_S = V + L$$

$$L_S C_{PL} (T_S - T) = V \Delta H_S$$

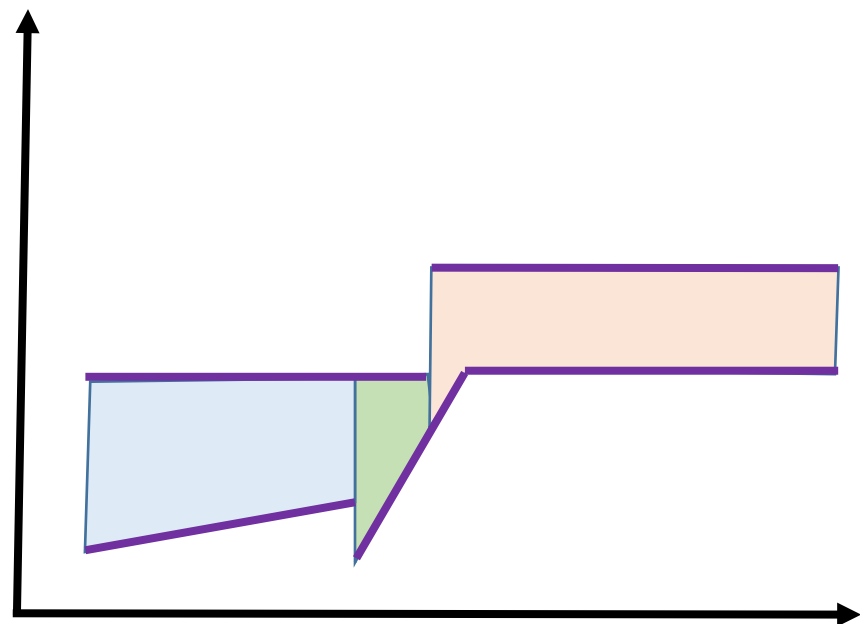
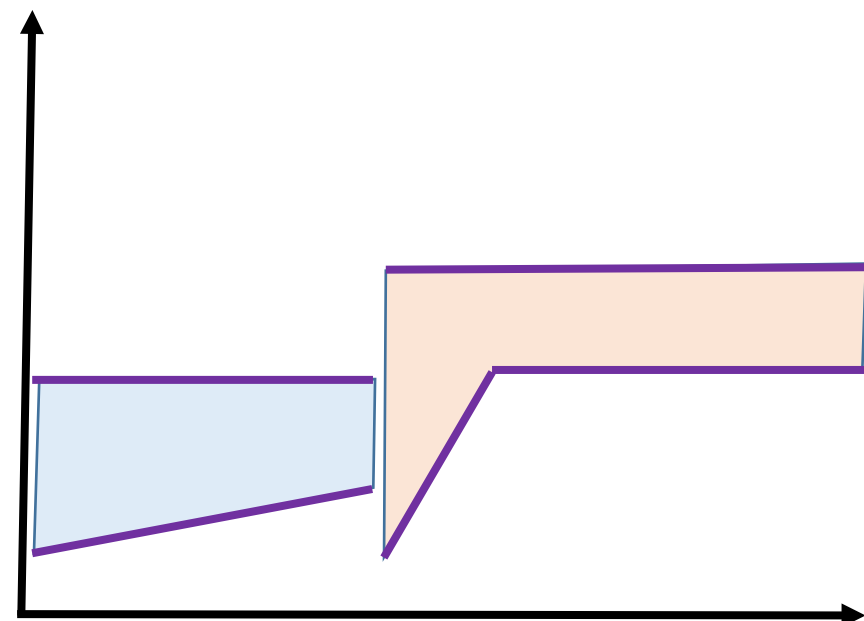
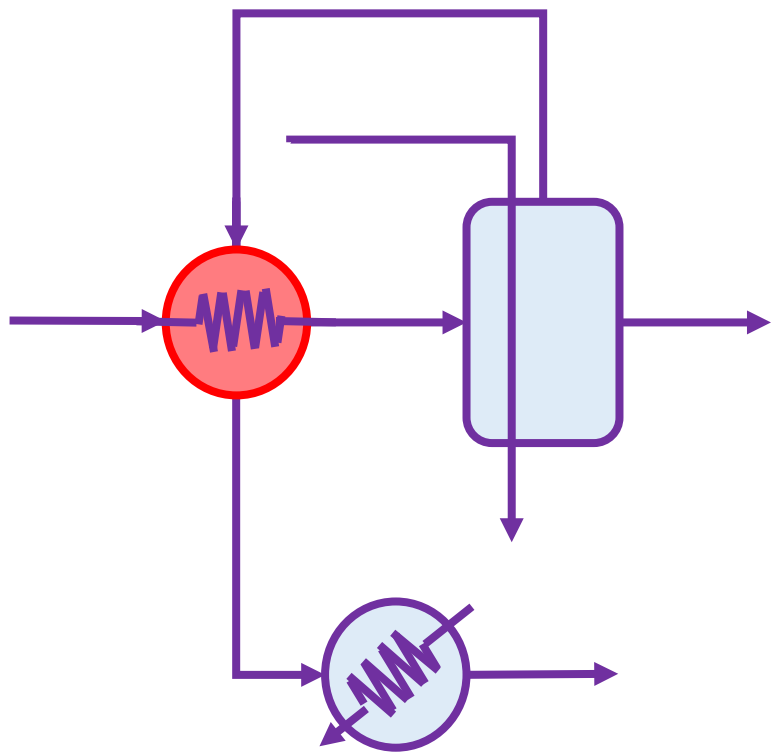
Μεταβλητές (5)

$$L_S \quad V \quad L \quad T_S \quad T$$

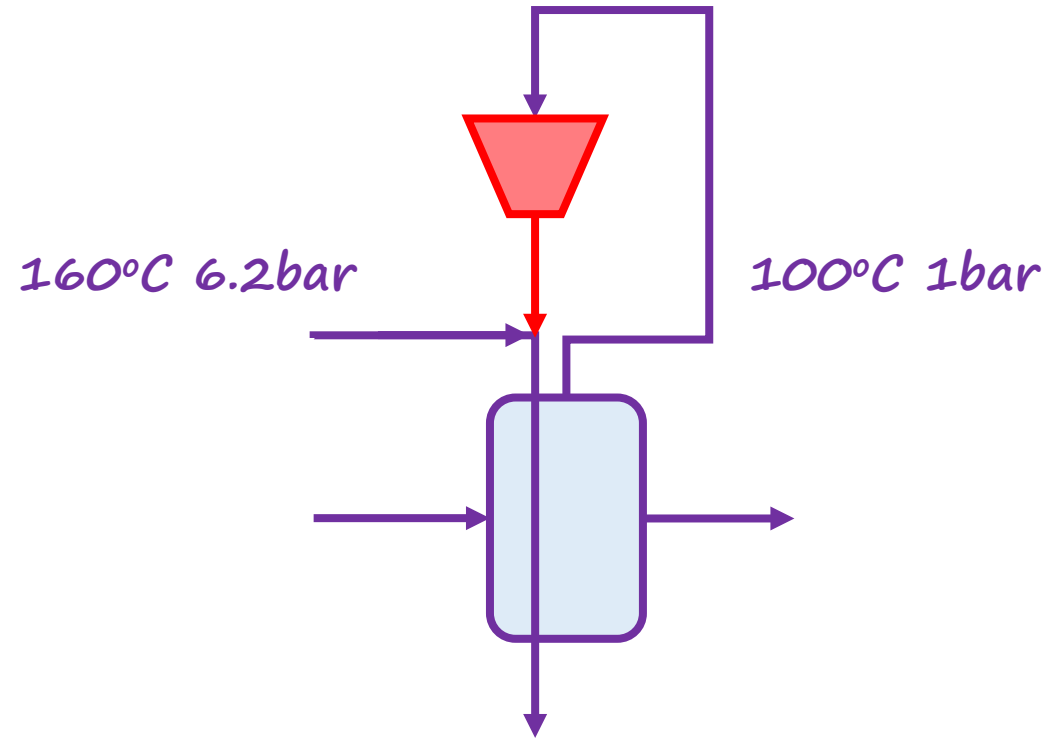
Δεδομένα (2)

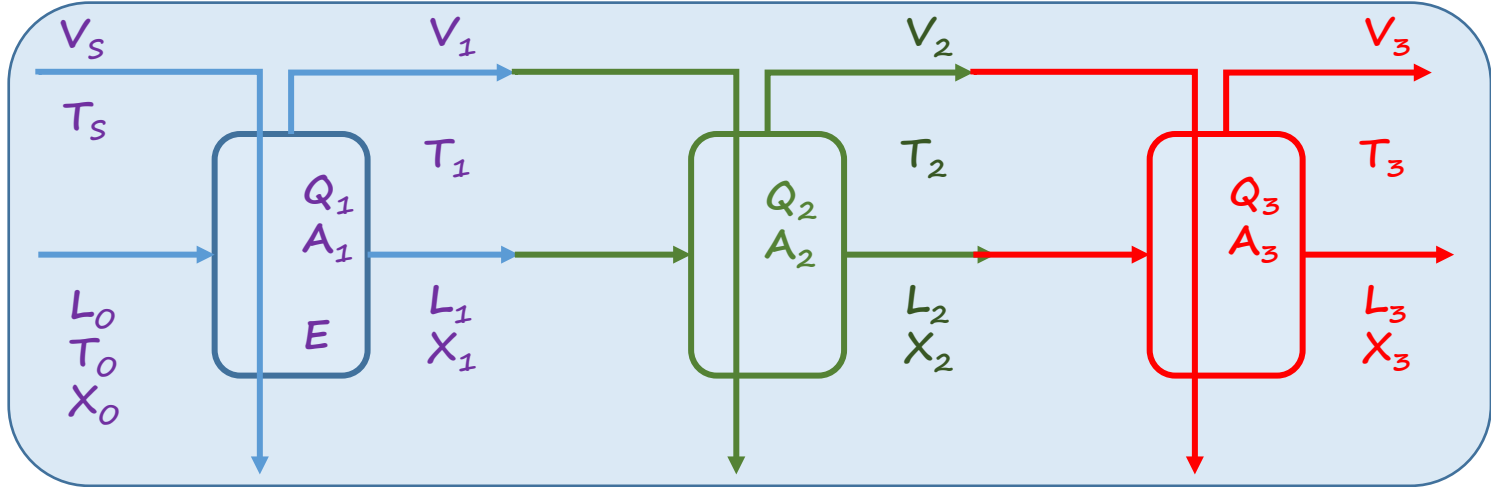
$$C_{PW} \quad \Delta H_S$$

3 → Προθέρμανση Τροφοδοσίας



4 → Ανασυμπύεση Ατμών





- (1) $L_0 X_0 = L_1 X_1$
- (2) $L_0 = V_1 + L_1$
- (3) $Q_1 = L_0 C_p (T_1 - T_0) + V_1 \Delta H(T_1)$
- (4) $Q_1 = V_s \Delta H(T_s)$
- (5) $Q_1 = A_1 U(X_1)(T_s - T_1)$
- (6) $X_1 L_1 = L_2 X_2$
- (7) $L_1 = V_2 + L_2$
- (8) $Q_2 = L_1 C_p (T_2 - T_1) + V_2 \Delta H(T_2)$
- (9) $Q_2 = V_1 C_{pv} (T_1 - T_2) + V_1 \Delta H(T_1)$
- (10) $Q_2 = A_2 U(X_2)(T_1 - T_2)$
- (11) $L_2 X_2 = L_3 X_3$
- (12) $L_2 = V_3 + L_3$
- (13) $Q_3 = L_2 C_p (T_3 - T_2) + V_3 \Delta H(T_3)$
- (14) $Q_3 = V_2 C_{pv} (T_2 - T_3) + V_2 \Delta H(T_2)$
- (15) $Q_3 = A_3 U(X_3)(T_2 - T_3)$
- (16) $E = (V_1 + V_2 + V_3) / V_s$

- $L_0 X_0 L_1 X_1$
- V_1
- $Q_1 T_1 T_0$
- V_s
- $A_1 T_s$
- $L_2 X_2$
- V_2
- $Q_2 T_2$
- A_2
- $L_3 X_3$
- V_3
- $Q_3 T_3$
- A_3
- E

Μεταβλητές	12+6+6
Εξισώσεις	<u>6+5+5</u>
Ελεύθερες	6+1+1

Πρόβλημα Σχεδιασμού
 Δεδομένα $L_0 T_0 X_0 X_3 T_s$
 Σχεδιασμού $T_1 T_2 T_3$

Πρόβλημα Λειτουργίας
 Δεδομένα $A_1 L_0 T_0 X_0 T_s$
 $T_1 T_2 T_3$

Ανακεφαλαίωση

1 βαθμίδα

Μεταβλητές	12
Εξισώσεις	<u>6</u>
Ελεύθερες	6

3 βαθμίδες

Μεταβλητές	12+6+6
Εξισώσεις	<u>6+5+5</u>
Ελεύθερες	6+1+1

Γενικώς N βαθμίδες

Μεταβλητές	6+6N
Εξισώσεις	<u>1+5N</u>
Ελεύθερες	5+N

Πρόβλημα Σχεδιασμού
Δεδομένα $L_0 T_0 X_0 X_1 T_S$
Σχεδιασμού T_1

Πρόβλημα Σχεδιασμού
Δεδομένα $L_0 T_0 X_0 X_3 T_S$
Σχεδιασμού $T_1 T_2 T_3$

Πρόβλημα Σχεδιασμού
Δεδομένα (5) $L_0 T_0 X_0 X_N T_S$
Σχεδιασμού (N) $T_1 T_2 \dots T_N$

Αν $A_1 = A_2 = \dots = A_N \rightarrow$ Απώλεια $N-1$ βαθμών ελευθερίας

Εδώ ο αλγόριθμος LCR είναι χρήσιμος

Απλοποιημένος Σχεδιασμός (Short-Cut Design)

$$L_0 = V + L_N$$

$$L_0 X_0 = L_N X_N$$

$$Q = V \Delta H_s / N$$

$$\Delta T = (T_s - T_w) / (N + 1)$$

$$A = Q / (U \Delta T)$$

Παραδοχές

- Αμελητέα Ανύψωση Σημείου Βρασμού
- Λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης ανεξάρτητη της θερμοκρασίας
- Σταθερός Συνολικός Συντελεστής Μεταφοράς Θερμότητας
- Ίδια Επιφάνεια Εναλλαγής Θερμότητας σε όλες τις βαθμίδες

V	kg/s	Συνολικός ρυθμός ροής εξατμιζόμενου διαλύτη
ΔH_s	kJ/kg	Λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης
Q	kW	Θερμική ισχύς ανά βαθμίδα
N	-	Αριθμός βαθμίδων
ΔT	C	Μέση θερμοκρασιακή διαφορά λειτουργίας βαθμίδας
T_s	C	Θερμοκρασία (κορεσμένου) ατμού θέρμανσης
T_w	C	Θερμοκρασία νερού ψύξης
A	m ²	Επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας βαθμίδας
U	kW/m ² K	Συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας

Αφαλάτωση θαλασσινού νερού:

Είχαμε πει:

→ Λειτουργικό κόστος εξάτμισης $m = 1 \text{ tn}$ νερού:

$$C_{op} = m \Delta H_s C_s = 12.5 \text{ €/tn} \text{!!!!!!}$$

Τώρα όμως για $N=12$ βαθμίδες:

$$C_{op} = m \Delta H_s C_s / N = 1 \text{ €/tn} \text{ κάτι γίνεται}$$

Απαιτούμενο θερμοκρασιακό δυναμικό:

$$\Delta T = (T_s - T_w) / (N+1) = 10^\circ\text{C} \text{ κάτι γίνεται}$$

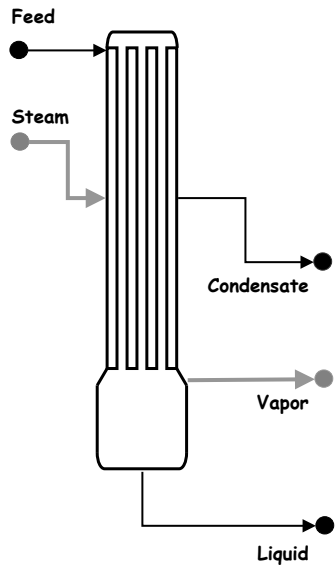


Figure 6.1 Diagram of a long tube vertical falling film evaporator.

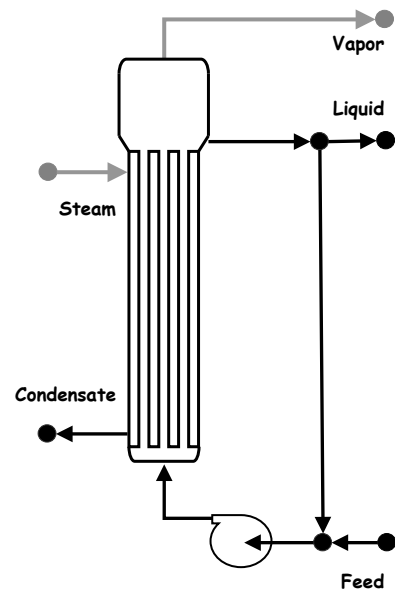


Figure 6.2 Diagram of forced circulation evaporator.

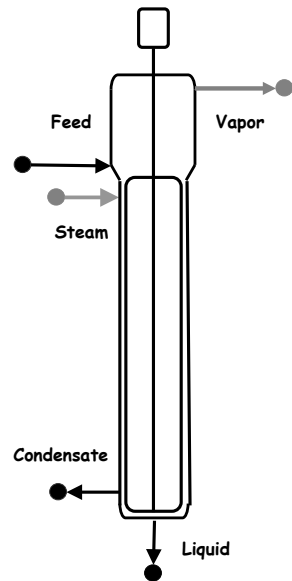


Figure 6.3 Diagram of agitated film evaporator with top vapor/liquid separator.

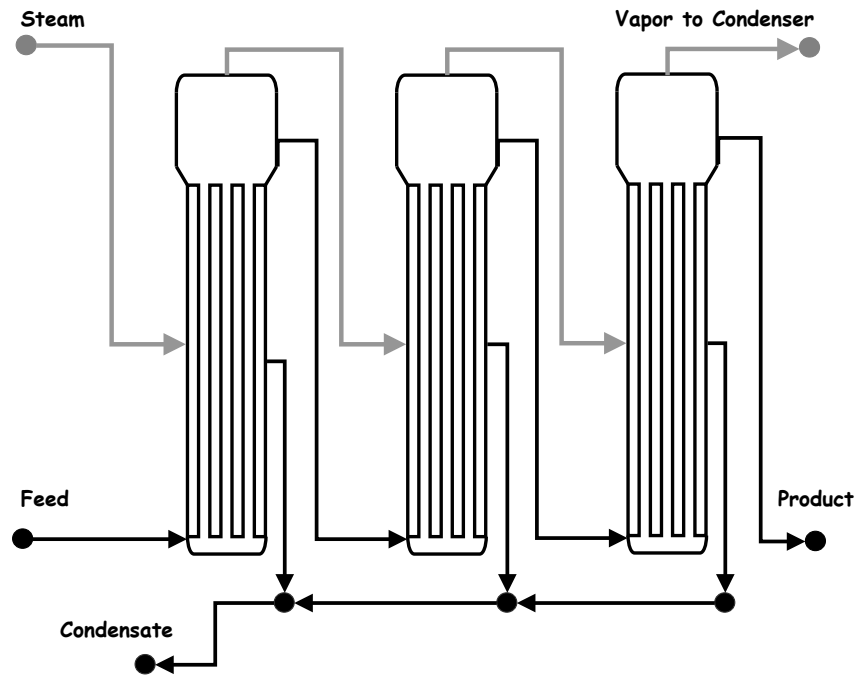


Figure 6.4 Schematic diagram of a triple-effect, forward-feed evaporator.

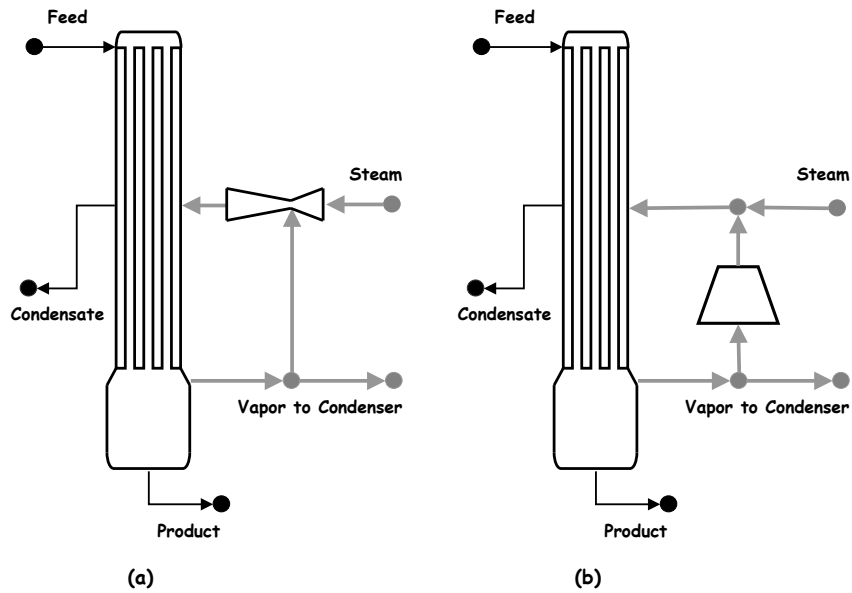


Figure 6.5 Vapor recompression evaporators. (a) thermal; (b) mechanical.

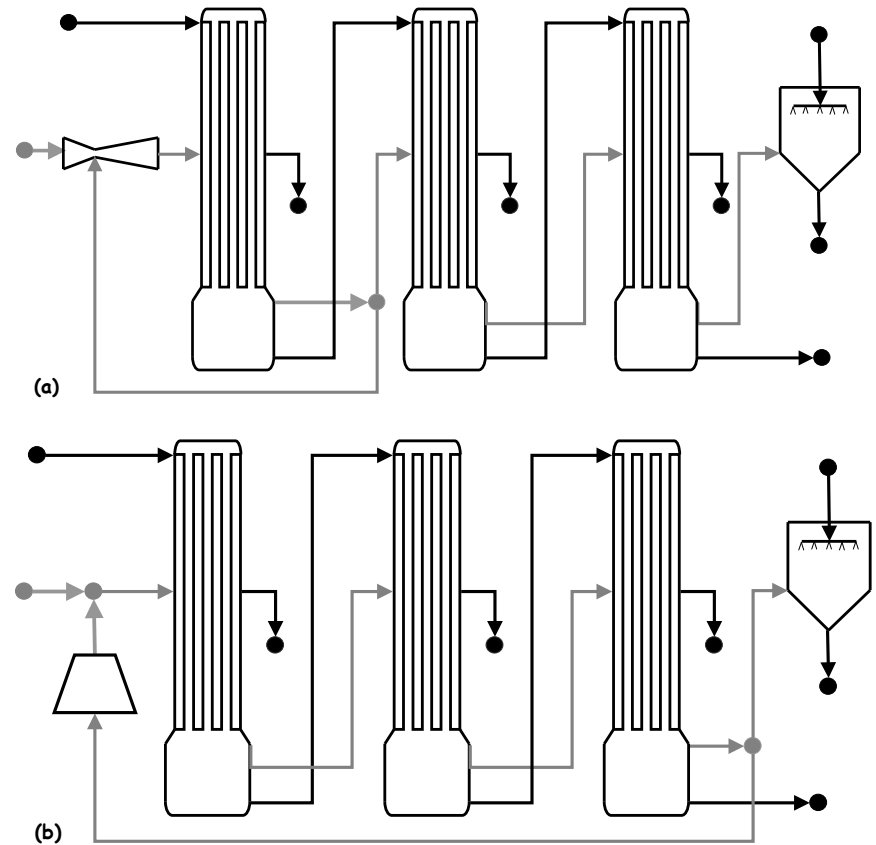


Figure 6.6 Combined recompression and triple-effect evaporators: (a) thermal; (b) mechanical.

Πρόβλημα 1 Εξατμίσης

Σχεδιάζεται εξατμιστήρας για τη συμπύκνωση 5 kg/s υδατικού διαλύματος άλατος από αρχική συγκέντρωση 1% σε τελική 5% .

Να υπολογιστεί η επιφάνεια θέρμανσης και η οικονομία ατμού για κάθε ένα από τα παρακάτω σενάρια:

- (1) Ένας εξατμιστήρας.
- (2) Δύο εξατμιστήρες.
- (3) Δύο εξατμιστήρες.

Το συμπύκνωμα ατμού θέρμανσης της πρώτης βαθμίδας εκτονώνεται στην πίεση λειτουργίας της δεύτερης βαθμίδας και ο παραγόμενος ατμός χρησιμοποιείται στη θέρμανση της δεύτερης βαθμίδας.

- (4) Τρεις εξατμιστήρες

Η τροφοδοσία του διαλύματος γίνεται στους 20°C .
Ατμός θέρμανσης είναι διαθέσιμος στους 160°C .

Λανθάνουσα Θερμότητα Εξάτμισης Νερού ΔH (kJ/kg):

$$\Delta H(T) = \Delta H_0 - (C_{PL} - C_{PV}) T$$

όπου $T(^{\circ}C)$ η θερμοκρασία βρασμού και

$$\Delta H_0 = 2.50 \text{ MJ/kg}$$

$$C_{PL} = 4.20 \text{ kJ/kgK}$$

$$C_{PV} = 1.90 \text{ kJ/kgK}$$

Παραδοχές

Για αραιά διαλύματα:

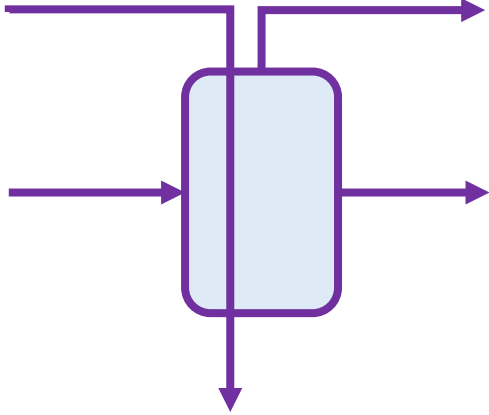
(1) Αμελητέα Ανύψωση Σημείου Βρασμού.

(2) Συνολικός Συντελεστής Μεταφοράς Ανεξάρτητος της Συγκέντρωσης

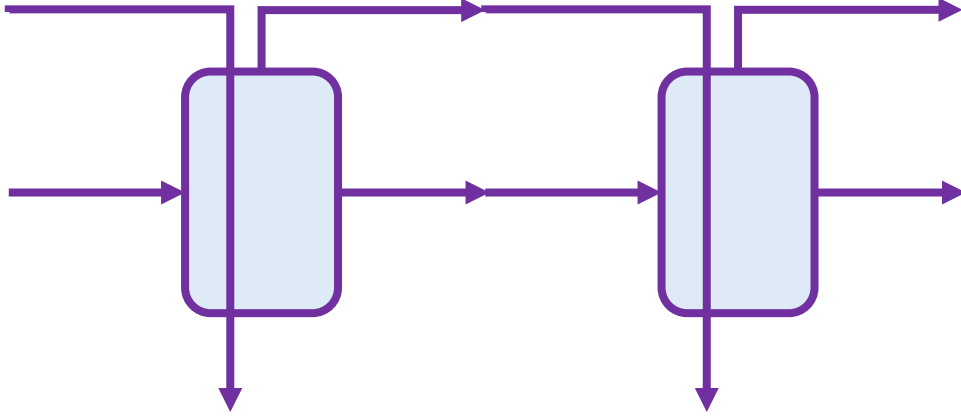
$$U = 1 \text{ kW/m}^2\text{K}$$

(3) Αμελητέα Θερμοχωρητικότητα Άλατος

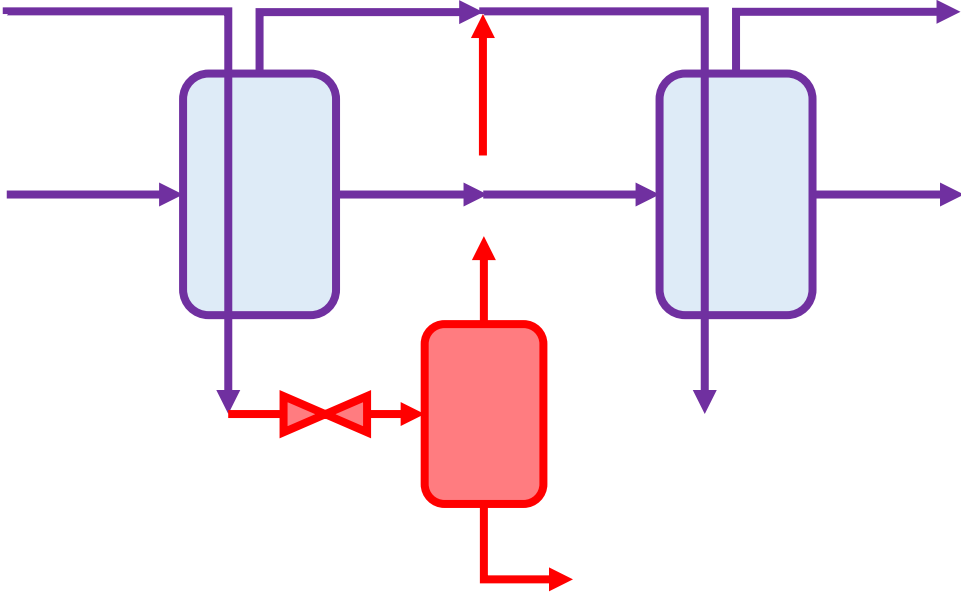
1



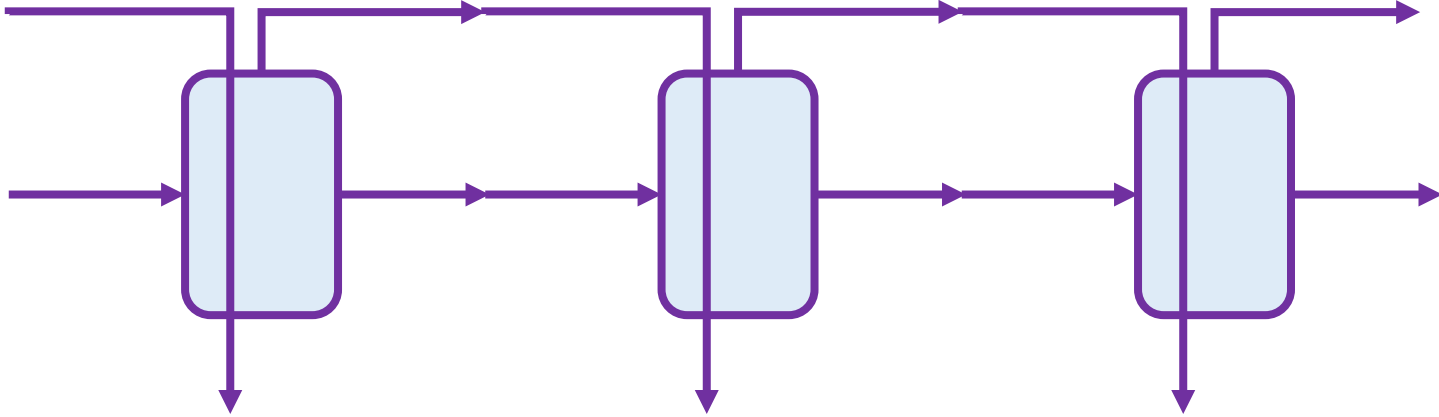
2



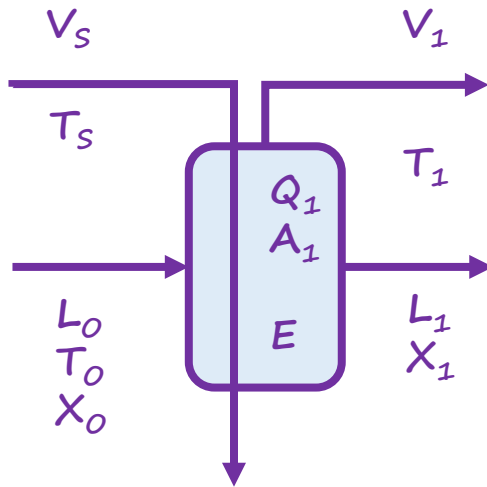
3



4



1



$L_0 = 5 \text{ kg/s}$
 $T_0 = 20^\circ\text{C}$
 $X_0 = 0.01$
 $X_1 = 0.05$
 $T_s = 160^\circ\text{C}$
 $U = 1 \text{ kW/m}^2\text{K}$
 $\Delta H_0 = 2.50 \text{ MJ/kg}$
 $C_{pL} = 4.20 \text{ kJ/kgK}$
 $C_{pV} = 1.90 \text{ kJ/kgK}$

Σχεδιασμού $T_1 = 100^\circ\text{C}$

$$(1) L_0 X_0 = L_1 X_1$$

$$(2) L_0 = V_1 + L_1$$

$$(3) Q_1 = L_0 C_p (T_1 - T_0) + V_1 \Delta H(T_1)$$

$$(4) Q_1 = V_s \Delta H(T_s)$$

$$(5) Q_1 = A_1 U (T_s - T_1)$$

$$(6) E = V_1 / V_s$$

$L_0 X_0$ $L_1 X_1$

V_1

Q_1 T_1 T_0

V_s T_s

A_1

E

$$(1) \rightarrow L_1 = 1.00 \text{ kg/s}$$

$$(2) \rightarrow V_1 = 4.00 \text{ kg/s}$$

$$(3) \rightarrow Q_1 = 10760 \text{ kW}$$

$$(4) \rightarrow V_s = 5.05 \text{ kg/s}$$

$$(5) \rightarrow A_1 = 179 \text{ m}^2$$

$$(6) \rightarrow E = 0.79$$

Μεταβλητές 12

Εξισώσεις 6

Ελεύθερες 6

Δεδομένες 5

Σχεδιασμού 1

Για δείτε τώρα
και αυτόν τον αλγόριθμο
Πως σας φαίνεται?

Σχεδιασμού $\rightarrow T_1$

Δοκιμή $\rightarrow V_s$

$$(4) \rightarrow Q_1$$

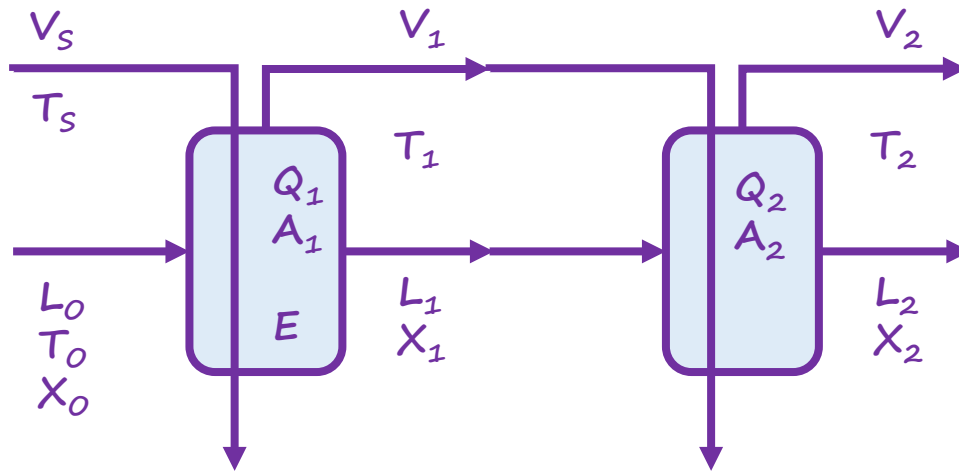
$$(3) \rightarrow V_1$$

$$(2) \rightarrow L_1$$

$$(1) \rightarrow X_1 \text{ έλεγχος}$$

$$(5) \rightarrow A_1$$

2



Μεταβλητές	18
Εξισώσεις	11
Ελεύθερες	7
Δεδομένες	5
Σχεδιασμού	2

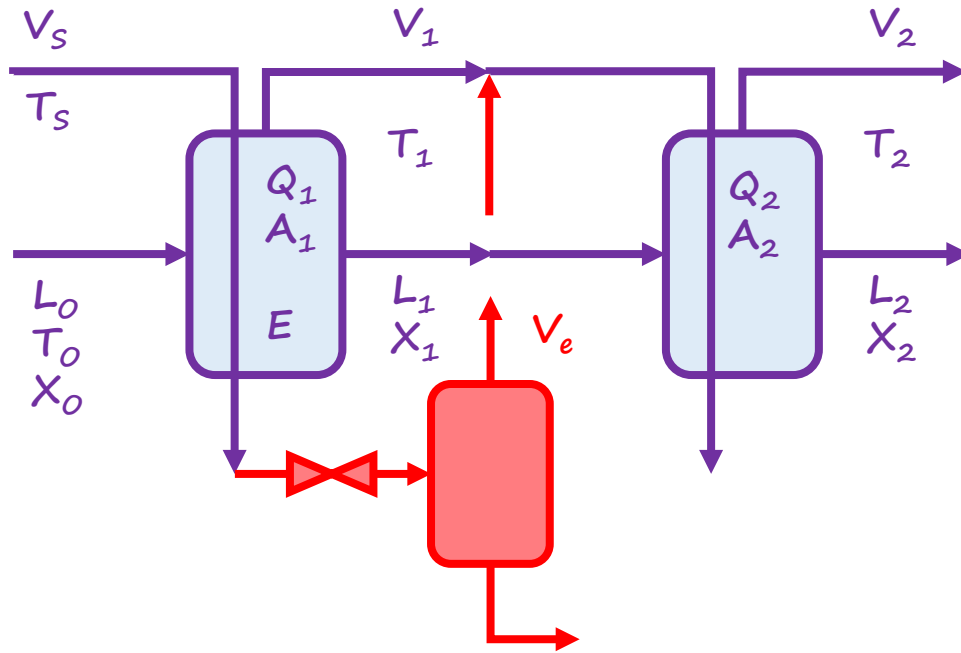
- (1) $L_0 X_0 = L_1 X_1$
- (2) $L_0 = V_1 + L_1$
- (3) $Q_1 = L_0 C_p (T_1 - T_0) + V_1 \Delta H(T_1)$
- (4) $Q_1 = V_s \Delta H(T_s)$
- (5) $Q_1 = A_1 U (T_s - T_1)$
- (6) $L_1 X_1 = L_2 X_2$
- (7) $L_1 = V_2 + L_2$
- (8) $Q_2 = L_1 C_p (T_2 - T_1) + V_2 \Delta H(T_2)$
- (9) $Q_2 = V_1 \Delta H(T_1)$
- (10) $Q_2 = A_2 U (T_1 - T_2)$
- (11) $E = (V_1 + V_2) / V_s$

- $L_0 X_0$
- $L_1 X_1$
- V_1
- $Q_1 T_1 T_0$
- $V_s T_s$
- A_1
- $L_2 X_2$
- V_2
- $Q_2 T_2$
- A_2
- E

Σχεδιασμού $T_1 T_2$
 Δοκιμή $\rightarrow V_s$

- (4) $\rightarrow Q_1$
- (3) $\rightarrow V_1$
- (2) $\rightarrow L_1$
- (1) $\rightarrow X_1$
- (5) $\rightarrow A_1$
- (9) $\rightarrow Q_2$
- (8) $\rightarrow V_2$
- (7) $\rightarrow L_2$
- (6) $\rightarrow X_2$ έλεγχος
- (10) $\rightarrow A_2$
- (11) $\rightarrow E$

3

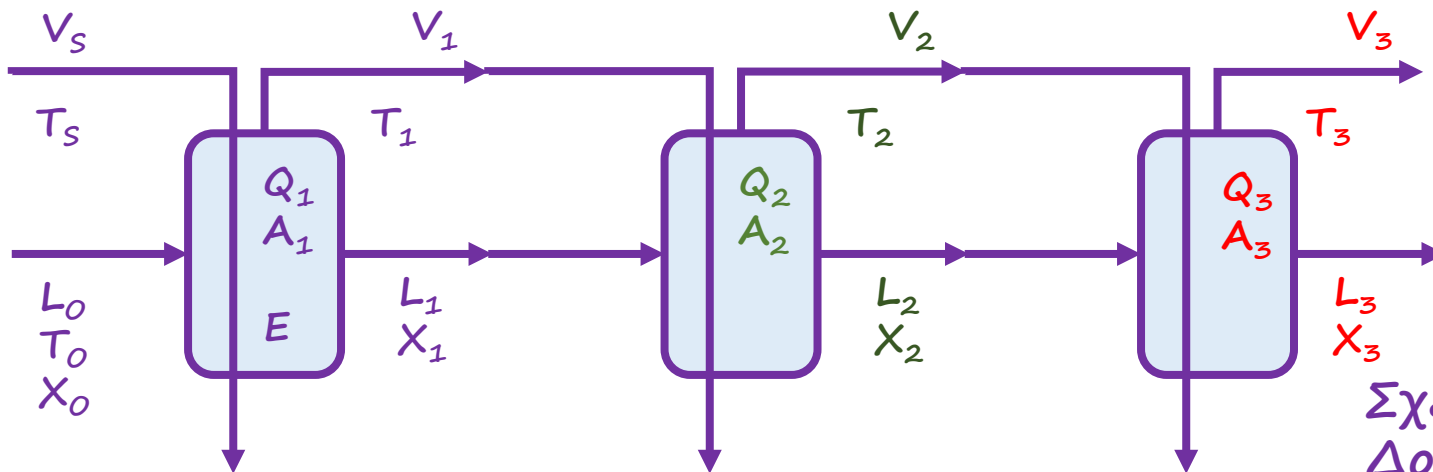


Μεταβλητές	19
Εξισώσεις	12
Ελεύθερες	7
Δεδομένες	5
Σχεδιασμού	2

Σχεδιασμού T_1 T_2
 Δοκιμή $\rightarrow V_s$

(1) $L_0 X_0 = L_1 X_1$	$L_0 X_0$ $L_1 X_1$
(2) $L_0 = V_1 + L_1$	V_1
(3) $Q_1 = L_0 C_p (T_1 - T_0) + V_1 \Delta H(T_1)$	Q_1 T_1 T_0
(4) $Q_1 = V_s \Delta H(T_s)$	V_s T_s
(5) $Q_1 = A_1 U (T_s - T_1)$	A_1
(5+) $V_s C_{PL} (T_s - T_1) = V_e \Delta H(T_1)$	V_e
(6) $L_1 X_1 = L_2 X_2$	$L_2 X_2$
(7) $L_1 = V_2 + L_2$	V_2
(8) $Q_2 = L_1 C_p (T_2 - T_1) + V_2 \Delta H(T_2)$	Q_2 T_2
(9) $Q_2 = (V_1 + V_e) \Delta H(T_1)$	
(10) $Q_2 = A_2 U (T_1 - T_2)$	A_2
(11) $E = (V_1 + V_2) / V_s$	E

(4) $\rightarrow Q_1$
(3) $\rightarrow V_1$
(2) $\rightarrow L_1$
(1) $\rightarrow X_1$
(5) $\rightarrow A_1$
(5+) $\rightarrow V_e$
(9) $\rightarrow Q_2$
(8) $\rightarrow V_2$
(7) $\rightarrow L_2$
(6) $\rightarrow X_2$ έλεγχος
(10) $\rightarrow A_2$
(11) $\rightarrow E$



$$(1) L_0 X_0 = L_1 X_1$$

$$(2) L_0 = V_1 + L_1$$

$$(3) Q_1 = L_0 C_p (T_1 - T_0) + V_1 \Delta H(T_1)$$

$$(4) Q_1 = V_s \Delta H(T_s)$$

$$(5) Q_1 = A_1 U (T_s - T_1)$$

$$(6) L_1 X_1 = L_2 X_2$$

$$(7) L_1 = V_2 + L_2$$

$$(8) Q_2 = L_1 C_p (T_2 - T_1) + V_2 \Delta H(T_2)$$

$$(9) Q_2 = V_1 \Delta H(T_1)$$

$$(10) Q_3 = A_3 U (T_2 - T_1)$$

$$(11) L_2 X_2 = L_3 X_3$$

$$(12) L_2 = V_3 + L_3$$

$$(13) Q_3 = L_2 C_p (T_3 - T_2) + V_3 \Delta H(T_3)$$

$$(14) Q_3 = V_2 \Delta H(T_2)$$

$$(15) Q_3 = A_3 U (T_2 - T_3)$$

$$(16) E = (V_1 + V_2 + V_3) / V_s$$

$$L_0 X_0 \quad L_1 X_1$$

$$V_1$$

$$Q_1 \quad T_1 \quad T_0$$

$$V_s \quad T_s$$

$$A_1$$

$$L_2 X_2$$

$$V_2$$

$$Q_2 \quad T_2$$

$$A_2$$

$$L_3 X_3$$

$$V_3$$

$$Q_3 \quad T_3$$

$$A_3$$

$$E$$

Σχεδιασμού $T_1 \quad T_2 \quad T_3$
 Δοκιμή $\rightarrow V_s$

$$(4) \rightarrow Q_1$$

$$(3) \rightarrow V_1$$

$$(2) \rightarrow L_1$$

$$(1) \rightarrow X_1$$

$$(5) \rightarrow A_1$$

$$(9) \rightarrow Q_2$$

$$(8) \rightarrow V_2$$

$$(7) \rightarrow L_2$$

$$(6) \rightarrow X_2$$

$$(10) \rightarrow A_2$$

$$(14) \rightarrow Q_3$$

$$(13) \rightarrow V_3$$

$$(12) \rightarrow L_3$$

$$(11) \rightarrow X_3 \text{ έλεγχος}$$

$$(15) \rightarrow A_3$$

$$(16) \rightarrow E$$

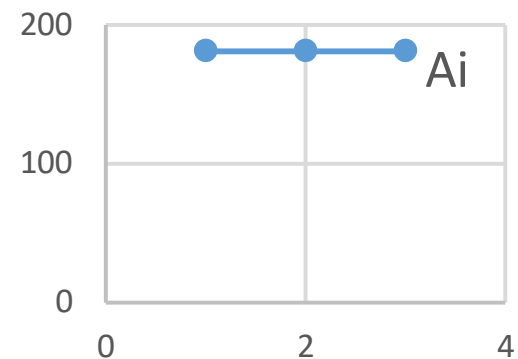
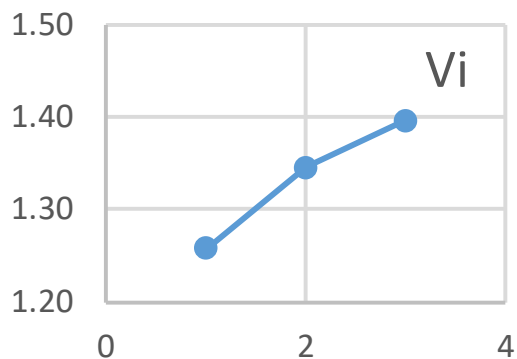
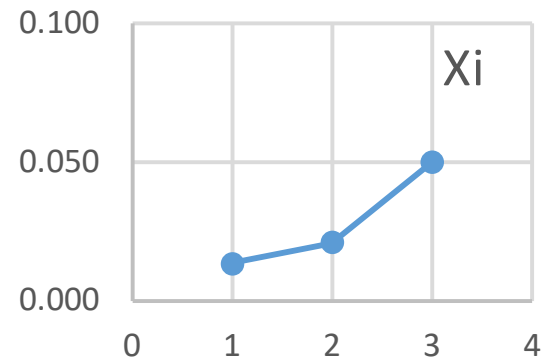
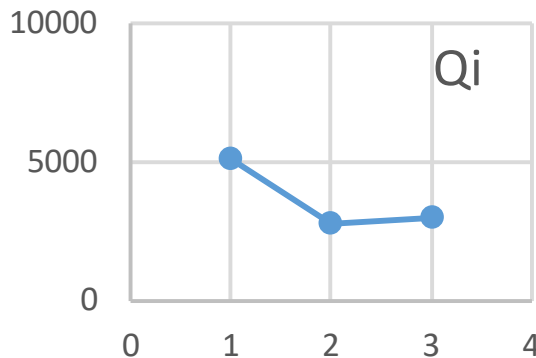
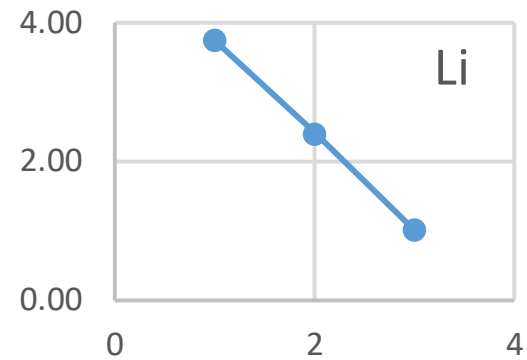
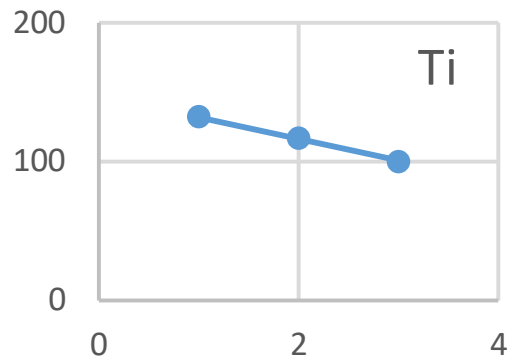
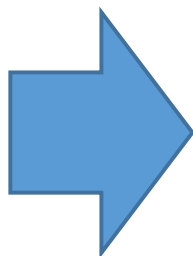
Στο Excel είναι πιο απλά...

U	1.00
dHo	2.50
CpL	4.20
CpV	1.90

TO	20
Ts	160

Vs	2.40
LO	5.00
XO	0.010
E	1.67

	1	2	3
Ti	132	117	100
Qi	5111	2764	3003
Vi	1.26	1.35	1.40
Li	3.74	2.40	1.00
Xi	0.013	0.021	0.050
Ai	181	181	181



Πρόβλημα 2 Εξάτμισης

Σχεδιάζεται εξατμιστήρας αναδευόμενου λεπτού στρώματος για τη συμπύκνωση $L_0=5 \text{ kg/s}$ υδατικού διαλύματος πηκτίνης από αρχική συγκέντρωση $X_0=0.5\%$ σε τελική $X_1=5\%$.

Η πηκτίνη είναι ευαίσθητη στη θερμοκρασία και καταστρέφεται με γρήγορους ρυθμούς πάνω από τους 60°C .

Η προθέρμανση της τροφοδοσίας από αρχική θερμοκρασία $T_0=20^\circ\text{C}$ σε θερμοκρασία εισαγωγής στον εξατμιστήρα γίνεται σε εναλλάκτη κελύφους και σωλήνων.

Η συμπύκνωση των παραγόμενων ατμών γίνεται σε εναλλάκτη κελύφους και σωλήνων.

Ατμός θέρμανσης είναι διαθέσιμος στους $T_s=120^\circ\text{C}$.

Νερό ψύξης είναι διαθέσιμο στους $T_{w1}=15^\circ\text{C}$

Σταθερός Συνολικός Συντελεστής Μεταφοράς Θερμότητας $U=2\text{kW/m}^2\text{K}$.

Σταθερή Λανθάνουσα Θερμότητα Εξάτμισης Νερού $\Delta H=2000\text{kJ/kg}$.

Ειδική Θερμότητα Νερού $C_p=4.20\text{kJ/kgK}$.

Μοναδιαίο κόστος εξατμιστήρα $C_{1\text{evap}}=5.00\text{k€}/\text{m}^2$

Συντελεστής κλίμακας $n_{\text{evap}}=0.75$

Μοναδιαίο κόστος εναλλάκτη θερμότητας $C_{1\text{exc}}=2.00\text{k€}/\text{m}^2$

Συντελεστής κλίμακας $n_{\text{exc}}=0.67$

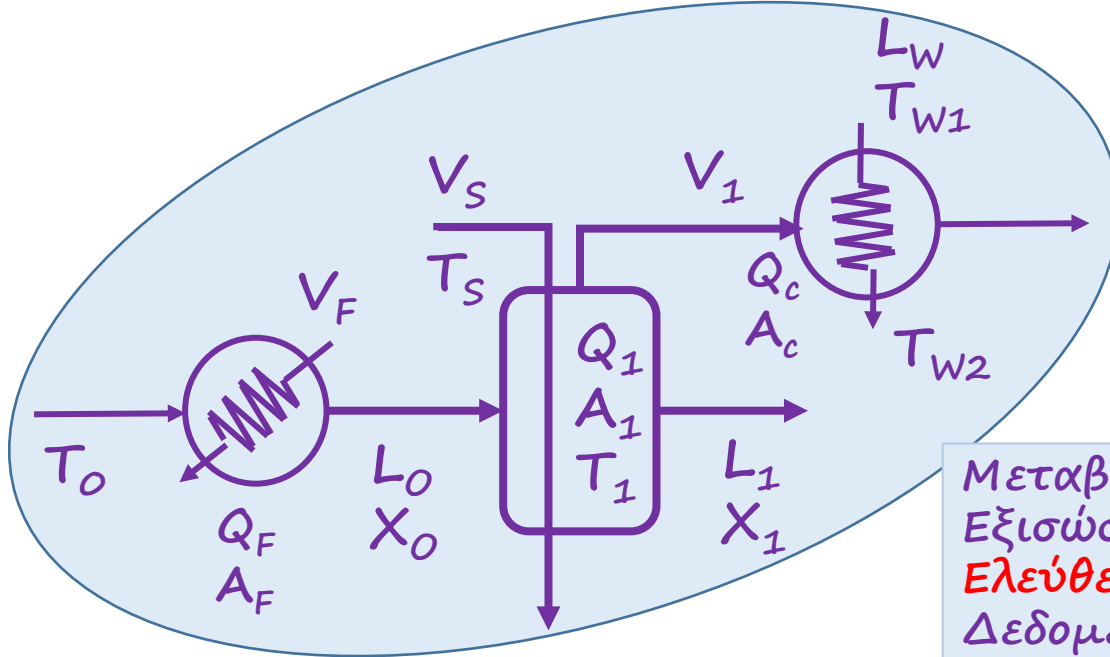
Κόστος ατμού θέρμανσης $C_s=5\text{€}/\text{MWh}$

Κόστος νερού ψύξης $C_w=1\text{€}/\text{MWh}$

Επιβάρυνση της επένδυσης στο ετήσιο κόστος λειτουργίας $e=0.20$

Ετήσιος χρόνος λειτουργίας της εγκατάστασης $t_y=8000\text{h}/\text{y}$

Να εξεταστούν οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας



Μεταβλητές	19
Εξισώσεις	11
Ελεύθερες	7
Δεδομένες	7
Σχεδιασμού	0

$T_0 = 200^\circ\text{C}$
$T_1 = 600^\circ\text{C}$
$L_0 = 5.00 \text{ kg/s}$
$X_0 = 0.005$
$X_1 = 0.050$
$T_S = 120^\circ\text{C}$
$T_{W1} = 15^\circ\text{C}$
$T_{W2} = 45^\circ\text{C}$
$\Delta H = 2000 \text{ kJ/kg}$
$C_p = 4.20 \text{ kJ/kgK}$
$U = 1 \text{ kW/m}^2\text{K}$

- (1) $Q_F = L_0 C_p (T_1 - T_0)$
- (2) $Q_F = V_F \Delta H$
- (3) $Q_F = U(X_0) A_F \Delta T_L (T_S - T_0, T_S - T_1)$
- (4) $L_0 X_0 = L_1 X_1$
- (5) $L_0 = V_1 + L_1$
- (6) $Q_1 = L_0 C_p (T_1 - T_0) + V_1 \Delta H (T_1)$
- (7) $Q_1 = V_S \Delta H (T_S)$
- (8) $Q_1 = A_1 U(X_1) (T_S - T_1)$
- (9) $Q_C = V_1 \Delta H$
- (10) $Q_C = L_W C_p (T_{W2} - T_{W1})$
- (11) $Q_C = U A_C \Delta T_L (T_1 - T_{W1}, T_1 - T_{W2})$

- Q_F
- L_0
- T_1
- T_0
- V_F
- X_0
- A_F
- T_S
- L_1
- X_1
- V_1
- Q_1
- V_S
- A_1
- Q_C
- L_W
- T_{W1}
- T_{W2}
- A_C

- (1) $\rightarrow Q_F = 840 \text{ kW}$
- (2) $\rightarrow V_F = 0.42 \text{ kg/s}$
- (3) $\rightarrow A_F = 10.7 \text{ m}^2$
- (4) $\rightarrow L_1 = 0.50 \text{ kg/s}$
- (5) $\rightarrow V_1 = 4.50 \text{ kg/s}$
- (6) $\rightarrow Q_1 = 9000 \text{ kW}$
- (7) $\rightarrow V_S = 4.50 \text{ kg/s}$
- (8) $\rightarrow A_1 = 150 \text{ m}^2$
- (9) $\rightarrow Q_C = 9000 \text{ kW}$
- (10) $\rightarrow L_W = 71.4 \text{ kg/s}$
- (11) $\rightarrow A_C = 330 \text{ m}^2$

$$C_{1\text{evap}} = 5.00 \text{ k€}/\text{m}^2$$

$$n_{\text{evap}} = 0.75$$

$$C_{1\text{exc}} = 2.00 \text{ k€}/\text{m}^2$$

$$n_{\text{exc}} = 0.67$$

$$C_S = 5 \text{ €}/\text{MWh}$$

$$C_W = 1 \text{ €}/\text{MWh}$$

$$e = 0.20$$

$$t_y = 8000 \text{ h}/\text{y}$$

$$C_{\text{eq}} = C_{1\text{exc}} A_f^{n_{\text{exc}}} + C_{1\text{evap}} A_1^{n_{\text{evap}}} + C_{1\text{exc}} A_c^{n_{\text{exc}}}$$

$$\rightarrow C_{\text{eq}} = 321 \text{ k€}$$

$$C_{\text{op}} = C_S (V_F + V_S) t_y + C_W L_W t_y$$

$$\rightarrow C_{\text{op}} = 466 \text{ k€}/\text{y}$$

$$\text{TAC} = e C_{\text{eq}} + C_{\text{op}}$$

$$\rightarrow \text{TAC} = 559 \text{ k€}/\text{y}$$

Εξοικονόμηση Ενέργειας

1 → Αύξηση Αριθμού Βαθμίδων

Περιορισμένες δυνατότητες, το πολύ μία βαθμίδα ακόμη.
 $T_1 < 60^\circ\text{C}$, $T_2 > 40^\circ\text{C}$...

2 → Στιγμαϊά Εξάτμιση Συμπυκνώματος Ατμού

Ναι...

3 → Προθέρμανση Τροφοδοσίας

Ναι, ανάκτηση μέρους του Q_F ...

4 → Ανασυμπίεση Ατμών

Καλή ιδέα...

θέλει ψάξιμο...

