

Βελτιστοποίηση συστήματος καταθλιπτικού αγωγού – αντλιοστασίου

Δεδομένα προβλήματος:

- υψομετρική διαφορά αντλιοστασίου-ενεργειακού υψομέτρου κατάντη, Δz
- μήκος καταθλιπτικού αγωγού, L
- ετήσιες υδατικές ανάγκες περιοχής μελέτης, V_a
- μέγιστη ημερήσια παροχή περιοχής μελέτης, Q_H

Παραδοχές:

- ισοδύναμη τραχύτητα αγωγού, ε (για μελέτες υδρευτικών έργων γενικά λαμβάνεται $\varepsilon = 1 \text{ mm}$)
- παράλληλη διάταξη N όμοιων αντλιών (επιλέγεται διάταξη εν σειρά μόνο για πολύ μεγάλα μανομετρικά ύψη)
- ώρες άντλησης, T_A (η άντληση γίνεται για διάστημα 16-20 ώρες)

Επιπλέον παραδοχές τεχνικο-οικονομικών μεγεθών:

- χρόνος οικονομικής ζωής καταθλιπτικού αγωγού, n_1 (40-50 έτη)
- χρόνος οικονομικής ζωής Η/Μ εξοπλισμού (αντλίες), n_2 (20-25 έτη)
- επιτόκιο αναγωγής, i (λαμβάνεται 4-6%)

Αρχικές εκτιμήσεις (σταθερά μεγέθη):

- παροχή σχεδιασμού συστήματος, $Q_K = Q_H \cdot 24 / T_A$
- παροχή κάθε μεμονωμένης αντλίας, $Q = Q_K / N$ (ενώ $Q = Q_K$ για αντλίες εν σειρά)
- βαθμός απόδοσης αντλιών:

$$n = n_{\infty} - \frac{1}{\sqrt[3]{1/n_{\infty}^3 + Q/\lambda}} \quad \text{όπου } n_{\infty} = 0.95 \text{ και } \lambda = 0.14 \text{ L/s}$$

Επαναληπτική διαδικασία (βελτιστοποίηση ως προς τη διάμετρο):

Για δεδομένη διάμετρο του καταθλιπτικού αγωγού, D , εκτιμώνται τα ακόλουθα υδραυλικά και ενεργειακά μεγέθη:

- η κλίση της γραμμής ενέργειας, $J = f(D, Q_K, \varepsilon)$
- το μανομετρικό ύψος, $H_{\mu} = \Delta z + J L$
- η ονομαστική ισχύς αντλιοστασίου, δηλαδή η συνολική απαιτούμενη ισχύς των αντλιών την ημέρα αιχμής, $P = \gamma Q_K H_{\mu} / \eta$ (ισχύς κάθε αντλίας = P/N)
- η εγκατεστημένη ισχύς του αντλιοστασίου, θεωρώντας μία εφεδρική αντλία ίσης ισχύος με τις αντλίες εν λειτουργία, $P_{\text{εγκ}} = (N + 1) (P/N)$
- η ετήσια κατανάλωση ενέργειας, από την (προσεγγιστική) σχέση: $E = \gamma V_a H_{\mu} / \eta$

Υπολογίζονται οι ακόλουθες συνιστώσες κόστους:

- κόστος προμήθειας και εγκατάστασης καταθλιπτικού αγωγού, $K_1 = K_1(D)$
- κόστος προμήθειας και εγκατάστασης αντλητικού συγκροτήματος, $K_2 = K_2(P)$

- ενδιάμεσο κόστος αντικατάστασης αντλιών μετά από n_2 έτη, που μετατρέπεται σε πάγια δαπάνη στην αρχή της οικονομικής ζωής των έργων, σύμφωνα με τη σχέση:

$$K_2' = K_2 / (1 + i)^{n_2}$$

- ετήσιο κόστος ενέργειας (κόστος ηλεκτρικού ρεύματος), $K_3 = K_3(E)$

Τα κόστη K_1 , K_2 , K_2' και K_3 , δεν είναι συγκρίσιμα – πρέπει να γίνει αναγωγή τους στην ίδια χρονική βάση (ετήσια), ως εξής:

- Το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης του καταθλιπτικού αγωγού ανάγεται σε ισόποσες ετήσιες δόσεις, για χρονικό ορίζοντα n_1 έτη, οπότε προκύπτει ετήσια απόσβεση ίση με:

$$A_1 = K_1 \frac{i (1 + i)^{n_1}}{(1 + i)^{n_1} - 1}$$

- Το κόστος προμήθειας, εγκατάστασης και αντικατάστασης των αντλιών ανάγεται σε ισόποσες ετήσιες δόσεις, για χρονικό ορίζοντα n_2 έτη, οπότε προκύπτει ετήσια απόσβεση ίση με:

$$A_2 = (K_2 + K_2') \frac{i (1 + i)^{n_2}}{(1 + i)^{n_2} - 1}$$

- Το κόστος ενέργειας, K_3 , αναφέρεται στην ετήσια κλίμακα, οπότε δεν απαιτείται αναγωγή του (γίνεται η παραδοχή σταθερής ετήσιας δαπάνης ηλεκτρικού ρεύματος για όλο το διάστημα οικονομικής ζωής του συστήματος).

Το συνολικό κόστος είναι το άθροισμα των τριών παραπάνω συνιστωσών, δηλαδή:

$$K(D) = A_1 + A_2 + K_3$$

Παρατηρήσεις:

- Στους υδραυλικούς υπολογισμούς εφαρμόζεται πάντοτε η εσωτερική διάμετρος, η οποία αναφέρεται σε δεδομένο υλικό του καταθλιπτικού αγωγού.
- Η σχέση $K(D)$ είναι μη γραμμική, αλλά κυρτή (έχει μοναδικό ολικό ελάχιστο).
- Επειδή οι τιμές των διαμέτρων λαμβάνονται από ένα διακριτό σύνολο (διάθέσιμες διάμετροι εμπορίου), η σχέση είναι (στην πραγματικότητα) μη συνεχής.
- Ως αρχική λύση μπορεί να εξεταστεί μια διάμετρος τέτοια ώστε να δίνει εύλογη ταχύτητα ροής ή, ισοδύναμα, εύλογη κλίση της γραμμής ενέργειας.
- Η διαδικασία εφαρμόζεται μόνο σε επίπεδο προκαταρκτικής μελέτης, προκειμένου να προσδιοριστεί η διάμετρος του καταθλιπτικού αγωγού (έργο Π/Μ). Τα ακριβή χαρακτηριστικά των αντλιών (καμπύλες λειτουργίας, βαθμός απόδοσης, κτλ.) θα προσδιοριστούν στην σχετική Η/Μ μελέτη.