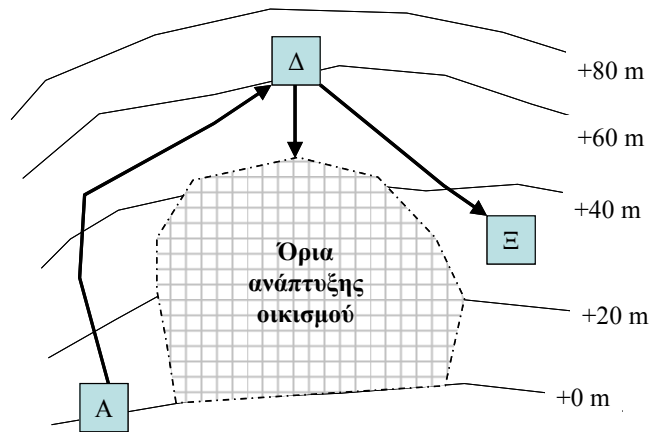


Στην οριζοντιογραφία απεικονίζεται νησιωτικός οικισμός που υδροδοτείται από τη μονάδα αφαλάτωσης Α, δυνατότητας ημερήσιας παραγωγής 2600 m^3 νερού. Το επεξεργασμένο νερό μεταφέρεται από τη μονάδα Α στη δεξαμενή Δ, μέσω συστήματος αντλιοστασίου και καταθλιπτικού αγωγού. Το αντλιοστάσιο λειτουργεί 18 ώρες ημερησίως και αποτελείται από τέσσερις όμοιες παράλληλες αντλίες (3 κύριες και μία εφεδρική), συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 64 kW και βαθμού απόδοσης 73% . Ο καταθλιπτικός αγωγός ΑΔ, μήκους 3000 m , είναι από PVC 12.5 atm και έχει διάμετρο 250 mm . Η δεξαμενή έχει εύρος στάθμης από $+60.0$ ως $+63.0 \text{ m}$. Το δίκτυο διανομής του οικισμού εξυπηρετεί οικιακές και μικρής κλίμακας τουριστικές χρήσεις, η μέση ημερήσια κατανάλωση των οποίων εκτιμάται σε 7.0 και 12.5 L/s , αντίστοιχα. Εξετάζεται η κατασκευή μεγάλης ξενοδοχειακής μονάδας Ξ, σε έκταση με μέγιστο υψόμετρο $+35.0 \text{ m}$, η οποία θα υδροδοτείται απευθείας από τη δεξαμενή, μέσω του αγωγού ΔΞ, μήκους 1500 m . Οι υδρευτικές ανάγκες του ξενοδοχείου την ημέρα αιχμής εκτιμώνται σε 400 m^3 , ενώ οι απαιτήσεις του για πυρόσβεση ανέρχονται σε 5.0 L/s . Αν, μετά την προσθήκη της μονάδας Ξ, οι λοιπές χρήσεις νερού στον οικισμό παραμένουν σταθερές:



(α) Ελέγξτε την επάρκεια της μονάδας αφαλάτωσης και εκτιμήστε την παροχή σχεδιασμού του αγωγού ΑΔ.

(β) Ελέγξτε την επάρκεια του συστήματος αντλιοστάσιο-καταθλιπτικός αγωγός.

(γ) Εξετάστε αν απαιτείται χωρισμός του δικτύου διανομής σε πιεζομετρικές ζώνες και εκτιμήστε (χωρίς υδραυλικούς υπολογισμούς) τον αριθμό των ορόφων που μπορεί να εξυπηρετηθεί στα υψηλότερα τμήματα του οικισμού, αν το μήκος του αγωγού που συνδέει τη δεξαμενή με το δίκτυο είναι 300 m .

(δ) Διαστασιολογήστε τον αγωγό ΔΞ, ώστε να εξασφαλίζεται ύψος πίεσης 20 m στη μονάδα Ξ.

Ερώτημα (α)

Εκτιμώνται οι μελλοντικές υδατικές ανάγκες την ημέρα αιχμής, που περιλαμβάνουν τις δύο χρήσεις νερού στον οικισμό (οικιακή, μικρής κλίμακας τουριστική), καθώς και τις ανάγκες της ξενοδοχειακής μονάδας. Θεωρώντας συντελεστές ημερήσιας αιχμής $\lambda_H = 1.5$ για την οικιακή χρήση και $\lambda_H = 1.1$ για την τουριστική, και συνυπολογίζοντας τις ημερήσιες ανάγκες της ξενοδοχειακής μονάδας, εκτιμάται η συνολική μέγιστη ημερήσια παροχή του συστήματος ως εξής:

$$Q_H = Q_H^{\text{οικ}} + Q_H^{\text{τουρ}} + Q_H^{\text{ξεν}} = 1.5 \times 7.0 + 1.1 \times 12.5 + 400 / 86.4 = 10.5 + 13.8 + 4.6 = 28.9 \text{ L/s}$$

Ο αντίστοιχος μέγιστος ημερήσιος όγκος νερού ανέρχεται σε $28.9 \times 86.4 = 2495 \text{ m}^3$, ποσότητα η οποία μπορεί να καλυφθεί από τη δυναμικότητα της υφιστάμενης μονάδας αφαλάτωσης των 2600 m^3 .

Η παροχή σχεδιασμού του καταθλιπτικού αγωγού ΑΔ, δεδομένου ότι το αντλιοστάσιο λειτουργεί 18 ώρες ημερησίως, ισούται με:

$$Q_{\text{ΑΔ}} = 28.9 \times 24 / 18 = 38.5 \text{ L/s}$$

Ερώτημα (β)

Με βάση την απαιτούμενη παροχή του καταθλιπτικού αγωγού, εκτιμούμε τις αντίστοιχες ενεργειακές απώλειες και το μανομετρικό ύψος του αντλιοστασίου. Ακολουθώντας, υπολογίζουμε την απαιτούμενη εγκαταστημένη ισχύ του συστήματος, την οποία συγκρίνουμε με την υφιστάμενη.

Από τη γενικευμένη σχέση Manning, για παροχή $Q = 0.0385 \text{ m}^3/\text{s}$, εσωτερική διάμετρο $D = 0.2206 \text{ m}$ και ισοδύναμη τραχύτητα $\varepsilon = 1.0 \text{ mm}$, εκτιμάται κλίση ενέργειας ίση με $J = 0.0070$. Συνεπώς, οι ενεργειακές απώλειες στον καταθλιπτικό αγωγό ανέρχονται σε:

$$h_{\text{fΑΔ}} = 0.0070 \times 3000 = 20.9 \text{ m}$$

Το μέγιστο απαιτούμενο μανομετρικό ύψος ισούται με τη μέγιστη δυνατή υψομετρική διαφορά μεταξύ του υψομέτρου του αντλιοστασίου (+ 0 m) και της στάθμης της δεξαμενής (+ 63.0 m), συν τις ενεργειακές απώλειες στον καταθλιπτικό αγωγό, δηλαδή:

$$H_{\mu} = \Delta z_{\text{ΑΔ}} + h_{\text{fΑΔ}} = (63.0 - 0.0) + 20.9 = 83.9 \text{ m}$$

Το εν λόγω μανομετρικό ύψος αντιστοιχεί στο μέγιστο ύψος πίεσης που δέχεται ο αγωγός ΑΔ, και είναι μικρότερο από τα 125 m, τα οποία μπορεί να αντέξει ο αγωγός με βάση την κλάση των 12.5 atm. Συνεπώς, όσον αφορά σε θέματα αντοχής σε πίεση, ο αγωγός είναι επαρκής.

Η μέγιστη ισχύς που θα πρέπει να αποδίδει το αντλιοστάσιο την ημέρα αιχμής ανέρχεται σε:

$$P = \gamma Q H_{\mu} / n = 9.81 \text{ (KN/m}^3\text{)} \times 0.0385 \text{ (m}^3/\text{s)} \times 83.9 \text{ (m)} / 0.73 = 43.4 \text{ kW}$$

Αφού το αντλιοστάσιο αποτελείται από τέσσερις όμοιες παράλληλες αντλίες, ήτοι τρεις κύριες και μία εφεδρική, η εν λόγω ισχύς (όπως και η παροχή των $0.0385 \text{ m}^3/\text{s}$) θα ισομοιράζεται στις τρεις αντλίες, ενώ η εφεδρική αντλία πρέπει να έχει επίσης της ίδια ισχύς. Συνεπώς, η απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος ισούται με:

$$P_{\text{εγκ}} = (4 / 3) \times 43.4 = 57.9 \text{ kW}$$

Η εν λόγω ισχύς καλύπτεται από τις δυνατότητες της υφιστάμενης διάταξης (64 kW^1).

Ερώτημα (γ)

Όπως φαίνεται στην οριζοντιογραφία, το εύρος υψομετρικής ανάπτυξης του οικισμού είναι από το επίπεδο της θάλασσας μέχρι τα +43.0 m περίπου, ενώ η δεξαμενή έχει εύρος στάθμης από +60.0 ως +63.0 m.

Για τον έλεγχο των μέγιστων πιέσεων, υπολογίζουμε την υψομετρική διαφορά μεταξύ της ΑΣΥ της δεξαμενής και του χαμηλότερου σημείου του οικισμού, η οποία ισούται με 63.0 m. Η διαφορά αυτή είναι εντός των ορίων των 70 m, πάνω από το οποίο θα χρειαζόταν ο διαχωρισμός του δικτύου διανομής σε πιεζομετρικές ζώνες.

Όσον αφορά στα ύψη των κτηρίων που μπορούν να εξυπηρετηθούν στα υψηλότερα τμήματα του οικισμού, πρέπει να υπολογίσουμε (κατ' εκτίμηση) το διαθέσιμο ύψος πίεσης στο ανώτερο υψόμετρο των +43.0 m (έστω σημείο Κ), το οποίο ισούται με:

$$(P / \gamma)_{\text{Κ}} = H_{\Delta} - h_{\text{fΔΚ}} - z_{\text{Κ}}$$

¹ Εκ παραδρομής, στην εκφώνηση της άσκησης είχε δοθεί εγκατεστημένη ισχύς 64 MW, δηλαδή τρεις τάξεις μεγέθους μεγαλύτερη. Η ισχύς αυτή, η οποία είναι μη ρεαλιστική για τέτοιου είδους συστήματα, υπερκαλύπτει κατά πολύ τις ανάγκες του οικισμού και σε κάθε περίπτωση δεν επηρεάζει την πορεία την επίλυσης.

Θεωρώντας τη δεξαμενή στην κατώτατη στάθμη ($H_{\Delta} = 60.0$ m) και υποθέτοντας ενεργειακές απώλειες της τάξης του 5-10 m/km στον αγωγό ΔΚ, μήκους 300 m, προκύπτει περίσσεια ενέργειας σαφώς μεγαλύτερη από 12 m, που είναι το απαιτούμενο ύψος πίεσης για διώροφα κτήρια.

Ερώτημα (δ)

Η διαστασιολόγηση του αγωγού ΔΞ γίνεται για παροχή σχεδιασμού ίση με τη μέγιστη ωριαία παροχή της ξενοδοχειακής μονάδας, όπου προσθέτουμε την παροχή πυρόσβεσης των 5.0 L/s. Θεωρώντας συντελεστή ωριαίας αιχμής $\lambda_{\Omega} = 1.5$ για τουριστική χρήση, η εν λόγω παροχή ισούται με:

$$Q_{\Delta\Xi} = 1.5 \times 4.6 + 5.0 = 11.9 \text{ L/s}$$

Το ενεργειακό υψόμετρο στον κόμβο Ξ θα πρέπει να είναι κατ' ελάχιστο ίσο με $35.0 + 20.0 = 55.0$ m, ώστε να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη πίεση των 20.0 m κατά την ώρα αιχμής. Κατά συνέπια, οι διαθέσιμες ενεργειακές απώλειες στον αγωγό ΔΞ ανέρχονται σε $60.0 - 55.0 = 5.0$ m, οπότε η μέγιστη κλίση της γραμμής ενέργειας είναι $J_{\Delta\Xi} = 5.0 / 1500 = 0.0033$. Για την παραπάνω παροχή και κλίση, και για ισοδύναμη τραχύτητα $\varepsilon = 1.0$ mm, επιλύεται η γενικευμένη σχέση Manning ως προς τη διάμετρο, απ' όπου προκύπτει ελάχιστη απαιτούμενη τιμή 0.1634 m.

Επιλέγουμε αγωγό HDPE 10.0 atm, διαμέτρου $\varnothing 200$ mm (εσωτερική διάμετρος 176.2 mm).