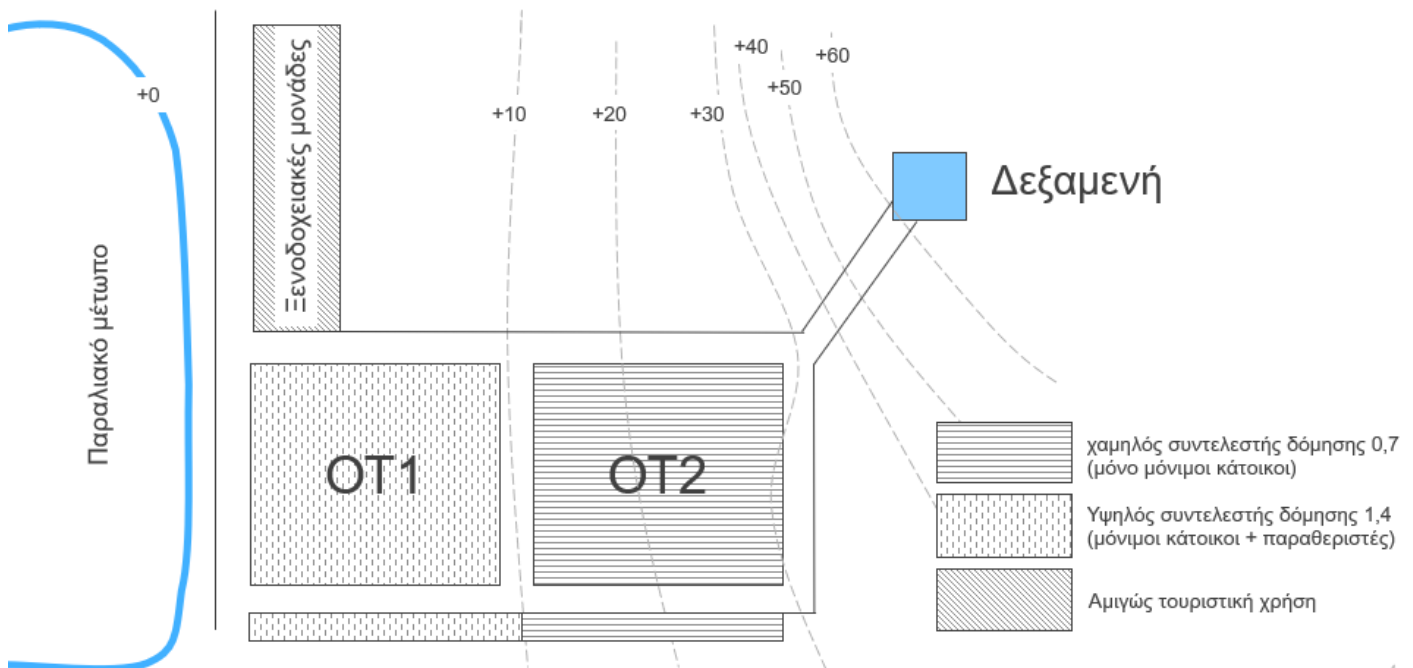


ΜΠ 531 Υδραυλικά Έργα Άσκηση 11

Καθορισμός σχηματικής διάταξης εσωτερικού δικτύου διανομής και υπολογισμός παροχών στους κόμβους.

Για τον οικισμό του σχήματος υπολογίστηκε ότι η παροχή σχεδιασμού του εξωτερικού υδραγωγείου είναι $Q_{\max, \text{ημερ.}} = 15 \text{ l/s}$ (θερινό σενάριο), ενώ η παροχή σχεδιασμού του εσωτερικού υδραγωγείου ανέρχεται σε $Q_{\max, \text{ωρ.}} = 30 \text{ l/s}$. Ζητείται να καθοριστεί η σχηματική διάταξη του εσωτερικού δικτύου διανομής και να υπολογιστούν οι παροχές στους κόμβους που θα καθοριστούν. Η ανώτατη στάθμη στη δεξαμενή είναι 4,5m.



Δίνονται τα στοιχεία ολικών καταναλώσεων:

	Θερινό σενάριο (σχεδιασμού) $Q_{\max, \text{ωρ.}} \text{ (l/s)}$	Χειμερινό σενάριο (σχεδιασμού) $Q_{\max, \text{ωρ.}} \text{ (l/s)}$
Μόνιμοι κάτοικοι	10	10
Παραθεριστές	5	0
Τουρίστες/Ξενοδοχεία	5	0
Πυρόσβεση	10	10
Σύνολο	30	20

Βήμα 1°:

- Καθορισμός ζωνών διαφορετικών χρήσεων της περιοχής μελέτης (π.χ. μόνιμοι κάτοικοι, παραθεριστές, τουριστικές χρήσεις, διαφορετικοί συντελεστές δόμησης)
- Τοποθέτηση ειδικών καταναλωτών (π.χ. βιομηχανίες, βιοτεχνίες, νοσοκομεία, ξενοδοχειακές μονάδες)
- Επιλογή θέσης κρουνών πυρόσβεσης (σε συνεργασία με την πυροσβεστική).

Βήμα 2°:

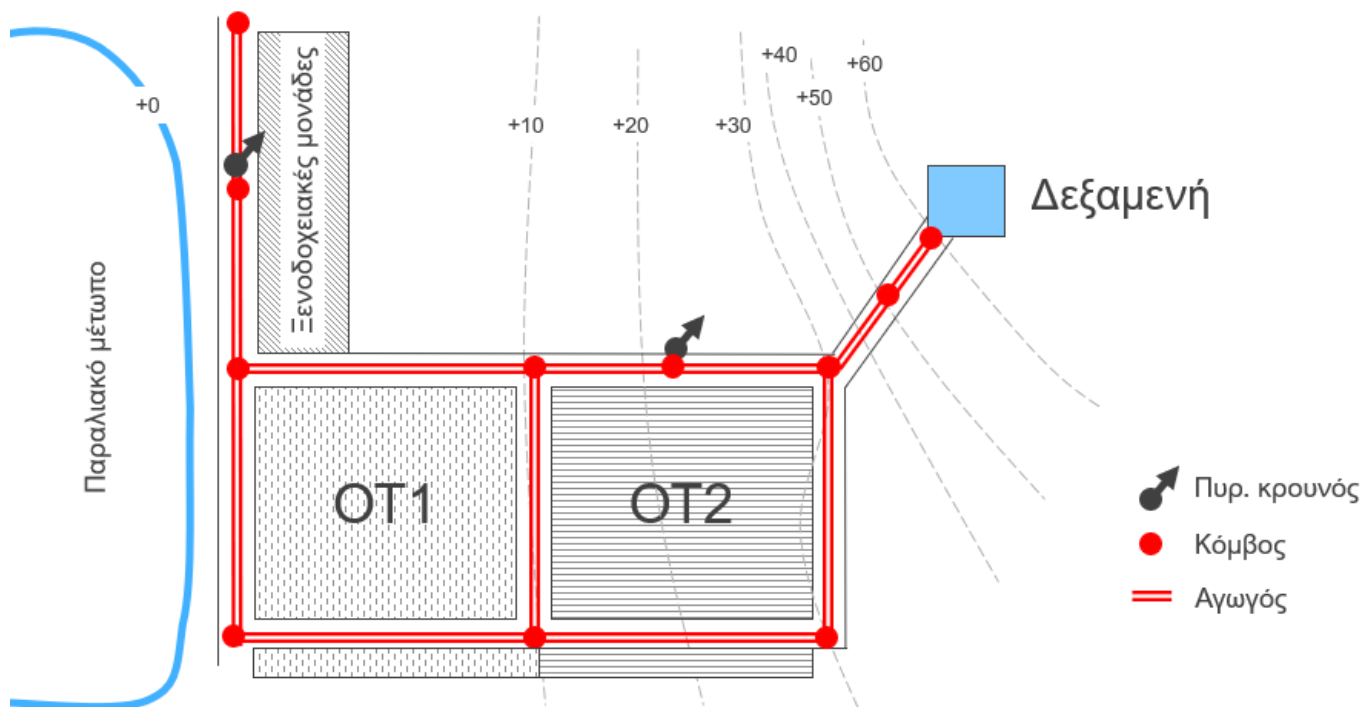
Δεδομένων των χρήσεων, καθορίζονται οι επιμέρους ολικές καταναλώσεις. Για την περίπτωση του οικισμού έχουμε:

	Θερινό σενάριο (σχεδιασμού) $Q_{\max, \omega p}$ (l/s)	Χειμερινό σενάριο (σχεδιασμού) $Q_{\max, \omega p}$ (l/s)
Μόνιμοι κάτοικοι	10	10
Παραθεριστές	5	0
Τουρίστες/Ξενοδοχεία	5	0
Πυρόσβεση	10	10
Σύνολο	30	20

Βήμα 3°:

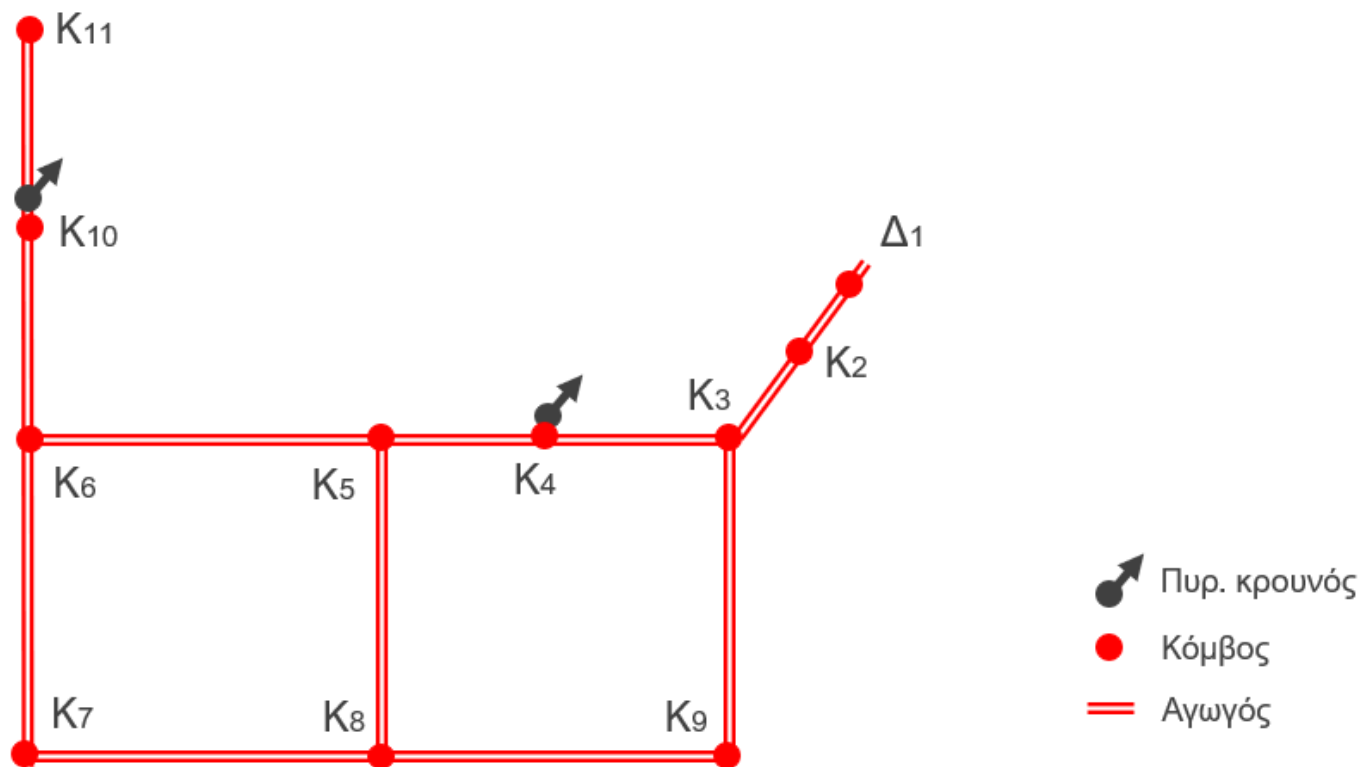
Χάραξη του δικτύου διανομής (κόκκινες γραμμές) και καθορισμός των υπολογιστικών κόμβων (κόκκινες τελείες). Οδηγίες τοποθέτησης κόμβων:

- Οι κόμβοι του δικτύου τοποθετούνται:
 - στα σημεία τροφοδοσίας (δεξαμενές, υδατόπυργοι)
 - στα σημεία διακλαδώσεων (όχι όμως απαραίτητα σε στροφές αγωγών)
 - στα σημεία αλλαγής υλικού, τραχύτητας ή διαμέτρου αγωγού
 - στα σημεία αλλαγής των χρήσεων νερού (αστική, ημιαστική, τουριστική)
 - στα σημεία αλλαγής της πυκνότητας του πληθυσμού και της δόμησης
 - στις θέσεις των ειδικών καταναλωτών (π.χ. βιομηχανίες, ξενοδοχεία)
 - στις θέσεις των πυροσβεστικών κρουνών
 - στις θέσεις των ειδικών διατάξεων (φρεάτια, βαλβίδες, αντλίες)
- Σε ορισμένες περιπτώσεις, συστήνεται η τοποθέτηση κόμβων σε σημεία όπου είναι επιθυμητός, κατά την κρίση του μηχανικού, ο έλεγχος πιέσεων κατά την υδραυλική ανάλυση του δικτύου (σε πολύ υψηλά, πολύ χαμηλά ή πολύ απομακρυσμένα σημεία του).
- Ειδικοί καταναλωτές και κρουνοί που βρίσκονται σχετικά κοντά σε κόμβους άλλης αιτιολογίας είναι δυνατόν να αναχθούν σε αυτούς (μείωση υπολογιστικού φόρτου).
- Για λόγους ευστάθειας του αριθμητικού σχήματος επίλυσης, ο σχετικός λόγος των μηκών των κλάδων του ίδιου βρόχου δεν πρέπει να ξεπερνά το 10.



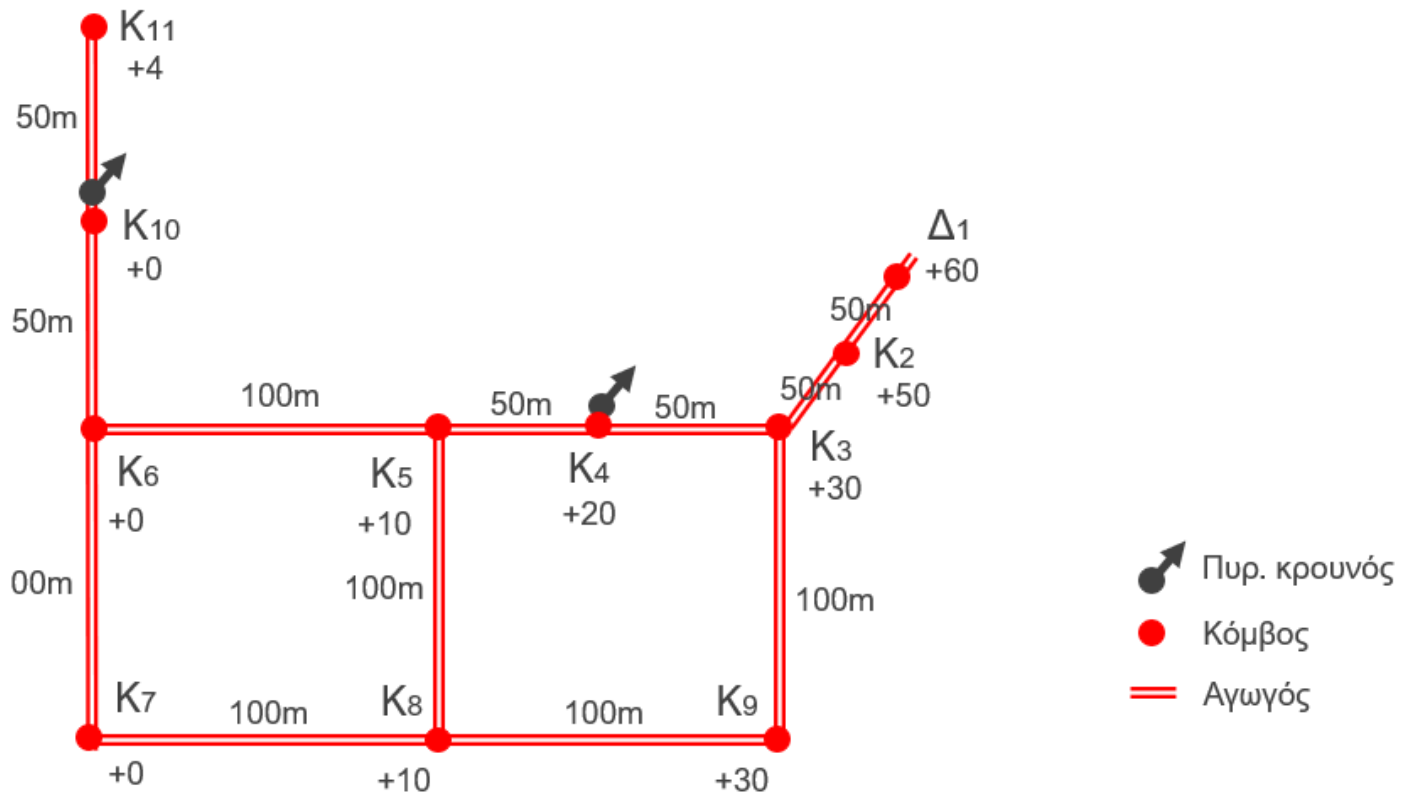
Βήμα 4°:

Ονοματίζεται κάθε κόμβος με μοναδική αλφαριθμητική ονομασία και ολοκληρώνεται η σχηματική διάταξη του δικτύου.



Βήμα 5°:

Από την τοπογραφία υπολογίζονται: α) τα πραγματικά μήκη των κλάδων και β) τα υψόμετρα των κόμβων.



Βήμα 6°: Μητρώο συνδέσεως κόμβων

Καταρτίζεται μητρώο συνδέσεως των υπολογιστικών κόμβων του δικτύου όπου με (1) σημειώνονται τα ζεύγη κόμβων που συνδέονται μέσω κλάδων. Το μητρώο είναι συμμετρικό με άθροισμα 2πλάσιο του αριθμού των κόμβων.

	Δ1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
Δ1		1									
K2	1		1								
K3		1		1					1		
K4			1		1						
K5				1		1		1			
K6					1		1			1	
K7						1		1			
K8					1		1		1		
K9			1					1			
K10						1					1
K11										1	

Βήμα 7º: Μητρώο πραγματικού μήκους κλάδων

Βάσει του μητρώου συνδέσεων υπολογιστικών κόμβων του προηγούμενου βήματος, καταρτίζεται το μητρώο πραγματικού μήκους των κλάδων του δικτύου το οποίο είναι συμμετρικό με άθροισμα ίσο με το διπλάσιο του πραγματικού μήκους των αγωγών.

	Δ1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
Δ1		50									
K2	50		50								
K3		50		50					100		
K4			50		50						
K5				50		100		100			
K6					100		100			50	
K7						100		100			
K8					100		100		100		
K9			100					100			
K10						50					50
K11										50	

Βήμα 8º: Μητρώο συντελεστών ισοδύναμου μήκους

Για κάθε μία από τις χρήσεις (μόνιμοι κάτοικοι, παραθεριστές, τουρίστες) και διαφορετικές πυκνότητες δόμησης, καταρτίζεται ξεχωριστός πίνακας συνδέσεως υπολογιστικών κόμβων του δικτύου ύδρευσης, όπου τοποθετούνται οι συντελεστές

$\alpha=0$ αν δεν υφίσταται η υπό μελέτη χρήση

$\alpha=1$ αν υφίσταται η χρήση μόνο στη μία πλευρά του δρόμου, και

$\alpha=2$ αν υφίσταται η χρήση και στις δύο πλευρές του δρόμου.

Τα μητρώα αυτά καλούνται μητρώα συντελεστών ισοδύναμου μήκους και ο συνολικός αριθμός τους προκύπτει ως το γινόμενο των διαφορετικών χρήσεων και πυκνοτήτων δόμησης.

Πίνακας: Μητρώο συντελεστών ισοδύναμου μήκους για **μόνιμους κατοίκους και χαμηλό συντελεστή δόμησης**.

	Δ1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
Δ1		0									
K2	0		0								
K3		0		1					1		
K4			1		1						
K5				1		0		1			
K6					0		0			0	
K7						0		0			
K8					1		0		2		
K9			1					2			
K10						0					0
K11										0	

Πίνακας: Μητρώο συντελεστών ισοδύναμου μήκους για **μόνιμους κατοίκους και υψηλό συντελεστή δόμησης**.

	Δ1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
Δ1		0									
K2	0		0								
K3		0		0					0		
K4			0		0						
K5				0		1		1			
K6					1		1			0	
K7						1		2			
K8					1		2		0		
K9			0					0			
K10						0					0
K11									0		

Πίνακας: Μητρώο συντελεστών ισοδύναμου μήκους για **παραθεριστές**.

(είναι το ίδιο με **μόνιμους κατοίκους και υψηλό συντελεστή δόμησης**)

	Δ1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
Δ1		0									
K2	0		0								
K3		0		0					0		
K4			0		0						
K5				0		1		1			
K6					1		1			0	
K7						1		2			
K8					1		2		0		
K9			0					0			
K10						0					0
K11										0	

Πίνακας: Μητρώο συντελεστών ισοδύναμου μήκους για **τουρίστες**.

	Δ1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
Δ1		0									
K2	0		0								
K3		0		0					0		
K4			0		0						
K5				0		0		0			
K6					0		0			1	
K7						0		0			
K8					0		0		0		
K9			0					0			
K10						1					1
K11										1	

Βήμα 9°: Μητρώο τελικών συντελεστών ισοδύναμου μήκους για διαφορετικούς συντελεστές δόμησης ίδιας χρήσης.

Για την περίπτωση διαφορετικών συντελεστών δόμησης $\kappa=1, 2, \dots, m$ που υπάγονται στην ίδια χρήση π.χ. μόνιμοι κάτοικοι, υπολογίζονται οι τελικοί συντελεστές ισοδύναμου μήκους

$$\varphi_{i,j} = \sum_{\kappa=1}^m (a_{i,j,\kappa} \cdot \sigma_{\kappa})$$

όπου σ_{κ} είναι ο συντελεστής δόμησης που αφορά το μητρώο συντελεστών ισοδύναμου μήκους κ ($\kappa=1, 2, \dots, m$) και $a_{i,j,\kappa}$ είναι ο συντελεστής που βρίσκεται στη θέση (i,j) του μητρώου.

Π.χ. για τους κλάδους K4-K5, K5-K6 και K5-K8 έχουμε:

$$\varphi_{K4,K5} = 0,7 \cdot 1 + 1,4 \cdot 0 = 0,7$$

$$\varphi_{K5,K6} = 0,7 \cdot 0 + 1,4 \cdot 1 = 1,4$$

$$\varphi_{K5,K8} = 0,7 \cdot 1 + 1,4 \cdot 1 = 2,1$$

Πίνακας: Μητρώο τελικών συντελεστών ισοδύναμου μήκους για μόνιμους κατοίκους

	Δ1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
Δ1		0									
K2	0		0								
K3		0		0.7					0.7		
K4			0.7		0.7						
K5				0.7		1.4		2.1			
K6					1.4		1.4			0	
K7						1.4		0			
K8					2.1		0		1.4		
K9			0.7					1.4			
K10						0					0
K11										0	

Βήμα 10°: Μητρώο ισοδύναμου μήκους για κάθε χρήση

Για κάθε χρήση υπολογίζεται το μητρώο ισοδύναμου μήκους κλάδων. Αυτό προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό των στοιχείων του μητρώου συντελεστών ισοδύναμου μήκους της χρήσης και του μητρώου του πραγματικού μήκους.

Πίνακας: Μητρώο ισοδύναμου μήκους **μόνιμων κατοίκων**

	Δ1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
Δ1		0									
K2	0		0								
K3		0		35					70		
K4			35		35						
K5				35		140		210			
K6					140		140			0	
K7						140		0			
K8					210		0		140		
K9			70					140			
K10						0					0
K11										0	

Υπολογίζεται το σύνολο = 1540

Πίνακας: Μητρώο ισοδύναμου μήκους **παραθεριστών**

	Δ1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
Δ1		0									
K2	0		0								
K3		0		0					0		
K4			0		0						
K5				0		100		100			
K6					100		100			0	
K7						100		200			
K8					100		200		0		
K9			0					0			
K10						0					0
K11										0	

Υπολογίζεται το σύνολο = 1000

Πίνακας: Μητρώο ισοδύναμου μήκους **τουριστών**

	Δ1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
Δ1		0									
K2	0		0								
K3		0		0					0		
K4			0		0						
K5				0		0		0			
K6					0		0			50	
K7						0		0			
K8					0		0		0		
K9			0					0			
K10						50					50
K11										50	

Υπολογίζεται το σύνολο = 200

Βήμα 11°: Μητρώο συντελεστών κατανομής παροχής σχεδιασμού $Q_{\max, \omega\rho}$ στους κόμβους

Σύμφωνα με την μέθοδο των ισοδύναμων μηκών επιρροής, για κάθε χρήση x (x = μόνιμοι κάτοικοι, παραθεριστές, τουρίστες κλπ.), υπολογίζονται οι συντελεστές κατανομής $T_j^{(x)}$ της μέγιστης ωριαίας παροχής $Q_{\max, \omega\rho}^{(x)}$ της χρήσης, στους κόμβους $j=1,2,\dots,n$ του δικτύου:

$$T_j^{(x)} = \frac{\sum_{i=1}^n L_{eq}^{(x)}(i, j)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n L_{eq}^{(x)}(i, j)}$$

όπου $L_{eq}^{(x)}(i, j)$ είναι το ισοδύναμο μήκος του υπολογιστικού μέλους (i, j) για χρήση x .

Π.χ. για κόμβο Κ3 για χρήση μόνιμων κατοίκων

$$T_3^{(\text{μόνιμων κατοίκων})} = \frac{35 + 70}{1540}$$

Πίνακας: Μητρώο συντελεστών κατανομής παροχής σχεδιασμού $Q_{\max, \omega\rho}$ στους κόμβους

	Μόνιμοι Κάτοικοι	Παραθεριστές	Τουρίστες	Μόνιμοι Κάτοικοι	Παραθεριστές	Τουρίστες
Δ1	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
Κ2	0	0	0	0,0000	0,0000	0,0000
Κ3	105	0	0	0,0682	0,0000	0,0000
Κ4	70	0	0	0,0455	0,0000	0,0000
Κ5	385	200	0	0,2500	0,2000	0,0000
Κ6	280	200	50	0,1818	0,2000	0,2500
Κ7	140	300	0	0,0909	0,3000	0,0000
Κ8	350	300	0	0,2273	0,3000	0,0000
Κ9	210	0	0	0,1364	0,0000	0,0000
Κ10	0	0	100	0,0000	0,0000	0,5000
Κ11	0	0	50	0,0000	0,0000	0,2500
Σύνολο	1540	1000	200	1	1	1

Βήμα 12º: Κανονική λειτουργία δικτύου

Για τα σενάρια σχεδιασμού και ελέγχου (χωρίς πυρόσβεση), υπολογίζονται οι παροχές στους κόμβους από κάθε χρήση x , με πολλαπλασιασμό της $Q_{max,\omega\rho}^{(x)}$ της εκάστοτε χρήσης, με τους συντελεστές παροχών.

Αν υπάρχουν ειδικοί καταναλωτές (π.χ. βιομηχανία, βιοτεχνία κλπ.) οι παροχές τους τοποθετούνται στους αντίστοιχους κόμβους.

Η παροχή του κάθε κόμβου προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους παροχών των χρήσεων.

Πίνακας: Παροχές κόμβων (l/s) για κανονική λειτουργία δικτύου σύμφωνα με το θερινό και χειμερινό σενάριο.

	Μόνιμοι Κάτοικοι	Παραθεριστές	Τουρίστες	Σύνολο επικόμβιο
$Q_{max,\omega\rho}$ Θερινό	10	5	5	
Δ1	0,00	0,00	0,00	0,00
K2	0,00	0,00	0,00	0,00
K3	0,68	0,00	0,00	0,68
K4	0,45	0,00	0,00	0,45
K5	2,50	1,00	0,00	3,50
K6	1,82	1,00	1,25	4,07
K7	0,91	1,50	0,00	2,41
K8	2,27	1,50	0,00	3,77
K9	1,36	0,00	0,00	1,36
K10	0,00	0,00	2,50	2,50
K11	0,00	0,00	1,25	1,25
Σύνολο	10,00	5,00	5,00	20,00

	Μόνιμοι Κάτοικοι	Παραθεριστές	Τουρίστες	Σύνολο επικόμβιο
$Q_{max,\omega\rho}$ Χειμερινό	10	0	0	
Δ1	0,00	0,00	0,00	0,00
K2	0,00	0,00	0,00	0,00
K3	0,68	0,00	0,00	0,68
K4	0,45	0,00	0,00	0,45
K5	2,50	0,00	0,00	2,50
K6	1,82	0,00	0,00	1,82
K7	0,91	0,00	0,00	0,91
K8	2,27	0,00	0,00	2,27
K9	1,36	0,00	0,00	1,36
K10	0,00	0,00	0,00	0,00
K11	0,00	0,00	0,00	0,00
Σύνολο	10,0	0,00	0,00	10,0

Βήμα 13º:

Για τα σενάρια σχεδιασμού και ελέγχου, επιλέγονται οι θέσεις των κρουνών που πρόκειται να λειτουργήσουν ταυτόχρονα. Προτεραιότητα δίνουν σε κρουνοί που είναι:

- Απομακρυσμένοι από τη δεξαμενή (λόγω αυξημένων γραμμικών απωλειών)
- Κοντινοί (διότι φορτίζουν τους κοντινούς κλάδους του δικτύου με μεγάλες παροχές)
- Σε υψηλά σημεία
- Σε ακτινωτές απολήξεις (διότι η παροχή πυρόσβεσης περνά από ένα και μόνο κλάδο του δικτύου)
- Κοντά σε μεγάλους και ειδικούς καταναλωτές.

Στο παρόν παράδειγμα υπάρχουν μόνο δύο κρουνοί και για αυτό το λόγο εξετάζεται η περίπτωση για ταυτόχρονη λειτουργία και των δύο. Σε περίπτωση που υπήρχαν $n > 2$ κρουνοί τότε θα έπρεπε να εξεταστούν σενάρια λειτουργίας ο αριθμός των οποίων θα είναι:

$$\binom{n}{2} = \frac{n!}{(n-2)! \cdot 2!} \text{ σενάρια}$$

Πίνακας: Τελικές παροχές κόμβων (l/s) για κανονική λειτουργία δικτύου σύμφωνα με το θερινό και χειμερινό σενάριο (με σενάριο πυρόσβεσης).

	Μόνιμοι Κάτοικοι	Παραθεριστές	Τουρίστες	Πυρόσβεση	Σύνολο επικόμβιο
Q _{max,ωρ} Θερινό	10	5	5	10	
Δ1	0,00	0,00	0,00	0	0,00
K2	0,00	0,00	0,00	0	0,00
K3	0,68	0,00	0,00	0	0,68
K4	0,45	0,00	0,00	5	5,45
K5	2,50	1,00	0,00	0	3,50
K6	1,82	1,00	1,25	0	4,07
K7	0,91	1,50	0,00	0	2,41
K8	2,27	1,50	0,00	0	3,77
K9	1,36	0,00	0,00	0	1,36
K10	0,00	0,00	2,50	5	7,50
K11	0,00	0,00	1,25	0	1,25
Σύνολο	10,0 0	5,00	5,00	10	20,00

	Μόνιμοι Κάτοικοι	Παραθεριστές	Τουρίστες	Πυρόσβεση	Σύνολο επικόμβιο
Q _{max,ωρ} Χειμερινό	10	0	0	10	
Δ1	0,00	0,00	0,00	0	0,00
K2	0,00	0,00	0,00	0	0,00
K3	0,68	0,00	0,00	0	0,68
K4	0,45	0,00	0,00	5	5,45
K5	2,50	0,00	0,00	0	2,50
K6	1,82	0,00	0,00	0	1,82
K7	0,91	0,00	0,00	0	0,91
K8	2,27	0,00	0,00	0	2,27
K9	1,36	0,00	0,00	0	1,36
K10	0,00	0,00	0,00	5	5,00
K11	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Σύνολο	10,0	0,00	0,00	10	10,0

Βήμα 14^ο: Έλεγχος μεγίστων πιέσεων

Το ύψος πίεσεως στους κόμβους του δικτύου δε θα πρέπει να υπερβαίνει τα 60-70m διότι δημιουργούνται προβλήματα στα εσωτερικά δίκτυα των σπιτιών.

Ο έλεγχος πιέσεων γίνεται πάντα με την ανώτατη στάθμη (Α.Σ.) της δεξαμενής ρύθμισης και απουσία ροής

$$\max\left(P^{(i)}/\gamma\right) = A.S. - Z_i$$

όπου Z_i είναι το υψόμετρο εδάφους στον κόμβο i .

Η ανώτατη πίεση είναι 64,5m αφού η ανώτατη στάθμη στη δεξαμενή είναι 4,5m.

Σε περίπτωση πιέσεων > 70m τότε γίνεται χωρισμός του οικισμού σε ζώνες διαχείρισης πιέσεων σύμφωνα με αντίστοιχες λύσεις, βλ. βιβλίο (Στοιχεία Σχεδιασμού Έργων Ύδρευσης και Αποχέτευσης, Λαγγούσης και Φουρνιώτης) σελ. 146.

Πίνακας: Έλεγχος πιέσεων

Κόμβος	Υψόμετρο εδάφους (m)	max (ρ/γ) (m)	έλεγχος
Δ1	60	4.5	OK
K2	50	14.5	OK
K3	30	34.5	OK
K4	20	44.5	OK
K5	10	54.5	OK
K6	0	64.5	OK
K7	0	64.5	OK
K8	10	54.5	OK
K9	30	34.5	OK
K10	0	64.5	OK
K11	4	60.5	OK