



**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**Σχεδιασμός και Λειτουργία Συστημάτων ΑΠΕ**

**Δρ. Τριανταφυλλιά Νικολάου**

**ΕΝΟΤΗΤΑ 08:  
Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα**

**ΑΣΚΗΣΗ 1**

Μικρό ΥΗΕ έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Παροχή  $Q = 0.65 m^3 / s$
- Υδραυλική πτώση:  $h = 220 m$  ΣΥ
- Διάμετρος αγωγού:  $D = 0,7 m$
- Ολικό μήκος αγωγού προσαγωγής:  $L = 1500 m$
- Συντελεστής γραμμικών απωλειών αγωγού:  $f = 0,012$
- Ολικός βαθμός απόδοσης ΜΥΗΕ:  $\eta = 0.9$
- Ειδικό βάρος νερού  $\gamma = 1000 kp / m^3$

**Να βρεθούν:**

- α) Η υδραυλική ισχύς του ΜΥΗΕ.
- β) Η διαθέσιμη υδραυλική ισχύς στον υδροστρόβιλο.
- γ) Η καθαρή μηχανική ισχύς του υδροστροβίλου.
- δ) Η κινητική ενέργεια του νερού στην διατομή εξόδου του υδροστροβίλου.
- ε) Να επιλεγεί ο κατάλληλος τύπος υδροστροβίλου.

**ΛΥΣΗ:**

α) Θεωρητική υδραυλική ισχύς:  $N_h = \gamma \cdot h \cdot Q$   
 $N \text{ [σε kW]} = \frac{\gamma \cdot h \cdot Q}{102} = \frac{1000 \cdot 220 \cdot 0.65}{102} = 1430 \text{ kW}$

β) Η διαθέσιμη υδραυλική ισχύς στον υδροστρόβιλο  $N_H$ :

$$H = h - \delta h f$$

$$\delta h_{fEe} = f \frac{L}{D} \frac{c^2}{2g}$$

$$c = \frac{Q}{\pi D^2 / 4}$$

$$c = \frac{0.65 \left(\frac{m^3}{s}\right)}{3,14 \cdot 0,7^2 (m^2) / 4} = 1,69 \text{ m/s}$$

$$dhf = 0.012 \cdot \frac{1500 (m)}{0,7 (m)} \cdot \frac{1,69^2 \left(\frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot 10 \left(\frac{m}{s^2}\right)} = 3,67 \text{ m}$$

$$H = 220 - 3,67 = 216,33 \text{ m}$$

$$N_H [kW] = \frac{\gamma \cdot H \cdot Q}{102} = \frac{1000 \cdot 216,33 \cdot 0,65}{102} = 1380 \text{ kW}$$

γ)  $N_e = 1,38 \cdot 0,9 = 1240 \text{ kW}$

δ)  $N_{\text{νερού}} = N_H - N_e = 1,38 - 1,24 = 0,14 \text{ MW}$ .

## ΑΣΚΗΣΗ 2

Έστω ότι εξετάζεται η κατασκευή μικρού ΥΗΕ σε υδατόρευμα του οποίου η καμπύλη διάρκειας της παροχής φαίνεται στον Πίνακα 1. Η υδραυλική πτώση είναι  $h=9.87\text{m}$  και θεωρείται σταθερή κατά τη διάρκεια του έτους. Οι υδραυλικές απώλειες του συστήματος προσαγωγής νερού είναι  $\delta h_f = k_e Q^2$ , όπου  $k_e = 0.2 \cdot 10^{-3}$ . Επίσης θεωρούμε ότι η μέγιστη παροχή είναι  $Q_{\max} = 132 \text{ m}^3/\text{s}$  και η ελάχιστη  $Q_{\min} = 64 \text{ m}^3/\text{s}$ . Η μέση ταχύτητα της ροής είναι  $c=4\text{m/s}$ , ενώ ο βαθμός απόδοσης είναι σταθερός (σε κάθε σημείο λειτουργίας του υδροστροβίλου και της γεννήτριας) και ίσος με  $\eta = 0.87$ . Να υπολογίσετε την παραγόμενη ενέργεια ετησίως. Να θεωρήσετε  $\gamma = 981.15 \text{ kp/m}^3$ .

Ποσοστό του χρόνου ε%	Παροχή $Q_a (m^3 / s)$
0	340.5
10	180.2
20	132.0
30	110.0
40	96.5
50	88.0
60	79.5
70	75.0
80	72.45
90	64.0
100	43.0

#### **ΛΥΣΗ:**

**Η υδραυλική πτώση  $h$  είναι ίση προς:  $h=9,87$  m και θεωρείται σταθερή κατά την διάρκεια του έτους.**

**Οι υδραυλικές απώλειες του συστήματος προσαγωγής του νερού  $dh_{fEe}$  (σε mΣY) εκφράζονται ως  $dh_{fEe}=k_e Q^2$ , στην οποία με  $Q$  (σε  $m^3/sec$ ) συμβολίζεται η παροχή που προσάγεται στον υδροστρόβιλο, ενώ η τιμή του συντελεστού  $k_e$  προκύπτει (από την διαστασιολόγηση και διάταξη του αγωγού προσαγωγής) ίση προς  $k_e=0,2 \cdot 10^{-3}$ .**

Αρα για κάθε τιμή  $Q$  της παροχής προς τον υδροστρόβιλο η διαθέσιμη υδραυλική πτώση  $H$  (σε mΣY) θα εκφράζεται ως:

$$H=h- k_e Q^2=9,87-0,2 \cdot 10^{-3} Q^2.$$

Εάν η μέγιστη  $Q_{max}$  επιλεγεί ίση προς την παροχή  $Q_{a20}$  της παροχής του υδατορεύματος (αυτής δηλαδή η οποία που αντιστοιχεί στο 20% της καμπύλης διάρκειας της παροχής οπότε ίση ή μεγαλύτερή της συμβαίνει επί 20% του έτους), θα είναι:  $Q_{max}=132 m^3/sec$ .

Επίσης θεωρείται ότι η ελάχιστη παροχή λειτουργίας  $Q_{min}$  του υδροστροβίλου είναι ίση προς:  $Q_{min}=64 m^3/sec$ , δηλ. είναι ίση προς  $Q_{a90}$ .

Αναμένεται λοιπόν ότι ο υδροστρόβιλος θα λειτουργεί επί το 90% του έτους. Για παροχές του υδατορεύματος  $Q_a > Q_{max}$  ο υδροστρόβιλος θα λειτουργεί με την μέγιστη παροχή  $Q_{max}$  και η διαφορά ( $Q_a - Q_{max}$ ), ελλείψει ανάντι ταμειυτήρα, θα υπερχειλίζει και θα διαφεύγει αναξιοποίητη.

Όταν  $Q_a < Q_{min}$  ο υδροστρόβιλος θα είναι εκτός λειτουργίας και η παροχή  $Q_a$  του υδατορεύματος θα υπερχειλίζει και θα διαφεύγει αναξιοποίητη. Στην στήλη 3 του πίνακα δίνεται η παροχή του υδροστροβίλου, ενώ στην στήλη 4 αναγράφεται η τιμή της διαθέσιμης υδραυλικής πτώσης που αντιστοιχεί.

Με σκοπό την απλοποίηση των υπολογισμών θεωρείται ότι ο βαθμός απόδοσης είναι σταθερός (σε κάθε σημείο λειτουργίας του υδροστροβίλου και της γεννήτριας) και ίσος προς  $\eta=0,87$ . Σε κάθε τιμή της

παροχής, από την εφαρμογή των εξ. (3.11) και (3.12), αντιστοιχεί μία τιμή της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος  $N_e$  και η οποία αναγράφεται στην στήλη 5 του πίνακα 3.2. Στο σχήμα 3.6α δίνεται η καμπύλη διάρκειας της παροχής και στο σχήμα 3.6β η αντίστοιχη καμπύλη διάρκειας της ισχύος, όπως έχουν χαραχθεί με βάση τις τιμές του πίνακα 3.2

Η ηλεκτρική ενέργεια  $E$  που παράγεται σε κάθε ποσοστό του χρόνου θα είναι ίση προς την μέση ισχύ  $N$  επί το αντίστοιχο χρονικό διάστημα, εκφρασμένο σε ώρες. Για ετήσια καμπύλη διάρκειας παροχής το πλήθος των ωρών που αντιστοιχεί στο 100% της κλίμακας του χρόνου είναι ίσο προς  $24 \cdot 365 = 8.760$  ώρες. Θα είναι δηλ.

$$E(KWh) = \frac{N_i + N_{i+1}}{2} \cdot \frac{\varepsilon_{i+1} - \varepsilon_i}{100} \cdot 8.760 \quad (3.13)$$

Υπολογισμός παραγόμενης ενέργειας μικρού ΥΗΕ με βάση την καμπύλη διάρκειας της παροχής

Ποσοστό χρόνου $\varepsilon$ %	Παροχή $Q_a$ (m <sup>3</sup> /sec)	Παροχή υδρ/λου $Q$ (m <sup>3</sup> /sec)	Διαθέσιμη υδραυλική πτώση $H$ (mΣΥ)	Παραγόμενη ηλεκ. ισχύς $N_e$ (KW)	Παραγόμενη ενέργεια $E$ (MWh)
0	340,5	132,0	6,38	7188,7	
					6297,3
10	180,2	132,0	6,38	7188,7	
					6297,3
20	132,0	132,0	6,38	7188,7	
					6210,2
30	110,0	110,0	7,45	6989,8	
					5949,2
40	96,5	96,5	8,01	6592,9	
					5622,9
50	88,0	88,0	8,32	6244,9	
					5292,4
60	79,5	79,5	8,61	5838,3	
					5007,4
70	75,0	75,0	8,74	5594,2	
					4837,5
80	72,45	72,45	8,82	5450,3	
					4551,0
90	64,0	64,0	9,05	4940,2	
					2163,8
100	43,0	0,0	9,87	0,0	

**ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΤΗΣΙΩΣ 49.129,0 (MWh)**

NET HEAD (m)

