

5-5 βελίδα 275
παροχή ογκου $\dot{V}_{air} = 30 \text{ L/s}$ (βελ 237 68 m^3/s)

$$\rho_{air} = 1,20 \text{ kg/m}^3 \quad m_{air} = ?$$

Από σχέση 5.7 (βελ 237 Cengel) έχω:

$$\dot{m} = \rho \dot{V} \quad (\text{από } \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V \text{ ή } \dot{m} = \rho \dot{V})$$

$$\text{Άρα } m_{air} = 1,20 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,030 \text{ m}^3/\text{s} = 0,036 \text{ kg/s}$$

Άρα αν υποθέσουμε 24 h λειτουργίας του
συστήματος Δt $24 \times 3600 \text{ s} = 86400 \text{ sec}$

$$\text{έχω: } m = \dot{m} \cdot \Delta t \Rightarrow m = 0,036 \text{ kg/s} \cdot 86400 \text{ sec}$$

$$\Rightarrow m = 3110 \text{ kg.}$$

ο ρυθμός ^{ροής} \dot{m} δίνεται από τον τύπο:

$$\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A_c$$

Επειδή $\rho = \frac{1}{v}$ _{εδυσό ογκος} $\Rightarrow \dot{m} = \frac{1}{v} \cdot v \cdot A_c$

Για \dot{m} έξοδο έχω:

$$\dot{m}_{out} = \frac{1}{v} \cdot v_{out} \cdot A_{out} \quad (1)$$

Δεν γνωρίζω το εδυσό ογκο, ξέρω όμως την καταστατική εξίσωση των αερίων: $P \cdot v = R T$ οπότε $v = \frac{R T}{P}$

Αντικαθιστώντας στο (1) έχω $\dot{m}_{out} = \frac{1}{\frac{R T_{out}}{P_{out}}} \cdot v_{out} \cdot A_{out}$

$$\Rightarrow \dot{m}_{out} = \frac{P_{out}}{R T_{out}} \cdot v_{out} \cdot A_{out}$$

Από τον πίνακα A-1 έχω για το ήλιο

$$R = 2,0769 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \quad \text{ή} \quad \text{kPa} \cdot \text{m}^3 / \text{kg} \cdot \text{K}$$

$$\dot{m}_{out} = \frac{1400 \text{ kPa} \cdot 30 \text{ m/s} \cdot 0,001 \text{ m}^2}{2,0769 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 / \text{kg} \cdot \text{K} (273 + 315 \text{ K})} \Rightarrow$$

$$\dot{m}_{out} = 0,0344 \text{ kg/s}$$

Επειδή σταθερή ροή $\dot{m}_{in} = \dot{m}_{out}$ A_{in}

$$\dot{m}_{in} = \frac{P_{in}}{R T_{in}} \cdot v_{in} \cdot A_{in} \Rightarrow A_{in} = \frac{\dot{m}_{in} \cdot R T_{in}}{P_{in} \cdot v_{in}} \Rightarrow$$

$$A_{im} = \frac{0,0344 \text{ kg/s} \cdot 2,0769 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 / \text{kg} \cdot \text{K} \cdot (273+20 \text{ K})}{100 \text{ kPa} \cdot 15 \text{ m/s}}$$

$$\Rightarrow A_{im} = 0,0140 \text{ m}^2$$

θεωρούμε ότι η εισόδος ψυχρού αέρα στο σπίτι και η εξόδος θερμού αέρα από το σπίτι είναι σταθερά
 θεωρούμε τον αέρα ιδανικό αέριο με σταθερή υψή ειδικής θερμότητας C_p & C_v (υπό σταθερή πίεση, υπό σταθερό όγκο.

~~Εξέρχεται από το σπίτι ενέργεια~~
~~και για την~~
~~μεταφορά ενέργειας μέσω της~~
 (Διαφανεία $\mu = 12$ Τζιότλ)

~~in~~ $E_{in, mass} = \dot{m} \theta_{in}$
 Επειδή $\theta = h + \frac{v^2}{2} + gz$ θα έχω

$E_{in, mass} = \dot{m} h_{in}$ και $E_{out, mass} = \dot{m} h_{out}$

Η απώλεια ενέργειας θα δίνεται από την σχέση
 $\Delta E_{mass} = E_{mass, out} - E_{mass, in} = \dot{m} h_{out} - \dot{m} h_{in}$

$\Rightarrow \Delta E_{mass} = \dot{m} (h_{out} - h_{in})$

Η μεταβολή της ενθαλπίας ανά μονάδα μάζας δύο καταστάσεων με σταθερές ειδικές θερμότητες δίνεται από τον

$h_2 - h_1 = C_p (T_2 - T_1)$ οπότε ΣSFM 4.28

$h_{out} - h_{in} = C_p (T_{out} - T_{in})$ σελ 198 Cengel.

Από τον πίνακα A-2 βρίσκω C_p για τον αέρα

$$C_p = 1.005 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} \quad \text{οτις ε } \dot{E}_{xw}$$

$$h_{out} - h_{in} = 1.005 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (24 - 5) ^\circ\text{C} \Rightarrow$$

$$h_{out} - h_{in} = 19,095 \text{ kJ/kg}$$

Για τον ποσοστό παζας εχω

$$\dot{m} = \rho \dot{V} = \rho \cdot 150 \text{ m}^3/\text{h}$$

αρα ηρενη να προω

το ρ για τον αερα που φαιγα ($T = 24^\circ\text{C}$)
βρισκουα δηο με καταστατικη εξισωση των αεριων

$$P_v = RT \quad \text{το } R \text{ για τον αερα νιθανιας A-1}$$

$$\text{διναι } R = 0,287 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3/\text{kg} \cdot \text{K} \quad \text{οτις ε}$$

$$v = \frac{RT}{P} \quad \left. \vphantom{v = \frac{RT}{P}} \right\} \frac{1}{\rho} = \frac{RT}{P} \Rightarrow$$

$$\text{και } \rho = \frac{1}{v} \Rightarrow v = \frac{1}{\rho}$$

$$\rho = \frac{P}{RT} = \frac{1 \text{ atm}}{0,287 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3/\text{kg} \cdot \text{K} \cdot (273 + 24 \text{ K})}$$

$$= \frac{101,325 \text{ kPa}}{85,239 \text{ m}^3/\text{kg}} = 1,189 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{οτις ε } \Delta E_{\text{mass}} = \dot{m} \cdot (h_{out} - h_{in}) \Rightarrow$$

$$\Delta E_{\text{mass}} = 1,189 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 150 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 19,095 \text{ kJ/kg}$$

$$= 1,189 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{150 \cdot \cancel{\text{m}^3}}{3600 \text{ s}} \cdot 19,095 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 0,945 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

$$= 0,945 \text{ kW}$$

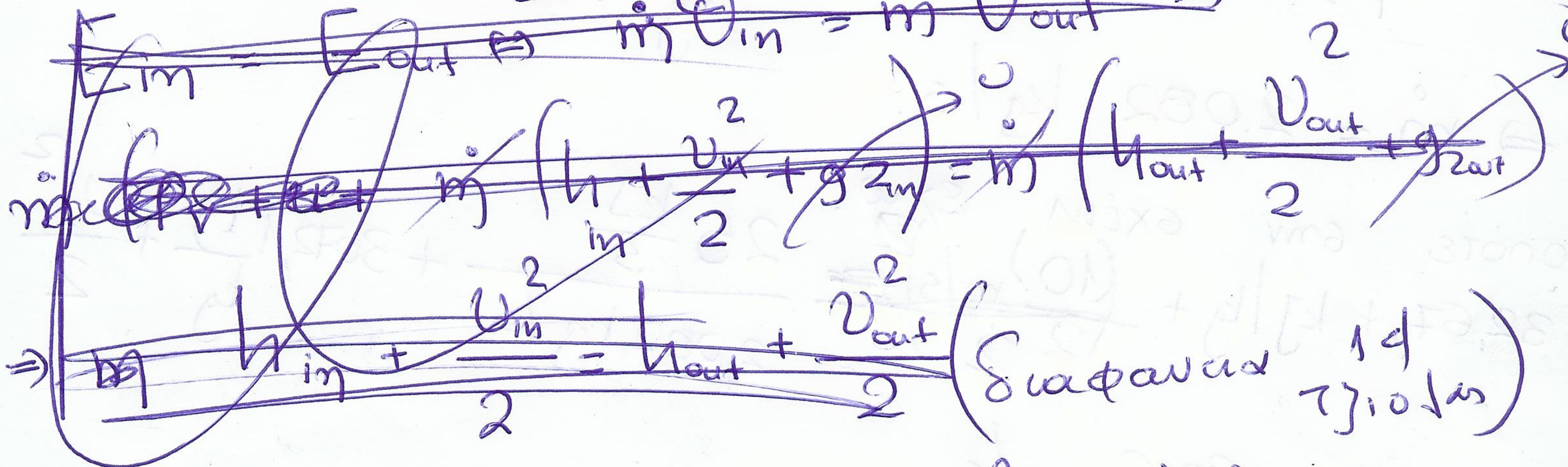
Είναι μια διαδικασία σταθεροποιημένης ροής. Η δυναμική ενέργεια είναι φθίνουσα. Δεν υπάρχουν αλληλεπιδράσεις έργου.

Παρατηρούμε ότι υπάρχει ένα μόνο σημείο εισόδου και ένα σημείο εξόδου οπότε $\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}$

Αν πάρουμε τον υδραυλικό ~~αξονα~~ σαν ένα σύστημα ~~με~~ ελεγχόμενου όγκου έχω για το ενεργειακό 160-

Σύμφωνα $\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = \frac{dE_{system}}{dt} = 0 \Rightarrow$

$\dot{E}_{in} = \dot{E}_{out} \Rightarrow \dot{m} \theta_{in} = \dot{m} \theta_{out} \Rightarrow$



Εξίσωση 5.36 σελ 247 Cengel έχω!

$$\dot{Q}_{in} + \dot{W}_{in} + \sum_{in} \dot{m} (h + \frac{v^2}{2} + gz) = \dot{Q}_{out} + \dot{W}_{out} + \sum_{out} \dot{m} (h + \frac{v^2}{2} + gz)$$

για κάθε σημείο εισόδου για κάθε σημείο εξόδου

1 όγκος εισόδου $\dot{m} (h_1 + \frac{v_1^2}{2}) = \dot{Q}_{out} + \dot{m} (h_2 + \frac{v_2^2}{2})$

1 όγκος εξόδου $\Rightarrow h_1 + \frac{v_1^2}{2} = \frac{\dot{Q}_{out}}{\dot{m}} + h_2 + \frac{v_2^2}{2}$ (1)

Από πίνακα A-6 έχω:

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 800 \text{ kPa} \\ T_1 = 400^\circ \text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} v_1 = 0,38429 \text{ m}^3/\text{kg} \\ h_1 = 3267,7 \text{ kJ/kg} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 200 \text{ kPa} \\ T_2 = 300^\circ \text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} v_2 = 1,31623 \text{ m}^3/\text{kg} \\ h_2 = 3072,1 \text{ kJ/kg} \end{array}$$

Για να βρω την ποσότητα ή ζεστασιά που διαρρέει
εξόδου έχω: $\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A_c \Rightarrow$

$$\dot{m} = \frac{1}{v_1} v_1 \cdot A_{c1} = \frac{1}{0,38429 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} \cdot 10 \text{ m/s} \cdot 0,08 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow \dot{m} = 2,082 \text{ kg/s}$$

οπότε έχω έχω έχω:

$$3267,1 \text{ kJ/kg} + \frac{(10 \text{ m/s})^2}{2} = \frac{25 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}{2,082 \text{ kg/s}} + 3072,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + \frac{v_2^2}{2}$$

$$\Rightarrow v_2 = 606 \text{ m/s}$$

Για την παροχή ογκού στην έξοδο θα δίνω
(από τον ορισμό του ειδικού ογκού $v = \frac{V}{m}$)

$$\dot{V}_2 = \dot{m} \cdot v_2$$

$$\dot{V}_2 = 2,082 \text{ kg/s} \cdot 1,31623 \text{ m}^3/\text{kg} \Rightarrow$$

$$\dot{V}_2 = 2,74 \text{ m}^3/\text{s}$$

Είναι διαδικασία σταθερού ροής. Η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας είναι μηδενική. Το σύστημα είναι αδιόρατο άρα δω η μεταβολή θερμότητας

(α) Η ~~μεταβολή~~ των κινητικής ενέργεια είναι:

$$\Delta ke = \frac{v_2^2}{2} - \frac{v_1^2}{2} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} \text{ με διπλασιασμού}$$

έχω:
$$\Delta ke = \frac{(50 \text{ m/s})^2 - (80 \text{ m/s})^2}{2} = \frac{2500 - 6400}{2} = \frac{-3900}{2} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$= -1950 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \cdot \frac{1 \text{ kJ/kg}}{1000 \text{ m}^2/\text{s}^2} = -1,95 \text{ kJ/kg}$$

(β) Έχουμε μια είσοδο και μια έξοδο και μηδενική δια-
 διαδικασία σταθερού ροής $\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}$

Από το ενεργειακό λογισμό έχω [έχεται από δια-
 φανία 14 Τζιόλας]

$$\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = \Delta E_{\text{sys}} / dt \Rightarrow$$

$$\dot{E}_{in} = \dot{E}_{out} \Rightarrow \dot{Q}_{in} + \dot{W}_{in} + \dot{m}_1 \left(h_{in} + \frac{v_m^2}{2} + gz_m \right) =$$

$$= \dot{Q}_{out} + \dot{W}_{out} + \dot{m}_2 \left(h_{out} + \frac{v_{out}^2}{2} + gz_{out} \right) \Rightarrow$$

$$\dot{m} \left(h_1 + \frac{v_1^2}{2} \right) = \dot{W}_{out} + \dot{m} \left(h_2 + \frac{v_2^2}{2} \right) \quad (1)$$

Αν βρω τα h_1 και h_2 υπολογίζω το \dot{W}_{out}
 Κατάσταση 1 (in) $P_1 = 4 \text{ MPa}$ } $v_1 = 0,086442 \text{ m}^3/\text{kg}$
 $T_1 = 500^\circ \text{C}$ } $h_1 = 3446,0 \text{ kJ/kg}$

πίνακας

A-6



αααααα 2 out

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 30 \text{ kPa} \\ x = 0,92 \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_f = 289,27 \text{ kJ/kg} \\ h_g = 2624,6 \text{ kJ/kg} \end{array} \quad h_{fg} = 2335,3$$

$$\dot{E}_{xw} \quad h_2 = h_f + x h_{fg} \Rightarrow h_2 = 289,27 + 0,92 \cdot 2335,3$$
$$\text{kJ/kg} \Rightarrow h_2 = 2437,7 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Αρα } \textcircled{1} \text{ exw} \quad \dot{W}_{out} = \dot{m} h_1 + \dot{m} \frac{v_1^2}{2} - \dot{m} h_2 - \dot{m} \frac{v_2^2}{2}$$
$$= \dot{m} (h_1 - h_2) + \dot{m} \left(\frac{v_1^2}{2} - \frac{v_2^2}{2} \right) = \dot{m} \left[(h_1 - h_2) + \left(\frac{v_1^2}{2} - \frac{v_2^2}{2} \right) \right]$$
$$\Rightarrow \dot{W}_{out} = - \dot{m} \left[(h_2 - h_1) + \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2} \right] \Rightarrow$$

$$\dot{W}_{out} = -12 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot \left[(2437,7 - 3446,0 - 1,95) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{W}_{out} = 12123 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 12123 \text{ kW} = 12,123 \text{ MW}$$

(δ) Για να διασφαλίσει αερόδου exw

$$\dot{m} = \rho \cdot v_1 \cdot A_c \Leftrightarrow \dot{m} = \frac{1}{v_1} \cdot v_1 \cdot A_c \Leftrightarrow$$

$$A_c = \frac{\dot{m} \cdot v_1}{v_1} = \frac{(12 \text{ kg/s}) \cdot 0,086442 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}}{80 \text{ m/s}} \Rightarrow$$

$$A_c = 0,0130 \text{ m}^2$$

Αν θεωρήσουμε το σωλήνα που περνά το νερό σταθεροποιώντας τον να είναι σύστημα έχουμε για το

λογικό ενεργειακό

$$\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = \Delta E_{system} / \Delta t \Rightarrow$$

$$\dot{E}_{in} = \dot{E}_{out} \text{ επειδή έχουμε ένα σύστημα σφιδου και ένα σημείο εισόδου έχω από την σχέση 5.36}$$

και ένα σημείο εισόδου έχω από την σχέση 5.36
 βελ 247 Cengel (ή διαφανία 14 Τζιόλιν)

$$\dot{Q}_{in} + \dot{W}_{in} + \dot{m} \left(h_1 + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 \right) = \dot{Q}_{out} + \dot{W}_{out} + \dot{m} \left(h_2 + \frac{v_2^2}{2} + gz_2 \right)$$

$$\Rightarrow \dot{m} h_1 = \dot{Q}_{out} + \dot{m} h_2 \Rightarrow$$

$$\dot{Q}_{out} = \dot{m} h_1 - \dot{m} h_2 \Rightarrow \dot{Q}_{out} = \dot{m} (h_1 - h_2) \quad (1)$$

όπως βελ 198 Cengel) οπότε η (1) γίνεται

$$\dot{Q}_{out} = \dot{m} \cdot C_p (T_1 - T_2)$$

οπότε ο αριθμός των μεταφορών θερμότητας για το

παραέλαο είναι

$$Q = \left[\dot{m} C_p (T_1 - T_2) \right]_{net} = 2 \text{ kg/s} \cdot 2,20 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (150 - 40^\circ\text{C})$$

$$\Rightarrow Q_{net, out} = 484 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \text{ ή } 484 \text{ kW}$$

Η ενέργεια που χάνεται από το πετρέλαιο μεταφέρεται έτσι στο νερό. Αν θεωρήσουμε σαν συστήματα δοχείο του νερού και εφαρμοσθείς ενέργειες

έχω:

$$\dot{Q}_{in} + \dot{W}_{in} + \dot{m} \left(h_1 + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 \right) = \dot{Q}_{out} + \dot{W}_{out} + \dot{m} \left(h_2 + \frac{v_2^2}{2} + gz_2 \right)$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{in} + \dot{m} h_1 = \dot{m} h_2 \Rightarrow \dot{Q}_{in} = \dot{m} (h_2 - h_1)$$

Επειδή $h_2 - h_1 = c_p (T_2 - T_1)$ έχω:

$$\dot{Q}_{in} = \dot{m} c_p (T_2 - T_1)$$

Επειδή $\dot{Q}_{in} = 484 \text{ kW}$

με αντιστάθιση

έχω

$$484 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 1,5 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} (T_2 - 22^\circ\text{C})$$

$$\Rightarrow 484 = 6,27 (T_2 - 22) \Leftrightarrow T_2 - 22 = 77,2 \Leftrightarrow$$

$$T_2 = 99,2^\circ\text{C}$$

Εφαρμόζω το λογαριασμό ενέργειας (σχέση 5.33 βελ 247 Cengel)

$$\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = \Delta \dot{E}_{system} / dt \Rightarrow \dot{E}_{in} = \dot{E}_{out}$$

Επειδή έχουμε ένα σύστημα εισόδου και ένα σύστημα εξόδου

$$\dot{Q}_{in} + \dot{W}_{in} + \dot{m} \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 \right) = \dot{Q}_{out} + \dot{W}_{out} + \dot{m} \left(h_2 + \frac{V_2^2}{2} + gz_2 \right)$$

οπότε $\dot{m} h_1 = \dot{Q}_{out} + \dot{W}_{out} + \dot{m} h_2 \Rightarrow$

$$\dot{Q}_{out} = \dot{m} (h_1 - h_2) - \dot{W}_{out}$$

Αν πρώτα τα h_1 και h_2 βρούμε το \dot{Q}_{out}
 Στην είσοδο (κατάσταση 1) έχω

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 1,6 \text{ MPa} \\ T_1 = 350 \text{ }^\circ\text{C} \end{array} \right\} \text{ Πίνακας A6 } h_1 = 3146,0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Στην έξοδο (κατάσταση 2) έχω

$$\left. \begin{array}{l} T_2 = 30 \text{ }^\circ\text{C} \\ \text{υπερεθμμένος ατμός} \end{array} \right\} \text{ Από τον πίνακα A4 } h_2 = 2555,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

για $T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$
 $x = 1$

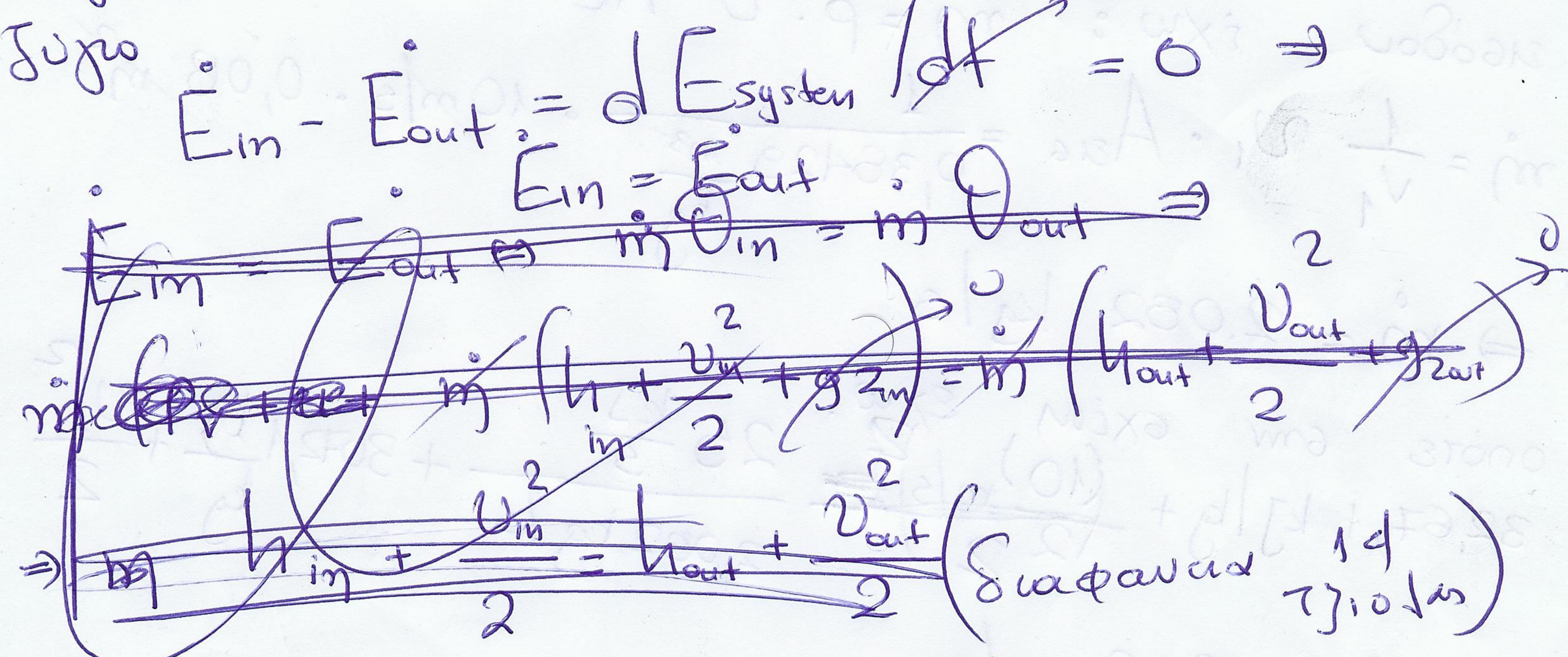
οπότε: $\dot{Q}_{out} = 22 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot \left(3164,0 - 2555,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = 12350 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$

$\Rightarrow \dot{Q}_{out} = 12350,8 - 12350 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 638,8 \text{ kW}$

Είναι μια διαδικασία σταθεροποιημένης ροής. Η δυναμική ενέργεια είναι φηδω. Δεν υπάρχουν αλληλεπιδράσεις έργου.

Παρατηρούμε ότι υπάρχει ένα μόνο σημείο εισόδου και ένα σημείο εξόδου οπότε $\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}$

Αν πάρουμε τον υδραυλικό σαν ένα σύστημα ~~π~~ ελεγχόμενου όγκου έχω για το ενεργειακό 160-



Εξίσωση 5.36 σελ 247 Cengel έχω!

$$\dot{Q}_{in} + \dot{W}_{in} + \sum_{in} \dot{m} \left(h + \frac{v^2}{2} + g z \right) = \dot{Q}_{out} + \dot{W}_{out} + \sum_{out} \dot{m} \left(h + \frac{v^2}{2} + g z \right)$$

για κάθε σημείο εισόδου για κάθε σημείο εξόδου

1 σημείο εισόδου \Rightarrow 1 σημείο εξόδου

$$\dot{m} \left(h_1 + \frac{v_1^2}{2} \right) = \dot{Q}_{out} + \dot{m} \left(h_2 + \frac{v_2^2}{2} \right)$$

$$\Rightarrow h_1 + \frac{v_1^2}{2} = \frac{\dot{Q}_{out}}{\dot{m}} + h_2 + \frac{v_2^2}{2} \quad (1)$$

Από πίνακα A-6 έχω:

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 800 \text{ kPa} \\ T_1 = 400^\circ \text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} v_1 = 0,38429 \text{ m}^3/\text{kg} \\ h_1 = 3267,7 \text{ kJ/kg} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 200 \text{ kPa} \\ T_2 = 300^\circ \text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} v_2 = 1,31623 \text{ m}^3/\text{kg} \\ h_2 = 3072,1 \text{ kJ/kg} \end{array}$$

Για να βρω με ποιά ροή η ζέση με διαρροή
εξόδου έχω: $\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A_c \Rightarrow$

$$\dot{m} = \frac{1}{v_1} v_1 \cdot A_{εξ} = \frac{1}{0,38429 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} \cdot 10 \text{ m/s} \cdot 0,08 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow \dot{m} = 2,082 \text{ kg/s}$$

οπότε έχω έχω έχω:

$$3267,1 \text{ kJ/kg} + \frac{(10 \text{ m/s})^2}{2} = \frac{25 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}{2,082 \text{ kg/s}} + 3072,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + \frac{v_2^2}{2}$$

$$\Rightarrow v_2 = 606 \text{ m/s}$$

Για με παροχή ογκού στην έξοδο να δίνεται
(από τον ορισμό του ειδικού ογκού $v = \frac{V}{m}$)

$$\dot{V}_2 = \dot{m} \cdot v_2$$

$$\dot{V}_2 = 2,082 \text{ kg/s} \cdot 1,31623 \text{ m}^3/\text{kg} \Rightarrow$$

$$\dot{V}_2 = 2,74 \text{ m}^3/\text{s}$$