

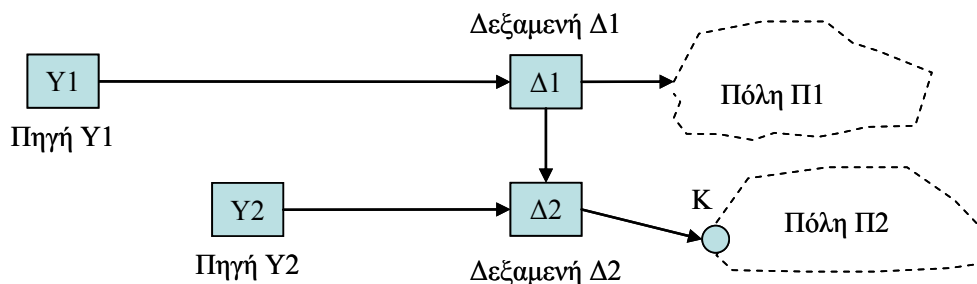
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο – Σχολή Πολιτικών Μηχανικών – Τομέας Υδατικών Πόρων

Μάθημα: Αστικά Υδραυλικά Έργα

Γενική διάταξη και χαρακτηριστικά μεγέθη έργων ύδρευσης πόλης που λειτουργούν σε συνδυασμό με υφιστάμενο σχήμα έργων (εξέταση Σεπτεμβρίου 2008)

Σύνταξη και επίλυση άσκησης: Α. Ευστρατιάδης & Δ. Κουτσογιάννης

Μελετάται η γενική διάταξη των νέων έργων ύδρευσης της πόλης Π2, που θα λειτουργούν συνδυαστικά με το υφιστάμενο αξιόπιστο σύστημα έργων της γειτονικής πόλης Π1, όπως φαίνεται στο Σχήμα. Η πόλη Π1 υδροδοτείται από τον αγωγό βαρύτητας Y1-Δ1, μήκους 5500 m και εσωτερικής διαμέτρου 300 mm, που μεταφέρει νερό από την πηγή Y1, σε υψόμετρο +190.0 m, στη δεξαμενή ρύθμισης Δ1, ανώτατης στάθμης +160.0 m. Τους θερινούς μήνες, η ωριαία δυναμικότητα της πηγής Y1 εκτιμάται σε 250 m³/h, ενώ σύμφωνα με τη μελέτη, η μέγιστη ημερήσια ζήτηση της πόλης Π1 δεν προβλέπεται να ξεπεράσει τα 5000 m³/d. Προτείνεται μέρος των υδατικών αναγκών της πόλης Π2 να εξυπηρετείται από το υφιστάμενο σύστημα, με σύνδεση των δεξαμενών Δ1 και Δ2, ενώ οι λοιπές ανάγκες να καλύπτονται από την πηγή Y2, που βρίσκεται σε υψόμετρο +165.0 m και σε απόσταση 3000 m από τη δεξαμενή Δ2. Ο σχεδιασμός των υδροδοτικών έργων της πόλης Π2 γίνεται για 12000 μόνιμους κατοίκους και 2500 παραθεριστές, με ειδική κατανάλωση 180 και 240 L/d/κ, αντίστοιχα.



- Να υπολογιστεί η περίσσεια νερού που θα μπορεί να δοθεί την ημέρα αιχμής μέσω του αγωγού Δ1-Δ2 για την υδροδότηση της πόλης Π2.
- Να εκτιμηθούν ο ρυθμιστικός όγκος της δεξαμενής Δ2 και η παροχή σχεδιασμού του αγωγού Y2-Δ2.
- Να επιλεγούν η κατώτατη και ανώτατη στάθμη της δεξαμενής Δ2 και να εξεταστεί η αναγκαιότητα ή όχι δημιουργίας πιεζομετρικών ζωνών, λαμβάνοντας υπόψη η πόλη Π2 εκτείνεται από τα +65.0 έως τα +125.0 m (κόμβος K) και εξυπηρετεί κτήρια έως 3 ορόφους. Θεωρήστε, προσεγγιστικά, ότι το μήκος του κύριου τροφοδοτικού αγωγού Δ2-K είναι 1500 m, και υποθέστε ενεργειακές απώλειες 5.0 m/km την ώρα αιχμής.
- Για το υψόμετρο δεξαμενής που επιλέχθηκε, να υπολογιστεί η διάμετρος του αγωγού βαρύτητας Y2-Δ2.
- Σε περίπτωση πολύωρης βλάβης του αγωγού Y1-Δ1, να προταθεί εναλλακτικός τρόπος υδροδότησης της πόλης Π1, με την προσθήκη κατάλληλων διατάξεων στο υπό μελέτη σχήμα έργων.

Ερώτημα (α)

Συγκρίνονται οι μέγιστες ημερήσιες ανάγκες της πόλης Π1 σε σχέση με τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους και την ποσότητα νερού που μπορεί να μεταφέρει ο αγωγός Y1-Δ1. Η ημερήσια δυναμικότητα της πηγής Y1 τους θερινούς μήνες ισούται με $250 \times 24 = 6000 \text{ m}^3/\text{d}$, ενώ η παροχευτικότητα του αγωγού ισούται με $0.077 \text{ m}^3/\text{s}$ ή $6642 \text{ m}^3/\text{d}$ (η τιμή αυτή προκύπτει για μήκος 5500 m, διάμετρο 300 mm, ισοδύναμη τραχύτητα 1.0 mm και ενεργειακές απώλειες $190.0 - 160.0 = 30.0 \text{ m}$). Συνεπώς, η περίσσεια νερού που μπορεί να δοθεί για την υδροδότηση της πόλης Π2 την ημέρα αιχμής ισούται με $\Delta V = 5000 - \min(6000, 6642) = 1000 \text{ m}^3/\text{d}$.

Ερώτημα (β)

Εκτιμούμε τη μέγιστη ημερήσια ζήτηση της πόλης Π2, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά μεγέθη των δύο χρήσεων νερού (οικιακή, παραθεριστική). Συγκεκριμένα, για την οικιακή χρήση θεωρούμε συντελεστή

ημερήσιας αιχμής $\lambda_H = 1.50$, οπότε η αντίστοιχη μέγιστη ημερήσια παροχή εκτιμάται σε $Q_H^{(αστ.)} = 1.50 \times 12000 \times 180 / 86400 = 37.5$ L/s, ενώ για την παραθεριστική χρήση θεωρούμε συντελεστή ημερήσιας αιχμής $\lambda_H = 1.10$, οπότε η αντίστοιχη μέγιστη ημερήσια παροχή εκτιμάται σε $Q_H^{(παρ.)} = 1.10 \times 2500 \times 240 / 86400 = 7.6$ L/s. Συνολικά, οι υδατικές ανάγκες της Π2 την ημέρα αιχμής ανέρχονται σε $(37.5 + 7.6) \times 86400 / 1000 = 3900$ m³/d, από τα οποία 1000 m³/d μεταφέρονται μέσω του αγωγού Δ1-Δ2. Κατά συνέπεια, η παροχή σχεδιασμού του αγωγού Υ2-Δ2 υπολογίζεται σε $(3900 - 1000) / 86400 = 0.0336$ m³/s, ενώ ο ρυθμιστικός όγκος της δεξαμενής Δ2 εκτιμάται ως το 30% του μέγιστου ημερήσιου, ήτοι $0.30 \times 3900 = 1170$ m³.

Ερώτημα (γ)

Η κατώτατη στάθμη ύδατος (ΚΣΥ) της δεξαμενής Δ2 τοποθετείται στο ελάχιστο υψόμετρο για το οποίο ικανοποιείται οριακά ο περιορισμός ελάχιστων πιέσεων στην κεφαλή του δικτύου διανομής (κόμβος Κ), που είναι και ο υψηλότερος της πόλης (+125.0 m). Για τριώροφα κτήρια, το ελάχιστο ύψος πίεσης που απαιτείται είναι 16.0 m, που αντιστοιχεί σε ενεργειακό υψόμετρο $125.0 + 16.0 = 141.0$ m. Για ενεργειακές απώλειες $0.005 \times 1500 = 7.5$ m κατά μήκος του αγωγού Δ2-Κ, η ΚΣΥ ανέρχεται σε $141.0 + 7.5 = +148.5$ m.

Επιλέγοντας ωφέλιμο ύψος 3.0 m, η ανώτατη στάθμη ύδατος (ΑΣΥ) της δεξαμενής τοποθετείται στα +151.5 m. Για την εν λόγω στάθμη, ελέγχονται τα μέγιστα ύψη πίεσης που αναπτύσσονται στο δίκτυο διανομής, και αναφέρονται στις (θεωρητικές) συνθήκες μηδενικής κατανάλωσης, ήτοι οριζόντιας πιεζομετρικής γραμμής. Ο έλεγχος γίνεται στο χαμηλότερο υψόμετρο της πόλης, όπου το μέγιστο ύψος πίεσης υπολογίζεται σε $151.5 - 65.0 = 86.5$ m, δηλαδή ξεπερνά το επιτρεπόμενο όριο των 60-70 m. Συνεπώς, θα απαιτηθεί διαχωρισμός του δικτύου διανομής σε δύο υδραυλικά ανεξάρτητες πιεζομετρικές ζώνες, π.χ. με την τοποθέτηση φρεατίου σε κάποιο ενδιάμεσο υψόμετρο.

Ερώτημα (δ)

Η διάμετρος του αγωγού Υ2-Δ2 υπολογίζεται για μήκος 3000 m, ενεργειακές απώλειες $165.0 - 151.5 = 13.5$ m (διαφορά υψομέτρου πηγής Υ2 και ΑΣΥ δεξαμενής Δ2), ισοδύναμη τραχύτητα 1.0 mm (ασφαλής τιμή για σχεδιασμό) και παροχή σχεδιασμού 0.0336 m³/s. Η εν λόγω (θεωρητική) διάμετρος είναι ίση 227.8 mm, και στρογγυλεύεται στην αμέσως επόμενη διαθέσιμη εσωτερική διάμετρο των αγωγών εμπορίου, π.χ. 246.8 mm για αγωγό HDPE 10.0 atm διαμέτρου Φ280 mm.

Ερώτημα (ε)

Σε περίπτωση πολύωρης βλάβης του αγωγού Υ1-Δ1 δεν θα είναι δυνατή η τροφοδοσία της πόλης Π1 από το απόθεμα ασφαλείας της δεξαμενής Δ1. Για το λόγο αυτό, προτείνεται η τοποθέτηση αντλίας στο κατάντη πέρας του αγωγού Δ1-Δ2, ώστε αυτός να μπορεί να λειτουργεί και αμφίδρομα, μεταφέροντας δηλαδή νερό από τη δεξαμενή Δ2 προς τη Δ1. Με αυτή τη διάταξη, θα μπορεί να αξιοποιηθεί τόσο το απόθεμα ασφαλείας της δεξαμενής Δ2 όσο και η πλεονάζουσα παροχεταιτικότητα του αγωγού Υ2-Δ2. Επισημαίνεται ότι, ακόμα και την ημέρα αιχμής, η εν λόγω παροχεταιτικότητα δεν εξαντλείται για την τροφοδοσία της πόλης Π2, καθώς η διάμετρος εμπορίου που εφαρμόζεται είναι μεγαλύτερη από την θεωρητική.