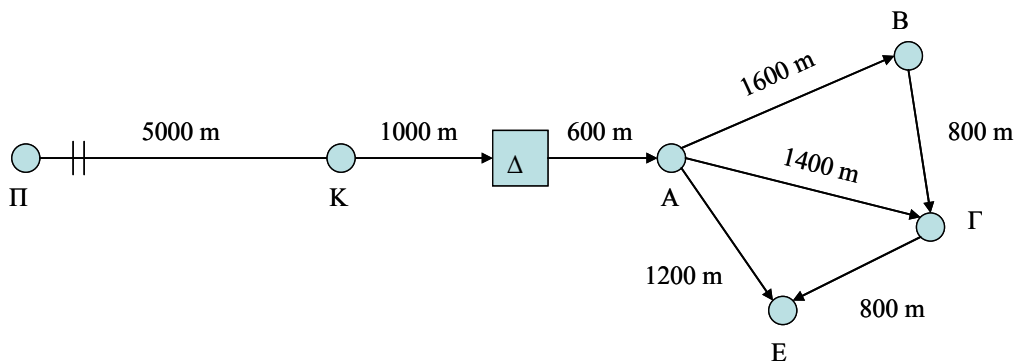


Οικισμός υδροδοτείται από παλιό πλαστικό αγωγό, εσωτερικής διαμέτρου 140 mm, που μεταφέρει νερό από την πηγή Π, σε σταθερό υψόμετρο +180 m, στη δεξαμενή Δ, ανώτατης στάθμης +165 m και ωφέλιμου ύψους 5 m, όπως φαίνεται στο σκαρίφημα. Στον ενδιάμεσο κόμβο Κ, σε υψόμετρο +135 m, υπάρχει διάταξη έκτακτης παροχέτευσης πυροσβεστικού νερού, για την αντιμετώπιση πυρκαγιάς σε παρακείμενη δασική έκταση. Κατάντη της δεξαμενής απεικονίζονται οι πρωτεύοντες αγωγοί του δικτύου διανομής, το οποίο εξυπηρετεί αστικές και τουριστικές χρήσεις. Ο μόνιμος πληθυσμός είναι 1400 κάτοικοι, ενώ οι τουριστικές δραστηριότητες αναπτύσσονται αποκλειστικά στη ζώνη Α-Ε-Γ.



α) Να υπολογιστούν η μέγιστη ημερήσια παροχή που μπορεί να μεταφέρει το εξωτερικό υδραγωγείο, ο μέγιστος αριθμός τουριστών που μπορεί να εξυπηρετηθεί από το υφιστάμενο σύστημα και η αντίστοιχη ετήσια κατανάλωση νερού στον οικισμό. Θεωρήστε ειδική κατανάλωση 180 L/d για τους μόνιμους κατοίκους και 250 L/d για τους τουρίστες. Η τουριστική περίοδος διαρκεί 3 μήνες.

β) Να εκτιμηθεί η παροχή εξόδου του κόμβου Α για τουριστική χρήση, με δεδομένο ότι κατά μήκος του κύριου τροφοδοτικού αγωγού ΔΑ δεν υπάρχουν συνδέσεις, ενώ σε όλο το υπόλοιπο μήκος του δικτύου υπάρχουν αμφίπλευρες συνδέσεις.

γ) Να υπολογιστεί η μέγιστη παροχή πυρόσβεσης που μπορεί να δοθεί μέσω του κόμβου Κ από το σύστημα πηγή-αγωγός-δεξαμενή, αν το απαιτούμενο ύψος πίεσης στον εν λόγω κόμβο είναι 20 m, και να χαραχθεί η πιεζομετρική γραμμή σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας και δασικής πυρκαγιάς.

δ) Να υπολογιστεί το απόθεμα ασφαλείας της δεξαμενής, θεωρώντας το δυσμενέστερο από τα σενάρια 3ωρης πυρκαγιάς στη δασική έκταση, 4ωρης πυρκαγιάς στον οικισμό, με ταυτόχρονη λειτουργία 2 πυροσβεστικών κρουνών παροχής 5 L/s, και 6ωρης βλάβης του εξωτερικού υδραγωγείου.

Ερώτημα (α)

Η μέγιστη ημερήσια παροχή που μπορεί να μεταφέρει το εξωτερικό υδραγωγείο ταυτίζεται με την παροχεταιυτικότητα του αγωγού ΠΔ, η οποία υπολογίζεται θεωρώντας τη δεξαμενή στην ανώτατη στάθμη της, οπότε για σταθερό υψόμετρο πηγής, οι ενεργειακές απώλειες είναι $180 - 165 = 15$ m. Επειδή ο αγωγός είναι παλιός, θεωρούμε ισοδύναμη τραχύτητα $\epsilon = 1.0$ mm, που αντιστοιχεί σε

αδιαστατοποιημένη τραχύτητα $\varepsilon^* = \varepsilon / \varepsilon_0 = 1/0.05 = 20$. Θεωρώντας το σύνηθες εύρος διαμέτρων και ταχυτήτων, οι συντελεστές της γενικευμένης εξίσωσης Manning είναι:

$$\beta = 0.3 + 0.0005 \varepsilon^* + 0.02 / (1 + 6.8 \varepsilon^*) = 0.310$$

$$\gamma = 0.096 / (1 + 0.31 \varepsilon^*) = 0.0133$$

$$N = 0.00687 (1 + 1.6 \varepsilon^*)^{0.16} = 0.0120$$

Η γενικευμένη εξίσωση Manning επιλύεται ως προς την παροχή, για διάμετρο $D = 0.140$ m και κλίση $J = 15 / 6000 = 0.0025$, οπότε:

$$Q = \frac{\pi}{2^{3+\beta} N} D^{(5+\beta)/2} J^{(1+\gamma)/2} = 0.0069 \text{ m}^3/\text{s}$$

Συνεπώς, η παροχή που μπορεί να μεταφέρει ο αγωγός ανέρχεται σε 6.9 L/s.

Η παραπάνω παροχή εξυπηρετεί αστικές και τουριστικές χρήσεις. Η μέση ημερήσια παροχή που αντιστοιχεί στις αστικές χρήσεις προκύπτει με βάση τον αριθμό των μόνιμων κατοίκων (1400) και την αντίστοιχη ειδική κατανάλωση (180 L/d), και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q_{E(\mu\text{ov})} = 1400 \times 180 / 86400 = 2.9 \text{ L/s}$$

Η αντίστοιχη μέγιστη ημερήσια παροχή εκτιμάται με βάση τον τυπικό συντελεστή ημερήσιας αιχμής, ($\lambda_H = 1.50$), και ισούται με:

$$Q_{H(\mu\text{ov})} = 1.50 \times 2.9 = 4.4 \text{ L/s}$$

Η υπολειπόμενη ποσότητα, ήτοι $6.9 - 4.4 = 2.5$ L/s, αντιστοιχεί στη μέγιστη ημερήσια παροχή που μπορεί να δοθεί θα τουριστική χρήση. Η αντίστοιχη μέση ημερήσια παροχή εκτιμάται με βάση τον τυπικό συντελεστή ημερήσιας αιχμής των τουριστών ($\lambda_H = 1.10$) και ισούται με:

$$Q_{E(\text{τουρ})} = 2.5 / 1.1 = 2.3 \text{ L/s}$$

Θεωρώντας ειδική κατανάλωση 250 L/d, προκύπτει ότι ο μέγιστος αριθμός τουριστών που μπορεί να εξυπηρετηθεί από το σύστημα ανέρχεται σε:

$$\Pi_{\text{τουρ}} = 2.3 \times 86400 / 250 = 780 \text{ άτομα}$$

Ο ετήσιος όγκος νερού υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τη μέση ημερήσια παροχή για κάθε χρήση με την αντίστοιχη διάρκεια εκδήλωσης της εν λόγω χρήσης. Εφόσον η αστική χρήση εκδηλώνεται όλο το έτος (365 ημέρες), ενώ η τουριστική για 3 μήνες (120 ημέρες), προκύπτει ετήσια ζήτηση ίση με:

$$V_{\text{ετήσιο}} = (2.9 \times 365 + 2.3 \times 120) \times 86.4 = 115\,383 \text{ m}^3$$

Ερώτημα (β)

Εφόσον η μέγιστη ημερήσια παροχή για τουριστική χρήση ανέρχεται σε 2.5 L/s, η αντίστοιχη μέγιστη ωριαία τιμή της, θεωρώντας τον τυπικό συντελεστή αιχμής $\lambda_{\Omega} = 1.50$, ισούται με:

$$Q_{\Omega(\text{τουρ})} = 1.50 \times 2.5 = 3.7 \text{ L/s}$$

Η παροχή αυτή διανέμεται στους κόμβους Α, Ε και Γ, γύρω από τους οποίους αναπτύσσονται τουριστικές δραστηριότητες. Το ποσοστό συμμετοχής κάθε κόμβου εκτιμάται με βάση τα αντίστοιχα ισοδύναμα μήκη των αγωγών που συντρέχουν, τα οποία είναι:

$$L_{A\Gamma}^* = 0.5 \times \theta_{A\Gamma} \times L_{A\Gamma} = 0.5 \times 0.5 \times 1400 = 350 \text{ m}$$

$$L_{A\text{E}}^* = 0.5 \times \theta_{A\text{E}} \times L_{A\text{E}} = 0.5 \times 1.0 \times 1200 = 600 \text{ m}$$

$$L_{E\Gamma}^* = 0.5 \times \theta_{E\Gamma} \times L_{E\Gamma} = 0.5 \times 1.0 \times 800 = 400 \text{ m}$$

Στους υπολογισμούς θεωρήθηκε συντελεστής πυκνότητας $\theta_{ΑΓ} = 0.5$ για τον κλάδο ΑΓ, δεδομένου ότι εξυπηρετεί τουριστικές χρήσεις μόνο από τη μία πλευρά του.

Με βάση τα παραπάνω, υπολογίζονται τα ισοδύναμα μήκη επιρροής κάθε κόμβου ως εξής:

$$L_A^* = L_{ΑΓ}^* + L_{ΑΕ}^* = 350 + 600 = 950 \text{ m}$$

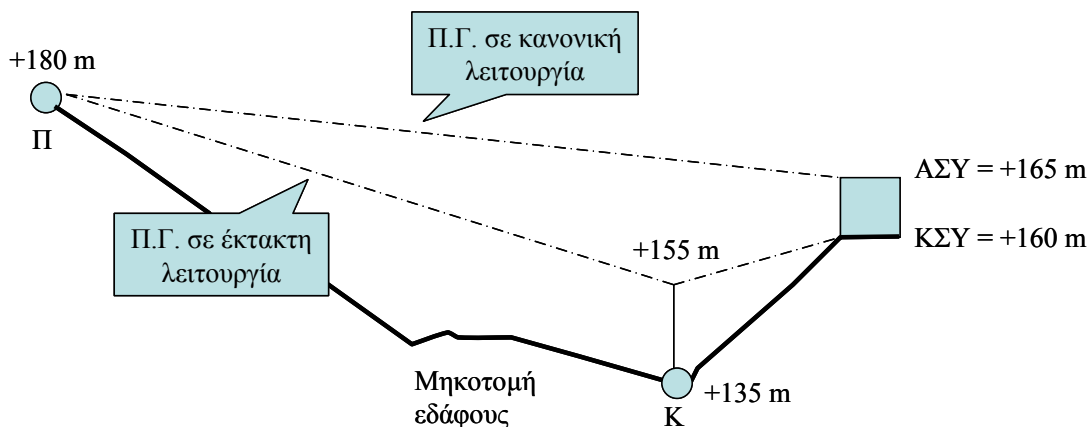
$$L_E^* = L_{ΑΕ}^* + L_{ΕΓ}^* = 600 + 400 = 1000 \text{ m}$$

$$L_{\Gamma}^* = L_{ΑΓ}^* + L_{ΕΓ}^* = 350 + 400 = 750 \text{ m}$$

Το συνολικό ισοδύναμο μήκος επιρροής για τουριστικές χρήσεις είναι $L^* = 2700 \text{ m}$, οπότε το ποσοστό συμμετοχής του κόμβου Α είναι $w_A = L_A^* / L^* = 950 / 2700 = 0.352$. Συνεπώς, η παροχή εξόδου του εν λόγω κόμβου για την εξυπηρέτηση τουριστών είναι $0.352 \times 3.7 = 1.3 \text{ L/s}$.

Ερώτημα (γ)

Αφού το απαιτούμενο ύψος πίεσης στον κόμβο Κ είναι 20 m , η αντίστοιχη στάθμη της πιεζομετρικής γραμμής είναι $H_K = 135 + 20 = 155 \text{ m}$. Η στάθμη αυτή βρίσκεται χαμηλότερα από την κατώτατη στάθμη της δεξαμενής ($165 - 5 = 160 \text{ m}$), που σημαίνει ότι η πυροσβεστική διάταξη στον εν λόγω κόμβο μπορεί να τροφοδοτηθεί τόσο από την πηγή όσο και από τη δεξαμενή. Η πιεζομετρική γραμμή, σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας και δασικής πυρκαγιάς, φαίνεται στο σκαρίφημα.



Η κλίση της πιεζομετρικής γραμμής από την πηγή Π στον κόμβο Κ είναι $J_{ΠΚ} = (180 - 155) / 5000 = 0.005$. Επίσης, η κλίση της πιεζομετρικής γραμμής από την κατώτατη στάθμη ύδατος της δεξαμενής Δ (για την οποία γίνεται ο έλεγχος σε συνθήκες έκτακτης λειτουργίας του συστήματος) στον κόμβο Κ, είναι $J_{ΔΠ} = (160 - 155) / 1000 = 0.005$. Αφού οι δύο κλίσεις είναι ίδιες, θα μεταφέρεται ίση παροχή από την πηγή και τη δεξαμενή, η οποία υπολογίζεται από τη γενικευμένη σχέση Manning και ισούται με 9.75 L/s . Συνεπώς, η μέγιστη παροχή πυρόσβεσης που μπορεί να δοθεί στον κόμβο Κ από το σύστημα πηγή-αγωγός-δεξαμενή ανέρχεται σε $Q_K = 19.5 \text{ L/s}$.

Ερώτημα (δ)

Για την κατάσβεση της δασικής πυρκαγιάς, θεωρώντας την παροχή των 9.75 L/s που δίνεται από τη δεξαμενή και τρίωρη διάρκεια πυρκαγιάς, προκύπτει όγκος $V = 9.75 \times 3 \times 3600 / 1000 = 105 \text{ m}^3$.

Για την κατάσβεση της πυρκαγιάς στον οικισμό, θεωρώντας ολική παροχή κρουνών 10.0 L/s και τετράωρη διάρκεια πυρκαγιάς, προκύπτει όγκος $V = 10.0 \times 4 \times 3600 / 1000 = 144 \text{ m}^3$.

Τέλος, για την κάλυψη του ελλείμματος παροχής λόγω βωρης βλάβης του εξωτερικού υδραγωγείου, το οποίο λειτουργεί με παροχή 6.9 L/s , προκύπτει όγκος $V = 6.9 \times 6 \times 3600 / 1000 = 148 \text{ m}^3$.

Μεταξύ των παραπάνω σεναρίων, δυσμενέστερο είναι αυτό της βλάβης του εξωτερικού υδραγωγείου, οπότε το απόθεμα ασφαλείας της δεξαμενής πρέπει να ληφθεί ίσο με 148 m^3 .