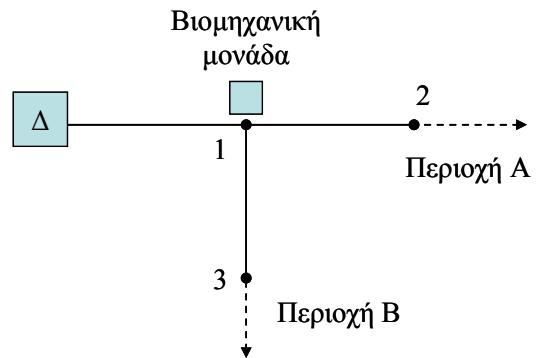


Μελετάται το ανάντη τμήμα δικτύου διανομής, που περιλαμβάνει τον κύριο τροφοδοτικό αγωγό Δ-1 και τις διακλαδώσεις 1-2 και 1-3, οι οποίες υδροδοτούν τις υδραυλικά ανεξάρτητες περιοχές Α και Β, όπως φαίνεται στο σκαρίφημα. Επιπλέον, το δίκτυο εξυπηρετεί και μια μικρή βιομηχανική μονάδα 12ωρης λειτουργίας, η οποία τροφοδοτείται απευθείας μέσω του κόμβου 1. Θέτοντας αρχικές τιμές διαμέτρων από HDPE 10.0 atm, έγινε επίλυση του δικτύου σε συνθήκες μέγιστης ωριαίας κατανάλωσης (σενάριο κανονικής λειτουργίας), τα δεδομένα εισόδου και αποτελέσματα του οποίου δίνονται στον ακόλουθο πίνακα:



Αγωγός	Μήκος (m)	Διάμετρος (mm)	Τραχύτητα (mm)	Παροχή (m ³ /s)	Υδραυλική κλίση (%)
Δ-1	1500	315	1.0	0.072	0.72
1-2	1000	250	1.0	0.030	0.43
1-3	1200	250	1.0	0.038	0.68

Η εκτίμηση της υδρευτικής ζήτησης βασίζεται στις ακόλουθες παραδοχές:

- Θεωρείται μόνιμος πληθυσμός 5200 και 3000 άτομα στις περιοχές Α και Β, αντίστοιχα, ενώ για την τουριστική χρήση θεωρούνται 4300 κλίνες αποκλειστικά στην περιοχή Β.
- Θεωρείται ειδική κατανάλωση 180 και 250 L/d ανά κάτοικο για οικιακή και τουριστική χρήση, αντίστοιχα.
- Θεωρείται συντελεστής ημερήσιας αιχμής $\lambda_H = 1.5$ και 1.1 για οικιακή και τουριστική χρήση, αντίστοιχα.

(α) Υπολογίστε τους συντελεστές ωριαίας αιχμής, λ_ω , για οικιακή, τουριστική και βιομηχανική χρήση, τις ημερήσιες υδατικές ανάγκες της βιομηχανικής μονάδας και την παροχή του εξωτερικού υδραγωγείου βαρύτητας.

(β) Διαμορφώστε τα δύο δυσμενέστερα σενάρια πυρκαγιάς, με ενεργοποίηση δύο πυροσβεστικών κρουνών, ονομαστικής παροχής 5.0 L/s, και υπολογίστε τα αντίστοιχα ενεργειακά υψόμετρα των κόμβων του δικτύου. Δίνεται ότι η κατώτατη στάθμη ύδατος στη δεξαμενή είναι +140.0 m.

(γ) Ελέγξτε τις πιέσεις στη κεφαλή των περιοχών Α και Β (κόμβοι 2 και 3) και, αν απαιτείται, τροποποιήστε τη διάμετρο ενός μόνο αγωγού. Δίνεται ότι στις περιοχές Α και Β αναπτύσσονται κτήρια 4 και 3 ορόφων, αντίστοιχα, ενώ τα υψόμετρα των κόμβων 2 και 3 είναι +106.0 και +101.0 m, αντίστοιχα.

Ερώτημα (α)

Ο συντελεστής ωριαίας αιχμής για οικιακή χρήση εκτιμάται με βάση τα στοιχεία καταναλώσεων της περιοχής Α. Συγκεκριμένα, για πληθυσμό 5200 άτομα, ειδική κατανάλωση 180 L/d ανά κάτοικο και

συντελεστή ημερήσιας αιχμής $\lambda_H = 1.5$ προκύπτει μέγιστη ημερήσια ζήτηση 16.3 L/s. Η αντίστοιχη μέγιστη ωριαία ζήτηση ταυτίζεται με την παροχή του αγωγού 1-2, ήτοι 30.0 L/s. Συνεπώς, ο ζητούμενος συντελεστής είναι $\lambda_\Omega = 30.0 / 16.3 = 1.85$, τιμή εύλογη για τη συγκεκριμένη χρήση νερού.

Για την εκτίμηση του συντελεστή λ_Ω για τουριστική χρήση, εφαρμόζουμε την ίδια διαδικασία, με βάση τα στοιχεία της περιοχής Β, η μέγιστη ωριαία ζήτηση της οποίας είναι 38.0 L/s (παροχή αγωγού 1-3). Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να αφαιρέσουμε την ποσότητα που δίνεται για οικιακή χρήση, η οποία ανέρχεται σε 17.3 L/s (με την εύλογη υπόθεση ότι εφαρμόζεται ο ίδιος συντελεστής ωριαίας αιχμής). Συνεπώς, για 4300 κλίνες, ειδική κατανάλωση 250 L/d ανά κλίνη και συντελεστή ημερήσιας αιχμής $\lambda_H = 1.1$, η μέγιστη ημερήσια ζήτηση για τουριστική χρήση ανέρχεται σε 13.7 L/s, ενώ η μέγιστη ωριαία σε $38.0 - 17.3 = 20.7$ L/s. Από τα παραπάνω προκύπτει συντελεστής ωριαίας αιχμής $\lambda_\Omega = 20.7 / 13.7 = 1.51$, τιμή επίσης εύλογη για τη συγκεκριμένη χρήση νερού.

Όσον αφορά στη βιομηχανική κατανάλωση, η μέγιστη ωριαία τιμή της υπολογίζεται από την εξίσωση συνέχειας του κόμβου 1 σε $72.0 - 30.0 - 38.0 = 4.0$ L/s. Για 12ωρη λειτουργία, ο συντελεστής ωριαίας αιχμής είναι ίσος με $\lambda_\Omega = 24 / 12 = 2$, οπότε η μέγιστη ημερήσια παροχή είναι $4.0 / 2.0 = 2.0$ L/s. Η παροχή αυτή μπορεί να θεωρηθεί πρακτικά σταθερή για όλες τις ημέρες λειτουργίας της βιομηχανίας ($\lambda_H = 1$), οπότε οι ημερήσιες ανάγκες της εν λόγω μονάδας ανέρχονται σε $0.002 \times 86400 = 172.8$ m³.

Τέλος, η παροχή σχεδιασμού του εξωτερικού υδραγωγείου βαρύτητας ισούται με το άθροισμα των μέγιστων ημερήσιων παροχών των τριών χρήσεων νερού, και υπολογίζεται σε 41.3 L/s.

Ερώτημα (β)

Στο συγκεκριμένο δίκτυο, μπορούν να διαμορφωθούν διάφορα σενάρια πυρκαγιάς, ενεργοποιώντας από έναν έως δύο κρουνοί στους κόμβους 1, 2 και 3. Τα πλέον δυσμενή είναι αυτά για τα οποία μεγιστοποιείται η παροχή των κλάδων του δικτύου, και αφορούν στην ταυτόχρονη ενεργοποίηση δύο κρουσών, συνολικής παροχής 10.0 L/s, είτε στην περιοχή Α (σενάριο 1) ή στην περιοχή Β (σενάριο 2).

Σε κάθε περίπτωση, η παροχή του κύριου τροφοδοτικού αγωγού Δ-1 θα είναι 82.0 L/s, ενώ οι παροχές των άλλων δύο κλάδων θα είναι εναλλάξ προσαυξημένες κατά 10.0 L/s, σε σχέση με το σενάριο κανονικής λειτουργίας. Για τις παραπάνω παροχές, υπολογίζονται οι ενεργειακές απώλειες των τριών κλάδων για τα δύο σενάρια πυρκαγιάς και, ακολούθως, τα ενεργειακά υψόμετρα των τριών κόμβων.

Για σταθερή διάμετρο, διαιρώντας τη γενικευμένη εξίσωση Manning κατά μέλη, προκύπτει ότι:

$$J_1 / J_2 = h_{f1} / h_{f2} = (Q_1 / Q_2)^{2/(1+\gamma)}$$

όπου $\gamma = 0.013$ για $\varepsilon = 1.0$ mm. Συνεπώς, με γνωστή την κλίση της πιεζομετρικής γραμμής J_1 και την παροχή Q_1 σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας, και γνωστή της παροχή Q_2 σε συνθήκες πυρκαγιάς, υπολογίζεται η νέα κλίση της πιεζομετρικής γραμμής, και οι αντίστοιχες ενεργειακές απώλειες h_{f2} . Τα αποτελέσματα για τα δύο σενάρια συνοψίζονται στον πίνακα που ακολουθεί¹:

Αγωγός	Μήκος (m)	Κανονική λειτουργία			Πυρκαγιά Α		Πυρκαγιά Β	
		Q (m ³ /s)	J (%)	h_f (m)	Q (m ³ /s)	h_f (m)	Q (m ³ /s)	h_f (m)
Δ-1	1500	0.072	0.72	10.8	0.082	14.0	0.082	14.0
1-2	1000	0.030	0.43	4.3	0.040	7.6	0.030	4.3
1-3	1200	0.038	0.68	8.2	0.038	8.2	0.048	13.0

¹ Ο υπολογισμός των ενεργειακών απωλειών μπορεί να γίνει και με απευθείας εφαρμογή της γενικευμένης εξίσωσης Manning (ή της Darcy-Weisbach), εισάγοντας τις εσωτερικές διαμέτρους των αγωγών (στον πίνακα δίνονται οι διάμετροι εμπορίου) και τις κατάλληλες παραμέτρους, για συντελεστή τραχύτητας $\varepsilon = 1.0$ mm. Για τη χρήση άλλης, λιγότερο ακριβούς, σχέσης υδραυλικών απωλειών, πρέπει να γίνει κατάλληλη αντιστοίχιση του συντελεστή απωλειών με την παραπάνω τιμή της ισοδύναμης τραχύτητας. Για παράδειγμα, ο συντελεστής C της σχέσης Hazen-Williams (η οποία, πάντως, δεν συστήνεται) πρέπει να τεθεί ίσος με ~85 (και όχι 130, που είναι η εργαστηριακή τιμή για HDPE), ώστε να ληφθούν υπόψη η γήρανση των αγωγών και οι τοπικές απώλειες.

Τα δυσμενέστερα (ελάχιστα) ενεργειακά υψόμετρα των κόμβων, για τα οποία γίνεται ο έλεγχος πιέσεων, υπολογίζονται με οριακή συνθήκη την κατώτατη στάθμη της δεξαμενής, ήτοι 140.0 m. Ανεξαρτήτως σεναρίου, για τον κόμβο 1 είναι $h_1 = 140.0 - 14.0 = 126.0$ m. Για το κόμβο 2 είναι $h_2 = 126.0 - 7.6 = 118.5$ m για το σενάριο πυρκαγιάς στην περιοχή Α, ενώ για τον κόμβο 3 είναι $h_3 = 126.0 - 13.0 = 113.0$ m, για το σενάριο πυρκαγιάς στην περιοχή Β.

Ερώτημα (γ)

Ο έλεγχος πιέσεων γίνεται για τα ελαχιστοποιημένα ενεργειακά υψόμετρα των κόμβων 2 και 3, που εκτιμήθηκαν σε 118.5 και 113.0 m, αντίστοιχα. Για τα δεδομένα υψόμετρα εδάφους, το διαθέσιμο ύψος πίεσης στην κεφαλή των περιοχών Α και Β ανέρχεται σε $118.5 - 106.0 = 12.5$ m (κόμβος 2) και $113.0 - 101.0 = 12.0$ m (κόμβος 3). Οι δύο κόμβοι εξυπηρετούν 4όροφα και 3όροφα κτήρια, αντίστοιχα, οπότε οι ελάχιστες απαιτούμενες πιέσεις είναι 20.0 και 16.0 m, αντίστοιχα. Συνεπώς, και στις δύο περιπτώσεις προκύπτει έλλειμμα πίεσης, ήτοι 7.5 m στον κόμβο 2 και 4.0 m στον κόμβο 3.

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα με αλλαγή της διαστασιολόγησης ενός μόνο αγωγού, θα πρέπει να αυξηθεί η διάμετρος του τροφοδοτικού κλάδου Δ-1 έτσι ώστε οι ενεργειακές απώλειες κατά μήκος του να μειωθούν κατά 7.5 m. Συνεπώς, για παροχή $Q = 0.082$ m³/s, η κλίση της πιεζομετρικής γραμμής πρέπει να μειωθεί σε $J = (14.0 - 7.5) / 1500 = 0.0043$. Επιλύοντας τη γενικευμένη εξίσωση Manning ως προς τη διάμετρο προκύπτει θεωρητική τιμή 0.322 m, που στρογγυλεύεται στην αμέσως επόμενη διαθέσιμη διάμετρο εμπορίου (Φ400 mm, με εσωτερική διάμετρο 352.6 mm).