



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΩΝ
ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΟΙΚΙΣΜΩΝ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Γ. ΤΣΑΚΙΡΗΣ

ΕΚΠΟΝΗΣΗ : ΚΑΡΚΑΤΣΟΥΛΗ ΕΛΕΝΗ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	σελ.3
ABSTRACT.....	σελ.4
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	σελ.5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΔΙΚΤΥΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ	
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ.....	σελ.6
1.2 ΔΟΜΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ.....	σελ.6
1.3 ΕΙΔΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ.....	σελ.7
1.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ.....	σελ.9
1.5 ΚΛΕΙΣΤΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ.....	σελ.10
1.6 ΒΑΣΙΚΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ.....	σελ.11
1.7 ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ.....	σελ.16
1.7.1 ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΩΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ.....	σελ.16
1.7.2 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....	σελ.17
1.7.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....	σελ.18
1.7.4 ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....	σελ.18
1.7.5 ΒΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....	σελ.19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ	
2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ.....	σελ.21
2.2 ΟΙ ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ.....	σελ.21
2.3 ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ.....	σελ.23
2.4 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ.....	σελ.27
2.5 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ.....	σελ.30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΡΑΝΕΤ	
3.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΡΑΝΕΤ.....	σελ.33
3.2 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΡΑΝΕΤ.....	σελ.33
3.2.1 ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	σελ.33
3.2.2 ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	σελ.34

3.3	ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΣΤΟ ΕΡΑΝΕΤ.....σελ.34
3.4	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΡΑΝΕΤ.....σελ.36
3.5	ΧΩΡΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΡΑΝΕΤ.....σελ.39
3.6	ΒΗΜΑΤΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΣΩ ΕΡΑΝΕΤ.....σελ.41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΕΠΙΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΡΑΝΕΤ	
4.1	ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....σελ.45
4.2	ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΡΑΝΕΤ.....σελ.47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΜΑΝΔΡΑΚΙΟΥ ΤΗΣ ΝΙΣΥΡΟΥ	
5.1	ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΝΙΣΥΡΟΥ.....σελ.52
5.2	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ.....σελ.56
5.3	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΜΑΝΔΡΑΚΙΟΥ.....σελ.58
5.4	ΕΠΙΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΡΑΝΕΤ.....σελ.61
5.4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....σελ.61
5.4.2	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ.....σελ.62
5.4.3	ΕΠΙΛΥΣΗ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΧΡΟΝΟΥ.....σελ.76
5.4.4	ΕΠΙΛΥΣΗ ΧΡΟΝΙΚΑ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....σελ.96
5.5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....σελ.105
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....σελ.109	
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....σελ.110	

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Προϋπόθεση για την εύρυθμη λειτουργία ενός δικτύου ύδρευσης είναι η εξασφάλιση επαρκούς ποσότητας και ποιότητας νερού για την κάλυψη της κατανάλωσης, μέσα σε αποδεκτά όρια πίεσης. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορα υπολογιστικά πακέτα ανάλυσης δικτύων, τα οποία βάση των μαθηματικών μοντέλων που αυτά υποστηρίζουν, υποβοηθούν τον μελετητή που σχεδιάζει ή την υπηρεσία που διαχειρίζεται ένα δίκτυο ύδρευσης για την λήψη ορθολογικών αποφάσεων, από τεχνική και οικονομική άποψη. Σε αντίθεση με τις κλασικές μεθόδους επίλυσης δικτύων ύδρευσης, τα υπολογιστικά αυτά πακέτα μπορούν να επιλύσουν μέσα σε μόλις μερικά δευτερόλεπτα δίκτυα δεκάδων χιλιάδων αγωγών. Τα προγράμματα αυτά ουσιαστικά πραγματοποιούν μια μαθηματική περιγραφή ενός δικτύου διανομής, η οποία επιτυγχάνεται με μετασχηματισμό του φυσικού συστήματος σε ένα εννοιολογικό μοντέλο, βάσει του οποίου το σύνολο των συνιστωσών του δικτύου αναπαρίσταται υπό μορφή ιδεατών κόμβων και κλάδων. Πέρα όμως από τις δυνατότητές τους, η ερμηνεία των αποτελεσμάτων των μοντέλων, όπως και η θέσπιση των κριτηρίων επιλογής, υπόκεινται στην ανθρώπινη κρίση και εμπειρία.

Θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αποτελεί η χρήση μοντέλων για την επίλυση κυκλοφοριακών δικτύων ύδρευσης οικισμών. Πιο συγκεκριμένα, έγινε χρήση του λογισμικού προγράμματος EPANET, το οποίο επιλύει και προσομοιώνει τη χρονική διακύμανση των υδραυλικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών της ροής σε δίκτυα διανομής υπό πίεση κάθε μεγέθους και οποιασδήποτε τοπολογίας. Εφαρμογή της παρούσας εργασίας, αποτέλεσε η χρήση του EPANET για την επίλυση τόσο σταθερής κατάστασης όσο και χρονικά μεταβαλλόμενης κατάστασης, του δικτύου ύδρευσης του οικισμού του Μανδρακίου της Νισύρου. Το υπό μελέτη δίκτυο, επιλύθηκε υπό συνθήκες μέγιστης κατανάλωσης, γεγονός που αποτελεί τη δυσμενέστερη κατάσταση λειτουργίας για κάθε δίκτυο διανομής νερού.

Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη περιγραφή των δικτύων ύδρευσης. Περιγράφεται η δομή των δικτύων ύδρευσης, οι λειτουργικές τους απαιτήσεις και γίνεται και μια σύντομη περιγραφή κάποιων βασικών υδραυλικών μεγεθών. Επίσης γίνεται αναφορά στα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση και επίλυση των δικτύων ύδρευσης. Το δεύτερο κεφάλαιο αφορά την κατανάλωση νερού. Πιο συγκεκριμένα γίνεται μια σύντομη περιγραφή των υδατικών χρήσεων, περιγράφεται η μονάδα μέτρησης της κατανάλωσης καθώς επίσης και η διακύμανση της κατανάλωσης. Τέλος περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο η διακύμανση της κατανάλωσης εκφράζεται μέσω των λογισμικών προγραμμάτων. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη περιγραφή του λογισμικού προγράμματος EPANET και στο τέταρτο κεφάλαιο επιλύεται, ως παράδειγμα, ένα κλειστό δίκτυο ύδρευσης με χρήση του λογισμικού προγράμματος EPANET. Το πέμπτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την εφαρμογή της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Πραγματοποιείται επίλυση του δικτύου ύδρευσης του οικισμού Μανδρακίου της Νισύρου, υπό συνθήκες μέγιστης κατανάλωσης, μέσω του λογισμικού προγράμματος EPANET και παρουσιάζονται όλα τα αποτελέσματα που εξήγαγε το πρόγραμμα και παρατίθενται επίσης κάποια συμπεράσματα που προέκυψαν από την επίλυση του δικτύου. Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο παρατίθενται κάποια γενικά συμπεράσματα που αφορούν το λογισμικό πρόγραμμα EPANET.

ABSTRACT

The basic condition for the operation of a water distribution system is the guarantee of sufficient quantity and quality of water for consumption, into the acceptable limits of pressure. In the contrary to the classic methods of resolution of water networks, the new software that have been developed over the last years, can solve quickly and accurately networks that consist of thousands links. These computer programs substantially realise a mathematic description of network of distribution, which is achieved with transformation of the natural system into a conceptual model, into which the components of a water network are represented as ideal nodes and links.

The subject of this particular diploma thesis is the use of models for the resolution of looped water distribution systems. More specifically, the software used to resolve the water networks in this diploma thesis is EPANET.

The first chapter contains a short description of water distribution systems, their functional requirements and the basics hydraulics. There is also a report about the use of models for the simulation and resolution of water supply networks. The second chapter covers the subject of consumption of water in water distribution systems. The third chapter discusses about the computer software EPANET and in the fourth chapter is solved, as example, a looped water network with use of EPANET. The fifth chapter contains the insertion of a real-world water distribution system in EPANET, which is the water distribution system of Mandraki of the island Nisiros, under conditions of maximum daily consumption. The results of the analysis are presented in maps and tables. Finally, the sixth chapter discusses about the general conclusions that concern the software EPANET.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το Νοέμβριο του 2007 και ύστερα από συνεννόηση με τον Καθηγητή κ. Γ. Τσακίρη, ανατέθηκαν τρεις διπλωματικές εργασίας με γενικό θέμα τη μελέτη της υπάρχουσας κατάστασης του δικτύου ύδρευσης του οικισμού Μανδρακίου της Νισύρου. Η πρώτη διπλωματική εργασία, η οποία ανατέθηκε σε μένα, είχε ως θέμα “Χρήση Μοντέλων Επίλυσης Κυκλοφοριακών Δικτύων Ύδρευσης Οικισμών”. Η δεύτερη διπλωματική εργασία ανατέθηκε στο φοιτητή Γ. Βαφειάδη με θέμα “Μέθοδοι Επίλυσης Κλειστών Δικτύων Ύδρευσης Οικισμών” και η τρίτη ανατέθηκε στο φοιτητή Α. Ζώταλη με θέμα “Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών σε Δίκτυα Ύδρευσης Οικισμών”. Για την εκπόνηση των παραπάνω διπλωματικών εργασιών και με απώτερο σκοπό τη συλλογή όλων των απαραίτητων στοιχείων για το δίκτυο ύδρευσης του οικισμού Μανδρακίου της Νισύρου, κρίθηκε απαραίτητη η επίσκεψή μας στη Νίσυρο, η οποία πραγματοποιήθηκε στις 05/06/08. Και οι τρεις διπλωματικές εργασίες εκπονήθηκαν στο Εργαστήριο Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων του Τομέα των Υδατικών Πόρων του Ε.Μ.Π., υπό την επίβλεψη του Καθηγητή Γ. Τσακίρη.

Όσον αφορά τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην περάτωσή της. Ειδικότερα ευχαριστώ τον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Γ. Τσακίρη για την υπόδειξη του θέματος καθώς και για την πολύτιμη καθοδήγησή του, καθ’ όλη τη διάρκεια της εκπόνησης και της συγγραφής της εργασίας αυτής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Λέκτορα Γ. Πανταζή του Ε.Μ.Π., για την πολύτιμη βοήθεια του στη συλλογή όλων των απαραίτητων, για το δίκτυο ύδρευσης του οικισμού Μανδρακίου της Νισύρου, στοιχείων αλλά και για τη βοήθεια του στην οργάνωση της επίσκεψής μας στη Νίσυρο.

Όσον αφορά την επίσκεψή μας στη Νίσυρο, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Δήμαρχο της Νισύρου κ. Ν. Καρακωνσταντίνου για την πολύτιμη βοήθεια του αλλά και τους υπαλλήλους της Δ.Ε.Υ.Α. Νισύρου, για τη βοήθεια τους στην εύρεση όλων των απαραίτητων, για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, στοιχείων.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στους συνεργάτες και φίλους μου Αντώνη και Γρηγόρη τόσο για την συνεργασία, όσο και για την πολύτιμη υποστήριξη που μου προσέφεραν όλο αυτό το διάστημα.

Τέλος, ευχαριστώ ιδιαίτερα τους γονείς μου, για την αγάπη, τη συμπαράσταση και τη θερμή τους στήριξη, ηθική και οικονομική, όλα αυτά τα χρόνια., αλλά και όλους τους φίλους μου, για τις όμορφες στιγμές που ζήσαμε κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΔΙΚΤΥΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Κάθε δίκτυο ύδρευσης αποτελεί ένα σύστημα αγωγών υπό πίεση, που παραλαμβάνει νερό από ολιγάριθμες πηγές (σημεία εισόδου) και το οδηγεί προς πολλαπλά σημεία προορισμού (σημεία εξόδου ή καταναλωτές). Ουσιαστικά διανέμει το επεξεργασμένο (καθαρό) νερό από τις δεξαμενές σε πολλαπλά σημεία προορισμού (καταναλωτές) μιας αστικής περιοχής (Κουτσογιάννης Δ., 2006).

1.2 ΔΟΜΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Κάθε δίκτυο ύδρευσης μπορεί να χωριστεί σε δύο μέρη:

1. Το εξωτερικό υδραγωγείο
2. Το εσωτερικό υδραγωγείο

Εξωτερικό υδραγωγείο

Το εξωτερικό υδραγωγείο είναι η διάταξη έργων μεταφοράς νερού από την υδροληψία στη δεξαμενή ρύθμισης, αποθήκευσης του οικισμού. Το εξωτερικό υδραγωγείο μπορεί να αποτελείται από:

- Ανοικτούς αγωγούς βαρύτητας
- Κλειστούς αγωγούς υπό πίεση. Οι υπό πίεση αγωγοί μπορεί να είναι είτε βαρύτητας είτε να είναι αγωγοί κατάθλιψης, δηλαδή να υποβοηθούνται από αντλητικό συγκρότημα.
- Κλειστούς αγωγούς που λειτουργούν όμως σαν αγωγοί ελευθέρως επιφάνειας.

Εσωτερικό υδραγωγείο

Το εσωτερικό υδραγωγείο είναι το σύστημα διανομής ύδατος και περιλαμβάνει το άθροισμα των αγωγών που μεταφέρουν το νερό από τη δεξαμενή αποθήκευσης σε κάθε σημείο της υδροδοτούμενης περιοχής. Εκτός από το δίκτυο των αγωγών περιλαμβάνει και όλα τα υπόλοιπα έργα διανομής κατάντη της δεξαμενής αποθήκευσης του νερού, όπως τις αντλίες, τις δικλείδες, τους ρυθμιστές πίεσης κ.τ.λ. Δύο είναι οι βασικές απαιτήσεις για το εσωτερικό υδραγωγείο, οι οποίες αναλύονται ποσοτικά στην ενότητα που αναλύονται οι λειτουργικές απαιτήσεις των δικτύων ύδρευσης.:

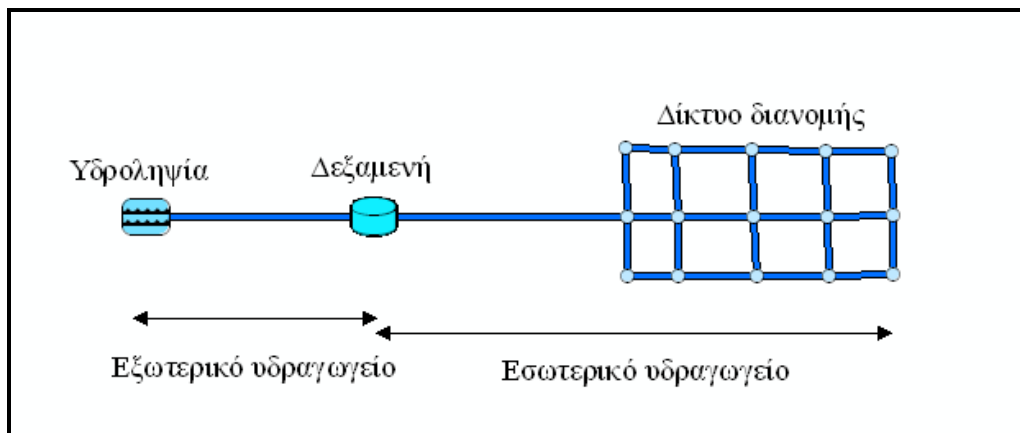
1. Η εξασφάλιση της απαιτούμενης παροχής σε κάθε σημείο του δικτύου με ικανοποιητική ταχύτητα.

2. Η διατήρηση της πίεσης (ύψος πίεσης) εντός των αποδεκτών ορίων.

Όσον αφορά τη δεξαμενή ρύθμισης ή αποθήκευσης είναι αυτή που οριοθετεί τα τμήματα του υδραγωγείου και για την διαστασιολόγησή της χρειάζονται πληροφορίες τόσο από το εσωτερικό όσο και από το εξωτερικό υδραγωγείο. Συνήθως η δεξαμενή ρύθμισης έχει εικοσιτετράωρη βάση λειτουργίας και πληρεί τις δύο παρακάτω λειτουργίες:

- Την εξίσωση παροχών και καταναλώσεως ανακουφίζοντας την παροχή σχεδιασμού για το εξωτερικό υδραγωγείο.
- Την εξασφάλιση αποθηκευμένου νερού για την περίπτωση βλάβης ή πυρκαγιάς.

Έτσι η παροχή σχεδιασμού για το εξωτερικό υδραγωγείο είναι η μέγιστη ημερήσια , ενώ η παροχή σχεδιασμού για το εσωτερικό υδραγωγείο είναι η μέγιστη ωριαία. Προφανώς η δεξαμενή ρύθμισης θα πρέπει μέσα στο εικοσιτετράωρο (αν η δεξαμενή ρύθμισης έχει εικοσιτετράωρη βάση λειτουργίας) να έχει τέτοιο όγκο (όγκος ρυθμίσεως) ώστε να μπορεί να αποδώσει τις παροχές αιχμής για τον οικισμό για σταθερή εισροή από το εξωτερικό υδραγωγείο.



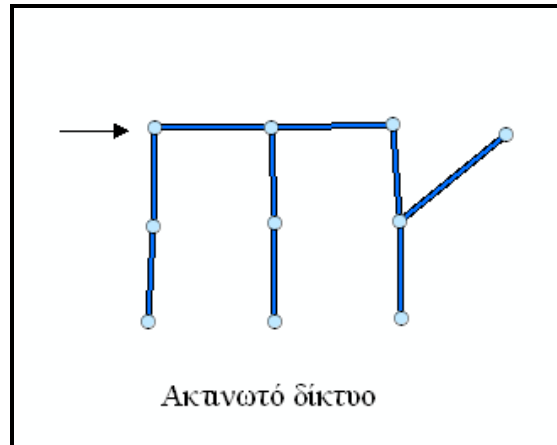
Σχήμα 1.1: Δομή δικτύων ύδρευσης.

1.3 ΕΙΔΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Τα δίκτυα ύδρευσης, ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο έχουν τοποθετηθεί οι αγωγοί τους, χωρίζονται σε ακτινωτά και βροχωτά ή κλειστά δίκτυα ύδρευσης.

Ακτινωτά δίκτυα ύδρευσης

Ακτινωτά δίκτυα ύδρευσης είναι τα δίκτυα τα οποία υδροδοτούνται από ένα μοναδικό σημείο (κεφαλή), στο οποίο δεν σχηματίζονται κλειστές διαδρομές αγωγών (βρόχοι). Κάθε σημείο εξόδου τροφοδοτείται μέσω μιας μοναδικής διαδρομής. Ουσιαστικά είναι τα δίκτυα στα οποία υπάρχει ένας κεντρικός αγωγός μεταφοράς και δευτερεύοντες αγωγοί ή τριτεύοντες που καταλήγουν στον κεντρικό αγωγό. Σε καμία περίπτωση δε σχηματίζεται βρόχος.

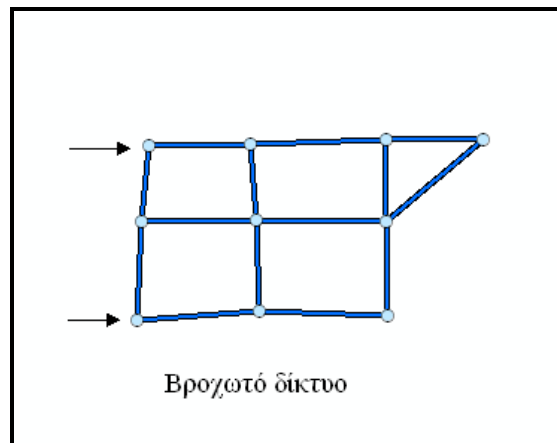


Σχήμα 1.2: Ακτινωτό δίκτυο ύδρευσης.

Το βασικό πλεονεκτήματα από τη χρήση ακτινωτών δικτύων ύδρευσης είναι η ελαχιστοποίηση του μήκους του δικτύου, και συνεπώς ελαχιστοποίηση του κόστους των αγωγών. Τα βασικά μειονεκτήματά τους είναι ότι παρουσιάζουν αυξημένες ενεργειακές απώλειες, ότι σε περίπτωση βλάβης απαιτείται απομόνωση των κατάντη κλάδων του δικτύου και επίσης απαιτούν έργα προστασίας έναντι υδραυλικού πλήγματος.

Κλειστά δίκτυα ύδρευσης

Τα βροχωτά ή κλειστά δίκτυα ύδρευσης, είναι δίκτυα τα οποία τροφοδοτούνται από ένα ή περισσότερα σημεία, στα οποία σχηματίζονται κλειστές διαδρομές αγωγών. Σε κάθε σημείο οδηγούν άνω της μίας διαδρομές, με αφετηρία μια από τις κεφαλές του δικτύου.



Σχήμα 1.3: Κλειστό (βροχωτό) δίκτυο ύδρευσης.

Τα κλειστά δίκτυα ύδρευσης παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των ακτινωτών δικτύων. Με τα κλειστά δίκτυα επιτυγχάνεται καλύτερη κυκλοφορία του νερού και αποφεύγεται ο κίνδυνος να υπάρχει κακής ποιότητας νερό από τη μη κυκλοφορία του νερού σε απόμακρα τμήματα των οικισμών, όπως ισχύει με τα ακτινωτά δίκτυα. Επίσης παρατηρούνται μειωμένες ενεργειακές απώλειες και δεν ακυρώνουν τη λειτουργία της υδροδότησης των κατάντη κλάδων του δικτύου αν παρουσιαστεί μια βλάβη, εφόσον υπάρχουν εναλλακτικές δυνατότητες για την κίνηση του νερού. Παρόλα αυτά στα κλειστά δίκτυα, σε αντίθεση με τα ακτινωτά,

παρουσιάζεται σημαντική αύξηση του μήκους του δικτύου, γεγονός που οδηγεί στην αύξηση του κόστους κατασκευής. Το μειονέκτημά τους αυτό αντισταθμίζεται εν μέρει από τη χρήση μικρότερων διαμέτρων. Τέλος, τα κλειστά δίκτυα ύδρευσης παρουσιάζουν μεγαλύτερη δυσκολία στην εποπτεία και διαχείριση.

1.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

- Εξασφάλιση της απαιτούμενης παροχής σε κάθε σημείο του δικτύου με ικανοποιητική ταχύτητα. Για τα εσωτερικά δίκτυα ύδρευσης η ταχύτητα του νερού θα πρέπει να κυμαίνεται κατά το δυνατόν στο παρακάτω όριο: 0.5 – 1.5 m/s. Για τα κλειστά δίκτυα ύδρευσης, υπάρχει μεγαλύτερη ελαστικότητα στα όρια για την ταχύτητα εφόσον στα κλειστά δίκτυα επιτυγχάνεται κυκλοφορία του νερού.
- Διατήρηση της πίεσης (ύψους πίεσης) εντός των αποδεκτών ορίων. Η απαιτούμενη πίεση στους αγωγούς εξαρτάται από το ύψος των κτιρίων που εξυπηρετούνται από το δίκτυο (εξαιρούνται ορισμένα υψηλά κτίρια που υποστηρίζονται από αυτόνομο αντλητικό σύστημα), την κατανάλωση νερού στις οικιακές συσκευές και τις ενεργειακές απώλειες στις υδραυλικές εγκαταστάσεις των κτιρίων. Σε συνθήκες έκτακτης λειτουργίας (πυρκαγιά), η απαιτούμενη πίεση εξαρτάται και από την κατανάλωση των πυροσβεστικών κρουνών. Συνεπώς, απαιτούνται για κάθε κόμβο η ύπαρξη ελαχίστων πιέσεων. Αυτές είναι:

Μονώροφα: 12 – 15m

Διώροφα: 16 – 17m

Τριώροφα: 20 – 23m

Γενικά: $p_0 = 4(n + 1)$, όπου n ο αριθμός των ορόφων (Τσακίρης Γ., 2005).

Δηλαδή για πολυώροφα κτίρια θεωρείται μέσο ύψος ορόφου 4m και θεωρούνται απαραίτητα άλλα 4m για να επαρκεί το ύψος πίεσης.

Η ανεπαρκής πίεση σε μία περιοχή του δικτύου αντιμετωπίζεται με:

1. Αύξηση του υψομέτρου τοποθέτησης της δεξαμενής (όχι πάντα εφικτό).
2. Αντικατάσταση των κρίσιμων κλάδων ανάντη από αγωγούς μεγαλύτερης διαμέτρου (εναλλακτικά, τοποθέτηση παράλληλων ανακουφιστικών αγωγών).
3. Τοποθέτηση αντλιών (μόνο αν έχουν εξαντληθεί άλλες εναλλακτικές λύσεις).

Εξαιτίας της τοπογραφίας, στα πολύ υψηλά σημεία του δικτύου που βρίσκονται κοντά στις δεξαμενές, είναι ορισμένες φορές αναπόφευκτο η τιμή της πίεσης να είναι μικρότερη της επιθυμητής. Στην περίπτωση αυτή δε θεωρείται γενική αστοχία του δικτύου, αν οι πιέσεις των υπόλοιπων κόμβων κυμαίνονται στα επιτρεπτά όρια. Στην πράξη, ζητούμενο του σχεδιασμού είναι η λειτουργία του δικτύου σε ένα μικρό, σχετικά, εύρος πιέσεων, της τάξης των 20 – 30m.

- Περιορισμός των μέγιστων πιέσεων. Ο περιορισμός αυτός απαιτείται για την προστασία των εξαρτημάτων του δικτύου, των υδραυλικών εγκαταστάσεων των κτιρίων και των οικιακών συσκευών. Η στατική διαφορά πίεσης (ακίνητο νερό) μεταξύ της δεξαμενής (ανώτατη στάθμη λειτουργίας) και του χαμηλότερου σημείου δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 60m.
- Προστασία από υδραυλικό πλήγμα. Στην περίπτωση απότομης εκκίνησης ή διακοπής της ροής, υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης εξαιρετικά μεγάλων υποπιέσεων και υπερπιέσεων, που προκαλούν μεγάλες φθορές στο δίκτυο. Κίνδυνο πλήγματος αντιμετωπίζουν και 'εξοχόν τμήματα που καταλήγουν σε τυφλό άκρο (ακτινωτά). Συνεπώς, η βροχωτή διάταξη των αγωγών, πέρα από λόγους ασφαλείας έναντι βλάβης, επιδιώκεται και για την αποφυγή υδραυλικών πληγμάτων. Η πίεση λοιπόν που θα πρέπει να αντέχουν οι αγωγοί, αυξάνει στα 100m προκειμένου να προβλεφθούν και οι υπερπιέσεις λόγω του υδραυλικού πλήγματος. Οπότε για την ύδρευση επιλέγονται αγωγοί αντοχής 10atm. Τέλος, σε κάθε περίπτωση επιλέγονται διάμετροι μεγαλύτερες ή ίσες 90mm.

1.5 ΚΛΕΙΣΤΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ

Τα βασικά προβλήματα που εμφανίζονται στην περίπτωση κλειστών αγωγών υπό πίεση βαρύτητας, δηλαδή αγωγών που η κίνηση του νερού οφείλεται στην υψομετρική διαφορά, είναι τα παρακάτω:

- Πρόβλημα υποπιέσεων (σπηλαιώση).
- Πρόβλημα μεγάλων πιέσεων λόγω έντονου ανάγλυφου.

Εξαιτίας των παραπάνω προβλημάτων, είναι απαραίτητη η ορθή χάραξη του δικτύου με βάση το ανάγλυφο της περιοχής. Σημαντική επίσης είναι και η τοποθέτηση κατάλληλων δικλίδων αλλά και η ορθή επιλογή των διαμέτρων των αγωγών. Οι σημαντικότερες δικλίδες που γενικά τοποθετούνται στα δίκτυα είναι:

- Δικλίδες ρύθμισης της παροχής. Τοποθετούνται πριν και μετά από δεξαμενές.



Εικόνα 1.1: Δικλείδα ρύθμισης της παροχής (βάννα).

- Δικλείδες αντεπιστροφής, ειδικά σε καταθλιπτικούς αγωγούς για να αποτρέψουν τη ροή σε αντίστροφη κατεύθυνση.
- Εκκενωτές, για την εκκένωση του δικτύου τοποθετούνται στα χαμηλότερα σημεία του δικτύου.
- Αερεξαγωγοί, απελευθερώνουν τον αέρα που βρίσκεται στους αγωγούς ωστόσο σε περίπτωση πλήγματος εισάγουν αέρα και τοποθετούνται στα υψηλότερα σημεία του δικτύου.



Εικόνα 1.2: Διατομή αερεξαγωγού.

- Μειωτές πίεσης.
- Πιεζοθραυστικά φρεάτια.

Βασική αρχή για τους αγωγούς υπό πίεση που λειτουργούν με βαρύτητα είναι ότι θα πρέπει το νερό να φθάνει στην δεξαμενή με επαρκές πιεζομετρικό φορτίο. Από την άλλη πλευρά, είναι εξίσου ανεπιθύμητο αν το νερό καταλήγει στην δεξαμενή με μεγάλο πιεζομετρικό φορτίο. Συνεπώς η διάταξη των βαλβίδων και η επιλογή των διαμέτρων θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε το νερό να καταλήγει ενεργειακά περίπου στην επιφάνεια της δεξαμενής. Σε περίπτωση μεγάλων υψομετρικών διαφορών τοποθετούνται μειωτές πίεσης ή πιεζοθραυστικά φρεάτια. Σε κάθε περίπτωση η στατική πίεση πρέπει να είναι μικρότερη των 70m με δεδομένο εξωτερικό υδραγωγείο με αγωγούς 10atm.

1.6 ΒΑΣΙΚΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

Στα υδραυλικά όπως και σε κάθε τεχνικό θέμα, δε μπορεί να υπάρχει πλήρης κατανόηση αν πρώτα δεν υπάρχει εξοικείωση με τη βασική τεχνολογία και τις κύριες αρχές. Οι υδραυλικές έννοιες που περιγράφονται παρακάτω βάζουν τις βάσεις για πιο πολύπλοκες αναλύσεις.

Μεταφορά της παροχής

Όπως είναι γνωστό, το νερό κινείται από υψηλότερα σε χαμηλότερα σημεία, ώσπου να φτάσει σε ένα “επίπεδο” σημείο, όπως για παράδειγμα σε ένα ωκεανό. Η τάση αυτή του νερού διευκολύνεται από την παρουσία των φυσικών καναλιών μεταφοράς όπως είναι τα ρυάκια, οι χείμαροι και τα ποτάμια. Η διαδρομή αυτή του νερού μπορεί επίσης να διευκολυνθεί από τεχνικές κατασκευές όπως είναι οι αποχετευτικοί αγωγοί, οι οχετοί και τα κανάλια. Αν και στον τεχνικό σχεδιασμό το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στα χαρακτηριστικά των τεχνικών έργων και χαρακτηριστικών, οι υδραυλικές έννοιες μπορούν να εφαρμοστούν εξίσου καλά και σε φυσικά χαρακτηριστικά.

Η ροή στους κλειστούς αγωγούς στο χρόνο και στο χώρο

Ως προς το χρόνο, η ροή στους κλειστούς αγωγούς διακρίνεται σε μόνιμη και μη μόνιμη ροή. Μόνιμη ροή παρουσιάζεται όταν η ταχύτητα παραμένει σταθερή, σε όλα τα σημεία, και αμετάβλητη με το χρόνο (μπορεί όμως να μεταβάλλεται με τα θέση). Μη μόνιμη ροή παρουσιάζεται όταν η ταχύτητα μεταβάλλεται, σε όλα τα σημεία, με το χρόνο. Με τον όρο υδραυλικό πλήγμα χαρακτηρίζονται τα φαινόμενα υπερπίεσης, που αντιστοιχούν σε καθεστώς μη μόνιμης ροής σε κλειστούς αγωγούς, μετά από χειρισμούς σε δικλείδες (άνοιγμα ή κλείσιμο, μερικό ή πλήρες, βραδύ ή απότομο), ή εξαιτίας διακυμάνσεων στην παροχή αντλιοστασίων (εκκίνηση ή στάση αντλιών).

Στους κλειστούς αγωγούς, το ενδιαφέρον για μεταβαλλόμενη στο χώρο ροή περιορίζεται στη μελέτη των απωλειών φορτίου, που παρατηρούνται σε αλλαγές διαμέτρου, σε στόμια, διακλαδώσεις ή στενώσεις.

Στρωτή και τυρβώδης ροή

Ανάλογα με την ταχύτητα του ρευστού διακρίνονται δύο τύποι ροής. Για μικρές ταχύτητες η ροή θεωρείται στρωτή και τα σωματίδια του ρευστού κινούνται σε στρώσεις. Για μεγαλύτερες ταχύτητες η ροή θεωρείται τυρβώδης και τα σωματίδια του ρευστού κινούνται ακανόνιστα με στροβιλισμούς. Συνήθως η ροή στα πρακτικά προβλήματα κλειστών αγωγών υπό πίεση είναι τυρβώδης. Οι νόμοι που περιγράφουν την τυρβώδη ροή δεν είναι πλήρως γνωστοί και απαιτούνται πειραματικά στοιχεία για την κατανόηση του φαινομένου. Κριτήριο διαχωρισμού της ροής, σε στρωτή ή τυρβώδη, αποτελεί ο γνωστός αριθμός Reynolds, ο οποίος υπολογίζεται ως εξής:

$$R_e = \frac{uD}{\nu}, \quad (1.1)$$

όπου u : η μέση ταχύτητα ροής στον αγωγό (m/s)

D : η διάμετρος του αγωγού (m)

ν : ο συντελεστής κινηματικής συνεκτικότητας

Όπως έχει επιβεβαιωθεί πειραματικά, σε κλειστούς αγωγούς δεν υφίσταται άνω όριο του αριθμού Reynolds για τη διατήρηση της στρωτής ροής. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Rouse (1961), ακριβώς με τον ίδιο πειραματικό εξοπλισμό, που χρησιμοποίησε ο Reynolds έχει επιβεβαιωθεί η διατήρηση της στρωτής ροής για τιμές του $R_e > 40000$. Βέβαια με την παραμικρή διατάραξη η ροή μεταπίπτει σε απόλυτα

τυρβώδη μορφή. Ανάλογα πειράματα έδειξαν, ότι αντίθετα υπάρχει συγκεκριμένο κατώτερο όριο διατήρησης της τύρβης, που για κυκλικούς αγωγούς αντιστοιχεί σε Re περίπου ίσο με 2320, κάτω από το οποίο οποιαδήποτε ανατάραξη αποσβένεται κάτω από την επίδραση δυνάμεων συνεκτικότητας (Αφτιάς Μ., 1992).

Σε κλειστούς αγωγούς εξωτερικών υδραγωγείων, εξαιτίας των σημαντικών διαστάσεων των διατομών που χρησιμοποιούνται και των ταχυτήτων που εφαρμόζονται, η ροή είναι αποκλειστικά τυρβώδης.

Επιφάνεια διατομής αγωγών

Οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα ύδρευσης είναι αγωγοί υπό πίεση, κυκλικής διατομής. Η επιφάνεια της διατομής των κυκλικών αγωγών είναι:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}, \quad (1.2)$$

όπου D : η διάμετρος του αγωγού (m)

Ταχύτητα

Η ταχύτητα σε έναν αγωγό δεν είναι σταθερή σε όλη την επιφάνεια της διατομής του. Αντιθέτως, ποικίλει ανάλογα με τη θέση και το χρόνο. Εκεί όπου το υγρό είναι σε επαφή με το τοίχωμα του αγωγού, η ταχύτητα είναι μηδενική. Το γεγονός αυτό, δυσκολεύει τους υδραυλικούς υπολογισμούς, με αποτέλεσμα να υπολογίζεται η μέση ταχύτητα της ροής στους αγωγούς. Η μέση ταχύτητα ροής καθορίζεται ως η συνολική παροχή διαιρούμενη με το εμβαδόν της διατομής του αγωγού και η μονάδα της είναι μήκος ανά μονάδα χρόνου.

$$u = \frac{Q}{A}, \quad (1.3)$$

όπου: u : η μέση ταχύτητα ροής στον αγωγό (m/s)

Q : η παροχή (m^3/s)

A : η επιφάνεια της διατομής του αγωγού (m^2)

Ενέργεια

Σύμφωνα με τον πρώτο νόμο της θερμοδυναμικής, για κάθε δεδομένο σύστημα, η μεταβολή της ενέργειάς του (ΔE) ισούται με τη διαφορά μεταξύ της θερμότητας που μεταφέρθηκε στο σύστημα (Q) και του έργου που παρήχθη από το ίδιο το σύστημα (W), κατά τη διάρκεια συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος.

Η ενέργεια που αναφέρεται στην παραπάνω αρχή αντιπροσωπεύει τη συνολική ενέργεια του συστήματος, δηλαδή το άθροισμα της δυναμικής, της κινητικής και της εσωτερικής ενέργειας, όπως είναι η ηλεκτρική και η χημική ενέργεια. Όμως αν και οι μορφές αυτές της εσωτερικής ενέργειας είναι σημαντικές για τη θερμοδυναμική ανάλυση, συνήθως απορρίπτονται κατά τις υδραυλικές αναλύσεις εξαιτίας του σχετικά μικρού τους μεγέθους.

Στις υδραυλικές εφαρμογές, οι τιμές της ενέργειας έχουν μονάδες μήκους και εκφράζουν την ενέργεια ανά μονάδα μάζας του ρευστού. Η μετατροπή αυτή συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς του συστήματος. Η μηχανική ενέργεια ή όπως αλλιώς ονομάζεται το ολικό ύψος ή φορτίο ενέργειας, σε κάθε σημείο μέσα σε ένα υδραυλικό σύστημα δίνεται από την εξίσωση:

$$H = \frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z \quad (1.4)$$

Οι όροι της εξίσωσης έχουν διαστάσεις μήκους. Ο όρος $\frac{u^2}{2g}$ ονομάζεται ύψος ή

φορτίο ταχύτητας, ο όρος $\frac{P}{\gamma}$ ονομάζεται ύψος ή φορτίο πίεσης ενώ ο όρος z ονομάζεται ύψος ή φορτίο θέσης. Με p , συμβολίζεται η πίεση του ρευστού ενώ με γ , το ειδικό του βάρος.

Το άθροισμα $\frac{P}{\gamma} + z$, ονομάζεται πιεζομετρικό ύψος ή φορτίο. Για τους αγωγούς υπό πίεση, το πιεζομετρικό φορτίο αναπαριστά το ύψος στο οποίο μπορεί να ανέλθει η στήλη του νερού σε ένα πιεζόμετρο, δηλαδή σε έναν σωλήνα τοποθετημένο κάθετα στον αγωγό.

Το ολικό ύψος ή φορτίο ενέργειας, είναι το άθροισμα του πιεζομετρικού φορτίου και του ύψους ταχύτητας. Αυτό είναι το ύψος στο οποίο μπορεί να ανέλθει η στήλη του νερού σε έναν Pitot, δηλαδή μια συσκευή όμοια με το πιεζόμετρο, με τη διαφορά ότι αυτή υπολογίζει και την ταχύτητα του υγρού.

Σε ένα σύστημα όμως, μπορεί είτε να προστεθεί ενέργεια (για παράδειγμα μέσω αντλίας) είτε να αφαιρεθεί από αυτό ενέργεια, λόγω συσκευών τριβών ή άλλων διαταραχών. Εάν υπάρχουν λοιπόν μηχανές που παρεμβάλλονται στην κίνηση του νερού καθώς και τοπικές και γραμμικές απώλειες, τότε η εξίσωση διατήρησης της ενέργειας γράφεται ως εξής:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{u_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{u_2^2}{2g} + h_f + h_L + h_M \quad (1.5)$$

όπου, p : η πίεση του ρευστού (N/m^2)
 γ : το ειδικό βάρος του υγρού (N/m^3)
 z : το υψόμετρο (m)
 u : η μέση ταχύτητα του υγρού (m/s)
 g : η επιτάχυνση της βαρύτητας (m/s^2)
 h_f : γραμμικές απώλειες
 h_L : τοπικές απώλειες

Η ποσότητα h_M εκφράζει την ενέργεια που απομακρύνεται από το σύστημα μέσω μηχανικού άξονα ανά μονάδα βάρους ρευστού. Δίνεται από την εξίσωση $h_M = -h_a + h_u$, όπου η ποσότητα h_a εκφράζει την ενέργεια που προσφέρεται στο σύστημα από αντλία, ενώ η ποσότητα h_u εκφράζει ενέργεια που αποδίδεται σε υδροστρόβιλο.

Οι γραμμικές απώλειες σε ένα σύστημα μπορεί να οφείλονται σε διάφορους παράγοντες. Η κυριότερη αιτία των απωλειών είναι συνήθως οι εσωτερικές τριβές μεταξύ των μορίων του υγρού που κινούνται με διαφορετικές ταχύτητες. Επίσης οι απώλειες οφείλονται και σε τοπικές περιοχές του αγωγού όπου διαταράσσεται η ροή, όπως είναι οι βαλβίδες και άλλα εξαρτήματα των αγωγών υπό πίεση.

Απώλειες ενέργειας λόγω τριβών

Είναι γνωστό ότι, όταν ένα κινείται και βρίσκεται σε επαφή με ένα άλλο, τότε στην επιφάνεια επαφής δημιουργείται δύναμη τριβής. Έτσι, για έναν κλειστό αγωγό ύδατος που μεταφέρει νερό μεταξύ δύο σημείων, διαμέτρου D , μήκους L , ταχύτητας u , αναπτύσσονται απώλειες ενέργειας που οφείλονται στις δυνάμεις τριβής που αναπτύσσονται κατά την επαφή του κινούμενου υγρού με το στερεό τοίχωμα του αγωγού.

Η διατμητική τάση είναι συνάρτηση της ταχύτητας u , της πυκνότητας ρ , του ιξώδους μ του κινούμενου ρευστού, της διαμέτρου D και της τραχύτητας κ του αγωγού. Δηλαδή:

$$\tau_0 = f(u, D, \mu, \rho, \kappa) \quad (1.6)$$

Με βάση την διαστατική ανάλυση προκύπτει ο συντελεστής τριβής f :

$$\frac{\tau_0}{\rho u^2} = f\left[\frac{uD\rho}{\mu}, \frac{\kappa}{D}\right] \quad (1.7)$$

Συνεπώς ο συντελεστής τριβής f εξαρτάται από τον αριθμό Reynolds, $R_e = \frac{uD\rho}{\mu} = \frac{uD}{\nu}$ και από τη σχετική τραχύτητα κ/D .

Για τον υπολογισμό των απωλειών ενέργειας έχουν αναπτυχθεί διάφορες εξισώσεις των οποίων οι πιο γνωστές παρουσιάζονται παρακάτω:

- Εξίσωση των Darcy – Weisbach
- Εξίσωση των Colebrook – White
- Εξίσωση των Hazen – Williams
- Εξίσωση των Chezy – Manning

Εξίσωση των Darcy – Weisbach

Οι Darcy-Weisbach θεωρώντας μόνιμη ροή (ως προς τις μέσες τιμές) στον αγωγό, οδηγήθηκαν στην ισορροπία των δυνάμεων πίεσεως, τριβής και των δυνάμεων βαρύτητας κατά μήκος ενός στοιχειώδους αγωγού. Με βάση την ισορροπία δυνάμεων και την προηγούμενη ανάλυση για την διατμητική τάση κατέληξαν στην παρακάτω

σχέση που αποδίδει το γραμμικό ύψος απωλειών h_f , συναρτήσει του συντελεστή τριβής f :

$$h_f = f \frac{L u^2}{D 2g}, \quad (1.8)$$

όπου f : συντελεστής τριβής

L : μήκος αγωγού (m)

D : διάμετρος της διατομής του αγωγού (m)

u : η μέση ταχύτητα ροής στον αγωγό (m/s)

g : επιτάχυνση της βαρύτητας (m/s^2)

Η εξίσωση των Darcy-Weisbach ισχύει για στρωτή και τυρβώδη ροή. Στα συνήθη πρακτικά προβλήματα κλειστών αγωγών υπό πίεση η ροή είναι τυρβώδης.

Τοπικές απώλειες

Πέραν των γραμμικών απωλειών, στα δίκτυα διανομής δημιουργούνται και τοπικές απώλειες, στις συνδέσεις των αγωγών και τις στροφές (τυπικές τοπικές απώλειες), και στις θέσεις των ειδικών συσκευών και διατάξεων (ειδικές τοπικές απώλειες). Οι τοπικές απώλειες οφείλονται κυρίως στην ανάπτυξη στροβίλων αποκόλλησης της ροής και εκφράζονται με όρους ύψους κινητικής ενέργειας, οι οποίοι είναι:

$$h_L = K \frac{u^2}{2g} \quad (1.9)$$

όπου K είναι ένας συντελεστής που εξαρτάται από τη γεωμετρία της τοπικής μεταβολής διατομών και κατεύθυνσης και τα χαρακτηριστικά της ροής (αριθμός Reynolds). Για να ληφθούν υπόψη οι τυπικές τοπικές απώλειες χωρίς αναλυτικό υπολογισμό, προτείνεται η χρήση των υψηλότερων τιμών της τραχύτητας k_s (προσαυξημένη ισοδύναμη τραχύτητα). Ειδικά για τις δικλείδες, οι τοπικές απώλειες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, ιδίως όταν αυτές περιορίζουν σημαντικά τη ροή. Στην περίπτωση αυτή, ανάλογα και με το άνοιγμα της δικλείδας, ο συντελεστής K μπορεί να αποκτήσει πολύ υψηλές τιμές (π.χ. 100-1000).

1.7 ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

1.7.1 ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΩΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Η προσομοίωση και επίλυση κάθε δικτύου διανομής νερού, πραγματοποιείται μέσω μιας μαθηματικής περιγραφής, δηλαδή μέσω της διατύπωσης εξισώσεων που αναφέρονται στην υδραυλική λειτουργία των συνιστωσών του δικτύου. Η μαθηματική περιγραφή κάθε δικτύου διανομής νερού, πραγματοποιείται αφού πρώτα γίνει δικτυακή απεικόνιση των συνιστωσών του φυσικού συστήματος, δηλαδή του δικτύου, ως συνιστώσες κάποιου μαθηματικού μοντέλου. Συνιστώσες κάθε δικτύου διανομής νερού αποτελούν τα έργα αποθήκευσης νερού (δεξαμενές, υδατόπυργοι), τα έργα μεταφοράς νερού (αγωγοί υπό πίεση), οι διάφορες συσκευές ρύθμισης της ροής

(δικλείδες, βαλβίδες), τα έργα ρύθμισης της πίεσης (μειωτές πίεσης, αντλιοστάσια) και γενικά πάσης φύσεως συσκευές διανομής. Πιο συγκεκριμένα η μαθηματική περιγραφή του δικτύου επιτυγχάνεται με μετασχηματισμό του δικτύου σε ένα εννοιολογικό μοντέλο, βάσει του οποίου το σύνολο των συνιστωσών του δικτύου αναπαρίσταται με τη μορφή ιδεατών κόμβων και κλάδων.

Με τον όρο κόμβος νοούνται όλα τα σημεία εισροής ή εκροής νερού ή αλλαγής της γεωμετρίας του δικτύου ή μεταβολής των χαρακτηριστικών των αγωγών, με γνωστό απόλυτο υψόμετρο z , γνωστή παροχή εξόδου c και άγνωστο ενεργειακό υψόμετρο h . Με τον όρο κλάδος (αγωγός), νοείται κάθε στοιχείο μεταφοράς νερού μήκους L , που αποτελείται από σύστημα σωλήνων σε σειρά, ομοιόμορφης διαμέτρου D , κλάσης και τραχύτητας k_s , κατά μήκος του οποίου θεωρείται ενιαία (άγνωστη) παροχή Q . (Ευστρατιάδης Α. & Κουτσογιάννης Δ., 2005).

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορα υπολογιστικά πακέτα ανάλυσης δικτύων, τα οποία βάση των μαθηματικών μοντέλων που αυτά υποστηρίζουν, υποβοηθούν τον μελετητή που σχεδιάζει ή την υπηρεσία που διαχειρίζεται ένα δίκτυο ύδρευσης για την λήψη ορθολογικών αποφάσεων, από τεχνική και οικονομική άποψη.

1.7.2 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Από τη δεκαετία του 60, όπου οι υπολογιστές δε βρίσκονταν στο επίπεδο που βρίσκονται σήμερα, οι μηχανικοί προσπάθησαν να τους χρησιμοποιήσουν με απώτερο σκοπό την ανάλυση της ροής του νερού μέσα στα δίκτυα ύδρευσης. Από τότε, τόσο οι πρόοδοι στις αναλυτικές τεχνικές όσο και η “δύναμη” που απέκτησαν οι Η/Υ έδωσαν τη δυνατότητα, δίκτυα δεκάδων χιλιάδων αγωγών, να αναλύονται, μέσα σε μόλις μερικά δευτερόλεπτα. Προϋπόθεση για την εύρυθμη λειτουργία ενός δικτύου ύδρευσης είναι η εξασφάλιση επαρκούς ποσότητας και ποιότητας νερού για την κάλυψη της κατανάλωσης, μέσα σε αποδεκτά όρια πίεσης. Τα υπολογιστικά πακέτα ανάλυσης και προσομοίωσης δικτύων, και τα σχετικά μαθηματικά μοντέλα που αυτά υποστηρίζουν, υποβοηθούν τον μελετητή που σχεδιάζει ή την υπηρεσία που διαχειρίζεται ένα δίκτυο ύδρευσης για την λήψη ορθολογικών αποφάσεων, από τεχνική και οικονομική άποψη. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων των μοντέλων, όπως και η θέσπιση των κριτηρίων επιλογής, υπόκεινται στην ανθρώπινη κρίση και εμπειρία.

Τα μοντέλα αυτά παρέχουν τη δυνατότητα επίλυσης των δικτύων ύδρευσης, δηλαδή υπολογισμού των υδραυλικών χαρακτηριστικών της ροής, σε συνθήκες σταθερής (στιγμιαίας) κατανάλωσης αλλά και σε συνθήκες χρονικά μεταβαλλόμενης κατανάλωσης.

- *Επίλυση σταθερής κατάστασης (steady-state)*: Η επίλυση του δικτύου, δηλαδή ο υπολογισμός των υδραυλικών χαρακτηριστικών της ροής (παροχές, πιέσεις), γίνεται θεωρώντας σταθερή φόρτιση στους κόμβους (ο έλεγχος γίνεται για τη δυσμενέστερη φόρτιση). Με τον όρο φόρτιση νοείται η κατανάλωση στους κόμβους του δικτύου. Η προσέγγιση αυτή είναι κατάλληλη για εφαρμογές διαστασιολόγησης αγωγών και αντλιών, καθώς και αποτίμησης της υδραυλικής επάρκειας υφιστάμενων δικτύων (Κουτσογιάννης Δ., 2006).

- *Επίλυση χρονικά μεταβαλλόμενης κατάστασης (extended-period)*: Η επίλυση του δικτύου γίνεται σε διακριτά χρονικά βήματα, θεωρώντας χρονικά μεταβαλλόμενη κατανάλωση. Στόχος είναι ο έλεγχος της δυναμικής λειτουργίας του δικτύου σε κανονικές και έκτακτες συνθήκες. Κατά κανόνα, η διάρκεια της επίλυσης είναι μεγαλύτερη των 24 ωρών (τυπική τιμή 72 ώρες), ενώ το χρονικό βήμα εξαρτάται από τη διακύμανση των καταναλώσεων στο δίκτυο (τυπική τιμή μία ώρα). Η εν λόγω προσέγγιση θεωρείται κατάλληλη για εφαρμογές χωροθέτησης και ελέγχου της επάρκειας δεξαμενών, υπολογισμού της ενέργειας άντλησης και ανάλυσης της διαίτας των ποιοτικών παραμέτρων του νερού (η τελευταία λειτουργία γίνεται μέσω συνδυασμένων μοντέλων προσομοίωσης τόσο των υδραυλικών όσο και των ποιοτικών χαρακτηριστικών της ροής) (Κουτσογιάννης Δ., 2006).

1.7.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Ο Hardy Cross τη δεκαετία του '30 ανέπτυξε μια επαναληπτική μέθοδο για την ανάλυση κλειστών δικτύων, δηλαδή δικτύων τα οποία σχηματίζουν βρόγχους. Η μέθοδος αυτή έβαλε τις πρώτες βάσεις για τη μετέπειτα ανάλυση των δικτύων μέσω της χρήσης προτύπων υπολογιστών. Τα πρώτα προγράμματα για την ανάλυση των δικτύων, που εμφανίστηκαν τη δεκαετία του 60 (Adams, 1961), βασίστηκαν σε αυτή τη μέθοδο, αλλά σύντομα αντικαταστάθηκαν με τους κώδικες που χρησιμοποιούσε η πιο “εξελιγμένη” μέθοδος, των Newton-Raphson, για την επίλυση των μη-γραμμικών εξισώσεων, οι οποίες περιγράφουν τη ροή του νερού μέσα στους αγωγούς (Dillingham 1967, Martin & Peters 1963, Shamir & Howard 1968).

Τη δεκαετία του 70 έγιναν αρκετές πρόοδοι όσον αφορά τις τεχνικές επίλυσης δικτύων. Αναπτύχθηκαν νέοι και πιο “εξελιγμένοι” αλγόριθμοι (Epp & Fowler 1970, Haman & Brameller 1971, Wood & Charles 1972) αλλά και τεχνικές για τη προσομοίωση και χρήση συσκευών, όπως αντλιών και βαλβίδων. Επίσης αναπτύχθηκαν τρόποι αποτελεσματικότερης χρήσης των αλγόριθμων (Chandrashekar & Stewart 1975, Gay et al. 1978). Σημαντική πρόοδο αποτέλεσε και η δυνατότητα προσομοίωσης δικτύων παρατεταμένης περιόδου, η οποία ξεκίνησε από τους Rao & Bree το 1977.

Η δεκαετία του 80 χαρακτηρίστηκε από τη μεταφορά των κωδικών αυτών στους προσωπικούς πλέον υπολογιστές. Επίσης αναπτύχθηκε και η ποιοτική ανάλυση του νερού στα δίκτυα (Clark et al., 1988, Kroon, 1990). Κατά τη δεκαετία του 90 η έμφαση δόθηκε στη χρήση γραφικών και στην ανάπτυξη των προγραμμάτων CAD και των βάσεων δεδομένων.

1.7.4 ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Το βασικό πρόβλημα της ροής του νερού μέσα στα δίκτυα διανομής του, με δεδομένες τις εισροές και τις εκροές από αυτά, είναι ο καθορισμός της ροής και ο υπολογισμός των πιέσεων σε αυτά. Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό απαιτούνται δύο σύνολα εξισώσεων. Το πρώτο απαιτεί τη διατήρηση της ροής σε κάθε κόμβο, δηλαδή σε κάθε ένωση σωλήνων και το δεύτερο καθορίζει μια μη-γραμμική σχέση μεταξύ ροής και απώλειας ενέργειας σε κάθε σωλήνα. Τέτοιες

εξισώσεις είναι οι γνωστές Hazen-Williams και Darcy-Weisbach. Αυτές οι εξισώσεις αποτελούν ένα σύνολο μη-γραμμικών εξισώσεων όταν το υπό μελέτη δίκτυο αποτελείται από βρόγχους και περισσότερες από μια κύριες πηγές.

Γενικά είναι πολύ σημαντικό να κατανοηθούν πλήρως οι μεθοδολογίες στις οποίες βασίζονται οι υδραυλικοί υπολογισμοί. Όταν όμως αφομοιωθούν αυτές οι έννοιες, η διαδικασία επίλυσης μπορεί να καταλήξει επαναληπτική και κουραστική, δηλαδή το είδος της επίλυσης που ταιριάζει τέλεια σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα στη χρήση αυτοματοποιημένων επιλύσεων για τα περισσότερα υδραυλικά προβλήματα. Μερικά από τα πλεονεκτήματα αυτά παρουσιάζονται παρακάτω:

- Δραστική μείωση του χρονικού διαστήματος για την πραγματοποίηση μιας ανάλυσης.
- Περισσότερο λεπτομερείς εξισώσεις στην επίλυση με ηλεκτρονικό υπολογιστή. Για την πραγματοποίηση μιας επίλυσης χωρίς υπολογιστή απαιτούνται συχνά πολλές υποθέσεις απλοποίησης.
- Συστηματική οργάνωση και έλεγχος, για πιθανά λάθη, των δεδομένων που απαιτούνται να εισαχθούν από το πρόγραμμα. Η μετατροπή των μονάδων και η επαναλαμβανόμενη αναγραφή των εξισώσεων για κάθε είδους λύση, είναι μόνο δύο παραδείγματα στα οποία οι υπολογισμοί χωρίς τη χρήση υπολογιστή παρουσιάζουν συχνά λάθη, ενώ ένα καλά ελεγμένο λογισμικό πρόγραμμα αποφεύγει τέτοιου είδους αλγεβρικά και αριθμητικά λάθη.
- Βοήθεια στην καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων, μέσω της χρήσης πινάκων, διαγραμμάτων, έγχρωμων χαρτών, ιστογραμμάτων κ.τ.λ.
- Σύνδεση με άλλα λογισμικά προγράμματα, όπως για παράδειγμα με βάσεις δεδομένων, με σχεδιαστικά προγράμματα (CAD) ή με γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS).
- Δυνατότητα πραγματοποίησης περισσότερων συγκρίσεων και δοκιμών σχεδιασμού, εξαιτίας της ταχύτητας και της αυξημένης ακρίβειας που παρέχουν τα υπολογιστικά μοντέλα. Το πλεονέκτημα αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη διερεύνηση περισσότερων περιπτώσεων σχεδιασμού, γεγονός το οποίο τελικά καταλήγει σε καλύτερο και πιο αποτελεσματικό σχεδιασμό των δικτύων.

1.7.5 ΒΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Κάθε μοντέλο προσομοίωσης και επίλυσης δικτύων διανομής νερού, αποτελείται από δύο μέρη (Walski, 1983). Το πρώτο μέρος που αφορά το υπολογιστικό κομμάτι και το δεύτερο που αφορά το σύνολο των δεδομένων που περιγράφουν τα φυσικά στοιχεία των δικτύων, τις καταναλώσεις καθώς επίσης και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους. Τα βήματα τα οποία ακολουθούνται κατά τη χρήση υπολογιστικών προτύπων, θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν ως εξής:

- Καθορισμός του είδους των ερωτήσεων, τις οποίες το μοντέλο καλείται να απαντήσει.
- Αναπαράσταση των βασικών στοιχείων, τα οποία στην ουσία αποτελούν το δίκτυο.
- Συλλογή όλων των απαραίτητων δεδομένων , τα οποία είναι αναγκαία για την περιγραφή των στοιχείων του δικτύου.
- Καθορισμός, σε κάθε χρονική στιγμή της ανάλυσης, της χρήσης του νερού στο υπό μελέτη δίκτυο.
- Χαρακτηρισμός του τρόπου λειτουργίας του δικτύου σε κάθε χρονική στιγμή ανάλυσης.
- Έλεγχος του μοντέλου σε πιθανά λάθη που προκύπτουν.
- Επίλυση του μοντέλου με σκοπό την απάντηση των ερωτήσεων που τέθηκαν αρχικά και τεκμηρίωσης των αποτελεσμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Με τον όρο κατανάλωση νερού νοείται το τμήμα εκείνο της απόληψης νερού, δηλαδή της ποσότητας του νερού που αφαιρείται από ένα υδάτινο σώμα (π.χ. υπόγειος υδροφόρας, λίμνη κλπ.), το οποίο χάνεται, είτε προς την ατμόσφαιρα με τη διεργασία της εξατμισοδιαπνοής, είτε με την αποθήκευση στο σώμα ζωντανών οργανισμών (Ναλμπάντης Ι., 2007).

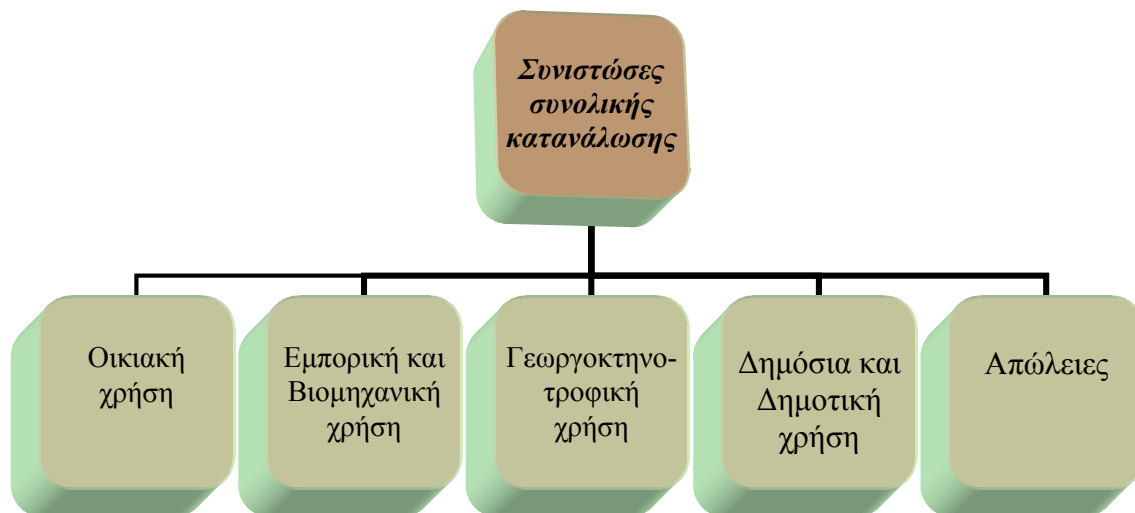
Πιο συγκεκριμένα, στα δίκτυα ύδρευσης, οποιοδήποτε σημείο διαφυγής του νερού, αποτελεί σημείο κατανάλωσης ή ζήτησης νερού. Στα σημεία αυτά το νερό διαφεύγει είτε για την κάλυψη των αναγκών των καταναλωτών, είτε ως απώλεια. Η συνολική κατανάλωση νερού σε ένα δίκτυο ύδρευσης, αποτελεί ίσως το βασικότερο παράγοντα για την υδραυλική επίλυσή του.

2.2 ΟΙ ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ

Η συνολική κατανάλωση σε έναν οικισμό, μπορεί να περιλαμβάνει τις εξής επιμέρους χρήσεις ή συνιστώσες:

- *Οικιακή χρήση:* Αναφέρεται κυρίως στις κατοικίες. Αντιστοιχεί στην ποσότητα του νερού που απαιτείται για την κάλυψη όλων των αναγκών ενός νοικοκυριού. Πιο συγκεκριμένα στις οικιακές χρήσεις περιλαμβάνεται το πόσιμο νερό, η ατομική καθαριότητα (ντους ή λουτρό, πλύσιμο χεριών και δοντιών, ξύρισμα), οι ανάγκες της κουζίνας (μαγείρεμα, πλύσιμο πιάτων), το πλύσιμο των ρούχων, το καζανάκι της τουαλέτας, η καθαριότητα του σπιτιού, το πλύσιμο του αυτοκινήτου, η άρδευση ιδιωτικού κήπου.
- *Εμπορική και Βιομηχανική χρήση:* Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται οι καταναλώσεις σε βιομηχανίες, βιοτεχνίες, γραφεία, εμπορικά καταστήματα, κρεοπωλεία, αρτοποιεία, εστιατόρια, ζαχαροπλαστεία, κουρεία, ξενοδοχεία, κλπ.
- *Γεωργοκτηνοτροφική χρήση:* Είναι η κατανάλωση που αντιστοιχεί σε περιορισμένη άρδευση και στη λειτουργία κτηνοτροφικών μονάδων, σφαγείων κ.τ.λ.
- *Δημόσια και Δημοτική χρήση:* Είναι η ποσότητα του νερού που καταναλώνεται από δημόσια κτίρια, όπως σχολεία, νοσοκομεία, ιδρύματα, κτίρια διοίκησης, εκκλησίες, από λιμενικές εγκαταστάσεις, αεροδρόμια, σιδηροδρομικούς σταθμούς, για το πλύσιμο των δρόμων, για σιντριβάνια και δημόσιες κρήνες, για άρδευση δημοτικών κήπων, για πυρόσβεση κ.τ.λ.

- *Απώλειες:* Η συνιστώσα αυτή αναφέρεται σε όλες τις ποσότητες του νερού που δεν χρεώνονται σε συγκεκριμένους καταναλωτές και στην ουσία χάνονται από το δίκτυο, εξ αιτίας διαφόρων παραγόντων. Για παράδειγμα οι απώλειες μπορεί να οφείλονται σε διαρροές ή θραύσεις του δικτύου, σε διαρροές ή υπερχειλίση των δεξαμενών, σε διαρροές λόγω βλαβών, σε εξάτμιση, σε παράνομες συνδέσεις με το δίκτυο, σε ποσότητες που καταναλώνονται αλλά δεν καταγράφονται λόγω ανακριβειών των μετρητών (χαλασμένοι μετρητές), σε καταναλώσεις των ίδιων των εγκαταστάσεων ύδρευσης.



Διάγραμμα 2.1: Συνιστώσες συνολικής κατανάλωσης.

Οι επιμέρους καταγραφόμενες τιμές κατανάλωσης παρουσιάζουν συχνά σημαντικές διακυμάνσεις από οικισμό σε οικισμό, επειδή αφ ενός η ζήτηση και αφ ετέρου οι απώλειες, επηρεάζονται ανάλογα, από τοπικές συνθήκες και πολλαπλές παραμέτρους λειτουργίας, που μπορεί να διαφέρουν κατά περίπτωση, όπως:

- Η ηλικία του δικτύου
- Το επίπεδο συντήρησής του
- Η ποιότητα κατασκευής των οικιακών εγκαταστάσεων
- Η ακρίβεια των συστημάτων μέτρησης των παροχών στα έργα κεφαλής και των επιμέρους υδρομετρητών στους καταναλωτές
- Η έκταση τυχόν παρανόμων παροχών ή υδροληψιών χωρίς υδρομετρητή
- Το εφαρμοζόμενο σύστημα τιμολόγησης
- Οι πολιτιστικές συνήθειες και οι οικονομικές δυνατότητες των καταναλωτών
- Το τεχνολογικό επίπεδο βιομηχανικής παραγωγής
- Η διαθεσιμότητα υδατικών πόρων

Συνεπώς, η προεκτίμηση των υδρευτικών αναγκών ενός οικισμού, αποτελεί λεπτομερή ανάλυση, με παράλληλη αξιολόγηση των τοπικών συνθηκών και ειδικών λειτουργικών παραμέτρων, όπως αυτές που ήδη αναφέρθηκαν.

2.3 ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Μια σημαντική μονάδα μέτρησης της κατανάλωσης νερού είναι η ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση (mean Q_H) ή ατομική κατανάλωση. Η μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση εκφράζει τον όγκο του νερού που αντιστοιχεί σε κάθε κάτοικο μιας περιοχής κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου και προκύπτει από τη διαίρεση του καταναλισκόμενου νερού μιας πόλης κατά τη διάρκεια ενός χρόνου δια του αντίστοιχου αριθμού των κατοίκων. Εκφράζεται σε λίτρα (L) ανά κάτοικο και ημέρα και αποτελεί βασικό μέγεθος μιας και οι χρονικές διακυμάνσεις της κατανάλωσης εκφράζονται ως συνάρτηση αυτής. Είναι φανερό ότι η ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση περιλαμβάνει ποσοστά οικιακής, βιομηχανικής, δημόσιας κατανάλωσης αλλά και ένα ποσοστό απωλειών.

Η ανά κάτοικο οικιακή κατανάλωση περιλαμβάνει το νερό που χρησιμοποιεί ένας άνθρωπος κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου για πόση, για μαγείρεμα, για ατομική καθαριότητα και πλύσιμο της λεκάνης της τουαλέτας, πλύσιμο ρούχων και πιάτων, πότισμα κήπων και πλύσιμο αυτοκινήτου. Σύμφωνα με έκθεση της UNESCO, η κατανάλωση νερού στις μεγάλες πόλεις υπολογίζεται σε 300 – 600 L ανά άτομο ανά ημέρα, ενώ στις μικρές πόλεις σε 100 – 150 L.

Όσο ανεβαίνει το βιοτικό επίπεδο, αλλάζουν και οι χρήσεις ή απαιτήσεις του κόσμου για νερό. Αυτό αποδεικνύεται, κυρίως, με τη συνεχώς αυξανόμενη οικιακή χρήση νερού, ιδιαίτερα για την προσωπική υγιεινή στις ανεπτυγμένες χώρες. Η τάση αυτή αλλάζει μόνο όπου οι συνειδητοποιημένοι πολίτες περιορίζουν τη σπατάλη και επιτυγχάνουν μείωση της κατανάλωσης νερού.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, η πολλαπλότητα και συνθετότητα των παραγόντων που υπεισέρχονται, διαμορφώνουν κατά κατηγορία χρήσης, τόσο μεγάλα περιθώρια διακύμανσης της κατανάλωσης νερού, ώστε συχνά η συνολικά διαμορφούμενη ζήτηση να διαφέρει σημαντικά από πόλη σε πόλη ή ακόμα και από οικισμό σε οικισμό. Παρακάτω παραπέμπονται στοιχεία κατανάλωσης για διάφορες ελληνικές πόλεις. Από τον πίνακα προκύπτει ότι η μέση τιμή κατανάλωσης ανά άτομο είναι 136 L.

α/α	Δ.Ε.Υ.Α.	Κατανάλωση (L / κάτ.ημ.)
1	Αγρινίου	135,34
2	Αιγινίου	182,65
3	Αλεξανδρούπολης	133,94
4	Αμαλιάδας	64,94
5	Άργους	109,59
6	Άρτας	111,23
7	Βέροιας	91,48
8	Γιαννιτών	125,24
9	Ηρακλείου	114,16
10	Θήβας	109,59
11	Ιωαννίνων	130,89
12	Καλαμάτας	135,46
13	Καρδίτσας	125,01
14	Καστοριάς	66,32
15	Κατερίνης	140,38
16	Κέρκυρας	90,25

17	Κοζάνης	161,16
18	Κομοτηνής	136,99
19	Κορίνθου	146,12
20	Κω	224,46
21	Λαμίας	174,78
22	Λάρισας	146,12
23	Λιβαδειάς	168,12
24	Μυτιλήνης	132,03
25	Ναυπλίου	130,85
26	Ξάνθης	116,44
27	Ορεστιάδας	65,75
28	Πάτρας	143,84
29	Πρέβεζας	140,99
30	Πτολεμαΐδας	82,19
31	Πύργου	54,79
32	Ρεθύμνης	182,65
33	Ρόδου	205,48
34	Σπάρτης	147,15
35	Τρικάλων	179,33
36	Φλώρινας	146,12
37	Χαλκίδας	150,44
38	Χανίων	273,97
39	Χίου	126,45
	Ελάχιστη τιμή	54,8
	Μέγιστη τιμή	274,0
	Μέση τιμή	136,0

Πίνακας 2.1: Μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο, 39 ελληνικών πόλεων.

Για λόγους γενικότερης σύγκρισης, παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα, στοιχεία ανηγμένης συνολικής κατανάλωσης για διάφορες ευρωπαϊκές πόλεις. Και στην περίπτωση αυτή, παρατηρείται μεταβολή της μέσης ανά κάτοικο ημερήσιας κατανάλωσης, μεταξύ ευρύτερων ορίων. Και στις ΗΠΑ οι αντίστοιχες τιμές κυμαίνονται ευρύτερα και μάλιστα μεταξύ 130 και 1900 L / κάτ.ημ., ανάλογα με τη συμμετοχή της βιομηχανίας. Μέσες τιμές μεταξύ 380 και 760 L / κάτ.ημ. είναι συνήθεις ενώ η τιμή των 570 L / κάτ.ημ. θεωρείται ότι αποτελεί ένα γενικό μέσο όρο και χρησιμοποιείται για εφαρμογές σε κανονικές συνθήκες ζήτησης.

Πόλη	Κατανάλωση (L / κάτ.ημ.)
Κοπεγχάγη	278
Αθήνα	280
Μόναχο	288
Βιέννη	296
Λισαβόνα	300
Βαρκελώνη	303
Ντίσελντορφ	332
Ελσίνκι, Παρίσι	410
Ρώμη	423
Ζυρίχη	444
Στοκχόλμη	462
Όσλο	616

Πίνακας 2.2: Μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο, διάφορων ευρωπαϊκών πόλεων.

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι μεταβολές που παρατηρούνται στην μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση ανάμεσα σε διαφορετικές χώρες.

Χώρα	Κατανάλωση (L / κάτ.ημ.)
Βέλγιο	108
Γαλλία	147
Γερμανία	146
Δανία	194
Φιλανδία	156
Βρετανία	132
Ιταλία	220
Λουξεμβούργο	171
Ολλανδία	159
Νορβηγία	175
Αυστρία	131
Σουηδία	199
Ελβετία	264
Ισπανία	158
Ουγγαρία	150
Ελλάδα	130
ΗΠΑ	300
Αφρική	20 – 50
Παλαιστίνη	20 – 30
Ισραήλ	170

Πίνακας 2.3: Μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο, διάφορων χωρών, το 1986.

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται ενδεικτικά οι ποσότητες του νερού που αντιστοιχούν σε οικιακή κατανάλωση για κάθε χρήση χωριστά, για μια ευρωπαϊκή χώρα, τη Γερμανία αλλά και τις Η.Π.Α.

Δραστηριότητα	(L / κάτ.ημ.)
Πόση και μαγείρεμα	3 – 5
Πλύσιμο πιάτων	10 – 20
Ατομική καθαριότητα χωρίς λουτρό	10 – 15
Ντους και λουτρό	50 – 100
WC	40 – 50
Καθαριότητα χώρου	10 -15
Πλύσιμο ρούχων	15 – 30
Πότισμα κήπου και πλύσιμο αυτοκινήτου	9 – 15
Συνολική κατανάλωση νερού	147 – 250

Πίνακας 2.4: Επί μέρους κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση στη Γερμανία.

Δραστηριότητα	(L / κάτ.ημ.)
Πόση και μαγείρεμα	35
Πλύσιμο πιάτων	9
Ντους και λουτρό	87
WC	82
Διαρροές WC	15
Πλύσιμο ρούχων	64
Συνολική κατανάλωση νερού	292

Πίνακας 2.5: *Επί μέρους κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση στις ΗΠΑ.*

Δραστηριότητα	(L / κάτ.ημ.)
Πόση και μαγείρεμα	32
Πλύσιμο πιάτων	4
Ντους και λουτρό	59
WC	52
Διαρροές WC	30
Πλύσιμο ρούχων	50
Συνολική κατανάλωση νερού	227

Πίνακας 2.6: *Επί μέρους κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση στις ΗΠΑ σε νοικοκυριά με εξοικονόμηση νερού.*

Σε γενικές γραμμές, οι παράγοντες οι οποίοι συμβάλλουν στη διαφοροποίηση της ζήτησης από χώρα σε χώρα, από πόλη σε πόλη αλλά και από οικισμό σε οικισμό ποικίλουν. Ενδεικτικά αναφέρονται οι παρακάτω:

- Η διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων της κάθε περιοχής.
- Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν.
- Η κατάσταση στην οποία βρίσκεται το δίκτυο ύδρευσης.
- Ο βαθμός συντήρησης του δικτύου ύδρευσης.
- Οι καθημερινές συνήθειες των κατοίκων της περιοχής.
- Ο βαθμός ευαισθητοποίησης των κατοίκων, σε πιθανή έλλειψη νερού.

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία, το 5 – 20 % του νερού, που καταναλώνεται καθημερινά, χρησιμοποιείται από τα νοικοκυριά. Σε αντίθεση με παλαιότερες χρονικές περιόδους, όπου κάθε νοικοκυριό αναλάμβανε από μόνο του την εξασφάλιση νερού μέσω της μεταφοράς του από πηγές και πηγάδια, τώρα το νερό προσφέρεται με ένα απλό άνοιγμα της βρύσης. Η εύκολη πρόσβαση και η αυξημένη χρήση του, κυρίως, στον τομέα της προσωπικής υγιεινής έχει σαν αποτέλεσμα να αυξάνεται χρόνο με το χρόνο η κατανάλωσή του. Το νερό, που τρέχει από τη βρύση του σπιτιού μας, είναι καθαρό πόσιμο νερό, που όμως χρησιμοποιείται και για χρήσεις, που δεν απαιτείται η τροφοδότηση με καθαρό πόσιμο νερό. Το 40 % του νερού απορρίπτεται από την τουαλέτα. Η υπόλοιπη ποσότητα χρησιμοποιείται ως εξής: το 25% χρησιμοποιείται στο ντους και στο μπάνιο, το 20% στο πλύσιμο των ρούχων και των πιάτων, το 10% στην κουζίνα και το 5% στο καθάρισμα.

Στη σημερινή εποχή, πίνουμε ή χρησιμοποιούμε καθημερινά για μαγείρεμα δύο έως τρία λίτρα νερού, κατά άτομο. Περίπου 145 L καταναλώνονται καθημερινά στην τουαλέτα, το μπάνιο, την περιποίηση του σώματος, το πλύσιμο ρούχων ή πιάτων, την καθαριότητα του σπιτιού, το πότισμα των λουλουδιών.

Στην Ελλάδα, το 90% των ελληνικών νοικοκυριών έχουν πρόσβαση σε δίκτυο ύδρευσης, έναντι 30% τη δεκαετία του 50. Η χρήση νερού για ύδρευση έχει αυξηθεί κατά 45% σε σχέση με το 1980 και η αυξητική τάση διατηρείται. Η αύξηση αυτή συνδέεται, κυρίως με την αύξηση της οικοδόμησης, τη χρήση σύγχρονων πιο υδροφόρων συσκευών (π.χ. πλυντήρια) και σύγχρονων ανέσεων (π.χ. κήποι, μπάνια, πισίνες κ.τ.λ.).

Η μεγαλύτερη αστική ζήτηση παρατηρείται στην Αττική, όπου οι απώλειες από διαρροές (δίκτυο, κατοικίες κ.α.) αντιστοιχούν στο 10 – 40% του μεταφερόμενου νερού. Μια σειρά έργων (φράγμα Μαραθώνα, δέσμευση νερών λίμνης Υλίκης καθώς και ποταμών Μόρνου και Εύηνου) μπορούν να φέρνουν σήμερα στην Αττική 600.000.000 m³ νερού το χρόνο. Όμως, τα έργα αυτά επαρκούν για να καλύπτουν τις ανάγκες της Αττικής μόνο μέχρι το 2030, αν συνεχιστούν οι σημερινές τάσεις κατανάλωσης νερού.

Όσον αφορά τα νησιά, η κατανάλωση του νερού έχει αλλάξει δραματικά ως αποτέλεσμα των αλλαγών, που συντελέστηκαν στις καθημερινές συνήθειες των ανθρώπων όσο και εξαιτίας του τουρισμού. Σύμφωνα με μελέτη του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, είκοσι νησιά των Κυκλάδων και της Δωδεκάνησο αναμένεται να αντιμετωπίσουν αύξηση των ελλειμμάτων νερού από 25 – 40% στα επόμενα χρόνια. Στα άνυδρα νησιά καταλέγονται, σύμφωνα με τη μελέτη του Ε.Μ.Π., τα νησιά των Κυκλάδων Τήνος, Κίμωλος, Μήλος, Αμοργός, Φολέγανδρος, Σίκινος, Σχοινούσα, Δονούσα, Κουφονήσι, Ηρακλεία, Θηρασία και τα νησιά των Δωδεκανήσων Λειψοί, Μεγίστη, Αγαθονήσι, Νίσυρος, Πάτμος, Σύμη, Χάλκη, Κάλυμνος και Ψέριμος.

Την τελευταία δεκαετία μεταφέρθηκαν με πλοία – υδροφόρες 6.000.000 m³ νερού από τη Ρόδο, το Λαύριο και την Ελευσίνα. Παρόλα αυτά, αναμένεται μέσα στην επόμενη δεκαετία το υδατικό έλλειμμα στις Κυκλάδες να φτάσει τα 1,3 εκατομμύρια m³ και στα Δωδεκάνησα τα 1,6 εκατομμύρια m³, αν συνεχιστούν οι σημερινές τάσεις στην κατανάλωση νερού.

2.4 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Η κατανάλωση νερού στα δίκτυα διανομής του, δε διατηρείται χρονικά σταθερή, αλλά παρουσιάζει τόσο κατά τη διάρκεια του έτους, όσο και της ημέρας διάφορες διακυμάνσεις, των οποίων το εύρος εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες, που επικρατούν σε κάθε οικισμό. Οι διακυμάνσεις αυτές, σε σχέση με το χρόνο, διαχωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- *Ημερήσια διακύμανση της κατανάλωσης:* Αντιπροσωπεύει τη μεταβολή της κατανάλωσης κατά τη διάρκεια της μέρας, η οποία οφείλεται στις καθημερινές συνήθειες και δραστηριότητες των καταναλωτών.
- *Εβδομαδιαία διακύμανση της κατανάλωσης:* Η κατανάλωση μιας υδροδοτούμενης περιοχής διαφέρει τις ημέρες της εβδομάδας. Οι μεταβολές γίνονται εντονότερες όσο αυξάνεται το εύρος της υδροδοτούμενης περιοχής και όσο αυξάνεται το ποσοστό της βιομηχανικής και βιοτεχνικής

κατανάλωσης. Συνήθως η κατανάλωση είναι μικρότερη το Σάββατο και την Κυριακή αλλά και τις ημέρες των εορτών (Πάσχα, Χριστούγεννα).

- *Μηνιαία διακύμανση της κατανάλωσης:* Αντιπροσωπεύει τη μεταβολή της κατανάλωσης που παρατηρείται ανά μήνα, στη διάρκεια ενός έτους.
- *Εποχιακή διακύμανση της κατανάλωσης:* Αντιπροσωπεύει τη μεταβολή της κατανάλωσης η οποία οφείλεται κυρίως στην αύξηση του τουριστικού ρεύματος και η οποία παρατηρείται ορισμένες εποχές του χρόνου. Για παράδειγμα, εξαιτίας του τουρισμού, η κατανάλωση νερού κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του χειμώνα.
- *Μακροπρόθεσμη διακύμανση της κατανάλωσης:* Αντιπροσωπεύει μελλοντική μεταβολή της κατανάλωσης, η οποία οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως, σε πιθανή αύξηση του πληθυσμού στο μέλλον, στην περαιτέρω ανάπτυξη της βιομηχανίας και βιοτεχνίας, σε κλιματικές αλλαγές, σε αλλαγή του βιοτικού επιπέδου των καταναλωτών, αύξηση ή μείωση του μη κοστολογημένου νερού κ.τ.λ.

Οι εποχιακές διακυμάνσεις συναρτώνται κύρια με το κλίμα, και προσδιορίζουν τη μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ($\max Q_H$) και τη μέγιστη μηνιαία κατανάλωση, ενώ μέσα σε ένα 24ώρο, η επαλληλία των χρήσεων, συντελεί ώστε η ζήτηση να εμφανίζεται μεγαλύτερη ορισμένες ώρες της ημέρας, διαμορφώνοντας τη μέγιστη ωριαία κατανάλωση ($\max Q_\Omega$) και σημαντικά μειωμένη κατά τις νυκτερινές. Παρακάτω αναλύονται εκτενέστερα η μέγιστη ημερήσια και η μέγιστη ωριαία κατανάλωση οι οποίες αποτελούν ανάγκες αιχμής για το δίκτυο. Εκφράζονται με τη χρήση κάποιων συντελεστών, οι οποίοι ονομάζονται πολλαπλασιαστές της ζήτησης.

Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ($\max Q_H$)

Το εύρος των εποχιακών διακυμάνσεων μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το μέγεθος του υδρευόμενου οικισμού και ευθέως ανάλογα με τη συμμετοχή στη διαμόρφωση της συνολικής ζήτησης, χρήσεων με εξάρτηση από τις κλιματικές αλλαγές, όπως η άρδευση κήπων, το κατάβρεγμα δρόμων ή βεραντών κ.τ.λ. Αντίστοιχα η παρουσία επαγγελματικών και βιομηχανικών καταναλώσεων επιδρά εξισωτικά.

Η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ($\max Q_H$) αντιπροσωπεύει τη μέση ημερήσια κατανάλωση κατά την ημέρα της μεγαλύτερης ζήτησης νερού. Προκύπτει με προσαύξηση της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης ($\text{mean } Q_H$), με βάση έναν πολλαπλασιαστικό συντελεστή λ_1 , οποίος καλείται συντελεστής μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης ή συντελεστής αιχμής. Γενικά ο συντελεστής αυτός ισούται με το λόγο της μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης προς τη μέση ημερήσια κατανάλωση, δηλαδή ισχύει:

$$\lambda_1 = \frac{\max Q_H}{\text{mean } Q_H}, \lambda_1 \in [1.2, 3] \quad (2.1)$$

Η εκτίμηση του κατάλληλου συντελεστή αποτελεί παραδοχή, την οποία ο μηχανικός πρέπει να κάνει με βάση ιστορικά στοιχεία του δεδομένου δικτύου, χρήσεων και

περιοχής, ή βιβλιογραφία. Σε περιπτώσεις όπου δε δίνονται αναλυτικά στοιχεία συνήθως χρησιμοποιείται για το συντελεστή λ_1 η τιμή $\lambda_1 = 1,5$ ή και μεγαλύτερη. Συνεπώς η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση προκύπτει από την εξίσωση:

$$\max Q_H = \text{mean } Q_H * \lambda_1, \text{ όπου } \lambda_1 \geq 1,5 \quad (2.2)$$

Σε περιοχές με θερινό τουρισμό ο λ_1 μπορεί να ξεπερνά αρκετά την παραπάνω τιμή. Επίσης, διαχρονικά οι τιμές του συντελεστή αυτού μπορεί να διαφέρουν επηρεαζόμενες από κλιματικά συμβάντα χαμηλής συχνότητας, όπως ασυνήθεις καύσωνες, ξηρασίες κ.λ.π. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του καύσωνα του Ιουλίου του 1987, όταν στην Αθήνα η ζήτηση ξεπέρασε την δυναμικότητα των εγκαταστάσεων διύλισης, καθώς και την παροχτευτικότητα του εσωτερικού δικτύου της πόλης, με αποτέλεσμα να πέσει η πίεση στο δίκτυο και να διακοπεί η ροή σε πολλές συνοικίες.

Ο προσδιορισμός του συντελεστή λ_1 και της μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης αποτελεί κρίσιμη επιλογή, καθοριστική για το σχεδιασμό της δυναμικότητας του εξωτερικού υδραγωγείου (απόδοση γεωτρήσεων, παροχτευτικότητα εξωτερικών έργων μεταφοράς, δυναμικότητα διυλιστηρίων, χωρητικότητα δεξαμενών) ενός οικισμού, αφού η αδιάκοπη λειτουργία του δικτύου ύδρευσης, αποτελεί σήμερα πρωταρχική ποιοτική απαίτηση. Βεβαίως η απαίτηση υψηλής αξιοπιστίας του συστήματος δε δικαιολογεί την ανεξέλεγκτη υπερδιαστασιολόγηση και η αντιμετώπιση ακραίων μεγεθών ζήτησης χαμηλής συχνότητας, όπως αυτά που προαναφέρθηκαν, πρέπει να περιλαμβάνει και τη συστηματική ενημέρωση και εξασφάλιση της συνεργασίας των χρηστών.

Μέγιστη ωριαία κατανάλωση ($\max Q_\Omega$)

Το εύρος της ωριαίας διακύμανσης μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το μέγεθος του υδρευόμενου οικισμού και ευθέως ανάλογα με τη συμμετοχή στη διαμόρφωση της συνολικής ζήτησης, χρήσεων που συμπίπτουν χρονικά. Και σε αυτήν την περίπτωση, η ύπαρξη επαγγελματικών και βιομηχανικών χρήσεων επιδρά εξισωτικά. Οι ώρες εμφάνισης των αιχμών στη διάρκεια του 24ώρου, διαφέρουν κατά περίπτωση.

Ανάλογα με το συντελεστή μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης λ_1 , ο συντελεστής μέγιστης ωριαίας κατανάλωσης λ_2 , σε ένα συγκεκριμένο 24ώρο, ορίζεται ως εξής:

$$\lambda_2 = \frac{\max Q_\Omega}{\max Q_H}, \lambda_2 \in [1.2, 3] \quad (2.3)$$

Ο συνδυασμός των δύο αυτών συντελεστών, δηλαδή των λ_1 και λ_2 , προκύπτει από την εξίσωση:

$$\lambda_1 * \lambda_2 = \frac{\max Q_\Omega}{\text{mean } Q_H}, \lambda_1 * \lambda_2 \in [3, 6] \quad (2.4)$$

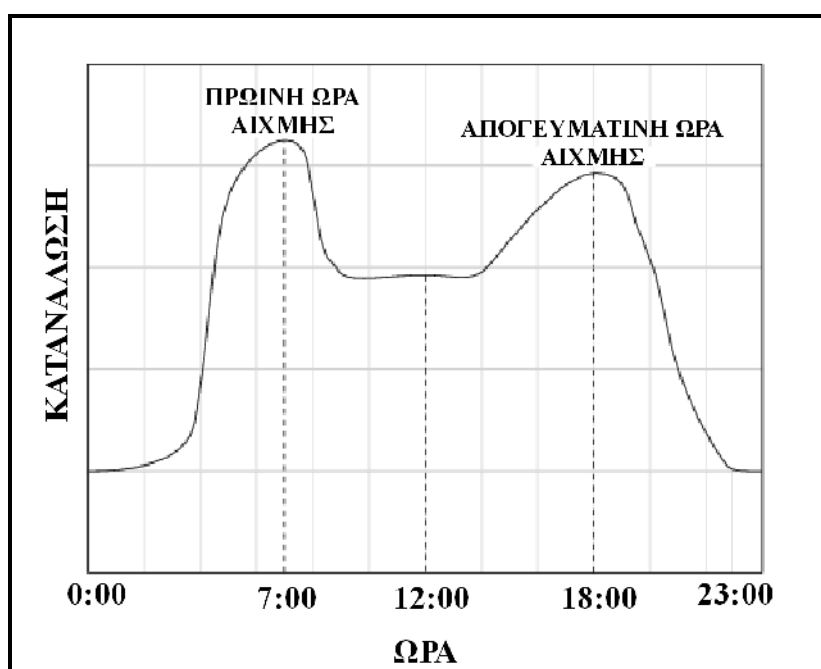
Ο συνδυασμός αυτός δίνει τη μέγιστη ωριαία κατανάλωση κατά την ημέρα αιχμής, όταν είναι γνωστός ο όγκος της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης. Συνεπώς η μέγιστη ωριαία κατανάλωση, προκύπτει από την εξίσωση:

$$\max Q_{\Omega} = \lambda_2 * \lambda_1 * \text{mean } Q_H = \lambda_2 * \max Q_H \quad (2.5)$$

Η μέγιστη ωριαία κατανάλωση αποτελεί την παροχή σχεδιασμού των αγωγών του εσωτερικού υδραγωγείου.

2.5 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

Κάθε δίκτυο ύδρευσης μπορεί να επιλυθεί, μέσω λογισμικών προγραμμάτων, είτε θεωρώντας σταθερή κατανάλωση στους κόμβους, όπου γίνεται έλεγχος για τη δυσμενέστερη κατανάλωση (steady – state simulation), είτε σε διακριτά χρονικά βήματα, θεωρώντας χρονικά μεταβαλλόμενη κατανάλωση (extended – period simulation). Κατά την προσομοίωση χρονικά μεταβαλλόμενης κατάστασης ένα λογισμικό πρόγραμμα εκτός από τα βασικά δεδομένα που αφορούν την κατανάλωση σε κάθε κόμβο, απαιτεί και περαιτέρω πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο η κατανάλωση μεταβάλλεται στο χρόνο.



Διάγραμμα 2.2: Ημερήσια διακύμανση της κατανάλωσης.

Τα προγράμματα αυτά για να εκφράσουν τη διακύμανση της κατανάλωσης στο χρόνο, χρησιμοποιούν μια σειρά συντελεστών που ονομάζονται πολλαπλασιαστές της ζήτησης. Οι πολλαπλασιαστές αυτοί προκύπτουν από το λόγο της κατανάλωσης τη χρονική στιγμή i προς κάποια κατανάλωση που ο χρήστης έχει ορίσει. Η κατανάλωση που θα ορίσει ο χρήστης μπορεί να είναι η μέση ημερήσια κατανάλωση, η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ή η μέγιστη ωριαία κατανάλωση.

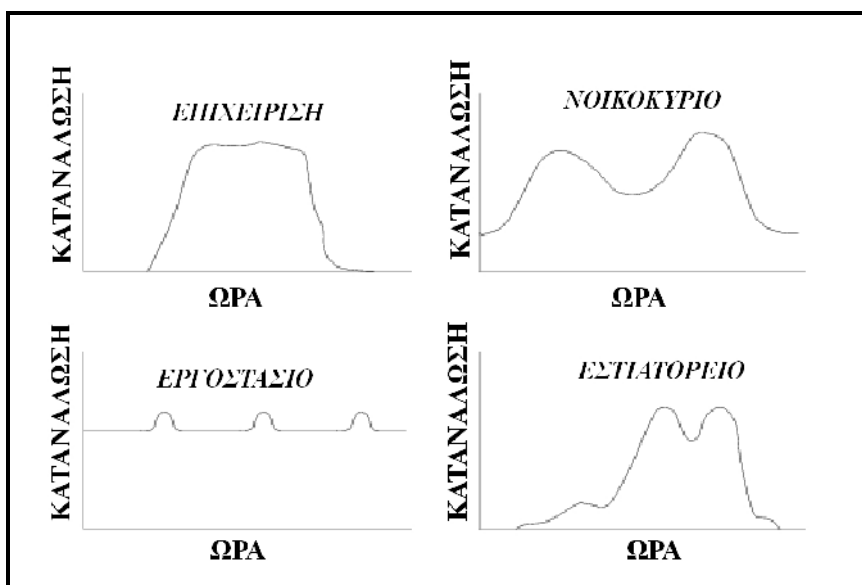
$$\lambda_i = Q_i / Q_{\text{βάσης}} \quad (2.6)$$

Όπου :

λ_i : συντελεστής διακύμανσης της κατανάλωσης.

Q_i : Η κατανάλωση την χρονική στιγμή i .

$Q_{\text{βάσης}}$: Η κατανάλωση που επιλέγεται ως κατανάλωση βάσης.

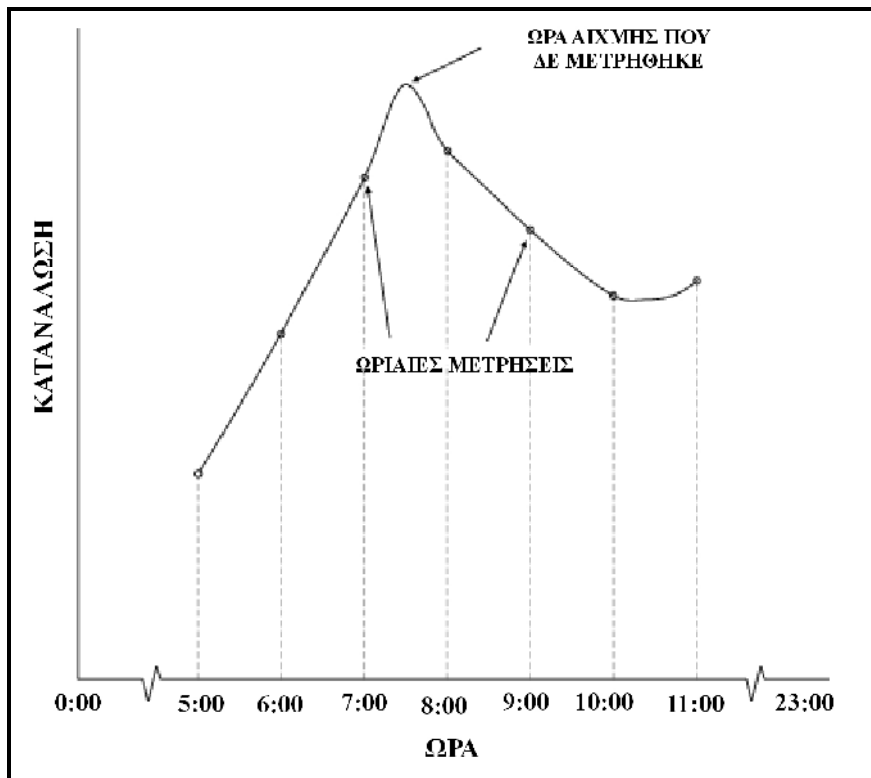


Διάγραμμα 2.3: Ημερήσια διακύμανση της κατανάλωσης, για διαφορετικές συνιστώσες χρήσης νερού.

Επειδή όμως δεν υπάρχουν μαθηματικά μοντέλα τα οποία να περιγράφουν τις μεταβολές της κατανάλωσης σε σχέση με το χρόνο, χρησιμοποιούνται στοχαστικά μοντέλα τα οποία τις περισσότερες φορές βασίζονται σε μετρήσεις και στατιστικά στοιχεία. Τα μοντέλα αυτά περιγράφουν τη διακύμανση της κατανάλωσης, βάση κάποιου χρονικού βήματος.

Γενικά τα χρονικά βήματα που χρησιμοποιούνται δε θα πρέπει να είναι πολύ μικρά, διότι σε τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να παρουσιαστούν λάθη που αφορούν το ύψος στάθμης της δεξαμενής και συνεπώς λάθη στους υπολογισμούς της κατανάλωσης. Το πιο συνηθισμένο χρονικό βήμα που επιλέγεται για την μελέτη της διακύμανσης της κατανάλωσης είναι αυτό της μίας ώρας (1h). Μικρότερα χρονικά βήματα συνιστανται μόνο σε περιπτώσεις όπου το ύψος στάθμης της δεξαμενής αλλάζει ραγδαία.

Ο χρήστης θα πρέπει να γνωρίζει όμως ότι και στις περιπτώσεις όπου επιλέγεται ως χρονικό βήμα αυτό της μίας ώρας, μπορεί να χαθεί η στιγμή της μέγιστης κατανάλωσης. Για παράδειγμα αν οι μετρήσεις υπολογίζονται ανά μία ώρα, δηλαδή στις 6:00, στις 7:00 κλπ. και η στιγμή της μέγιστης κατανάλωσης αντιστοιχεί στις 6:15, τότε αυτή δε θα μπορέσει να γίνει αντιληπτή από το πρόγραμμα.



Διάγραμμα 2.4: Περίπτωση ώρας αιχμής που δεν υπολογίζεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ EPANET

3.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ EPANET

Το EPANET είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο πρόγραμμα το οποίο προσομοιώνει τη χρονική διακύμανση των υδραυλικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών της ροής σε δίκτυα διανομής υπό πίεση κάθε μεγέθους και οποιασδήποτε τοπολογίας. Το πρόγραμμα αυτό αναπτύχθηκε από την Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας των ΗΠΑ (U.S. Environmental Protection Agency), και είναι ελεύθερα διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/wswrd/epanet.html>. Πρωτοεμφανίστηκε το 1993 (Rossman, 1993), ενώ το 1999 βγήκε η δεύτερη έκδοσή του.

Αποτελεί ένα χρήσιμο ερευνητικό εργαλείο, το οποίο βοηθάει το χρήστη στο να κατανοήσει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο την κίνηση, τη “συμπεριφορά” του νερού μέσα στα δίκτυα διανομής του και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορα είδη εφαρμογών που σχετίζονται με την προσομοίωση και ανάλυση των δικτύων διανομής του νερού. Γενικά, τέτοιου είδους προγράμματα, παρέχουν εύκολη πρόσβαση στα εργαλεία εκείνα που χρειάζονται για να προσομοιωθούν και επιλυθούν σύνθετα υδραυλικά δίκτυα. Ειδικότερα το EPANET με τις πολύ εξελιγμένες δυνατότητες προσομοίωσης του, μπορεί να επιλύσει υδραυλικά αλλά και ποιοτικά το δίκτυο, δίνοντας τα αποτελέσματα σε διάφορες μορφές, όπως για παράδειγμα χάρτες, γραφήματα, πίνακες κ.τ.λ.

Στις μέρες μας, στον τομέα της μηχανικής, το EPANET δε χρησιμοποιείται όσο τα προηγούμενα χρόνια, μιας και έχουν εμφανιστεί νέα και πιο εξελιγμένα λογισμικά προγράμματα, τα οποία κατά βάση ανήκουν στο χώρο των GIS. Παρ’ όλα αυτά το EPANET, θεωρείται ο προκάτοχος τέτοιων μοντέλων προσομοίωσης, οπότε πάντα θα λειτουργεί ως βάση για την κατανόηση και χρήση των μεταγενέστερων αυτού, προγραμμάτων.

3.2 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ EPANET

3.2.1 ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

- Αναλύει όλα τα δίκτυα, ανεξάρτητου μεγέθους.
- Λαμβάνει υπόψη γραμμικές αλλά και τοπικές απώλειες.
- Προσομοιώνει δεξαμενές σταθερής ή μεταβλητής γεωμετρίας, διάφορους τύπους ειδικών συσκευών (δικλείδες, μειωτές πίεσης) καθώς και αντλίες σταθερής ή μεταβλητής παροχής.

- Υπολογίζει την κατανάλωση ενέργειας και το κόστος λειτουργίας του δικτύου.
- Επιτρέπει τη χρήση διαφορετικών προτύπων χρονικής διακύμανσης της κατανάλωσης για πολλαπλές χρήσεις και για κάθε κόμβο.
- Υποστηρίζει τη δυνατότητα ενσωμάτωσης κανόνων λειτουργίας του δικτύου, μέσω κώδικα που γράφει ο χρήστης (συνήθως πρόκειται για χρονικούς περιορισμούς ή περιορισμούς παροχής της μορφής if...then).

3.2.2 ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

- Εντοπίζει συντηρητικά και μη συντηρητικά συστατικά στο δίκτυο.
- Προσδιορίζει την πηγή του νερού καθώς επίσης την ηλικία και του νερού αλλά και των υπόλοιπων στοιχείων του δικτύου.
- Παρακολουθεί το ποσοστό του νερού που φτάνει, από ένα συγκεκριμένο κόμβο, σε όλους τους υπόλοιπους.
- Προσομοιώνει την αντίσταση που εμφανίζεται τόσο στη ροή όσο και στα τοιχώματα των σωλήνων.

3.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΣΤΟ EPANET

Η επίλυση των κλειστών δικτύων στηρίζεται στην εξίσωση διατήρησης της μάζας και της ενέργειας και στη συσχέτιση του ύψους απωλειών με την παροχή για τα χαρακτηριστικά του αγωγού. Γενικά, οι δύο βασικές αρχές της υδραυλικής που ακολουθούνται κατά την επίλυση κλειστών δικτύων είναι οι εξής:

Αρχή διατήρησης μάζας ή αρχή συνέχειας παροχής: Σε ένα κόμβο το αλγεβρικό άθροισμα των παροχών ισούται με το μηδέν. Δηλαδή το άθροισμα των παροχών που εισρέουν σε αυτόν είναι ίσο με το άθροισμα των παροχών που εκρέουν από αυτόν και με την ποσότητα του νερού που καταναλώνεται στον κόμβο.

Αρχή διατήρησης ενέργειας ή αρχή συνέχειας πίεσης: Σε ένα κόμβο το ύψος της γραμμής ενέργειας είναι το ίδιο ανεξάρτητα από το ποια διαδρομή ακολουθεί το νερό για να φτάσει σε αυτόν. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια σε ένα βρόχο το αλγεβρικό άθροισμα των απωλειών φορτίου να ισούται με το μηδέν. Τα πρόσημα των απωλειών φορτίου καθορίζονται προεπιλέγοντας θετική φορά κίνησης του νερού μέσα στον βρόχο (συνήθως ως θετική επιλέγεται η ωρολογιακή φορά), όταν η φορά ροής είναι θετική τότε και το ύψος απωλειών φορτίου είναι θετικός αριθμός.

Για την επίλυση κλειστών δικτύων, έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς διάφορες μέθοδοι, οι οποίες αποτελούν επαναληπτικές μεθόδους. Τρεις όμως είναι οι βασικές επαναληπτικές μέθοδοι επίλυσης κλειστών δικτύων. Η πρώτη μέθοδος είναι η μέθοδος $Q - Cross$, η οποία αναπτύχθηκε από τον Αμερικανό πολιτικό μηχανικό Hardy Cross το 1938 και η οποία αποτελεί την παλιότερη και πιο ευρέως

χρησιμοποιούμενη επαναληπτική μέθοδο υπολογισμού παροχών. Παρ' όλα αυτά ο προγραμματισμός της σε ηλεκτρονικό περιβάλλον είναι δύσκολος και λιγότερο αποτελεσματικός από άλλες μεθόδους που αναπτύχθηκαν αργότερα. Η επίλυση της βασίζεται στις ΔQ -εξισώσεις. Στόχος της είναι να υπολογίσει τις διορθωτικές παροχές $\Delta Q_1, \Delta Q_2, \dots, \Delta Q_L$ των L βρόχων του δικτύου. Αυτό επιχειρεί να το κάνει όχι με την επίλυση του συστήματος των εξισώσεων ενέργειας, αλλά υπολογίζοντας τη διορθωτική παροχή κάθε βρόχου ξεχωριστά.

Η δεύτερη μέθοδος αναπτύχθηκε από τους R. Epp και A. G. Fowler το 1970. Όπως και η Q-Cross είναι μια επαναληπτική μέθοδος και χρησιμοποιεί τις ΔQ -εξισώσεις για την επίλυση της. Σε αντίθεση με την προηγούμενη, προσπαθεί να υπολογίσει την τιμή της διορθωτικής παροχής ΔQ επιλύοντας το σύστημα των μη γραμμικών εξισώσεων που προκύπτουν από την αρχή διατήρησης της ενέργειας σε κάθε βρόχο. Για να γραμμικοποιηθούν οι εξισώσεις ενέργειας χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος των Newton-Raphson. Από τη χρήση αυτού του αλγόριθμου προέρχεται και το όνομα της μεθόδου. Η προηγούμενη μέθοδος (Q-Cross) αποτελεί υποπερίπτωση αυτής. Βρήκε ιδιαίτερη ανταπόκριση γιατί συγκλίνει πολύ γρήγορα στις πραγματικές τιμές των παροχών.

Η τρίτη μέθοδος αναπτύχθηκε από τους D. J. Wood και C. O. A. Charles το 1972 και είναι γνωστή ως γραμμική μέθοδος. Έχει δυο βασικά πλεονεκτήματα απέναντι στις μεθόδους που περιγράφονται παραπάνω. Το πρώτο ότι μπορεί εύκολα να προγραμματιστεί σε περιβάλλον ηλεκτρονικού υπολογιστή και το δεύτερο ότι για να ξεκινήσει η διαδικασία επίλυσης δε χρειάζεται επιλογή αρχικών τιμών των παροχών των κλάδων, αλλά μονό μια υπόθεση της κατεύθυνσης του νερού στους κλάδους. Είναι η μέθοδος που χρησιμοποιούνε τα περισσότερα υπολογιστικά προγράμματα κατασκευής και επίλυσης δικτύων ύδρευσης και μπορεί να δώσει έγκυρα αποτελέσματα ακόμα και για περίπλοκα δίκτυα που αποτελούνται από χιλιάδες κλάδους. Η θεωρία αυτής της μεθόδου βασίζεται στις Q-εξισώσεις και προσπαθεί να υπολογίσει τις παροχές των κλάδων επιλύοντας τις εξισώσεις που προκύπτουν και από την αρχή συνέχειας παροχής των κόμβων και από την αρχή διατήρησης ενέργειας των βρόχων ταυτόχρονα σε ένα κοινό σύστημα εξισώσεων.

Το EPANET για την επίλυση δικτύων ύδρευσης χρησιμοποιεί μια μέθοδο επίλυσης η οποία αναπτύχθηκε από τους Todini και Pilati το 1987. Η μέθοδος αυτή αποτελεί μια υβριδική, βαθμωτή μέθοδο και είναι γνωστή ως "Gradient Method". Αποτελεί και αυτή μια επαναληπτική μέθοδο μεταγενέστερη των τριών παραπάνω μεθόδων. Ουσιαστικά είναι μια μέθοδος η οποία χρησιμοποιεί στοιχεία και από τη μέθοδο Newton – Raphson αλλά και από τη γραμμική μέθοδο. Επιλύει τα δίκτυα βάση και των δύο βασικών υδραυλικών αρχών και χρησιμοποιεί μερικές παραγώγους για τη γραμμικοποίηση των μη γραμμικών εξισώσεων.

Με τη μέθοδο αυτή υπολογίζονται οι ολικές απώλειες ενέργειας που αναπτύσσονται κατά μήκος των αγωγών του δικτύου. Η μέθοδος αυτή, ξεκινάει την επίλυση θεωρώντας αρχικές παροχές στους αγωγούς του δικτύου, χωρίς να είναι απαραίτητη η εξασφάλιση της αρχής της συνέχειας των παροχών. Σε κάθε επανάληψη της μεθόδου, επιλύοντας μια σειρά εξισώσεων μέσω πινάκων, υπολογίζονται τα ύψη ενέργειας σε κάθε κόμβο. Αφού υπολογιστούν τα ύψη ενέργειας στους κόμβους, υπολογίζονται οι νέες παροχές για τους αγωγούς του δικτύου, οι οποίες αποτελούν τις διορθωτικές παροχές. Με τις διορθωτικές παροχές υπολογίζονται οι νέες ολικές απώλειες

ενέργειας κατά μήκος των αγωγών και ακολουθείται πάλι η ίδια διαδικασία. Οι επαναλήψεις σταματάνε όταν οι διορθωτικές παροχές είναι μικρότερες από ένα όριο που έχει ορίσει ο χρήστης. Γενικά στις επαναληπτικές τεχνικές επίλυσης, ορίζονται αυθαίρετες αρχικές τιμές στις μεταβλητές του προβλήματος και επιδιώκεται η σταδιακή μείωση του σφάλματος μέχρι να επέλθει σύγκλιση. Η αρχή διατήρησης της μάζας μπορεί να μην ικανοποιείται μόνο κατά την πρώτη επίλυση του δικτύου. Από την πρώτη επανάληψη αλλά και στο σύνολο των επαναλήψεων που ακολουθούν, ικανοποιείται η αρχή συνέχειας της παροχής.

3.4 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ EPANET

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο το EPANET προσομοιώνει όλα εκείνα τα στοιχεία τα οποία αποτελούν κάθε δίκτυο διανομής νερού αλλά και τις διάφορες παραμέτρους που σχετίζονται με τη λειτουργία του κάθε δικτύου. Το EPANET λοιπόν προσομοιώνει ένα δίκτυο διανομής νερού σαν μια συλλογή γραμμικών και σημειακών αντικειμένων. Τα σημειακά αντικείμενα (nodes) αναπαριστούν τις ενώσεις των αγωγών (junctions) και τις δεξαμενές (reservoirs, tanks) ενώ τα γραμμικά αντικείμενα αναπαριστούν τους αγωγούς του δικτύου (pipes) αλλά και τις ειδικές συσκευές, οι οποίες είναι οι αντλίες (pumps) και οι δικλείδες (valves). Όλα τα παραπάνω στοιχεία ορίζονται παρακάτω.

Junctions: Με τον όρο junctions νοούνται τα σημεία εκείνα στα οποία ενώνονται οι αγωγοί μεταξύ τους με απώτερο σκοπό την κίνηση του νερού μέσα στο δίκτυο. Ουσιαστικά αποτελούν τα σημεία διακλάδωσης των αγωγών και για το λόγο αυτό ονομάζονται junctions, δηλαδή ενώσεις. Δε χρησιμοποιούνται ως αποθηκευτικοί χώροι νερού αλλά αντιθέτως αποτελούν τα σημεία ζήτησης νερού. Είναι τα σημεία στα οποία το νερό φεύγει από το δίκτυο με σκοπό την κάλυψη των αναγκών για νερό, του συνόλου των καταναλωτών.

Pipes: Με τον όρο pipes νοούνται οι κλάδοι ή αγωγοί του δικτύου διανομής νερού. Ουσιαστικά νοείται κάθε τμήμα αγωγού μήκους L , που αποτελείται από σωλήνα ομοιόμορφης διαμέτρου D , κλάσης και τραχύτητας K , κατά μήκος του οποίου θεωρείται ενιαία παροχή Q , όπου δεν παρεμβάλλεται κανένα σημείο εισόδου ή εξόδου και καμία διακλάδωση. Κάθε αγωγός ορίζεται από δύο κόμβους (junctions). Ουσιαστικά αποτελούν το μέσο με το οποίο το νερό μεταφέρεται από το ένα σημείο του δικτύου στο άλλο. Το EPANET θεωρεί ότι κάθε χρονική στιγμή, όλοι οι αγωγοί του δικτύου είναι γεμάτοι νερό. Στην ουσία αποτελούν το μοναδικό μέσο με το οποίο το νερό μπορεί να μεταφερθεί από τον ένα κόμβο του δικτύου στον άλλο.

Reservoirs: Αποτελούν εξωτερικές πηγές νερού για το δίκτυο. Στην ουσία αποτελούν το χώρο στον οποίο συγκεντρώνεται το νερό και μέσω αγωγών (τροφοδοτικοί αγωγοί) διανέμεται στο δίκτυο. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την προσομοίωση λιμνών, ποταμών, υδροφόρων στρωμάτων υπόγειων νερών κ.α. Επίσης χρησιμεύουν σαν πηγές ποιότητας νερού. Το υψόμετρο της επιφάνειας μιας δεξαμενής δεν αλλάζει καθώς το νερό εισρέει ή εκρέει από αυτό κατά τη διάρκεια μιας προσομοίωσης παρατεταμένης περιόδου (Extended Period Simulation).

Tanks: Αποτελούν αποθηκευτικούς κόμβους. Το υψόμετρο της επιφάνειας μιας δεξαμενής αλλάζει καθώς το νερό εισρέει ή εκρέει από αυτό κατά τη διάρκεια μιας

προσομοίωσης παρατεταμένης περιόδου (Extended Period Simulation). Οι δεξαμενές μπορούν να έχουν είτε κυκλική είτε μη κυκλική διατομή.

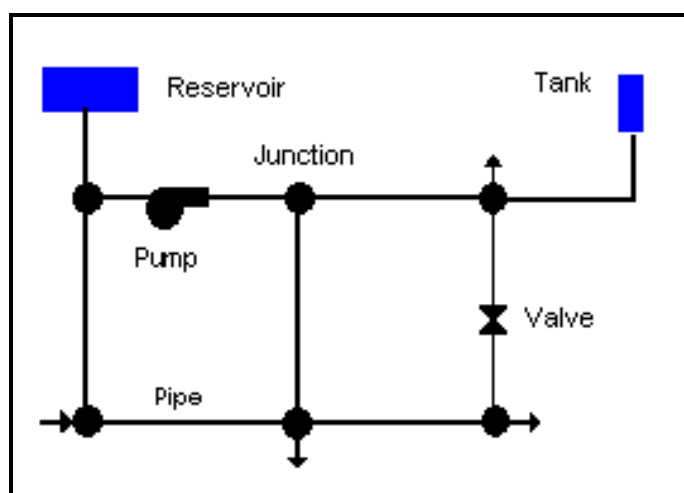
Pumps: Με τον όρο αυτό ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εισάγει στο δίκτυο αντλίες. Οι αντλίες αποτελούν τις συσκευές, οι οποίες μεταδίδουν ενέργεια σε ένα ρευστό, αυξάνοντας το πιεζομετρικό του φορτίο. Με λίγα λόγια προσθέτουν ενέργεια στο δίκτυο. Αποτελούν τις συσκευές εκείνες οι οποίες βοηθούν το νερό να κινηθεί από σημεία με χαμηλή πίεση σε σημεία με υψηλότερη πίεση.

Valves: Με τον όρο αυτό νοούνται οι βαλβίδες οι οποίες αποτελούν ειδικές συσκευές των δικτύων ύδρευσης. Στην Ελλάδα για την ονομασία τους χρησιμοποιούνται και οι όροι βάνια ή δικλείδα. Αποτελούν συσκευές ρύθμισης της παροχής και τοποθετούνται στις διακλαδώσεις, ώστε σε περίπτωση βλάβης να εξασφαλίζουν απομόνωση του υπόλοιπου δικτύου. Ουσιαστικά αποτελούν συσκευές οι οποίες ανοίγουν και κλείνουν με σκοπό να ικανοποιήσουν μια συνθήκη που ορίζεται από το χρήστη. Πιο συγκεκριμένα ρυθμίζουν την ύπαρξη ή όχι ροής στους αγωγούς.

Στο EPANET, σύμφωνα με τον τρόπο λειτουργίας τους, συναντώνται διάφοροι τύποι βαλβίδων, οι οποίοι είναι οι εξής:

- Βαλβίδες μείωσης της πίεσης (Pressure Reducing Valve - PRV)
- Βαλβίδες διατήρησης της πίεσης (Pressure Sustaining Valve - PSV)
- Πιεζοθραστικά φρεάτια (Pressure Breaker Valve - PBV)
- Βαλβίδες ελέγχου παροχής (Flow Control Valve - FCV)
- Ρυθμιστικές βαλβίδες ελέγχου (Throttle Control Valve - TCV)
- Άλλες βαλβίδες ελέγχου (General Purpose Valve - GPV)

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο τα στοιχεία αυτά μπορούν να ενωθούν στο EPANET και να σχηματίσουν ένα δίκτυο διανομής νερού. Ουσιαστικά, το παρακάτω σχήμα αποτελεί μια σχηματική αναπαράσταση ενός δικτύου διανομής νερού.



Σχήμα 3.1: Αναπαράσταση δικτύου ύδρευσης στο EPANET.

Εκτός όμως από τα παραπάνω στοιχεία τα οποία αποτελούν τα βασικά στοιχεία των δικτύων διανομής νερού, το EPANET χρησιμοποιεί και μια σειρά παραμέτρων οι οποίες περιγράφουν τη συμπεριφορά αλλά και τον τρόπο λειτουργίας των δικτύων. Αυτές οι παράμετροι είναι:

Χαρακτηριστικές καμπύλες (curves): Οι καμπύλες αυτές αποτελούν μια γραφική αναπαράσταση της σχέσης μεταξύ δύο ποσοτήτων. Πριν την επίλυση του δικτύου από το πρόγραμμα ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εισάγει κάποιες χαρακτηριστικές καμπύλες οι οποίες περιγράφουν τη σχέση μεταξύ δύο χαρακτηριστικών μεγεθών ενός στοιχείου του δικτύου. Χαρακτηριστικές καμπύλες μπορούν να εισαχθούν τόσο για τις συσκευές του δικτύου, όσο και για τις δεξαμενές του. Αφού οριστούν οι καμπύλες αυτές, το πρόγραμμα θα επιλύσει το δίκτυο και θα υπολογίσει τα αποτελέσματα για τα στοιχεία του δικτύου, βάση των καμπύλων αυτών. Στο EPANET μπορούν να εισαχθούν από το χρήστη καμπύλες που περιγράφουν τη σχέση της ροής και του ύψους ενέργειας του νερού που μεταφέρεται από μια αντλία (pump curve), χαρακτηριστικές καμπύλες βαθμού απόδοσης των αντλιών (efficiency curves), καμπύλες που καθορίζουν τη χωρητικότητα των δεξαμενών συναρτήσει του ύψους στάθμης τους (volume curve) και καμπύλες που περιγράφουν τις απώλειες ενέργειας σε μια δικλείδα συναρτήσει της παροχής (Headloss Curve).

Χρονικά πρότυπα (time patterns): Τα πρότυπα αυτά αποτελούν μια σειρά συντελεστών, γνωστοί ως πολλαπλασιαστές, οι οποίοι πολλαπλασιαζόμενοι με μία ποσότητα (π.χ. ζήτηση στους κόμβους του δικτύου, ύψος στάθμης της δεξαμενής κ.α), εκφράζουν τη διακύμανσή της στο χρόνο. Αρχικά θα πρέπει να οριστεί από το χρήστη του προγράμματος, το χρονικό βήμα σύμφωνα με το οποίο θα ελεγχθεί η διακύμανση της ποσότητας που επιθυμεί. Το πιο συνηθισμένο χρονικό βήμα, είναι αυτό της μίας ώρας. Συνεπώς με τη χρήση των time patterns, ο χρήστης είναι σε θέση να ελέγξει τη διακύμανση της ποσότητας που τον ενδιαφέρει, σύμφωνα με το χρονικό βήμα που έχει επιλέξει. Για παράδειγμα, τα time patterns (χρονικά πρότυπα) παρέχουν ένα αποτελεσματικό εργαλείο για τον έλεγχο της διακύμανσης της ζήτησης στους κόμβους ενός δικτύου, ανά μία ώρα.

Έλεγχοι (controls): Αποτελούν κανόνες λειτουργίας των δικτύων. Πρόκειται για αλγόριθμους οι οποίοι καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί το δίκτυο. Στην ουσία, καθορίζουν την κατάσταση των αγωγών (κλειστοί, ανοιχτοί) σύμφωνα με διάφορες παραμέτρους όπως για παράδειγμα την πίεση σε συγκεκριμένα σημεία του δικτύου, το ύψος στάθμης των δεξαμενών ή σύμφωνα με κάποια συγκεκριμένη ώρα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Για παράδειγμα μέσω των αλγόριθμων αυτών ο χρήστης μπορεί να προγραμματίσει τη διακοπή της ροής του νερού σε έναν ή περισσότερους αγωγούς, εάν η πίεση σε συγκεκριμένο κόμβο ή κόμβους είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη από μια τιμή που ο ίδιος επιθυμεί. Επίσης μπορεί να προγραμματίσει τη διακοπή της ροής του νερού, κλείνοντας συγκεκριμένο αγωγό ή αγωγούς, κάποια συγκεκριμένη ώρα της ημέρας (π.χ. να κλείσουν οι αγωγοί 2 και 3 στις 13.00 μ.μ.).

3.5 ΧΩΡΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ EPANET

Στο χώρο εργασίας του EPANET, συναντώνται τρεις “μπάρες εργαλείων” και δύο “παραθύρα”. Στις μπάρες εργαλείων ανήκουν τα εξής:

Menu Bar

Βρίσκεται στο πάνω μέρος του χώρου εργασίας του προγράμματος και περιλαμβάνει μια σειρά εντολών με τις οποίες ο χρήστης ελέγχει το πρόγραμμα. Περιλαμβάνει τις εξής εντολές:

- File menu: περιλαμβάνει εντολές για άνοιγμα, αποθήκευση και εκτύπωση αρχείων).
- Edit menu: περιλαμβάνει εντολές για αντιγραφή του χάρτη, των αποτελεσμάτων κ.τ.λ.
- View menu: περιλαμβάνει κυρίως εντολές που αφορούν την παρουσίαση του χάρτη στο χρήστη.
- Project menu: περιλαμβάνει κυρίως εντολές που αφορούν την ανάλυση και τον τρόπο με τον οποίο θα επιλυθεί το δίκτυο.
- Report menu: περιλαμβάνει κυρίως εντολές που αφορούν την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης του δικτύου.
- Window menu: περιλαμβάνει κυρίως εντολές που αφορούν την επαναφορά των παραθύρων του προγράμματος σε περίπτωση κλεισίματός τους.
- Help menu: περιλαμβάνει εντολές που βοηθούν το χρήστη στο να κατανοήσει καλύτερο τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί το πρόγραμμα.

Toolbars

Η συγκεκριμένη “μπάρα εργαλείων” περιλαμβάνει μια σειρά εικονιδίων, σχεδιαστικών και μη, μέσω των οποίων δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να σχεδιάσει το προς επίλυση δίκτυο διανομής νερού αλλά και να επιλέξει αυτόματα την εκτέλεση βασικών εντολών όπως την αποθήκευση και εκτύπωση του project που έχει δημιουργήσει, να επιλέξει την επίλυση του δικτύου μέσω του προγράμματος, να εξάγει πίνακες, γραφήματα κ.α.

Status Bar

Εμφανίζεται στο κάτω μέρος του χώρου εργασίας του προγράμματος και περιλαμβάνει τις παρακάτω πληροφορίες:

- Auto-Length: πληροφορεί το χρήστη εάν είναι ενεργοποιημένη (on) ή όχι (off) ο αυτόματος υπολογισμός του μήκους των αγωγών του δικτύου.
- Flow Units: πληροφορεί το χρήστη για την μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα για την παροχή κατανάλωσης (π.χ. Litre Per Second- LPS).
- Zoom Level: πληροφορεί το χρήστη για το επίπεδο μεγέθυνσης του χάρτη.
- Run Status: είναι ένα εικονίδιο το οποίο πληροφορεί το χρήστη για το αν το πρόγραμμα κατάφερε να επιλύσει το δίκτυο. Μη επίλυση του δικτύου μπορεί

να σημαίνει ανεπαρκή δεδομένα για τις συνιστώσες του δικτύου ή εισαγωγή λανθασμένων δεδομένων.

- X , Y Location: πληροφορεί το χρήστη για τη θέση του κέρσορα στο χάρτη, κάθε στιγμή.

Όσον αφορά τα δύο βασικά παράθυρα, που εμφανίζονται στο χώρο εργασίας του προγράμματος, είναι τα: Network Map και Browser.

Network Map

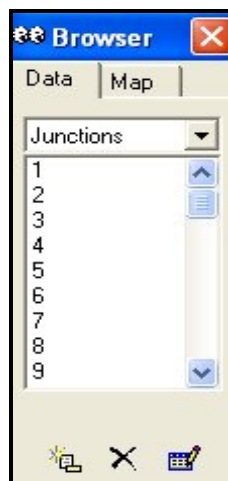
Το παράθυρο αυτό παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα σχεδίασης του προς επίλυση δικτύου διανομής νερού. Στο παράθυρο αυτό εισάγονται με χρήση των αντίστοιχων εικονιδίων, όλες οι βασικές συνιστώσες (κόμβοι (junctions), δεξαμενές, αγωγοί, ειδικές συσκευές) που απαρτίζουν ένα δίκτυο διανομής νερού. Η τοποθέτησή τους στο χάρτη καθώς επίσης και οι αποστάσεις μεταξύ τους, δεν είναι αναγκαίο να ανταποκρίνονται στις πραγματικές τους τιμές. Στο χώρο αυτό, επιλεγμένα μεγέθη των συνιστωσών του δικτύου (π.χ. πιέσεις στους κόμβους, ταχύτητες ροής στους αγωγούς), μπορούν να εμφανιστούν γραφικά μέσω χρωματικών διαβαθμίσεων. Νέες συνιστώσες του δικτύου μπορούν να προστεθούν αλλά και ήδη υπάρχοντες να διαγραφούν ή να μετακινηθούν σε νέα θέση. Επίσης, όσον αφορά τους κόμβους και τους αγωγούς, μπορούν να σχεδιαστούν σε διαφορετικά μεγέθη, με σκοπό την καλύτερη και ευκρινέστερη παρουσίαση τους. Τέλος, το πρόγραμμα παρέχει τη δυνατότητα χρήσης κάποιου χάρτη ως υπόβαθρο (π.χ. ένα τοπογραφικό χάρτη, δρόμους κ.τ.λ.) σύμφωνα με το οποίο θα γίνει η σχεδίαση του προς επίλυση δικτύου διανομής νερού.

Browser

Το παράθυρο αυτό χωρίζεται σε δύο επιμέρους παράθυρα, τα: Data Browser και Map Browser.

Data Browser

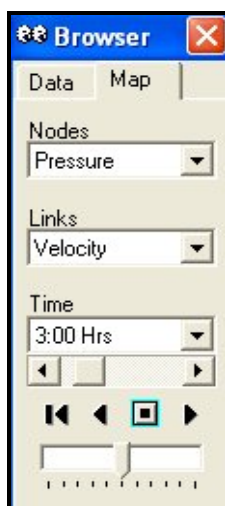
Στο παράθυρο αυτό, το οποίο παρουσιάζεται παρακάτω, ο χρήστης εισάγει όλα τα απαραίτητα δεδομένα των συνιστωσών του δικτύου, με σκοπό την επίλυσή του.



Σχήμα 3.2: Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων.

Map Browser

Το παράθυρο αυτό δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να παρουσιάσει στο χάρτη, με χρωματική διαβάθμιση, τα δεδομένα των συνιστωσών του δικτύου αλλά και τα αποτελέσματα των διάφορων μεγεθών που υπολογίστηκαν κατά την επίλυση του δικτύου (π.χ. πιέσεις στους κόμβους, ταχύτητες ροής στους αγωγούς). Επίσης δίνει τη δυνατότητα παρουσίασης στο χάρτη, μέσω χρωματικής διαβάθμισης, της διακύμανσης των διάφορων ποσοτήτων στο χρόνο.



Σχήμα 3.3: Παράθυρο εξαγωγής αποτελεσμάτων.

3.6 ΒΗΜΑΤΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΣΩ EPANET

1. Σχεδίαση του δικτύου
2. Εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων των στοιχείων του δικτύου.
3. Περιγραφή της λειτουργίας του δικτύου.
4. Επιλογή βασικών παραμέτρων για την επίλυση του δικτύου
5. Επίλυση του δικτύου
6. Παρουσίαση των αποτελεσμάτων

Σχεδίαση του δικτύου

Η σχεδίαση του δικτύου διανομής νερού από το χρήστη, επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας τα παρακάτω εικονίδια.



Επιλέγει αντικείμενα στο χάρτη













Δημιουργεί κορυφές σε γραμμικά αντικείμενα



Επιλέγει ένα σύνολο σημείων στο χάρτη



Μετακινεί το χάρτη προς οποιαδήποτε κατεύθυνση

-  Μεγεθύνει αντικείμενα στο χάρτη.
-  Σμικραίνει αντικείμενα στο χάρτη.
-  Μεγεθύνει το χάρτη στα όρια του παραθύρου
-  Προσθέτει τις συνδέσεις (junctions) στο δίκτυο.
-  Προσθέτει δεξαμενές (reservoirs) στο δίκτυο.
-  Προσθέτει δεξαμενές (tanks) στο δίκτυο.
-  Προσθέτει σωλήνες (pipes) στο δίκτυο.
-  Προσθέτει αντλίες (pumps) στο δίκτυο.
-  Προσθέτει βαλβίδες (valves) στο δίκτυο.
-  Προσθέτει μια ετικέτα/ λεζάντα στο χάρτη. Χρησιμοποιείται για να δοθεί η ονομασία των διάφορων στοιχείων του δικτύου.

Με τη χρήση των παραπάνω εικονιδίων, ο χρήστης έχει καταφέρει να σχεδιάσει το δίκτυο. Στη συνέχεια θα πρέπει να δοθούν , στα στοιχεία του δικτύου, τα δεδομένα εκείνα τα οποία είναι αναγκαία για να μπορέσει το πρόγραμμα να επιλύσει το δίκτυο.

Εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων των στοιχείων του δικτύου.

Για κάθε στοιχείο του δικτύου υπάρχουν κάποιες βασικές ποσότητες οι οποίες θα πρέπει να εισαχθούν ως δεδομένα στο πρόγραμμα. Οι ποσότητες αυτές παρουσιάζονται παρακάτω:

Για τις συνδέσεις (junctions), ως δεδομένα εισάγονται:

- Το υψόμετρό τους (elevation), υπολογισμένο σε σχέση με κάποιο σημείο αναφοράς. Συνήθως είναι υπολογισμένο από τη μέση στάθμη της θάλασσας.
- Η κατανάλωση νερού (base demand).

Για τους αγωγούς (pipes), ως δεδομένα εισάγονται:

- Η εσωτερική τους διάμετρος (diameter).
- Το μήκος τους (length).
- Ο συντελεστής τραχύτητας (roughness coefficient).

Για τις δεξαμενές (reservoirs), ως δεδομένα εισάγονται:

- Το υψόμετρο της δεξαμενής (total head), το οποίο αντιστοιχεί στο υψόμετρο της επιφάνειας του νερού στη δεξαμενή, όταν αυτή δε βρίσκεται υπό πίεση.

Για τις δεξαμενές αποθήκευσης (tanks), ως δεδομένα εισάγονται:

- Το υψόμετρο πυθμένα στο οποίο αντιστοιχεί μηδενική στάθμη νερού (elevation).
- Η διάμετρος της δεξαμενής (diameter).
- Το υψόμετρο της στάθμης του νερού πάνω από τον πυθμένα της, στην αρχή της προσομοίωσης (initial level).
- Το ελάχιστο υψόμετρο της στάθμης του νερού πάνω από τον πυθμένα της, κάτω από το οποίο η δεξαμενή δε μπορεί να λειτουργήσει (minimum level).
- Το μέγιστο υψόμετρο της στάθμης του νερού πάνω από τον πυθμένα της, το οποίο η δεξαμενή δε μπορεί να ξεπεράσει (maximum level).

Για τις αντλίες (pumps), ως δεδομένα εισάγονται:

- Οι χαρακτηριστικές τους καμπύλες (pump curves), οι οποίες στην ουσία αναπαριστούν τη σχέση μεταξύ ύψους ενέργειας και ροής που μπορούν να παράγουν οι αντλίες.

Για τις βαλβίδες (valves), ως δεδομένα εισάγονται:

- Η διάμετρος τους (diameter).
- Η κατάστασή τους, δηλαδή αν είναι ανοιχτές ή κλειστές (status).
- Ο τύπος βαλβίδας (setting).

Περιγραφή της λειτουργίας του δικτύου

Στο στάδιο αυτό ο χρήστης επιλέγει τον τρόπο με τον οποίο θα λειτουργήσει και επομένως θα αναλυθεί το δίκτυο διανομής νερού που μελετά. Ουσιαστικά μπορεί να επιλέξει, για το δίκτυο, προσομοίωση παρατεταμένης περιόδου με τη χρήση χρονικών προτύπων (time patterns), τη χρήση αλγόριθμων οι οποίοι θα καθορίσουν τη ροή του νερού στο υπό μελέτη δίκτυο (controls) ή τη λειτουργία του βάσει των χαρακτηριστικών καμπύλων (curves), που έχει ορίσει ο χρήστης.

Επιλογή βασικών παραμέτρων για την επίλυση του δικτύου

Στο στάδιο αυτό καθορίζονται οι μονάδες μέτρησης των καταναλώσεων στους κόμβους και των παροχών στους αγωγούς. Επίσης καθορίζονται, η μέθοδος με την οποία το πρόγραμμα θα υπολογίσει τις γραμμικές απώλειες ενέργειας κατά μήκος των αγωγών, ο μέγιστος αριθμός των επαναλήψεων που θα πραγματοποιήσει το πρόγραμμα για την επίλυση του δικτύου καθώς επίσης και το όριο των διορθωτικών παροχών σύμφωνα με το οποίο θα σταματήσει η επίλυση του δικτύου.

Επίλυση του δικτύου

Αφού έχει σχεδιαστεί το δίκτυο και έχουν εισαχθεί όλα τα απαραίτητα δεδομένα, το πρόγραμμα είναι σε θέση να επιλύσει το δίκτυο. Σε περίπτωση που η ανάλυση δεν είναι επιτυχημένη, τότε εμφανίζεται ένα παράθυρο το οποίο διευκρινίζει τα πιθανά λάθη που υπάρχουν και τα οποία θα πρέπει να διορθωθούν από το χρήστη.

Παρουσίαση των αποτελεσμάτων

Το EPANET είναι ένα πρόγραμμα το οποίο προσφέρει στο χρήστη, διάφορες εναλλακτικές παρουσιάσεις τόσο των δεδομένων των στοιχείων όσο και των αποτελεσμάτων της ανάλυσης. Πιο συγκεκριμένα τα αποτελέσματα μπορούν να παρουσιαστούν μέσω χαρτών, πινάκων, αλλά και διαγραμμάτων.

Πολύ χρήσιμοι για την εξαγωγή συμπερασμάτων αλλά και για την ευκολότερη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των δικτύων είναι οι διάφοροι χάρτες που μπορούν να παραχθούν από το πρόγραμμα. Οι χάρτες αυτοί αποτελούν χάρτες με χρωματική διαβάθμιση, όπου κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε ένα εύρος τιμών κάποιου μεγέθους. Επίσης το πρόγραμμα παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας χαρτών στους οποίους από το σύνολο των στοιχείων του δικτύου, παρουσιάζονται μόνο εκείνα τα οποία ικανοποιούν ένα όριο το οποίο έχει θέσει ο χρήστης. Για παράδειγμα, μπορεί να ζητήσει να εμφανιστούν μόνο οι κόμβοι που παρουσιάζουν πίεση μικρότερη από 10m.

Έναν άλλο τρόπο παρουσίασης τόσο των δεδομένων των στοιχείων του δικτύου όσο και των αποτελεσμάτων της ανάλυσης, αποτελούν οι πίνακες. Μπορούν να εξαχθούν και πίνακες που παρουσιάζουν τα δεδομένα και τα αποτελέσματα της ανάλυσης για όλους τους κόμβους και τους αγωγούς του δικτύου, σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο αλλά και πίνακες που παρουσιάζουν τα δεδομένα και τα αποτελέσματα της ανάλυσης για ένα συγκεκριμένο κόμβο και αγωγό σε όλες τις χρονικές περιόδους στις οποίες έχει αναλυθεί το δίκτυο. Όπως και στην εξαγωγή αποτελεσμάτων μέσω χαρτών, έτσι και στην περίπτωση των πινάκων, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την παρουσίαση στον πίνακα μόνο εκείνων των στοιχείων του δικτύου που πληρούν κάποιες προϋποθέσεις, κάποια όρια που ο ίδιος έχει θέσει.

Επίσης, το EPANET παρέχει τη δυνατότητα χρήσης διάφορων τύπων γραφημάτων για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης του δικτύου. Γενικά, τα γραφήματα παρουσιάζουν τη διακύμανση κάποιου μεγέθους για έναν ή και περισσότερους κόμβους ή αγωγούς, στο χρονικό διάστημα που έχει οριστεί από το χρήστη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΠΙΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ EPANET

4.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Πρόκειται για ένα σύστημα διανομής νερού, που εξυπηρετεί τις ανάγκες αστικής περιοχής, και περιλαμβάνει συνολικά οχτώ αγωγούς που μεταφέρουν το νερό από τη δεξαμενή αποθήκευσης σε κάθε σημείο της υδροδοτούμενης περιοχής. Συνεπώς θα επιλυθεί βάση των βασικών απαιτήσεων που ισχύουν για ένα εσωτερικό υδραγωγείο. Πιο συγκεκριμένα, η δεξαμενή αποθήκευσης συνδέεται μέσω ενός αγωγού (τροφοδοτικός αγωγός) με το υπόλοιπο δίκτυο το οποίο αποτελεί κλειστό δίκτυο διανομής νερού και στο οποίο σχηματίζονται δύο κλειστοί βρόχοι. Αφού το νερό φύγει από τη δεξαμενή αποθήκευσης μέσω του τροφοδοτικού αγωγού, η μετακίνησή του σε όλα τα σημεία της υδροδοτούμενης περιοχής πραγματοποιείται μέσω επτά επιπλέον αγωγών. Οι αγωγοί αυτοί ενώνονται με έξι κόμβους, και όπως ήδη αναφέρθηκε σχηματίζουν δύο κλειστούς βρόχους. Κάθε βρόχος περικλείει δομήσιμη έκταση $2 \times (150 \times 150) = 45000 \text{ m}^2$ και κάθε αγωγός εξυπηρετεί εκατέρωθεν τις προς δόμηση περιοχές.

Για την επίλυση του δικτύου μέσω του λογισμικού προγράμματος EPANET, είναι απαραίτητη η εισαγωγή των βασικών δεδομένων για κάθε ένα στοιχείο από τα παραπάνω, έτσι ώστε το πρόγραμμα να διαθέτει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για την εκτέλεση των υπολογισμών. Για κάθε στοιχείο του δικτύου ξεχωριστά, τα απαραίτητα δεδομένα που πρέπει να εισαχθούν στο πρόγραμμα είναι:

Κόμβοι (junctions)

- Η ονομασία τους (ID label).
- Το υψόμετρό τους (elevation).
- Η παροχή κατανάλωσης (base demand).

Αγωγοί (pipes)

- Η ονομασία τους (ID label).
- Το μήκος τους (Length).
- Η διάμετρος τους (diameter).
- Ο συντελεστής τραχύτητας (roughness).

Δεξαμενή (reservoir)

- Η ονομασία της (ID label).
- Το ύψος στάθμης του νερού (Total Head).

Όσον αφορά το συντελεστή τραχύτητας, επισημαίνεται ότι οι αγωγοί του δικτύου είναι αγωγοί πολυαιθυλενίου 3^{ης} γενιάς (HDPE) και συνεπώς λαμβάνεται τραχύτητα αγωγού ίση με 0,1mm, δηλαδή $\kappa = 0,1 \text{ mm}$. Επίσης λαμβάνεται για ύψος στάθμης νερού στη δεξαμενή ίσο με 282m. Τέλος, όσον αφορά τις παροχές κατανάλωσης θα

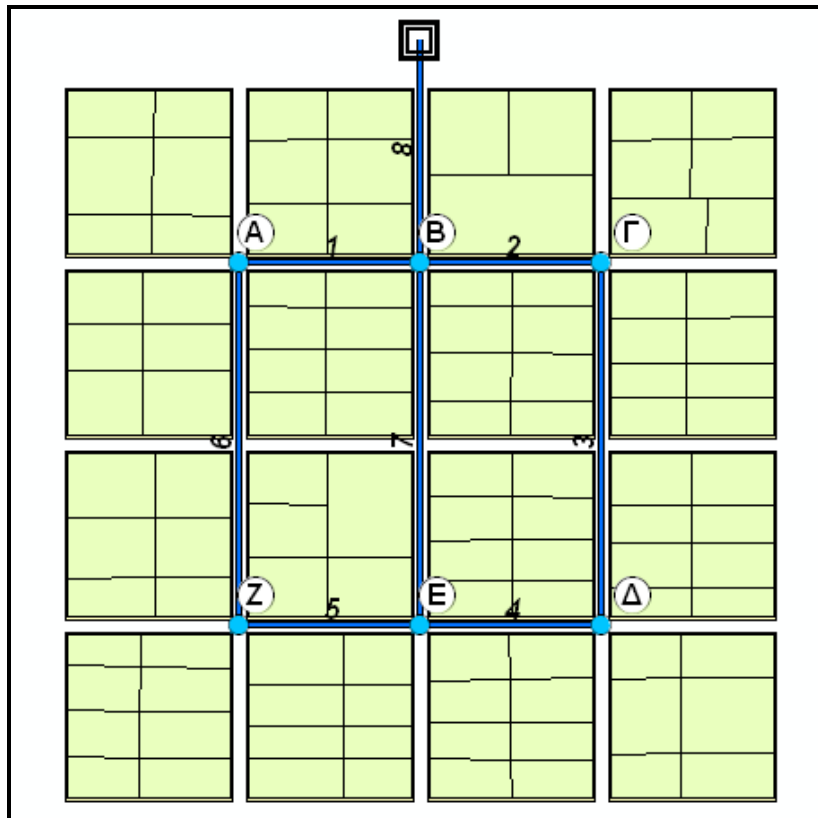
πρέπει να σημειωθεί ότι η συνολική παροχή νερού στο δίκτυο είναι ίση με τη συνολική παροχή κατανάλωσης, δηλαδή ίση με $Q = 52,952 \text{ L/s}$. Τα δεδομένα αυτά παρουσιάζονται αναλυτικά στους παρακάτω πίνακες.

Κόμβος	Υψόμετρο (m)	Κατανάλωση (l/s)
A	255	7,371
B	252,5	9,234
Γ	250	7,371
Δ	245	7,371
E	245	14,234
Z	245	7,371

Πίνακας 4.1: Δεδομένα για τους κόμβους του δικτύου.

Αγωγός	Κόμβοι		Μήκος (m)	Ονομαστική διάμετρος	Εσωτερική διάμετρος (mm)	Τραχύτητα (mm)
	Ανάτη	Κατάτη				
1	A	B	162	Φ125	110,2	0,1
2	B	Γ	162	Φ125	110,2	0,1
3	Γ	Δ	324	Φ90	79,2	0,1
4	Δ	E	162	Φ90	79,2	0,1
5	E	Z	162	Φ90	79,2	0,1
6	A	Z	324	Φ90	79,2	0,1
7	B	E	324	Φ160	141	0,1
8	Δεξαμενή	B	200	Φ315	277,6	0,1

Πίνακας 4.2: Δεδομένα για τους αγωγούς του δικτύου.



Σχήμα 4.1: Γραφική παρουσίαση του δικτύου.

4.2 ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΡΑΝΕΤ

Όσον αφορά τη διαδικασία επίλυσης του δικτύου μέσω του λογισμικού προγράμματος ΕΡΑΝΕΤ, θα πρέπει αρχικά να δημιουργηθεί ένα project όπου θα γίνουν όλοι οι απαραίτητοι υπολογισμοί. Για να δημιουργηθεί ένα καινούριο project επιλέγεται η εντολή *File* → *New*.

Σχεδίαση του δικτύου

Στο στάδιο αυτό, γίνεται η σχεδίαση του δικτύου στο χώρο σχεδίασης του προγράμματος, δηλαδή στο παράθυρο *Network Map*, χρησιμοποιώντας για την εισαγωγή των στοιχείων του δικτύου, τους παρακάτω συμβολισμούς οι οποίοι υπάρχουν στη μπάρα εργαλείων του προγράμματος. Αυτοί είναι οι εξής:



Κόμβος



Αγωγός



Δεξαμενή

Η σχεδίαση του δικτύου στη συγκεκριμένη περίπτωση, έγινε τοποθετώντας αρχικά αυθαίρετα τους κόμβους, δηλαδή σε τυχαία θέση ενώ στη συνέχεια ξεκινώντας με αρχικό κόμβο τον Ζ, δόθηκαν συντεταγμένες και στους υπόλοιπους κόμβους. Οι συντεταγμένες που δόθηκαν είναι οι εξής:

Κόμβος Α: (0, 324)

Κόμβος Β: (162, 324)

Κόμβος Γ: (324, 324)

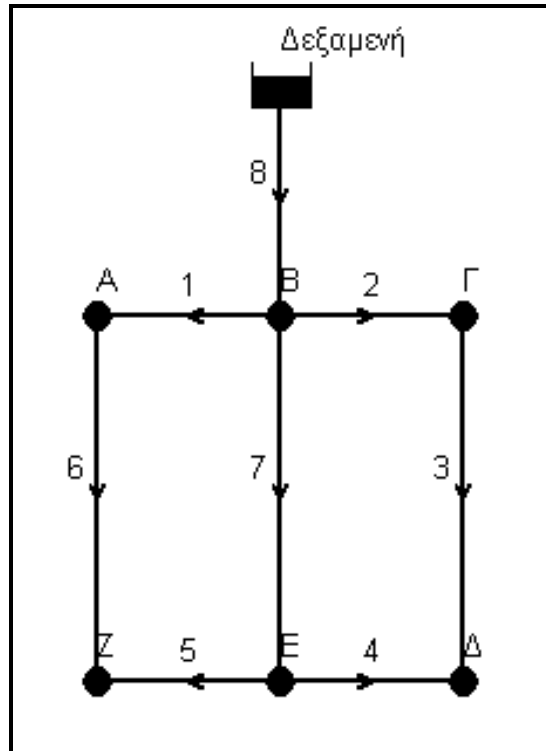
Κόμβος Δ: (324, 0)

Κόμβος Ε: (162, 0)

Κόμβος Ζ: (0,0)

Κατά τη σχεδίαση του δικτύου και με σκοπό την καλύτερη γραφική του παρουσίαση, επιλέγεται η εντολή *View* → *Options*. Στο παράθυρο που ανοίγει δίνεται η δυνατότητα αλλαγής του μεγέθους των κόμβων και των αγωγών, εμφάνισης της ονομασίας όλων των στοιχείων του δικτύου, αλλαγή του χρώματος του υπόβαθρου που υπάρχει στο χάρτη κ.α.

Στη συνέχεια και με σκοπό να ενωθούν οι κόμβοι μεταξύ τους, τοποθετήθηκαν οι αγωγοί καθώς επίσης και η δεξαμενή. Με την τοποθέτηση των αγωγών και της δεξαμενής ολοκληρώθηκε η διαδικασία σχεδίασης του δικτύου. Το επόμενο βήμα είναι η εισαγωγή όλων των βασικών δεδομένων των στοιχείων του δικτύου, τα οποία αναφέρθηκαν παραπάνω, με σκοπό το πρόγραμμα, έχοντας όλες τις απαραίτητες πληροφορίες, να εκτελέσει τους υπολογισμούς. Παρακάτω παρουσιάζεται το δίκτυο όπως εμφανίζεται στο χώρο εργασίας του προγράμματος.



Σχήμα 4.2: Το δίκτυο ύδρευσης σχεδιασμένο στο EPANET.

Εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων των στοιχείων του δικτύου

Στο στάδιο αυτό εισάγονται όλα τα απαραίτητα δεδομένα των στοιχείων του δικτύου, μέσω του παραθύρου Browser επιλέγοντας την επιλογή Data. Επιλέγοντας κάθε στοιχείο του δικτύου ξεχωριστά, ανοίγει ένα παράθυρο στο οποίο τοποθετούνται στα αντίστοιχα κελιά, οι τιμές όλων των δεδομένων του συγκεκριμένου στοιχείου του δικτύου.

Επιλογή των βασικών παραμέτρων για την επίλυση του δικτύου.

Στο στάδιο αυτό επιλέγεται η εντολή *Project* → *Analysis Options* με σκοπό να ρυθμιστούν οι βασικές υδραυλικές μονάδες. Πιο συγκεκριμένα για την εντολή *flow units* επιλέγεται *Liter Per Second-LPS* και για την εντολή *Headloss Formula* επιλέγεται *D-W* που είναι η μέθοδος υπολογισμού απωλειών τριβής των Darcy-Weisbach.

Επίλυση του δικτύου

Στο στάδιο αυτό το πρόγραμμα, έχοντας όλα τα απαραίτητα δεδομένα των στοιχείων του δικτύου, είναι σε θέση να επιλύσει το δίκτυο. Επιλέγεται η εντολή *Project* → *Run analysis* και το πρόγραμμα πραγματοποιεί όλους τους απαραίτητους υπολογισμούς. Η προσπάθεια επίλυσης του δικτύου είναι επιτυχημένη, σε αντίθετη περίπτωση το πρόγραμμα θα ενημέρωνε για πιθανά λάθη ή ελλείψεις δεδομένων.

Αποτελέσματα

Ως εσωτερικό υδραγωγείο, όπως αναφέρθηκε και στην πρώτη ενότητα αυτού του κεφαλαίου, ορίζεται το σύστημα διανομής ύδατος και περιλαμβάνει το άθροισμα των αγωγών που μεταφέρουν το νερό από τη δεξαμενή αποθήκευσης σε κάθε σημείο της υδροδοτούμενης περιοχής. Συνεπώς, το δίκτυο προς επίλυση, αποτελεί ένα εσωτερικό υδραγωγείο.

Υπάρχουν δύο βασικές απαιτήσεις για το δίκτυο, οι οποίες θα πρέπει να πληρούνται μετά την επίλυση του δικτύου μέσω του προγράμματος. Οι απαιτήσεις αυτές είναι οι εξής:

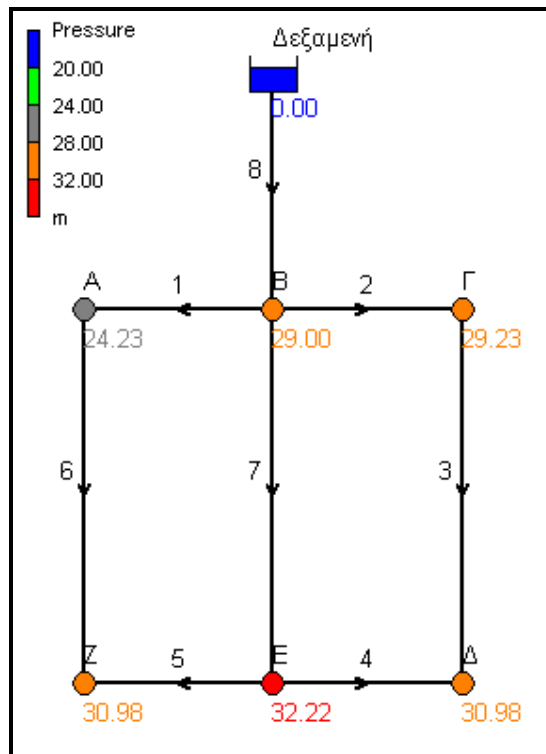
- Η εξασφάλιση της απαιτούμενης παροχής σε κάθε σημείο του δικτύου με ικανοποιητική ταχύτητα
- Η διατήρηση της πίεσης (ύψος πίεσης) εντός των αποδεκτών ορίων.

Οι παραπάνω αρχές έχουν τον παρακάτω ποσοτικό προσδιορισμό:

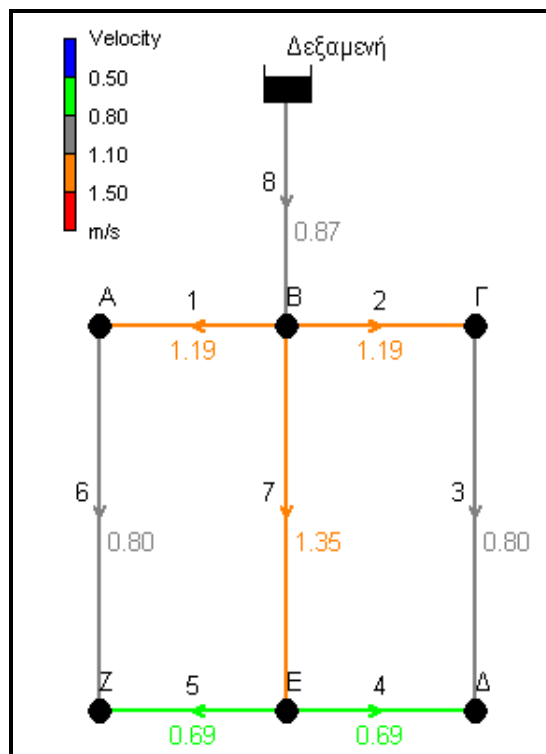
- Η ταχύτητα του νερού θα πρέπει να κυμαίνεται κατά το δυνατόν στο παρακάτω όριο: **0,5 – 1,5 m/s**.
- Απαιτούνται για κάθε κόμβο η ύπαρξη ελαχίστων πιέσεων. Το όριο αυτό προκύπτει κάνοντας την υπόθεση ότι η περιοχή αποτελείται από πενταόροφες οικοδομές. Στην περίπτωση αυτή το ύψος πίεσης που θα πρέπει να καλύπτει κάθε κόμβος είναι : $4(n+1)$, όπου n ο αριθμός των ορόφων , δηλαδή **24 m**. Γενικά για πολυόροφα κτίρια θεωρείται μέσο ύψος ορόφου 4m και θεωρούνται απαραίτητα άλλα 4m για να επαρκή το ύψος πίεσης.

Συνεπώς τα αποτελέσματα που ενδιαφέρουν στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι η ταχύτητα ροής στους αγωγούς και το ύψος πίεσης στους κόμβους. Τα αποτελέσματα που θα δώσει το πρόγραμμα για τις ποσότητες αυτές θα πρέπει να εξασφαλίζουν τα παραπάνω όρια.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης του δικτύου μέσω του προγράμματος, με χρωματική διαβάθμιση όπου σε κάθε χρώμα αντιστοιχεί ένα εύρος τιμών κάποιου μεγέθους. Παρουσιάζονται τόσο οι πιέσεις στους κόμβους του δικτύου όσο και οι ταχύτητες ροής στους αγωγούς.



Σχήμα 4.3: Γραφική παρουσίαση των αποτελεσμάτων, για τις πιέσεις στους κόμβους του δικτύου.



Σχήμα 4.4: Γραφική παρουσίαση των αποτελεσμάτων, για τις ταχύτητες ροής στους αγωγούς του δικτύου.

Κόμβος	Ύψος πίεσης (m)
A	24,23
B	29,00
Γ	29,23
Δ	30,98
E	32,22
Z	30,98

Πίνακας 4.3: Ύψος πίεσης στους κόμβους του δικτύου.

Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)
1	1.19
2	1.19
3	0.80
4	0.69
5	0.69
6	0.80
7	1.35
8	0.87

Πίνακας 4.4: Ταχύτητες ροής στους αγωγούς του δικτύου.

Από τους παραπάνω πίνακες αλλά και τα γραφήματα, διαπιστώνεται ότι και οι πιέσεις στους κόμβους αλλά και οι ταχύτητες ροής στους αγωγούς, κυμαίνονται εντός των επιτρεπτών ορίων.

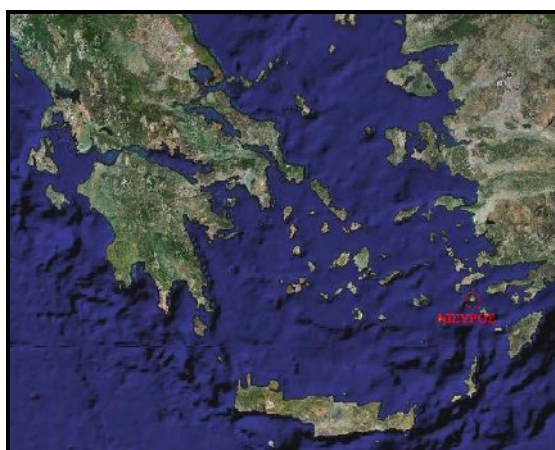
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΜΑΝΔΡΑΚΙΟΥ ΤΗΣ ΝΙΣΥΡΟΥ

5.1 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΝΙΣΥΡΟΥ

Γενικά

Η Νίσυρος είναι νησί του νότιου Αιγαίου, σχεδόν στρογγυλή, και αποτελεί ένα από τα Δωδεκάνησα. Ανήκει στην ομάδα των αρχαίων Νοτίων Σποράδων, και βρίσκεται δυτικά της Ρόδου, ανάμεσα στην Κω, την Τήλο και την Αστυπάλαια. Συγκεκριμένα απέχει 8 μίλια ΒΔ. της Τήλου, και 10 μίλια νότια της Κω στην οποία και υπάγεται διοικητικά. Πρόκειται για ένα μικρό μεν νησί, αλλά πλούσιο δε σε αρχαιολογικό πλούτο και φυσική ομορφιά. Πρωτεύουσα του νησιού είναι το Μανδράκι, που βρίσκεται στη νοτιοδυτική ακτή του, ενώ άλλα χωριά του είναι ο Εμπορειός, οι Πάλιοι, η Νικιά και τα Λουτρά.



Εικόνα 5.1: Γεωγραφική θέση της Νισύρου.



Εικόνα 5.2: Τρισδιάστατη απεικόνιση της Νισύρου.

Γεωγραφία

Η Νίσυρος αποτελείται από ηφαιστειογενή βουνά, ενώ το κέντο της νήσου καταλαμβάνει μεγάλος κρατήρας διαμέτρου 4 χλμ., από τον πυθμένα του οποίου και μέχρι την επιφάνεια απαντάται θείο. Ένας άλλος μικρότερος κρατήρας υψώνεται δίνοντας και το μεγαλύτερο υψόμετρο της νήσου στα 700 περίπου μέτρα. Πολλές επίσης θερμοπηγές αναβλύζουν στη νήσο εκ των οποίων οι κυριότερες είναι στα Λουτρά.

Η μορφολογία της έχει επηρεαστεί από το ηφαίστειο και το ηφαιστειογενές της έδαφος που είναι πολύ εύφορο και ευνοεί τη δένδροκομία και την πλούσια βλάστηση. Έχει έκταση 41 τετραγωνικά χιλιόμετρα, υψόμετρο 698 μέτρα και μήκος ακτών 30 χιλιόμετρα. Δυτικά και βόρεια της Νισύρου υφίστανται τέσσερις νησίδες οι λεγόμενες Νισύρια. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται ο κρατήρας του ηφαιστείου στη Νίσυρο.



Εικόνα 5.3: Αποψη κρατήρα του ηφαιστείου στη Νίσυρο.

Γεωλογικές συνθήκες

Στη Νίσυρο έχουν γίνει πολλές γεωλογικές μελέτες και έρευνες λόγω του ηφαιστείου. Η νήσος της Νισύρου βρίσκεται στο ανατολικό άκρο του ελληνικού ηφαιστειακού τόξου του Αιγαίου που συγκροτείται από τα ενεργά πλειο-τεταρτογενή ηφαίστεια της Ψαθούρας, Λιχάδων, Κρομμυωνίας Μεθάνων, Αντιπάρου, Μήλου, Σαντορίνης, Νισύρου, Κω και Πάτμου.

Το Αιγαιακό ηφαιστειακό τόξο είναι ένα από τα αποτελέσματα της σύγκρουσης των αρχαϊκών λιθοσφαιρικών πλακών Λαυρασίας και Γκοντβάνας και της βύθισης της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την Ευρωπαϊκή στο ενεργό περιθώριο της οποίας βρίσκεται ο ελληνικός χώρος.

Σύμφωνα με το γεωλογικό χρόνο η ηλικία του ηφαιστείου θεωρείται πολύ πρόσφατη αφού η ραδιοχρονολόγηση των αρχαιότερων ηφαιστειακών πετρωμάτων έδωσε ηλικία 200000 χρόνια. Οι γεωλόγοι διακρίνουν τρεις περιόδους δραστηριότητας του ηφαιστείου. Η καλδέρα που υπάρχει σήμερα στο εσωτερικό του νησιού σχηματίστηκε στο τέλος της πρώτης ηφαιστειακής περιόδου.

Στους ιστορικούς χρόνους, πληροφορίες για τη δράση του ηφαιστείου έχουμε για τα τελευταία 600 χρόνια. Περιορίζεται σε ολιγοήμερα ηφαιστειακά γεγονότα που συνέβησαν τα έτη 1422, 1830, 1871, 1873, 1888, 1933 και πρόκειται για φρεατικές εκρήξεις και εκρήξεις αερίων (ατμίδες, θερμοπίδακες, φουμαρόλες κλπ.). Το ηφαίστειο σήμερα θεωρείται σβησμένο αλλά δεν αποκλείεται επαναδραστηριοποίησή του στο μέλλον αφού τα διάφορα ηφαιστειακά φαινόμενα, ατμίδες υψηλής θερμοκρασίας, ζεστά νερά κλπ.. δείχνουν ότι έχει αρκετή ενέργεια στο εσωτερικό του.

Τα ηφαιστειακά πετρώματα της Νισύρου στην ασβεσταλκαλική σειρά, τυπική της ηφαιστειότητας νησιωτικού τόξου και αποτελούνται από ανδεσίτες, βασάλτες, δακίτες, ρυοδακίτες και πυροκλαστικά υλικά (βολίδες, λιθάρια, σποδός και σκόνη) που σχηματίζουν περισσότερο ή λιγότερο συμπαγή πετρώματα, τους ηφαιστειακούς τόφους.

Οικονομία

Οι περισσότεροι κάτοικοι ασχολούνται με την γεωργία, την αλιεία και τον τουρισμό. Το μεγαλύτερο έσοδο του νησιού όμως, προέρχεται από την εκμετάλλευση της ελαφρόπετρας στο νησάκι Γυαλί, που απέχει 3 μίλια από την Νίσυρο, όπου ασχολούνται αρκετοί κάτοικοι.

Ιστορία

Το νησί οφείλει την ύπαρξή του στις εκρήξεις του ηφαιστείου που το ακολούθησαν και σε ολόκληρη την ιστορική του περίοδο. Πρώτοι κάτοικοι ήταν οι Κάρες.

Η Νίσυρος έγινε μέλος της Αθηναϊκής Συμμαχίας το 479 π.Χ. και στη συνέχεια ακολούθησε την τύχη των υπόλοιπων Δωδεκάνησων. Το 1315 έφτασαν οι Ιππότες του τάγματος του Αγίου Ιωάννη, που έχτισαν το ενετικό κάστρο, δίπλα στο οποίο το 1600 χτίστηκε το μοναστήρι της Παναγίας της Σπηλιανής. Οι Τούρκοι την κατέλαβαν το 1522 και παρέμειναν εκεί μέχρι το 1912, οπότε το νησί πέρασε στην ιταλική κατοχή. Η ένωση της με την υπόλοιπη Ελλάδα έγινε το 1948.

Πληθυσμός

Η Νίσυρος αποτελείται από τέσσερις οικισμούς. Ο πρώτος και μεγαλύτερος οικισμός του νησιού είναι το Μανδράκι στο οποίο βρίσκεται το λιμάνι και ο οποίος αποτελεί την πρωτεύουσα του νησιού. Οι τρεις υπόλοιποι οικισμοί, σε σειρά μεγέθους, είναι οι Πάλοι, τα Νικιά και ο Εμποριός.

Κατά τους χειμερινούς μήνες, κατά τους οποίους δεν παρατηρείται τουριστικό ρεύμα, ο πληθυσμός αναφέρεται στους μόνιμους κατοίκους και για τους τρεις μικρότερους οικισμούς ανέρχεται στα:

- Πάλοι: 150 άτομα
- Νικιά: 30 άτομα
- Εμποριός: 10 άτομα

Ο πληθυσμός όμως του νησιού, αυξάνεται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες εξαιτίας του παραθεριστικού και τουριστικού ρεύματος. Η τουριστική περίοδος για τη Νίσυρο, όπως και για την πλειοψηφία των νησιών, ξεκινάει το μήνα Μάιο και τελειώνει το μήνα Οκτώβριο, με μήνες αιχμής τον Ιούλιο και τον Αύγουστο.

Σημαντικό ρόλο για τον τουρισμό της Νισύρου, παίζουν τα πλοία τα οποία φτάνουν καθημερινά από την Κώ. Τα πλοία αυτά φτάνουν στο λιμάνι της Νισύρου κατά τις πρωινές ώρες και φεύγουν πάλι κατά τις μεσημεριανές ώρες. Εξαιτίας της σύντομης αυτής επίσκεψης του νησιού, η πλειοψηφία των επισκεπτών εντοπίζεται κυρίως στο Μανδράκι.

Στους υπόλοιπους οικισμούς, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, καθημερινά φτάνουν τουρίστες οι οποίοι, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ήρθαν στο νησί για ημερήσια επίσκεψη, αλλά το μεγαλύτερο μέρος της αύξησης του πληθυσμού τους, οφείλεται κυρίως στους απόδημους Νισύριους, δηλαδή σε αυτούς που κατάγονται από τη Νίσυρο αλλά δε διαμένουν στο νησί το χειμώνα και σε αυτούς που δεν κατάγονται από εκεί αλλά έχουν κάποιο σπίτι με αποτέλεσμα να περνάνε τους καλοκαιρινούς μήνες στη Νίσυρο. Συνεπώς κατά τους μήνες του καλοκαιριού, ο πληθυσμός ανέρχεται για τους τρεις αυτούς οικισμούς στα:

- Πάλοι: 400 άτομα
- Νικιά: 200 άτομα
- Εμποριός: 50 άτομα

Σε νησιωτικούς οικισμούς όπως το Μανδράκι, εξ αιτίας του σημαντικού παραθεριστικού και τουριστικού ρεύματος κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ο πληθυσμός διαχωρίζεται στις τρεις παρακάτω χρονικές περιόδους.

- Νοέμβριος – Απρίλιος
- Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος
- Ιούλιος – Αύγουστος

Η πρώτη χρονική περίοδος αναφέρεται στους χειμερινούς μήνες, κατά τους οποίους δεν παρατηρείται τουριστικό ρεύμα, με αποτέλεσμα ο πληθυσμός κατά τη χρονική αυτή περίοδο να αναφέρεται κυρίως στους μόνιμους κατοίκους. Στη δεύτερη χρονική περίοδο παρατηρείται τουριστικό ρεύμα, το οποίο όμως γίνεται σαφώς πιο έντονο και σημαντικό κατά τους μήνες του καλοκαιριού Ιούλιο και Αύγουστο (τρίτη χρονική περίοδος). Γενικά η διάκριση αυτή, είναι πολύ σημαντική και απαραίτητη, δεδομένου ότι συνεπάγεται διαφορετικές συνθήκες αναφορικά με την ποσότητα του νερού που καταναλώνεται, με συνέπεια τις διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας των εξυπηρετήσεων της ύδρευσης.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας πίνακας στον οποίο παρατηρείται η εξέλιξη του πληθυσμού σύμφωνα με στοιχεία των απογραφών της Ε.Σ.Υ.Ε αλλά και από πληροφορίες οι οποίες δόθηκαν από τις τοπικές αρχές.

Έτος απογραφής	Μόνιμοι κάτοικοι
1951	1240
1961	1109
1971	849
1981	716
1991	672
2001	696

Πίνακας 5.1: Εξέλιξη του πληθυσμού του οικισμού Μανδρακίου.

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι υπάρχει συνεχής μείωση του πληθυσμού με αποκορύφωμα την δεκαετία 1961 – 1971 (2,63%) με κυριότερο αίτιο τη μετανάστευση. Στη δεκαετία 1981 – 1991 συνεχίζεται η μείωση του πληθυσμού αλλά με πολύ μικρότερο ρυθμό, 0,63%, γεγονός το οποίο δείχνει ότι ο πληθυσμός θα σταθεροποιηθεί και θα αρχίσει να αυξάνεται με πολύ βραδύ ρυθμό στο μέλλον. Η αυξητική αυτή πορεία φαίνεται και από την μικρή αύξηση του πληθυσμού κατά τη δεκαετία 1991 – 2001.

Σύμφωνα όμως με πληροφορίες του Δήμου Μανδρακίου, καθημερινά φτάνουν στο Μανδράκι, κατά τους χειμερινούς μήνες, κάτοικοι άλλων γειτονικών νησιών με σκοπό να εργαστούν. Επίσης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, φτάνουν στο Μανδράκι καράβια από την Κω, τα οποία μεταφέρουν τουρίστες για ημερήσια επίσκεψη στο νησί. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες όμως θα πρέπει να προστεθούν στον πληθυσμό του Μανδρακίου και τα άτομα εκείνα τα οποία κατάγονται από το νησί ή που έχουν εξοχικές κατοικίες. Επομένως βάση των πληροφοριών των τοπικών αρχών, ο πληθυσμός και για τις τρεις χρονικές περιόδους, κυμαίνεται ως εξής:

1. Νοέμβριος – Απρίλιος: 900 άτομα
2. Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος: 2000 άτομα
3. Ιούλιος – Αύγουστος: 3500 άτομα

5.2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Το υδρευτικό πρόβλημα της Νισύρου είναι οξύ. Υπάρχει κάποιος υδροφόρας ορίζοντας με περιορισμένη δυναμικότητα που θα μπορούσε να εξυπηρετήσει έστω και μερικά τις υδρευτικές ανάγκες του οικισμού αλλά το νερό είναι κακής ποιότητας λόγω της ηφαιστειακής προέλευσης των πετρωμάτων του νησιού. Η υδροδότηση του Μανδρακίου γίνεται με τους εξής τρόπους:

- Με ιδιόκτητες δεξαμενές (στέρνες)
- Με υδροφόρα πλοία
- Με εργοστάσιο αφαλάτωσης

Ιδιόκτητες δεξαμενές

Με πληροφορίες του Δήμου Μανδρακίου, διαπιστώθηκε ότι όλα τα σπίτια του νησιού για την υδροδότησή τους χρησιμοποιούν στέρνες οι οποίες είναι συνήθως υπόγειες. Κατά τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες, όπου τα ύψη βροχόπτωσης είναι πολύ πιο υψηλά από ότι τους καλοκαιρινούς μήνες, οι κάτοικοι του νησιού γεμίζουν τις δεξαμενές τους με το βρόχινο νερό και το χρησιμοποιούν για την κάλυψη όλων

των αναγκών τους εξαιρουμένης της πόσης. Σύμφωνα πάλι με πληροφορίες των τοπικών αρχών και πιο συγκεκριμένα της Δ.Ε.Υ.Α. Νισύρου το μέγεθος των δεξαμενών αυτών δεν είναι καθορισμένο. Σε γενικές γραμμές τα παλαιότερα σπίτια τα οποία αποτελούν κυρίως μόνιμες κατοικίες, διαθέτουν δεξαμενές της τάξης των 10 - 15 m³, ενώ τα νεότερα σπίτια που χρησιμοποιούνται κυρίως ως εξοχικές κατοικίες, διαθέτουν αρκετά μικρότερες δεξαμενές της τάξης των 3 – 5 m³.

Υδροφόρα πλοία

Τα υδροφόρα πλοία φτάνουν στο λιμάνι της Νισύρου που βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα του οικισμού του Μανδρακίου, μεταφέροντας ετησίως 40000 m³ νερού από την Κω και τη Ρόδο. Το σύνολο του νερού που μεταφέρουν, μεταφέρεται μέσω αγωγού σε μια δεξαμενή αποθήκευσης, χωρητικότητας 1500 m³, η οποία βρίσκεται λίγα μόλις μέτρα από το λιμάνι. Η δεξαμενή αυτή είναι συνδεδεμένη με τους αγωγούς του δικτύου και διανέμει το νερό κατευθείαν στους καταναλωτές. Εξαιτίας του χαμηλού υψομέτρου της δεξαμενής, το οποίο δεν ξεπερνά τα 5m, δεν είναι εφικτή η ανάπτυξη μεγάλου πιεζομετρικού φορτίου, το οποίο θα είναι ικανό να καλύψει τις ανάγκες για νερό, ολόκληρου του οικισμού του Μανδρακίου. Καλύπτει μόνο της ανάγκες των τμημάτων εκείνων που χαρακτηρίζονται από χαμηλά υψόμετρα, δηλαδή το παραλιακό τμήμα του οικισμού.



Εικόνα 5.4: Δεξαμενή αποθήκευσης νερού στο λιμάνι της Νισύρου.

Εργοστάσιο αφαλάτωσης

Το εργοστάσιο αφαλάτωσης βρίσκεται σε απόσταση ενός χιλιομέτρου από το λιμάνι του νησιού. Λειτουργεί συνεχώς κατά τη διάρκεια του έτος εκτός από κάποιες μέρες του χειμώνα όπου οι ανάγκες για νερό δεν είναι τόσο αυξημένες όσο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Σύμφωνα με στοιχεία της Δ.Ε.Υ.Α. Νισύρου από το εργοστάσιο αφαλάτωσης παράγονται καθημερινά περίπου 300 m³ νερού τα οποία αρχικά αποθηκεύονται σε δεξαμενή που βρίσκεται εντός του εργοστασίου και στη συνέχεια διανέμονται σε όλο το νησί. Για τον οικισμό του Μανδρακίου, υπάρχει αγωγός υλικού PVC 10atm και ονομαστικής διαμέτρου Φ90, ο οποίος μεταφέρει το νερό από τη δεξαμενή του εργοστασίου στην κεντρική δεξαμενή του οικισμού που βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα του. Η δεξαμενή αυτή έχει χωρητικότητα 2300 m³ νερού και βρίσκεται σε υψόμετρο 54m. Για τη μεταφορά του νερού στους υπόλοιπους οικισμούς, δεν υπάρχει αγωγός και η μεταφορά γίνεται μέσω φορτηγών. Τα φορτηγά αυτά μεταφέρουν νερό από το εργοστάσιο αφαλάτωσης και το αποθηκεύουν σε

δεξαμενές που υπάρχουν στους οικισμούς Πάλοι και Νικιά. Στον Εμποριό τα φορτηγά προμηθεύουν απευθείας με νερό, τις δεξαμενές που υπάρχουν στο κάθε σπίτι.



Εικόνα 5.5: Κεντρική δεξαμενή αποθήκευσης νερού.



Εικόνα 5.6: Φορτηγό διανομής νερού.

5.3 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΜΑΝΔΡΑΚΙΟΥ

Η κατασκευή του δικτύου ύδρευσης του οικισμού του Μανδρακίου ξεκίνησε το 1981. Από το 1981 μέχρι το 1993, όπου πραγματοποιήθηκε τεχνική μελέτη, το δίκτυο ύδρευσης κάλυπτε το μεγαλύτερο ποσοστό του οικισμού. Είχε συνολικό μήκος 4291m από τα οποία τα 695m αποτελούνταν από σωληνωτούς αγωγούς PVC Φ90 10atm και τα 3595m, από σωληνωτούς αγωγούς PVC Φ63 10atm. Το 1993, έγινε μια προσπάθεια για διατήρηση του υφιστάμενου δικτύου και συμπλήρωσή του ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί καλύτερα στις τότε υπάρχουσες ανάγκες. Το συνολικό μήκος των συμπληρωματικών έργων που έγιναν έφτασε τα 1075m. Από αυτά τα 833m αποτελούσαν νέοι αγωγοί, ενώ τα υπόλοιπα 242m αποτελούσαν αγωγούς που ήδη υπήρχαν αλλά αντικαταστάθηκαν. Οι αγωγοί που κατασκευάστηκαν αποτελούσαν αγωγούς PVC 10atm, με διαμέτρους Φ110, Φ90 και Φ63. Από το 1993 μέχρι σήμερα δεν έχουν γίνει κάποιες επιπλέον αλλαγές. Συνεπώς, το δίκτυο ύδρευσης του Μανδρακίου αποτελείται σήμερα, από 115 αγωγούς και 87 κόμβους.

Όσον αφορά τους αγωγούς, πρόκειται για πλαστικούς αγωγούς από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), ονομαστικής πίεσης 10atm. Οι διάμετροι των υφιστάμενων αγωγών του δικτύου είναι οι εξής: ονομαστική διάμετρος Φ63 που αντιστοιχεί σε εσωτερική διάμετρο 57mm, Φ90 που αντιστοιχεί σε εσωτερική διάμετρο 81,4mm, Φ110 που αντιστοιχεί σε εσωτερική διάμετρο 99,4mm και Φ140 που αντιστοιχεί σε εσωτερική διάμετρο 126,6mm. Η εσωτερική διάμετρος λαμβάνεται από πίνακες του κατασκευαστή και είναι αυτή που χρησιμοποιείται σε όλους τους υδραυλικούς υπολογισμούς. Επίσης, η τραχύτητα για τους αγωγούς PVC λαμβάνεται ίση με 0,1mm. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται αναλυτικά τα γεωμετρικά μεγέθη κάθε αγωγού του δικτύου.

ΑΓΩΓΟΣ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ (mm)	ΑΓΩΓΟΣ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ (mm)
T1	100	Φ63	57mm	0,1mm	57	36	Φ63	57mm	0,1mm
T2	120	Φ140	126,6mm	0,1mm	58	45	Φ63	57mm	0,1mm
1	100	Φ63	57mm	0,1mm	59	9	Φ63	57mm	0,1mm
2	21	Φ110	99,4mm	0,1mm	60	10	Φ63	57mm	0,1mm
3	96,5	Φ90	81,4mm	0,1mm	61	6	Φ63	57mm	0,1mm
4	48,5	Φ63	57mm	0,1mm	62	41	Φ63	57mm	0,1mm
5	102	Φ63	57mm	0,1mm	63	12,5	Φ63	57mm	0,1mm
6	110	Φ63	57mm	0,1mm	64	40	Φ63	57mm	0,1mm
7	26	Φ63	57mm	0,1mm	65	20	Φ63	57mm	0,1mm
8	75	Φ63	57mm	0,1mm	66	6,5	Φ63	57mm	0,1mm
9	66	Φ63	57mm	0,1mm	67	20	Φ63	57mm	0,1mm
10	12,5	Φ63	57mm	0,1mm	68	48	Φ63	57mm	0,1mm
11	45	Φ63	57mm	0,1mm	69	3	Φ63	57mm	0,1mm
12	16	Φ63	57mm	0,1mm	70	50	Φ63	57mm	0,1mm
13	44	Φ63	57mm	0,1mm	71	74	Φ63	57mm	0,1mm
14	31	Φ63	57mm	0,1mm	72	16,5	Φ63	57mm	0,1mm
15	30	Φ63	57mm	0,1mm	73	63	Φ63	57mm	0,1mm
16	42	Φ63	57mm	0,1mm	74	27	Φ63	57mm	0,1mm
17	36	Φ63	57mm	0,1mm	75	38	Φ63	57mm	0,1mm
18	31	Φ63	57mm	0,1mm	76	67,5	Φ63	57mm	0,1mm
19	89	Φ63	57mm	0,1mm	77	17,5	Φ63	57mm	0,1mm
20	10	Φ63	57mm	0,1mm	78	35	Φ90	81,4mm	0,1mm
21	55	Φ63	57mm	0,1mm	79	48	Φ110	99,4mm	0,1mm
22	74	Φ63	57mm	0,1mm	80	99	Φ110	99,4mm	0,1mm
23	33	Φ63	57mm	0,1mm	81	56	Φ63	57mm	0,1mm
24	6	Φ63	57mm	0,1mm	82	34	Φ63	57mm	0,1mm
25	18	Φ63	57mm	0,1mm	83	46	Φ63	57mm	0,1mm
26	28	Φ63	57mm	0,1mm	84	28	Φ63	57mm	0,1mm
27	31	Φ63	57mm	0,1mm	85	14	Φ63	57mm	0,1mm
28	34	Φ63	57mm	0,1mm	86	81	Φ63	57mm	0,1mm
29	16	Φ63	57mm	0,1mm	87	20	Φ63	57mm	0,1mm
30	15,5	Φ63	57mm	0,1mm	88	12	Φ63	57mm	0,1mm

31	56	Φ63	57mm	0,1mm	89	17	Φ63	57mm	0,1mm
32	28	Φ63	57mm	0,1mm	90	68	Φ63	57mm	0,1mm
33	25	Φ63	57mm	0,1mm	91	46	Φ63	57mm	0,1mm
34	11,5	Φ63	57mm	0,1mm	92	10	Φ63	57mm	0,1mm
35	19	Φ63	57mm	0,1mm	93	93	Φ63	57mm	0,1mm
36	11	Φ63	57mm	0,1mm	94	54	Φ63	57mm	0,1mm
37	20,5	Φ63	57mm	0,1mm	95	53	Φ63	57mm	0,1mm
38	11	Φ63	57mm	0,1mm	96	120	Φ63	57mm	0,1mm
39	32	Φ63	57mm	0,1mm	97	13	Φ63	57mm	0,1mm
40	19	Φ63	57mm	0,1mm	98	213	Φ90	81,4mm	0,1mm
41	6	Φ63	57mm	0,1mm	99	97	Φ90	81,4mm	0,1mm
42	36	Φ63	57mm	0,1mm	100	36	Φ90	81,4mm	0,1mm
43	58	Φ63	57mm	0,1mm	101	39	Φ90	81,4mm	0,1mm
44	42,5	Φ63	57mm	0,1mm	102	96	Φ63	57mm	0,1mm
45	49,5	Φ63	57mm	0,1mm	103	136	Φ63	57mm	0,1mm
46	35	Φ63	57mm	0,1mm	104	36	Φ63	57mm	0,1mm
47	6	Φ63	57mm	0,1mm	105	53	Φ63	57mm	0,1mm
48	21	Φ63	57mm	0,1mm	106	42	Φ63	57mm	0,1mm
49	18,5	Φ63	57mm	0,1mm	107	80	Φ63	57mm	0,1mm
50	31	Φ63	57mm	0,1mm	108	67	Φ63	57mm	0,1mm
51	44	Φ63	57mm	0,1mm	109	69	Φ63	57mm	0,1mm
52	23	Φ63	57mm	0,1mm	110	163	Φ90	81,4mm	0,1mm
53	35	Φ63	57mm	0,1mm	111	137	Φ90	81,4mm	0,1mm
54	13	Φ63	57mm	0,1mm	112	146	Φ90	81,4mm	0,1mm
55	30	Φ63	57mm	0,1mm	113	700	Φ90	81,4mm	0,1mm
56	13	Φ63	57mm	0,1mm					

Πίνακας 5.2: Χαρακτηριστικά αγωγών του δικτύου ύδρευσης του οικισμού Μανδρακίου.

Για την επίλυση του δικτύου όμως θα πρέπει να είναι γνωστά και τα υψόμετρα των κόμβων. Με τον όρο κόμβο νοούνται όλα εκείνα τα σημεία στα οποία υπάρχει διακλάδωση αγωγών και γενικά όλα τα σημεία στα οποία υπάρχει κατανάλωση νερού. Τα υψόμετρα αυτά προέκυψαν μετά από σύνταξη τοπογραφικής μελέτης της περιοχής. Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται τα υψόμετρα των κόμβων του δικτύου αλλά και οι αγωγοί που διακλαδίζονται με κάθε κόμβο.

Κόμβος	Συντρέχοντες αγωγοί	Υψόμετρο (m)	Κόμβος	Συντρέχοντες αγωγοί	Υψόμετρο (m)
Δεξ.αμ.	T1, T2	54	45	57, 68, 69	7,2
1	T1, 1	48,9	46	58, 59	5,6
2	T2, 2, 98	33,7	47	59, 60	4,9
3	2, 3, 80	33,2	48	60, 61, 68	4,7
4	1, 3, 4, 18	39,7	49	61, 63	4,5
5	4, 5	39,4	50	62, 63, 64	3,4
6	5, 6	34,6	51	64, 65	2,6
7	6, 7, 9	24,2	52	65, 66, 97	3,2
8	7, 8	31,9	53	66, 67, 88	4,6
9	9, 10, 16	20,5	54	67, 70, 71	5,8
10	8, 10, 11, 15	19,9	55	69, 70, 73	7,1
11	11, 12, 19	17,3	56	73, 74, 76	5,3

12	12, 13	20,1	57	71, 72, 74	4,2
13	13, 14, 15, 20	28,4	58	75, 76, 77	11,2
14	14, 16, 17	33,1	59	77, 78, 79	11,8
15	17, 18, 22	36,9	60	78, 81, 82	10,5
16	20, 21	31,1	61	72, 81	5,7
17	19, 27, 33	11,3	62	79, 80	15,8
18	26, 27, 32	16,4	63	82, 83, 102	9,3
19	25, 26, 28	25,8	64	83, 84	4,9
20	28, 29	25,3	65	84, 85, 89	3
21	29	25,2	66	85, 86	3
22	21, 23	30,6	67	89, 90	2,6
23	22, 23, 24	29,3	68	86, 87, 88	4,5
24	24, 25, 30	28,2	69	87, 90, 91	5,5
25	30, 31, 47	24,5	70	91, 92, 93	5,2
26	33, 34, 37	9,7	71	92, 95	5,4
27	34, 35, 36	12,3	72	93, 94, 106	3,6
28	35	18,4	73	94, 95, 96	3,5
29	36, 38, 39	12,7	74	96, 97	2,6
30	37, 38, 40, 41	8,3	75	98, 99, 110	36,1
31	31, 32, 40	13,7	76	99, 100	14,5
32	41, 42, 46	8,1	77	100, 101	70,5
33	39	24,6	78	101, 102, 103	7,3
34	46, 54, 58	9,6	79	103, 104, 105	2,8
35	42, 43, 45	5,6	80	104	1,9
36	43, 44	1,8	81	105, 106, 107	3,7
37	44, 45, 62	2,9	82	107, 108, 109	1,8
38	47, 48, 50	22,4	83	108	1,8
39	48, 49	21	84	109, 111, 112	2
40	49, 50, 51	16,7	85	110, 111	35,5
41	51, 52, 75	10,3	86	112, 113	4,2
42	52, 53, 56	9,8	87	113	1,5
43	53, 54, 55	10,1			
44	55, 56, 57	9,3			

Πίνακας 5.3: Υψόμετρα των κόμβων του δικτύου ύδρευσης του οικισμού Μανδρακίου.

5.4 ΕΠΙΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ EPANET

5.4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επίλυση του δικτύου ύδρευσης του οικισμού του Μανδρακίου, πραγματοποιήθηκε μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή και συγκεκριμένα με χρήση του λογισμικού προγράμματος EPANET. Βασικό στόχο της επίλυσης αυτής, αποτελεί ο έλεγχος της υδραυλικής επάρκειας του δικτύου, όταν αυτό λειτουργεί υπό συνθήκες μέγιστης κατανάλωσης. Επιλύθηκε, για τρεις διαφορετικές χρονικές περιόδους και για μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση τόσο τα 100L όσο και τα 150L. Πιο συγκεκριμένα έγιναν οι παρακάτω έξι επιλύσεις. Επίλυση για:

1. Μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο τα 100L, για τη χρονική περίοδο Νοέμβριος – Απρίλιος.
2. Μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο τα 100L, για τη χρονική περίοδο Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος.
3. Μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο τα 100L, για τη χρονική περίοδο Ιούλιος – Αύγουστος.
4. Μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο τα 150L, για τη χρονική περίοδο Νοέμβριος – Απρίλιος.
5. Μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο τα 150L, για τη χρονική περίοδο Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος.
6. Μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο τα 150L, για τη χρονική περίοδο Ιούλιος – Αύγουστος.

Και η έξι παραπάνω επιλύσεις έγιναν υπό συνθήκες μέγιστης κατανάλωσης και πιο συγκεκριμένα βάση της μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης, προστιθέμενης και της κατανάλωσης για χρήση πυροσβεστικού κρουνού. Επίσης έγινε επίλυση σταθερής κατάστασης (steady – state analysis), αλλά και επίλυση χρονικά μεταβαλλόμενης κατάστασης (extended – period analysis), προκειμένου να μελετηθεί η διακύμανση της κατανάλωσης κατά τη διάρκεια ενός τυπικού 24ώρου.

5.4.2 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ

Γενικά

Βασική προϋπόθεση για την επίλυση του δικτύου αποτελεί ο καθορισμός των παροχών εξόδου, δηλαδή των καταναλώσεων νερού στο σύνολο των κόμβων του δικτύου. Για να ελεγχθεί η υδραυλική επάρκεια του δικτύου, θα επιλυθεί υπό συνθήκες μέγιστης κατανάλωσης, προστιθέμενης και της κατανάλωσης για χρήση πυροσβεστικού κρουνού. Συνεπώς, ο υπολογισμός των παροχών κατανάλωσης στους κόμβους του δικτύου θα πραγματοποιηθεί βάση της μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης, η οποία αποτελεί κατάσταση αιχμής για το δίκτυο. Επίσης ο υπολογισμός αυτός θα γίνει για κάθε μία από τις χρονικές περιόδους που έχουν ήδη οριστεί και για δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση, θα υπολογιστούν οι παροχές κατανάλωσης θεωρώντας ότι η μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση ανέρχεται στα 100 λίτρα, ενώ στη δεύτερη περίπτωση θεωρώντας ότι ανέρχεται στα 150 λίτρα.

Χωρισμός του δικτύου σε ζώνες πυκνότητας πληθυσμού

Η κατανομή του πληθυσμού στο σύνολο της υπό μελέτη περιοχής είναι ανομοιόμορφη, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι και η κατανάλωση του νερού δε θα είναι ομοιόμορφη σε όλο το μήκος του δικτύου. Είναι προφανές ότι στις πυκνοκατοικημένες περιοχές η κατανάλωση νερού θα είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι σε άλλες πιο αραιοκατοικημένες περιοχές. Συνεπώς, απαιτείται ο διαχωρισμός του δικτύου, σε ζώνες πυκνότητας πληθυσμού. Κάθε ζώνη θα χαρακτηρίζεται από έναν αριθμητικό συντελεστή ή αλλιώς συντελεστή βαρύτητας.

Ο διαχωρισμός αυτός σε ζώνες, έγινε βάση του αριθμού των κτιρίων που βρίσκονται πιο κοντά σε κάθε αγωγό του δικτύου. Τα όρια των ζωνών ορίστηκαν ως εξής:

- Ζώνη 1: 0 – 5 κτίρια
- Ζώνη 2: 6 – 14 κτίρια
- Ζώνη 3: 15 – 30 κτίρια

Στη ζώνη 1 ανήκουν όλοι οι αγωγοί του δικτύου στους οποίους βρίσκονται έως και πέντε κτίρια. Οι αγωγοί αυτοί θεωρείται ότι έχουν ελάχιστη πυκνότητα πληθυσμού και επομένως θα έχουν το μικρότερο συντελεστή βαρύτητας. Στη ζώνη 2 ανήκουν αυτοί στους οποίους βρίσκονται από 6 έως και 14 κτίρια και θεωρούνται αγωγοί μέσης πυκνότητας πληθυσμού, ενώ στην τρίτη ζώνη ανήκουν αυτοί στους οποίους βρίσκονται από 15 έως και 30 κτίρια και θεωρούνται υψηλής πυκνότητας πληθυσμού. Παρακάτω παρουσιάζεται ο αριθμός των κτιρίων που αντιστοιχούν σε κάθε αγωγό.

ΑΓΩΓΟΣ	ΚΤΙΡΙΑ	ΑΓΩΓΟΣ	ΚΤΙΡΙΑ	ΑΓΩΓΟΣ	ΚΤΙΡΙΑ	ΑΓΩΓΟΣ	ΚΤΙΡΙΑ	ΑΓΩΓΟΣ	ΚΤΙΡΙΑ
T1	0	22	30	45	23	68	9	91	15
T2	2	23	6	46	8	69	0	92	3
1	0	24	0	47	0	70	15	93	10
2	0	25	1	48	2	71	20	94	13
3	3	26	3	49	3	72	2	95	14
4	0	27	9	50	7	73	8	96	16
5	0	28	7	51	14	74	2	97	1
6	3	29	4	52	4	75	7	98	2
7	2	30	2	53	8	76	7	99	2
8	17	31	7	54	0	77	3	100	2
9	23	32	6	55	4	78	4	101	4
10	2	33	3	56	2	79	5	102	7
11	10	34	2	57	9	80	3	103	14
12	4	35	5	58	19	81	6	104	11
13	11	36	1	59	2	82	7	105	11
14	4	37	4	60	6	83	4	106	4
15	3	38	1	61	1	84	2	107	19
16	4	39	6	62	11	85	1	108	16
17	0	40	2	63	1	86	20	109	16
18	1	41	0	64	10	87	5	110	5
19	28	42	5	65	1	88	2	111	13
20	3	43	7	66	0	89	4	112	17
21	15	44	11	67	3	90	19	113	25

Πίνακας 5.4: Αριθμός κτιρίων που αντιστοιχεί σε κάθε αγωγό του δικτύου ύδρευσης του οικισμού Μανδρακίου.

Συνεπώς σύμφωνα με τα όρια, που αφορούν τον αριθμό των κτιρίων, της εκάστοτε ζώνης αλλά και των δεδομένων του παραπάνω πίνακα, διαμορφώνονται οι τρεις παρακάτω ζώνες.

ΖΩΝΗ 1

ΑΓΩΓΟΙ				
T1	16	37	61	84
T2	17	38	63	85
1	18	40	65	87
2	20	41	66	88
3	24	42	67	89
4	25	47	69	92
5	26	48	72	97
6	29	49	74	98
7	30	52	77	99
10	33	54	78	100
12	34	55	79	101
14	35	56	80	106
15	36	59	83	110

Πίνακας 5.5: Αγωγοί που ανήκουν στην πρώτη ζώνη πυκνότητας πληθυσμού.

ΖΩΝΗ 2

ΑΓΩΓΟΙ			
11	43	62	93
13	44	64	94
23	46	68	95
27	50	73	102
28	51	75	103
31	53	76	104
32	57	81	105
39	60	82	111

Πίνακας 5.6: Αγωγοί που ανήκουν στη δεύτερη ζώνη πυκνότητας πληθυσμού.

ΖΩΝΗ 3

ΑΓΩΓΟΙ	
8	86
9	90
19	91
21	96
22	107
45	108
58	109
70	112
71	113

Πίνακας 5.7: Αγωγοί που ανήκουν στην τρίτη ζώνη πυκνότητας πληθυσμού.

Αθροίζοντας τα μήκη των αγωγών της κάθε ζώνης, προκύπτει το συνολικό μήκος αγωγών και των τριών ζωνών. Τα αποτελέσματα είναι τα εξής:

Ζώνη 1: 2369,5m

Ζώνη 2: 1640m

Ζώνη 3: 1954,5m

Διαδικασία υπολογισμού καταναλώσεων

Υπολογίζεται η μέση ημερήσια κατανάλωση (L/ημ) για κάθε χρονική περίοδο και για τις δύο περιπτώσεις, δηλαδή και για μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση τα 100L αλλά και για μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση τα 150L. Η εξίσωση υπολογισμού της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης είναι η εξής:

$$meanQ_H = \frac{meanQ_d}{n} \quad (5.1)$$

Όπου :

meanQ_d: μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση

n: αριθμός κατοίκων

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες:

1 ^η περίπτωση (100 L / κάτ.ημ.)		
ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΚΑΤΟΙΚΟΙ	MeanQ _H (L/ημ)
Νοέμβριος-Απρίλιος	900	90000
Μάιος-Ιούνιος & Σεπτέμβριος-Οκτώβριος	2000	200000
Ιούλιος-Αύγουστος	3500	350000

Πίνακας 5.8: Μέση ημερήσια κατανάλωση για την πρώτη περίπτωση.

2 ^η περίπτωση (150 L / κάτ.ημ.)		
ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΚΑΤΟΙΚΟΙ	MeanQ _H (L/ημ)
Νοέμβριος-Απρίλιος	900	135000
Μάιος-Ιούνιος & Σεπτέμβριος-Οκτώβριος	2000	300000
Ιούλιος-Αύγουστος	3500	525000

Πίνακας 5.9: Μέση ημερήσια κατανάλωση για τη δεύτερη περίπτωση.

Υπολογίζεται η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση maxQ_H, η οποία αποτελεί κατάσταση αιχμής για το δίκτυο, και για τις τρεις χρονικές περιόδους και στις δύο περιπτώσεις. Η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\max Q_H = 1,5 * \text{mean} Q_H \quad (5.2)$$

Στη μέγιστη ημερήσια κατανάλωση προστίθενται και επιπλέον 5 L/s για χρήση πυροσβεστικού κρουνού. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

1 ^η περίπτωση (100 L / κάτ.ημ.)		
ΠΕΡΙΟΔΟΣ	maxQ _H	maxQ _H + 5 (L/s)
Νοέμβριος-Απρίλιος	1,6	6,6
Μάιος-Ιούνιος & Σεπτέμβριος-Οκτώβριος	3,5	8,5
Ιούλιος-Αύγουστος	6,1	11,1

Πίνακας 5.10: Συνολική μέγιστη ημερήσια κατανάλωση για την πρώτη περίπτωση.

2^η περίπτωση (150 L / κάτ.ημ.)		
ΠΕΡΙΟΔΟΣ	maxQ_H	maxQ_H + 5 (L/s)
Νοέμβριος-Απρίλιος	2,3	7,3
Μάιος-Ιούνιος & Σεπτέμβριος-Οκτώβριος	5,2	10,2
Ιούλιος-Αύγουστος	9,1	14,1

Πίνακας 5.11: Συνολική μέγιστη ημερήσια κατανάλωση για τη δεύτερη περίπτωση.

Για τους παρακάτω υπολογισμούς χρησιμοποιείται η τελευταία στήλη των δύο παραπάνω πινάκων, δηλαδή η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση αυξημένη κατά 5 L/s, για χρήση πυροσβεστικού κρουνού.

Στη συνέχεια κατανέμεται η συνολική κατανάλωση σε κάθε ζώνη σύμφωνα με το συνολικό της μήκος. Ουσιαστικά, η κατανάλωση της κάθε ζώνης υπολογίζεται ως το πηλίκο του συνολικού μήκους της ζώνης προς το συνολικό μήκος του δικτύου, επί τη συνολική κατανάλωση. Όσον αφορά τη ζώνη 1, αποτελείται και από αγωγούς στους οποίους δεν υπάρχουν κτίρια. Συνεπώς στους αγωγούς αυτούς δεν καταναλώνεται νερό και επομένως δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της κατανάλωσης που αντιστοιχεί στη ζώνη αυτή. Οι αγωγοί με μηδενική κατανάλωση είναι οι: T1, 1, 2, 4, 5, 17, 24, 41, 47, 54, 66 και 69 με συνολικό μήκος 448m. Επομένως το συνολικό μήκος της ζώνης αυτής που θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της κατανάλωσής της ανέρχεται στα $2369,5 - 448 = 1921,5\text{m}$. Το συνολικό μήκος των παραπάνω αγωγών αφαιρείται και από το συνολικό μήκος των αγωγών του δικτύου, δηλαδή το συνολικό μήκος των αγωγών του δικτύου για τον υπολογισμό των καταναλώσεων της κάθε ζώνης ανέρχεται στα $5964 - 448 = 5516\text{m}$. Παρακάτω παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού της κατανάλωσης της κάθε ζώνης.

1^η περίπτωση (100 L / κάτ.ημ.):

Νοέμβριος – Απρίλιος

Ζώνη 1: $(6,6 * 1921,5)/5516 = 2,3 \text{ L/s}$.

Ζώνη 2: $(6,6 * 1640)/5516 = 2,0 \text{ L/s}$.

Ζώνη 3: $(6,6 * 1954,5)/5516 = 2,3 \text{ L/s}$.

Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος

Ζώνη 1: $(8,5 * 1921,5)/5516 = 3,0 \text{ L/s}$.

Ζώνη 2: $(8,5 * 1640)/5516 = 2,5 \text{ L/s}$.

Ζώνη 3: $(8,5 * 1954,5)/5516 = 3,0 \text{ L/s}$.

Ιούλιος – Αύγουστος

Ζώνη 1: $(11,1 * 1921,5)/5516 = 3,9 \text{ L/s}$.

Ζώνη 2: $(11,1 * 1640)/5516 = 3,3 \text{ L/s}$.

Ζώνη 3: $(11,1 * 1954,5)/5516 = 3,9 \text{ L/s}$.

2^η περίπτωση (150 L / κάτ.ημ.):

Νοέμβριος – Απρίλιος

$$\text{Ζώνη 1: } (7,3 * 1921,5)/5516 = 2,6 \text{ L/s.}$$

$$\text{Ζώνη 2: } (7,3 * 1640)/5516 = 2,2 \text{ L/s.}$$

$$\text{Ζώνη 3: } (7,3 * 1954,5)/5516 = 2,6 \text{ L/s.}$$

Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος

$$\text{Ζώνη 1: } (10,2 * 1921,5)/5516 = 3,6 \text{ L/s.}$$

$$\text{Ζώνη 2: } (10,2 * 1640)/5516 = 3,0 \text{ L/s.}$$

$$\text{Ζώνη 3: } (10,2 * 1954,5)/5516 = 3,6 \text{ L/s.}$$

Ιούλιος – Αύγουστος

$$\text{Ζώνη 1: } (14,1 * 1921,5)/5516 = 4,9 \text{ L/s.}$$

$$\text{Ζώνη 2: } (14,1 * 1640)/5516 = 4,2 \text{ L/s.}$$

$$\text{Ζώνη 3: } (14,1 * 1954,5)/5516 = 5,0 \text{ L/s.}$$

Εξαιτίας της ανομοιομορφίας της κατανομής του πληθυσμού, κάθε ζώνη συμβάλλει διαφορετικά στην κατανάλωση νερού. Είναι προφανές, ότι στη ζώνη 3 θα καταναλώνονται μεγαλύτερες ποσότητες νερού από ότι στη ζώνη 1, μιας και αποτελεί ζώνη υψηλής πυκνότητας πληθυσμού σε αντίθεση με τη ζώνη 1 που αποτελεί ζώνη ελάχιστης πυκνότητας πληθυσμού. Συνεπώς, οι καταναλώσεις των ζωνών που υπολογίστηκαν στο τρίτο βήμα, θα πρέπει να πολλαπλασιαστούν με ένα συντελεστή βαρύτητας. Οι συντελεστές που επελέγην είναι οι εξής:

Ζώνη 1: συντελεστής 0,6 για ζώνη ελάχιστης πυκνότητας πληθυσμού

Ζώνη 2: συντελεστής 1,0 για ζώνη μέσης πυκνότητας πληθυσμού

Ζώνη 3: συντελεστής 1,4 για ζώνη υψηλής πυκνότητας πληθυσμού

Οι τελικές καταναλώσεις και των τριών ζωνών, παρουσιάζονται παρακάτω:

1^η περίπτωση (100 L / κάτ.ημ.):

Νοέμβριος – Απρίλιος

$$\text{Ζώνη 1: } 0,6 * 2,3 = 1,38 = 1,4 \text{ L/s.}$$

$$\text{Ζώνη 2: } 1,0 * 2,0 = 2,0 \text{ L/s.}$$

$$\text{Ζώνη 3: } 1,4 * 2,3 = 3,22 = 3,2 \text{ L/s.}$$

Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος

$$\text{Ζώνη 1: } 0,6 * 3,0 = 1,8 \text{ L/s.}$$

$$\text{Ζώνη 2: } 1,0 * 2,5 = 2,5 \text{ L/s.}$$

$$\text{Ζώνη 3: } 1,4 * 3,0 = 4,2 \text{ L/s.}$$

Ιούλιος – Αύγουστος

Ζώνη 1: $0,6 * 3,9 = 2,34 = 2,3$ L/s.

Ζώνη 2: $1,0 * 3,3 = 3,3$ L/s.

Ζώνη 3: $1,4 * 3,9 = 5,46 = 5,5$ L/s.

2^η περίπτωση (150 L / κάτ.ημ.):

Νοέμβριος – Απρίλιος

Ζώνη 1: $0,6 * 2,6 = 1,56 = 1,6$ L/s.

Ζώνη 2: $1,0 * 2,2 = 2,2$ L/s.

Ζώνη 3: $1,4 * 2,6 = 3,64 = 3,6$ L/s.

Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος

Ζώνη 1: $0,6 * 3,6 = 2,16 = 2,2$ L/s.

Ζώνη 2: $1,0 * 3,0 = 3,0$ L/s.

Ζώνη 3: $1,4 * 3,6 = 5,04 = 5$ L/s.

Ιούλιος – Αύγουστος

Ζώνη 1: $0,6 * 4,9 = 2,94 = 2,9$ L/s.

Ζώνη 2: $1,0 * 4,2 = 4,2$ L/s.

Ζώνη 3: $1,4 * 5,0 = 7,0$ L/s.

Στη συνέχεια υπολογίζεται η ανοιγμένη παροχή κατανάλωσης ανά μονάδα μήκους (1m), για κάθε ζώνη. Ουσιαστικά ισούται με το πηλίκο της κατανάλωσης που αντιστοιχεί σε κάθε ζώνη δια το συνολικό μήκος των αγωγών που περιλαμβάνει. Παρακάτω παρουσιάζεται η ανοιγμένη παροχή κατανάλωσης ανά μονάδα μήκους για κάθε ζώνη.

1^η περίπτωση (100 L / κάτ.ημ.):

Νοέμβριος – Απρίλιος

Ζώνη 1: $1,4 / 1921,5 = 0,0007$ L/s/m.

Ζώνη 2: $2,0 / 1640 = 0,001$ L/s/m.

Ζώνη 3: $3,2 / 1954,5 = 0,002$ L/s/m.

Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος

Ζώνη 1: $1,8 / 1921,5 = 0,0009$ L/s/m.

Ζώνη 2: $2,5 / 1640 = 0,0015$ L/s/m.

Ζώνη 3: $4,2 / 1954,5 = 0,0021$ L/s/m.

Ιούλιος – Αύγουστος

Ζώνη 1: $2,3 / 1921,5 = 0,001 \text{ L/s/m}$.

Ζώνη 2: $3,3 / 1640 = 0,002 \text{ L/s/m}$.

Ζώνη 3: $5,5 / 1954,5 = 0,003 \text{ L/s/m}$.

2^η περίπτωση (150 L / κάτ.ημ.):

Νοέμβριος – Απρίλιος

Ζώνη 1: $1,6 / 1921,5 = 0,0008 \text{ L/s/m}$.

Ζώνη 2: $2,2 / 1640 = 0,001 \text{ L/s/m}$.

Ζώνη 3: $3,6 / 1954,5 = 0,002 \text{ L/s/m}$.

Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος

Ζώνη 1: $2,2 / 1921,5 = 0,001 \text{ L/s/m}$.

Ζώνη 2: $3,0 / 1640 = 0,002 \text{ L/s/m}$.

Ζώνη 3: $5,0 / 1954,5 = 0,003 \text{ L/s/m}$.

Ιούλιος – Αύγουστος

Ζώνη 1: $2,9 / 1921,5 = 0,002 \text{ L/s/m}$.

Ζώνη 2: $4,2 / 1640 = 0,003 \text{ L/s/m}$.

Ζώνη 3: $7,0 / 1954,5 = 0,004 \text{ L/s/m}$.

Η ανοιγμένη παροχή κατανάλωσης ανά μονάδα μήκους (1m) της κάθε ζώνης πολλαπλασιασμένη με το μήκος του αγωγού, δίνει τη συνολική κατανάλωση νερού στον αγωγό.

Τέλος, υπολογίζεται η κατανάλωση σε κάθε κόμβο του δικτύου. Για τον υπολογισμό αυτό γίνεται η παραδοχή ότι η παροχή κατανάλωσης σε έναν αγωγό, μοιράζεται στα δύο άκρα του. Συνεπώς η κατανάλωση σε κάθε κόμβο υπολογίζεται ως το ήμισυ του αθροίσματος των καταναλώσεων των αγωγών που συντρέχουν σε αυτόν.

Αποτελέσματα

Επίλυση δικτύου για την περίοδο Νοέμβριος – Απρίλιος, με ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση τα 100L :

Νοέμβριος – Απρίλιος					
Κόμβος	Συντρέχοντες αγωγοί	Κατανάλωση κόμβου (L/s)	Κόμβος	Συντρέχοντες αγωγοί	Κατανάλωση κόμβου (L/s)
1	T1, 1	0,00	45	57, 68, 69	0,05
2	T2, 2, 98	0,12	46	58, 59	0,04
3	2, 3, 80	0,07	47	59, 60	0,01
4	1, 3, 4, 18	0,05	48	60, 61, 68	0,04
5	4, 5	0,00	49	61, 63	0,01
6	5, 6	0,04	50	62, 63, 64	0,05
7	6, 7, 9	0,10	51	64, 65	0,03
8	7, 8	0,07	52	65, 66, 97	0,01
9	9, 10, 16	0,07	53	66, 67, 88	0,01
10	8, 10, 11, 15	0,10	54	67, 70, 71	0,11
11	11, 12, 19	0,11	55	69, 70, 73	0,08
12	12, 13	0,03	56	73, 74, 76	0,09
13	13, 14, 15, 20	0,05	57	71, 72, 74	0,08
14	14, 16, 17	0,03	58	75, 76, 77	0,07
15	17, 18, 22	0,07	59	77, 78, 79	0,04
16	20, 21	0,05	60	78, 81, 82	0,07
17	19, 27, 33	0,10	61	72, 81	0,04
18	26, 27, 32	0,04	62	79, 80	0,05
19	25, 26, 28	0,04	63	82, 83, 102	0,09
20	28, 29	0,03	64	83, 84	0,03
21	29	0,01	65	84, 85, 89	0,02
22	21, 23	0,07	66	85, 86	0,07
23	22, 23, 24	0,08	67	89, 90	0,06
24	24, 25, 30	0,01	68	86, 87, 88	0,08
25	30, 31, 47	0,04	69	87, 90, 91	0,10
26	33, 34, 37	0,02	70	91, 92, 93	0,10
27	34, 35, 36	0,01	71	92, 95	0,03
28	35	0,01	72	93, 94, 106	0,10
29	36, 38, 39	0,03	73	94, 95, 96	0,16
30	37, 38, 40, 41	0,02	74	96, 97	0,10
31	31, 32, 40	0,06	75	98, 99, 110	0,17
32	41, 42, 46	0,03	76	99, 100	0,05
33	39	0,02	77	100, 101	0,03
34	46, 54, 58	0,06	78	101, 102, 103	0,15
35	42, 43, 45	0,09	79	103, 104, 105	0,13
36	43, 44	0,06	80	104	0,02
37	44, 45, 62	0,09	81	105, 106, 107	0,11
38	47, 48, 50	0,03	82	107, 108, 109	0,18
39	48, 49	0,01	83	108	0,06
40	49, 50, 51	0,05	84	109, 111, 112	0,26
41	51, 52, 75	0,06	85	110, 111	0,14
42	52, 53, 56	0,03	86	112, 113	0,70
43	53, 54, 55	0,03	87	113	0,58
44	55, 56, 57	0,04			

Πίνακας 5.12: Αποτελέσματα καταναλώσεων στους κόμβους του δικτύου.

Επίλυση δικτύου για την περίοδο Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος, με ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση τα 100L :

Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος					
Κόμβος	Συντρέχοντες αγωγοί	Κατανάλωση κόμβου (L/s)	Κόμβος	Συντρέχοντες αγωγοί	Κατανάλωση κόμβου (L/s)
1	T1, 1	0,00	45	57, 68, 69	0,06
2	T2, 2, 98	0,15	46	58, 59	0,05
3	2, 3, 80	0,09	47	59, 60	0,01
4	1, 3, 4, 18	0,06	48	60, 61, 68	0,05
5	4, 5	0,00	49	61, 63	0,01
6	5, 6	0,05	50	62, 63, 64	0,07
7	6, 7, 9	0,13	51	64, 65	0,04
8	7, 8	0,09	52	65, 66, 97	0,02
9	9, 10, 16	0,10	53	66, 67, 88	0,01
10	8, 10, 11, 15	0,13	54	67, 70, 71	0,14
11	11, 12, 19	0,14	55	69, 70, 73	0,10
12	12, 13	0,04	56	73, 74, 76	0,11
13	13, 14, 15, 20	0,07	57	71, 72, 74	0,10
14	14, 16, 17	0,03	58	75, 76, 77	0,09
15	17, 18, 22	0,09	59	77, 78, 79	0,05
16	20, 21	0,06	60	78, 81, 82	0,08
17	19, 27, 33	0,13	61	72, 81	0,05
18	26, 27, 32	0,06	62	79, 80	0,07
19	25, 26, 28	0,05	63	82, 83, 102	0,12
20	28, 29	0,03	64	83, 84	0,03
21	29	0,01	65	84, 85, 89	0,03
22	21, 23	0,08	66	85, 86	0,09
23	22, 23, 24	0,10	67	89, 90	0,08
24	24, 25, 30	0,02	68	86, 87, 88	0,10
25	30, 31, 47	0,05	69	87, 90, 91	0,13
26	33, 34, 37	0,03	70	91, 92, 93	0,12
27	34, 35, 36	0,02	71	92, 95	0,04
28	35	0,01	72	93, 94, 106	0,13
29	36, 38, 39	0,03	73	94, 95, 96	0,21
30	37, 38, 40, 41	0,02	74	96, 97	0,14
31	31, 32, 40	0,07	75	98, 99, 110	0,22
32	41, 42, 46	0,04	76	99, 100	0,06
33	39	0,02	77	100, 101	0,03
34	46, 54, 58	0,08	78	101, 102, 103	0,19
35	42, 43, 45	0,11	79	103, 104, 105	0,17
36	43, 44	0,08	80	104	0,03
37	44, 45, 62	0,12	81	105, 106, 107	0,15
38	47, 48, 50	0,03	82	107, 108, 109	0,23
39	48, 49	0,02	83	108	0,07
40	49, 50, 51	0,07	84	109, 111, 112	0,34
41	51, 52, 75	0,07	85	110, 111	0,18
42	52, 53, 56	0,04	86	112, 113	0,91
43	53, 54, 55	0,04	87	113	0,75
44	55, 56, 57	0,05			

Πίνακας 5.13: Αποτελέσματα καταναλώσεων στους κόμβους του δικτύου.

Επίλυση δικτύου για την περίοδο Ιούλιος – Αύγουστος, με ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση τα 100L :

Ιούλιος - Αύγουστος					
Κόμβος	Συντρέχοντες αγωγοί	Κατανάλωση κόμβου (L/s)	Κόμβος	Συντρέχοντες αγωγοί	Κατανάλωση κόμβου (L/s)
1	T1, 1	0,00	45	57, 68, 69	0,08
2	T2, 2, 98	0,20	46	58, 59	0,07
3	2, 3, 80	0,12	47	59, 60	0,02
4	1, 3, 4, 18	0,08	48	60, 61, 68	0,06
5	4, 5	0,00	49	61, 63	0,01
6	5, 6	0,07	50	62, 63, 64	0,09
7	6, 7, 9	0,17	51	64, 65	0,05
8	7, 8	0,12	52	65, 66, 97	0,02
9	9, 10, 16	0,13	53	66, 67, 88	0,02
10	8, 10, 11, 15	0,18	54	67, 70, 71	0,19
11	11, 12, 19	0,18	55	69, 70, 73	0,13
12	12, 13	0,05	56	73, 74, 76	0,15
13	13, 14, 15, 20	0,09	57	71, 72, 74	0,13
14	14, 16, 17	0,04	58	75, 76, 77	0,12
15	17, 18, 22	0,12	59	77, 78, 79	0,06
16	20, 21	0,08	60	78, 81, 82	0,11
17	19, 27, 33	0,17	61	72, 81	0,07
18	26, 27, 32	0,08	62	79, 80	0,09
19	25, 26, 28	0,06	63	82, 83, 102	0,16
20	28, 29	0,04	64	83, 84	0,04
21	29	0,01	65	84, 85, 89	0,04
22	21, 23	0,11	66	85, 86	0,12
23	22, 23, 24	0,14	67	89, 90	0,11
24	24, 25, 30	0,02	68	86, 87, 88	0,13
25	30, 31, 47	0,07	69	87, 90, 91	0,17
26	33, 34, 37	0,03	70	91, 92, 93	0,16
27	34, 35, 36	0,03	71	92, 95	0,06
28	35	0,01	72	93, 94, 106	0,17
29	36, 38, 39	0,05	73	94, 95, 96	0,28
30	37, 38, 40, 41	0,03	74	96, 97	0,18
31	31, 32, 40	0,10	75	98, 99, 110	0,28
32	41, 42, 46	0,06	76	99, 100	0,08
33	39	0,03	77	100, 101	0,05
34	46, 54, 58	0,10	78	101, 102, 103	0,25
35	42, 43, 45	0,15	79	103, 104, 105	0,22
36	43, 44	0,10	80	104	0,04
37	44, 45, 62	0,15	81	105, 106, 107	0,19
38	47, 48, 50	0,04	82	107, 108, 109	0,30
39	48, 49	0,02	83	108	0,09
40	49, 50, 51	0,09	84	109, 111, 112	0,44
41	51, 52, 75	0,10	85	110, 111	0,23
42	52, 53, 56	0,06	86	112, 113	1,19
43	53, 54, 55	0,05	87	113	0,98
44	55, 56, 57	0,06			

Πίνακας 5.14: Αποτελέσματα καταναλώσεων στους κόμβους του δικτύου.

Επίλυση δικτύου για την περίοδο Νοέμβριος – Απρίλιος, με ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση τα 150L :

Νοέμβριος – Απρίλιος					
Κόμβος	Συντρέχοντες αγωγοί	Κατανάλωση κόμβου (L/s)	Κόμβος	Συντρέχοντες αγωγοί	Κατανάλωση κόμβου (L/s)
1	T1, 1	0,00	45	57, 68, 69	0,06
2	T2, 2, 98	0,13	46	58, 59	0,05
3	2, 3, 80	0,08	47	59, 60	0,01
4	1, 3, 4, 18	0,05	48	60, 61, 68	0,04
5	4, 5	0,00	49	61, 63	0,01
6	5, 6	0,04	50	62, 63, 64	0,06
7	6, 7, 9	0,12	51	64, 65	0,03
8	7, 8	0,08	52	65, 66, 97	0,01
9	9, 10, 16	0,08	53	66, 67, 88	0,01
10	8, 10, 11, 15	0,12	54	67, 70, 71	0,12
11	11, 12, 19	0,12	55	69, 70, 73	0,09
12	12, 13	0,04	56	73, 74, 76	0,10
13	13, 14, 15, 20	0,06	57	71, 72, 74	0,09
14	14, 16, 17	0,03	58	75, 76, 77	0,08
15	17, 18, 22	0,08	59	77, 78, 79	0,04
16	20, 21	0,06	60	78, 81, 82	0,07
17	19, 27, 33	0,11	61	72, 81	0,04
18	26, 27, 32	0,05	62	79, 80	0,06
19	25, 26, 28	0,04	63	82, 83, 102	0,10
20	28, 29	0,03	64	83, 84	0,03
21	29	0,01	65	84, 85, 89	0,02
22	21, 23	0,07	66	85, 86	0,08
23	22, 23, 24	0,09	67	89, 90	0,07
24	24, 25, 30	0,01	68	86, 87, 88	0,09
25	30, 31, 47	0,04	69	87, 90, 91	0,11
26	33, 34, 37	0,02	70	91, 92, 93	0,11
27	34, 35, 36	0,02	71	92, 95	0,04
28	35	0,01	72	93, 94, 106	0,11
29	36, 38, 39	0,03	73	94, 95, 96	0,18
30	37, 38, 40, 41	0,02	74	96, 97	0,12
31	31, 32, 40	0,06	75	98, 99, 110	0,19
32	41, 42, 46	0,04	76	99, 100	0,05
33	39	0,02	77	100, 101	0,03
34	46, 54, 58	0,07	78	101, 102, 103	0,17
35	42, 43, 45	0,10	79	103, 104, 105	0,15
36	43, 44	0,07	80	104	0,02
37	44, 45, 62	0,10	81	105, 106, 107	0,13
38	47, 48, 50	0,03	82	107, 108, 109	0,20
39	48, 49	0,02	83	108	0,06
40	49, 50, 51	0,06	84	109, 111, 112	0,29
41	51, 52, 75	0,06	85	110, 111	0,16
42	52, 53, 56	0,04	86	112, 113	0,79
43	53, 54, 55	0,04	87	113	0,65
44	55, 56, 57	0,04			

Πίνακας 5.15: Αποτελέσματα καταναλώσεων στους κόμβους του δικτύου.

Επίλυση δικτύου για την περίοδο Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος, με ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση τα 150L :

Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος					
Κόμβος	Συντρέχοντες αγωγοί	Κατανάλωση κόμβου (L/s)	Κόμβος	Συντρέχοντες αγωγοί	Κατανάλωση κόμβου (L/s)
1	T1, 1	0,00	45	57, 68, 69	0,08
2	T2, 2, 98	0,18	46	58, 59	0,06
3	2, 3, 80	0,11	47	59, 60	0,01
4	1, 3, 4, 18	0,07	48	60, 61, 68	0,06
5	4, 5	0,00	49	61, 63	0,01
6	5, 6	0,06	50	62, 63, 64	0,08
7	6, 7, 9	0,16	51	64, 65	0,05
8	7, 8	0,11	52	65, 66, 97	0,02
9	9, 10, 16	0,12	53	66, 67, 88	0,02
10	8, 10, 11, 15	0,16	54	67, 70, 71	0,17
11	11, 12, 19	0,17	55	69, 70, 73	0,12
12	12, 13	0,05	56	73, 74, 76	0,13
13	13, 14, 15, 20	0,08	57	71, 72, 74	0,12
14	14, 16, 17	0,04	58	75, 76, 77	0,11
15	17, 18, 22	0,11	59	77, 78, 79	0,06
16	20, 21	0,08	60	78, 81, 82	0,10
17	19, 27, 33	0,16	61	72, 81	0,06
18	26, 27, 32	0,07	62	79, 80	0,08
19	25, 26, 28	0,06	63	82, 83, 102	0,14
20	28, 29	0,04	64	83, 84	0,04
21	29	0,01	65	84, 85, 89	0,03
22	21, 23	0,10	66	85, 86	0,11
23	22, 23, 24	0,13	67	89, 90	0,10
24	24, 25, 30	0,02	68	86, 87, 88	0,12
25	30, 31, 47	0,06	69	87, 90, 91	0,16
26	33, 34, 37	0,03	70	91, 92, 93	0,15
27	34, 35, 36	0,02	71	92, 95	0,05
28	35	0,01	72	93, 94, 106	0,16
29	36, 38, 39	0,04	73	94, 95, 96	0,25
30	37, 38, 40, 41	0,03	74	96, 97	0,16
31	31, 32, 40	0,09	75	98, 99, 110	0,26
32	41, 42, 46	0,05	76	99, 100	0,07
33	39	0,03	77	100, 101	0,04
34	46, 54, 58	0,09	78	101, 102, 103	0,23
35	42, 43, 45	0,14	79	103, 104, 105	0,21
36	43, 44	0,09	80	104	0,03
37	44, 45, 62	0,14	81	105, 106, 107	0,18
38	47, 48, 50	0,04	82	107, 108, 109	0,28
39	48, 49	0,02	83	108	0,09
40	49, 50, 51	0,08	84	109, 111, 112	0,40
41	51, 52, 75	0,09	85	110, 111	0,22
42	52, 53, 56	0,05	86	112, 113	1,10
43	53, 54, 55	0,05	87	113	0,91
44	55, 56, 57	0,06			

Πίνακας 5.16: Αποτελέσματα καταναλώσεων στους κόμβους του δικτύου.

Επίλυση δικτύου για την περίοδο Ιούλιος – Αύγουστος, με ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση τα 150L :

Ιούλιος – Αύγουστος					
Κόμβος	Συντρέχοντες αγωγοί	Κατανάλωση κόμβου (L/s)	Κόμβος	Συντρέχοντες αγωγοί	Κατανάλωση κόμβου (L/s)
1	T1, 1	0,00	45	57, 68, 69	0,11
2	T2, 2, 98	0,26	46	58, 59	0,09
3	2, 3, 80	0,15	47	59, 60	0,02
4	1, 3, 4, 18	0,10	48	60, 61, 68	0,08
5	4, 5	0,00	49	61, 63	0,01
6	5, 6	0,08	50	62, 63, 64	0,11
7	6, 7, 9	0,22	51	64, 65	0,07
8	7, 8	0,15	52	65, 66, 97	0,03
9	9, 10, 16	0,16	53	66, 67, 88	0,02
10	8, 10, 11, 15	0,22	54	67, 70, 71	0,24
11	11, 12, 19	0,23	55	69, 70, 73	0,17
12	12, 13	0,07	56	73, 74, 76	0,19
13	13, 14, 15, 20	0,11	57	71, 72, 74	0,17
14	14, 16, 17	0,06	58	75, 76, 77	0,15
15	17, 18, 22	0,16	59	77, 78, 79	0,08
16	20, 21	0,11	60	78, 81, 82	0,14
17	19, 27, 33	0,22	61	72, 81	0,08
18	26, 27, 32	0,10	62	79, 80	0,11
19	25, 26, 28	0,08	63	82, 83, 102	0,20
20	28, 29	0,06	64	83, 84	0,06
21	29	0,01	65	84, 85, 89	0,05
22	21, 23	0,14	66	85, 86	0,16
23	22, 23, 24	0,17	67	89, 90	0,13
24	24, 25, 30	0,03	68	86, 87, 88	0,17
25	30, 31, 47	0,08	69	87, 90, 91	0,22
26	33, 34, 37	0,04	70	91, 92, 93	0,21
27	34, 35, 36	0,03	71	92, 95	0,07
28	35	0,01	72	93, 94, 106	0,22
29	36, 38, 39	0,06	73	94, 95, 96	0,35
30	37, 38, 40, 41	0,04	74	96, 97	0,22
31	31, 32, 40	0,12	75	98, 99, 110	0,36
32	41, 42, 46	0,07	76	99, 100	0,10
33	39	0,04	77	100, 101	0,06
34	46, 54, 58	0,13	78	101, 102, 103	0,32
35	42, 43, 45	0,19	79	103, 104, 105	0,29
36	43, 44	0,13	80	104	0,05
37	44, 45, 62	0,19	81	105, 106, 107	0,24
38	47, 48, 50	0,06	82	107, 108, 109	0,39
39	48, 49	0,03	83	108	0,12
40	49, 50, 51	0,11	84	109, 111, 112	0,56
41	51, 52, 75	0,12	85	110, 111	0,30
42	52, 53, 56	0,07	86	112, 113	1,52
43	53, 54, 55	0,07	87	113	1,25
44	55, 56, 57	0,08			

Πίνακας 5.17: Αποτελέσματα καταναλώσεων στους κόμβους του δικτύου.

5.4.3 ΕΠΙΛΥΣΗ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Διαδικασία επίλυσης

Για τις έξι παραπάνω επιλύσεις του δικτύου μέσω του λογισμικού προγράμματος EPANET, ακολουθήθηκε συνοπτικά η παρακάτω διαδικασία:

- Εισαγωγή χάρτη του δικτύου ύδρευσης του οικισμού Μανδρακίου κλίμακας 1:1000, ως υπόβαθρο για τη σχεδίαση του δικτύου στο EPANET.
- Σχεδίαση του δικτύου στο σχεδιαστικό χώρο του προγράμματος (Network Map), με χρήση των σχεδιαστικών εργαλείων που παρέχει.
- Εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων των στοιχείων του δικτύου μέσω του παραθύρου Data Browser του προγράμματος. Για κάθε στοιχείο τα απαραίτητα δεδομένα είναι:

Κόμβοι του δικτύου

- Το υψόμετρό τους (m)
- Η παροχή κατανάλωσης (l/s)

Αγωγοί του δικτύου

- Το μήκος τους (m)
- Η διάμετρος τους (mm)
- Η τραχύτητα (mm)

Δεξαμενή του δικτύου

- Το ύψος στάθμης της δεξαμενής (m)

Όλα τα απαραίτητα δεδομένα, έχουν παρουσιαστεί αναλυτικά στην περιγραφή του υφιστάμενου δικτύου (Ενότητα 5.3) αλλά και στην ενότητα των καταναλώσεων (Ενότητα 5.4.2).

- Καθορισμός βασικών υδραυλικών μονάδων. Πιο συγκεκριμένα επιλέγεται η μέθοδος των Darcy – Weisbach για τον υπολογισμό των απωλειών τριβής και επίσης επιλέγεται για μονάδα μέτρησης της παροχής η LPS (Liters per Second).
- Επίλυση του δικτύου. Η επίλυση του δικτύου, για όλες τις περιπτώσεις, ήταν επιτυχής. Σε αντίθετη περίπτωση το πρόγραμμα θα ενημέρωνε για πιθανά λάθη ή ελλιπή δεδομένα.

Μετά την επίλυση του δικτύου, έγινε η εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα που ενδιαφέρουν στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι τα ύψη πίεσης στους κόμβους καθώς επίσης και οι παροχές και οι ταχύτητες ροής στους αγωγούς του δικτύου.

Αποτελέσματα

Γενικά

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών, όπως αυτά προκύπτουν από την ανάλυση μέσω του προγράμματος EPANET. Το πρόγραμμα αυτό δίνει τη δυνατότητα εξαγωγής των αποτελεσμάτων, τόσο σε μορφή πινάκων (tables) όσο και σε μορφή χαρτών (maps) και διαγραμμάτων (graphs).

Τα αποτελέσματα που υπολογίζει το πρόγραμμα για κάθε στοιχείο του δικτύου είναι τα εξής:

Κόμβοι

- Η απαίτηση σε κατανάλωση (actual demand)
- Το ύψος πίεσης (pressure)
- Το πιεζομετρικό φορτίο (total head)

Αγωγοί

- Την παροχή (flow)
- Την ταχύτητα ροής του νερού (velocity)
- Το συντελεστή τριβής (friction factor)
- Τις απώλειες ενέργειας (unit headloss)

Στη συγκεκριμένη εφαρμογή, ενδιαφέρουν κυρίως τα ύψη πίεσης στους κόμβους αλλά και οι παροχές και οι ταχύτητες ροής στους αγωγούς. Τα αποτελέσματα των μεγεθών αυτών θα παρουσιαστούν, για κάθε μία επίλυση ξεχωριστά, με τους εξής τρόπους:

- Παρουσίαση μέσω πινάκων.
- Παρουσίαση μέσω ισοϋψών καμπύλων, όπου κάθε ισοϋψής αντιστοιχεί σε ένα εύρος τιμών κάποιου μεγέθους.
- Παρουσίαση μέσω χαρτών με διαβάθμιση χρωμάτων, όπου κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε ένα εύρος τιμών κάθε μεγέθους.

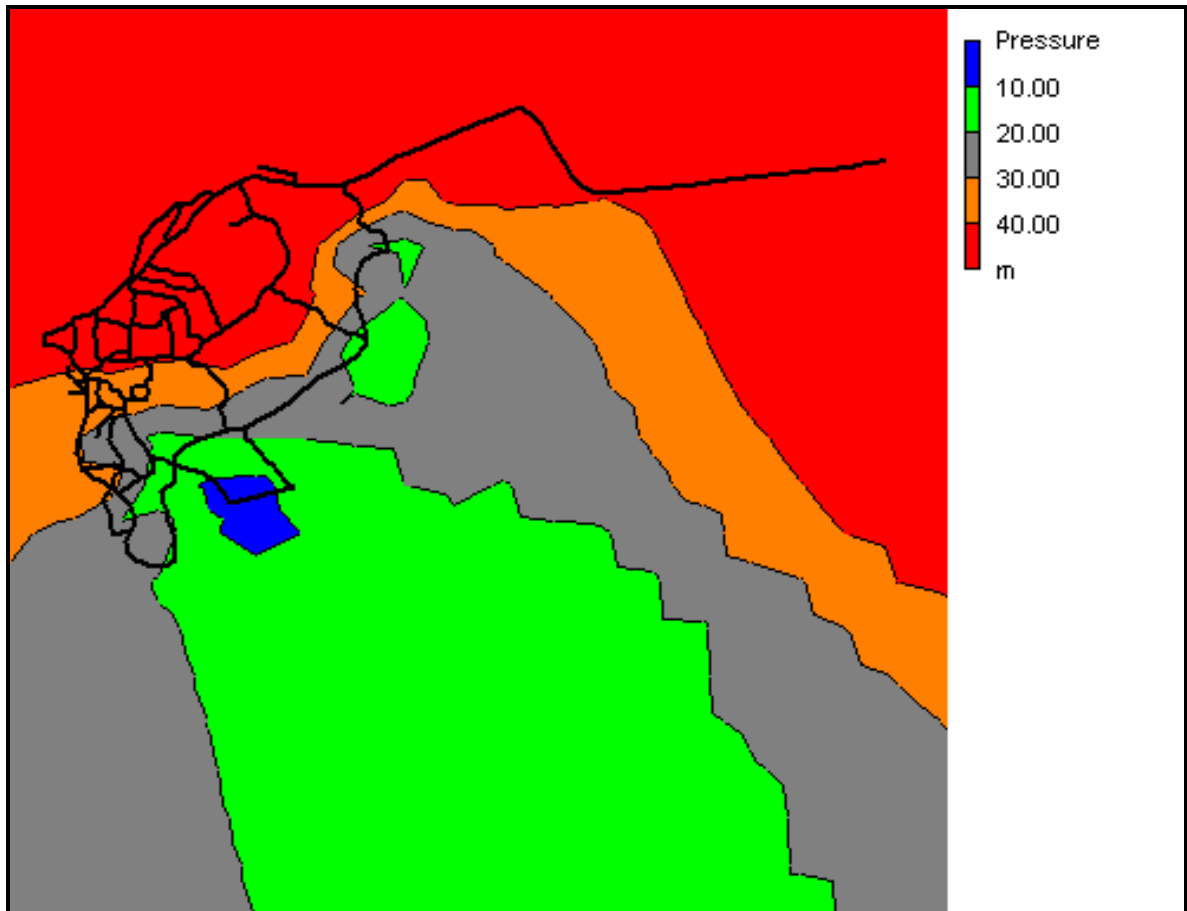
Παρουσίαση των αποτελεσμάτων

Επίλυση δικτύου για την περίοδο Νοέμβριος – Απρίλιος, με ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση τα 100L :

Κόμβοι δικτύου

Νοέμβριος – Απρίλιος					
Κόμβος	Πίεση (m)	Κόμβος	Πίεση (m)	Κόμβος	Πίεση (m)
1	4,91	30	44,99	59	41,67
2	20,06	31	39,60	60	42,92
3	20,49	32	45,19	61	47,64
4	13,91	33	28,26	62	37,74
5	14,16	34	43,69	63	44,01
6	18,86	35	47,67	64	48,37
7	29,16	36	51,47	65	50,24
8	21,45	37	50,37	66	50,24
9	32,85	38	30,91	67	50,63
10	33,45	39	32,32	68	48,73
11	36,03	40	36,62	69	47,72
12	33,24	41	43,02	70	47,97
13	24,95	42	43,49	71	47,77
14	20,27	43	43,19	72	49,55
15	16,53	44	43,99	73	49,67
16	22,24	45	46,08	74	50,63
17	42,00	46	47,68	75	17,19
18	36,90	47	48,37	76	38,78
19	27,51	48	48,57	77	42,77
20	28,01	49	48,77	78	45,97
21	28,11	50	49,87	79	50,34
22	22,73	51	50,65	80	51,24
23	24,03	52	50,04	81	49,42
24	25,12	53	48,64	82	51,20
25	28,81	54	47,47	83	51,20
26	43,59	55	46,18	84	50,96
27	40,99	56	48,02	85	17,59
28	34,89	57	49,12	86	48,60
29	40,59	58	42,18	87	51,12

Πίνακας 5.18: Αποτελέσματα πιέσεων στους κόμβους του δικτύου.



Εικόνα 5.7: Παρουσίαση των πιέσεων στους κόμβους του δικτύου, μέσω ισοϋψών καμπύλων.

Αγωγοί δικτύου

Νοέμβριος - Απρίλιος								
Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)	Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)	Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)
T1	0,26	0,67	38	0,01	0,04	77	0,44	1,11
T2	0,47	5,86	39	0,01	0,02	78	0,28	1,48
1	0,26	0,67	40	0,11	0,28	79	0,34	2,63
2	0,50	3,85	41	0,16	0,42	80	0,35	2,68
3	0,21	1,10	42	0,12	0,31	81	0,21	0,54
4	0,19	0,48	43	0,04	0,10	82	0,34	0,86
5	0,19	0,48	44	0,01	0,04	83	0,18	0,47
6	0,17	0,44	45	0,05	0,12	84	0,17	0,44
7	0,08	0,20	46	0,03	0,08	85	0,07	0,17
8	0,05	0,13	47	0,00	0,01	86	0,04	0,10
9	0,05	0,14	48	0,00	0,01	87	0,15	0,38
10	0,12	0,30	49	0,01	0,02	88	0,14	0,36
11	0,09	0,22	50	0,01	0,02	89	0,10	0,25
12	0,06	0,16	51	0,04	0,10	90	0,07	0,19
13	0,07	0,19	52	0,18	0,46	91	0,18	0,47
14	0,14	0,36	53	0,06	0,17	92	0,06	0,15
15	0,04	0,11	54	0,07	0,18	93	0,09	0,22
16	0,09	0,24	55	0,02	0,05	94	0,11	0,27
17	0,25	0,63	56	0,10	0,27	95	0,05	0,12
18	0,49	1,24	57	0,07	0,18	96	0,12	0,31
19	0,10	0,27	58	0,08	0,20	97	0,16	0,41
20	0,09	0,24	59	0,06	0,16	98	0,36	1,89
21	0,07	0,19	60	0,06	0,15	99	0,07	0,38
22	0,21	0,55	61	0,11	0,29	100	0,06	0,33
23	0,05	0,12	62	0,03	0,07	101	0,06	0,30
24	0,23	0,58	63	0,11	0,28	102	0,12	0,30
25	0,13	0,32	64	0,11	0,29	103	0,17	0,45
26	0,09	0,24	65	0,10	0,26	104	0,01	0,02
27	0,03	0,07	66	0,06	0,16	105	0,12	0,30
28	0,02	0,04	67	0,21	0,53	106	0,15	0,39
29	0,00	0,01	68	0,07	0,18	107	0,23	0,58
30	0,10	0,25	69	0,02	0,04	108	0,02	0,06
31	0,09	0,22	70	0,09	0,24	109	0,13	0,34
32	0,05	0,13	71	0,16	0,40	110	0,26	1,34
33	0,09	0,24	72	0,20	0,50	111	0,23	1,20
34	0,04	0,11	73	0,14	0,36	112	0,25	1,28
35	0,00	0,01	74	0,01	0,03	113	0,11	0,58
36	0,03	0,09	75	0,24	0,62			
37	0,04	0,11	76	0,17	0,43			

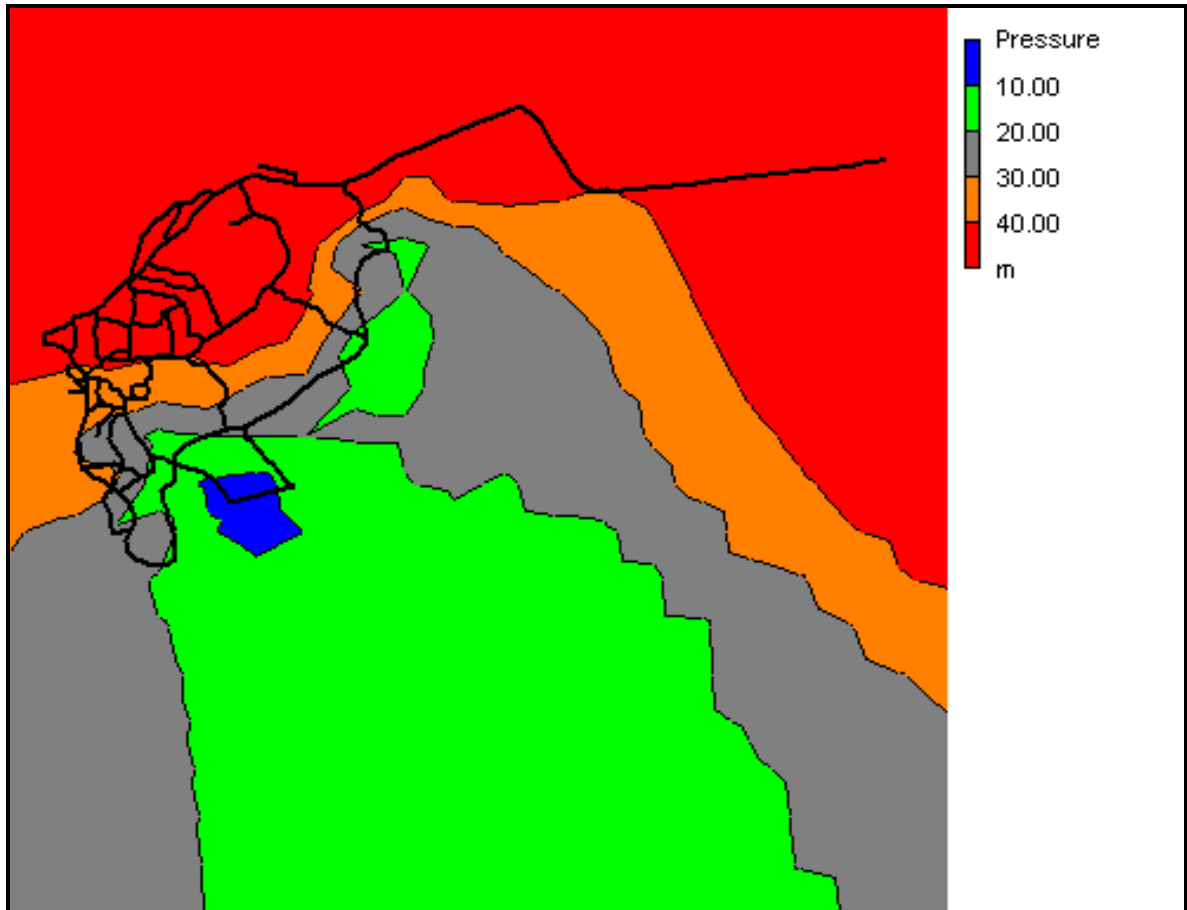
Πίνακας 5.19: Αποτελέσματα ταχυτήτων ροής του νερού και παροχών στους αγωγούς του δικτύου.

Επίλυση δικτύου για την περίοδο Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος, με ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση τα 100L :

Κόμβοι δικτύου

Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος					
Κόμβος	Πίεση (m)	Κόμβος	Πίεση (m)	Κόμβος	Πίεση (m)
1	4,79	30	44,58	59	41,35
2	19,92	31	39,19	60	42,58
3	20,31	32	44,77	61	47,26
4	13,69	33	28,28	62	37,47
5	13,91	34	43,27	63	43,61
6	18,54	35	47,25	64	47,94
7	28,79	36	51,04	65	49,80
8	21,08	37	49,94	66	49,79
9	32,48	38	30,52	67	50,19
10	33,07	39	31,92	68	48,29
11	35,65	40	36,22	69	47,26
12	32,85	41	42,62	70	47,49
13	24,56	42	43,08	71	47,29
14	19,90	43	42,77	72	49,05
15	16,19	44	43,58	73	49,18
16	21,86	45	45,66	74	50,18
17	41,60	46	47,25	75	16,77
18	36,50	47	47,95	76	38,35
19	27,11	48	48,15	77	42,34
20	27,61	49	48,35	78	45,54
21	27,71	50	49,44	79	49,84
22	22,34	51	50,21	80	50,74
23	23,64	52	49,60	81	48,90
24	24,72	53	48,20	82	50,61
25	28,42	54	47,04	83	50,61
26	43,18	55	45,76	84	50,35
27	40,58	56	47,63	85	17,06
28	34,48	57	48,73	86	47,89
29	40,18	58	41,82	87	50,30

Πίνακας 5.20: Αποτελέσματα πιέσεων στους κόμβους του δικτύου.



Εικόνα 5.8: Παρουσίαση των πιέσεων στους κόμβους του δικτύου, μέσω ισοϋψών καμπύλων.

Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος								
Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)	Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)	Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)
T1	0,34	0,86	38	0,02	0,06	77	0,56	1,42
T2	0,60	7,51	39	0,01	0,02	78	0,36	1,89
1	0,34	0,86	40	0,14	0,36	79	0,43	3,37
2	0,64	4,93	41	0,22	0,55	80	0,44	3,44
3	0,27	1,41	42	0,16	0,40	81	0,27	0,70
4	0,24	0,61	43	0,05	0,14	82	0,44	1,11
5	0,24	0,61	44	0,02	0,06	83	0,24	0,60
6	0,22	0,56	45	0,06	0,15	84	0,22	0,57
7	0,10	0,26	46	0,04	0,11	85	0,09	0,22
8	0,07	0,17	47	0,00	0,00	86	0,05	0,13
9	0,07	0,18	48	0,00	0,01	87	0,19	0,49
10	0,15	0,38	49	0,01	0,03	88	0,18	0,46
11	0,11	0,29	50	0,01	0,02	89	0,13	0,33
12	0,08	0,20	51	0,05	0,12	90	0,10	0,25
13	0,09	0,24	52	0,23	0,60	91	0,24	0,60
14	0,18	0,47	53	0,08	0,21	92	0,07	0,19
15	0,05	0,13	54	0,09	0,23	93	0,11	0,29
16	0,12	0,31	55	0,02	0,06	94	0,14	0,35
17	0,32	0,81	56	0,14	0,35	95	0,06	0,15
18	0,63	1,60	57	0,09	0,24	96	0,16	0,41
19	0,13	0,34	58	0,10	0,26	97	0,22	0,55
20	0,12	0,30	59	0,08	0,21	98	0,47	2,43
21	0,09	0,24	60	0,08	0,20	99	0,09	0,47
22	0,27	0,70	61	0,15	0,38	100	0,08	0,41
23	0,06	0,16	62	0,03	0,09	101	0,07	0,38
24	0,30	0,75	63	0,15	0,37	102	0,15	0,39
25	0,16	0,40	64	0,15	0,39	103	0,23	0,58
26	0,12	0,31	65	0,14	0,35	104	0,01	0,03
27	0,04	0,10	66	0,09	0,22	105	0,15	0,38
28	0,02	0,04	67	0,27	0,69	106	0,20	0,51
29	0,00	0,01	68	0,09	0,23	107	0,29	0,75
30	0,13	0,33	69	0,02	0,05	108	0,03	0,07
31	0,11	0,28	70	0,12	0,32	109	0,17	0,45
32	0,06	0,15	71	0,20	0,52	110	0,33	1,73
33	0,12	0,32	72	0,25	0,65	111	0,30	1,55
34	0,06	0,14	73	0,18	0,47	112	0,32	1,66
35	0,00	0,01	74	0,01	0,03	113	0,14	0,75
36	0,04	0,11	75	0,31	0,79			
37	0,06	0,14	76	0,21	0,55			

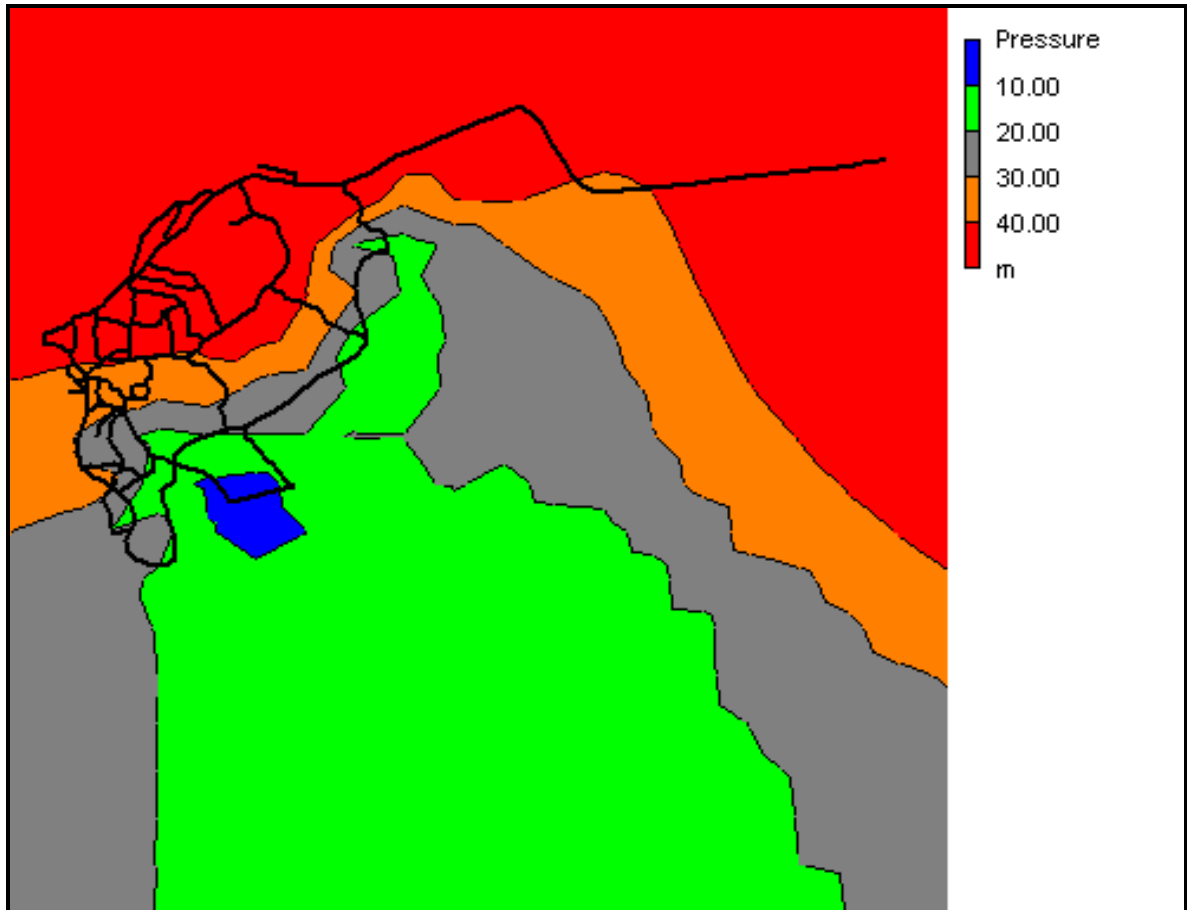
Πίνακας 5.21: Αποτελέσματα ταχυτήτων ροής του νερού και παροχών στους αγωγούς του δικτύου.

Επίλυση δικτύου για την περίοδο Ιούλιος – Αύγουστος, με ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση τα 100L :

Κόμβοι δικτύου

Ιούλιος – Αύγουστος					
Κόμβος	Πίεση (m)	Κόμβος	Πίεση (m)	Κόμβος	Πίεση (m)
1	4,59	30	43,83	59	40,78
2	19,66	31	38,45	60	41,95
3	19,98	32	44,02	61	46,56
4	13,28	33	27,53	62	36,97
5	13,44	34	42,51	63	42,88
6	17,96	35	46,47	64	47,16
7	28,10	36	50,26	65	48,99
8	20,39	37	49,16	66	48,99
9	31,78	38	29,79	67	47,48
10	32,37	39	31,19	68	46,44
11	34,94	40	35,49	69	46,62
12	32,14	41	41,89	70	46,42
13	23,87	42	42,33	71	48,16
14	19,22	43	42,02	72	48,31
15	15,58	44	42,82	73	49,36
16	21,16	45	44,90	74	49,38
17	40,85	46	46,49	75	16,02
18	35,75	47	47,18	76	37,59
19	26,38	48	47,38	77	41,58
20	26,88	49	47,57	78	44,77
21	26,98	50	48,66	79	48,94
22	21,63	51	49,41	80	49,84
23	22,92	52	48,79	81	47,98
24	24,00	53	47,39	82	49,57
25	27,69	54	46,26	83	49,57
26	42,43	55	45,00	84	49,27
27	39,83	56	46,91	85	16,12
28	33,73	57	48,01	86	46,65
29	39,43	58	41,16	87	48,88

Πίνακας 5.22: Αποτελέσματα πιέσεων στους κόμβους του δικτύου.



Εικόνα 5.9: Παρουσίαση των πιέσεων στους κόμβους του δικτύου, μέσω ισοϋψών καμπύλων.

Αγωγοί δικτύου

Ιούλιος - Αύγουστος								
Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)	Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)	Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)
T1	0,45	1,14	38	0,03	0,07	77	0,74	1,88
T2	0,78	9,88	39	0,01	0,03	78	0,48	2,49
1	0,45	1,14	40	0,19	0,48	79	0,57	4,43
2	0,84	6,50	41	0,28	0,71	80	0,58	4,52
3	0,36	1,86	42	0,20	0,52	81	0,36	0,93
4	0,32	0,81	43	0,07	0,17	82	0,57	1,46
5	0,32	0,81	44	0,03	0,07	83	0,31	0,79
6	0,29	0,74	45	0,08	0,20	84	0,30	0,75
7	0,13	0,34	46	0,05	0,14	85	0,11	0,28
8	0,09	0,22	47	0,00	0,00	86	0,06	0,16
9	0,09	0,24	48	0,00	0,01	87	0,25	0,63
10	0,20	0,51	49	0,01	0,03	88	0,24	0,61
11	0,15	0,38	50	0,01	0,03	89	0,17	0,44
12	0,10	0,26	51	0,06	0,15	90	0,13	0,33
13	0,12	0,31	52	0,31	0,79	91	0,31	0,79
14	0,24	0,62	53	0,11	0,27	92	0,10	0,25
15	0,07	0,17	54	0,12	0,31	93	0,15	0,38
16	0,16	0,40	55	0,03	0,08	94	0,18	0,45
17	0,42	1,06	56	0,18	0,46	95	0,07	0,19
18	0,82	2,10	57	0,12	0,31	96	0,21	0,54
19	0,18	0,46	58	0,13	0,34	97	0,28	0,72
20	0,15	0,39	59	0,11	0,27	98	0,61	3,18
21	0,12	0,31	60	0,10	0,25	99	0,12	0,64
22	0,36	0,92	61	0,19	0,50	100	0,11	0,56
23	0,08	0,20	62	0,05	0,12	101	0,10	0,51
24	0,39	0,98	63	0,19	0,49	102	0,20	0,50
25	0,21	0,52	64	0,20	0,51	103	0,30	0,76
26	0,16	0,41	65	0,18	0,46	104	0,02	0,04
27	0,05	0,13	66	0,11	0,28	105	0,20	0,50
28	0,02	0,05	67	0,35	0,90	106	0,26	0,66
29	0,00	0,01	68	0,12	0,30	107	0,38	0,97
30	0,17	0,44	69	0,03	0,07	108	0,04	0,09
31	0,15	0,37	70	0,16	0,42	109	0,23	0,58
32	0,08	0,21	71	0,27	0,68	110	0,43	2,26
33	0,16	0,41	72	0,34	0,86	111	0,39	2,03
34	0,08	0,19	73	0,24	0,62	112	0,42	2,17
35	0,00	0,01	74	0,02	0,05	113	0,19	0,98
36	0,06	0,15	75	0,41	1,04			
37	0,07	0,19	76	0,28	0,72			

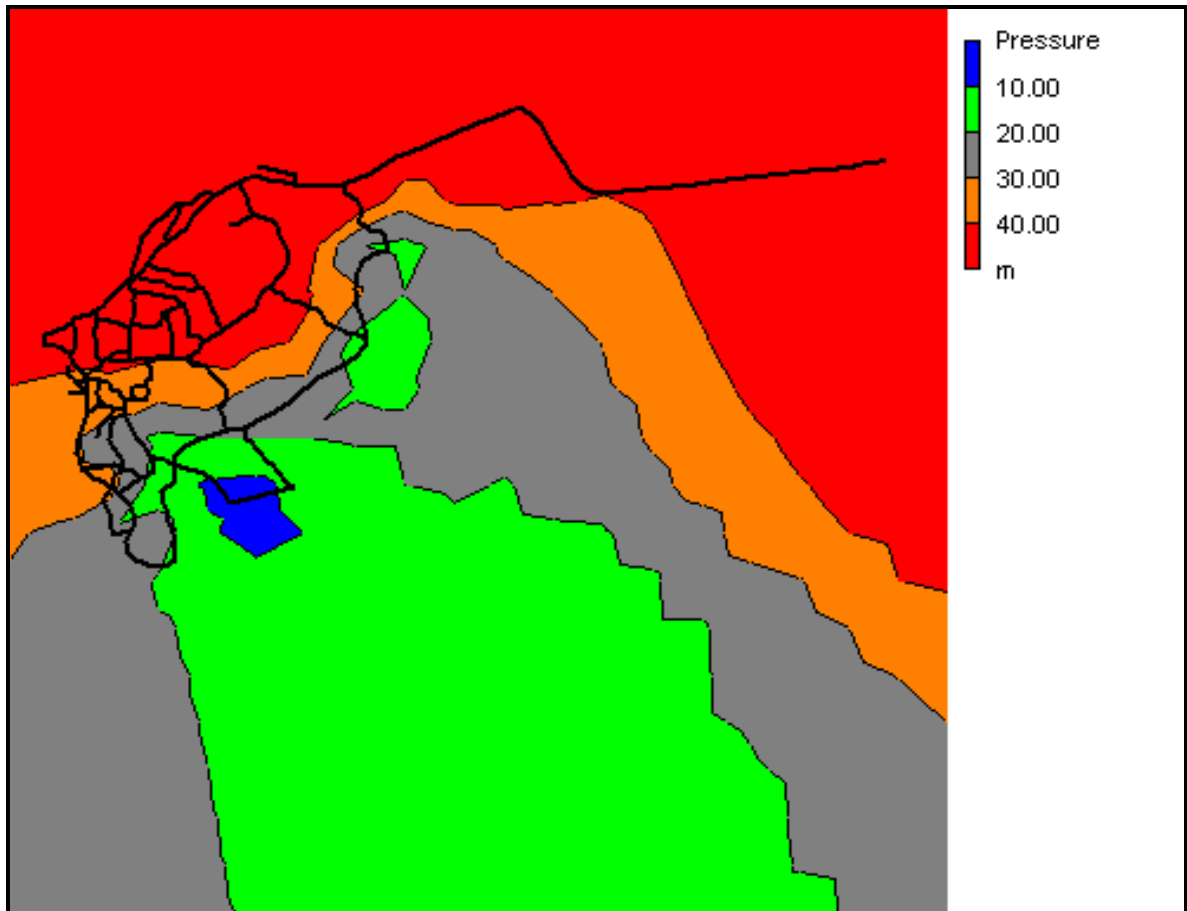
Πίνακας 5.23: Αποτελέσματα ταχυτήτων ροής του νερού και παροχών στους αγωγούς του δικτύου.

Επίλυση δικτύου για την περίοδο Νοέμβριος – Απρίλιος, με ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση τα 150L :

Κόμβοι δικτύου

Νοέμβριος – Απρίλιος					
Κόμβος	Πίεση (m)	Κόμβος	Πίεση (m)	Κόμβος	Πίεση (m)
1	4,86	30	44,83	59	41,54
2	20,00	31	39,44	60	42,78
3	20,42	32	45,02	61	47,49
4	13,82	33	28,53	62	37,63
5	14,06	34	43,52	63	43,85
6	18,73	35	47,50	64	48,20
7	29,01	36	51,30	65	50,06
8	21,30	37	50,20	66	50,06
9	32,70	38	30,75	67	50,46
10	33,29	39	32,15	68	48,56
11	35,88	40	36,45	69	47,54
12	33,08	41	42,86	70	47,78
13	24,79	42	43,33	71	47,58
14	20,12	43	43,02	72	49,35
15	16,39	44	43,82	73	49,48
16	22,09	45	45,91	74	50,45
17	41,84	46	47,51	75	17,02
18	36,74	47	48,20	76	38,61
19	27,35	48	48,40	77	42,60
20	27,85	49	48,60	78	45,80
21	27,95	50	49,69	79	50,14
22	22,57	51	50,47	80	51,04
23	23,87	52	49,86	81	49,21
24	24,96	53	48,46	82	50,97
25	28,65	54	47,30	83	50,97
26	43,43	55	46,01	84	50,72
27	40,83	56	47,86	85	17,38
28	34,73	57	48,97	86	48,32
29	40,43	58	42,04	87	50,80

Πίνακας 5.24: Αποτελέσματα πιέσεων στους κόμβους του δικτύου.



Εικόνα 5.10: Παρουσίαση των πιέσεων στους κόμβους του δικτύου, μέσω ισοϋψών καμπύλων.

Αγωγοί δικτύου

Νοέμβριος - Απρίλιος								
Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)	Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)	Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)
T1	0,29	0,75	38	0,02	0,05	77	0,49	1,25
T2	0,52	6,56	39	0,01	0,02	78	0,32	1,65
1	0,29	0,75	40	0,13	0,32	79	0,38	2,94
2	0,56	4,31	41	0,19	0,48	80	0,39	3,00
3	0,24	1,23	42	0,13	0,34	81	0,24	0,61
4	0,21	0,54	43	0,04	0,11	82	0,38	0,97
5	0,21	0,54	44	0,02	0,04	83	0,21	0,53
6	0,19	0,50	45	0,05	0,13	84	0,20	0,50
7	0,09	0,22	46	0,04	0,09	85	0,08	0,20
8	0,06	0,14	47	0,00	0,00	86	0,05	0,12
9	0,06	0,15	48	0,00	0,01	87	0,17	0,42
10	0,13	0,34	49	0,01	0,03	88	0,16	0,40
11	0,10	0,25	50	0,01	0,02	89	0,11	0,28
12	0,07	0,17	51	0,04	0,11	90	0,08	0,21
13	0,08	0,21	52	0,21	0,52	91	0,21	0,17
14	0,16	0,41	53	0,07	0,18	92	0,07	0,53
15	0,05	0,12	54	0,08	0,20	93	0,10	0,17
16	0,11	0,27	55	0,02	0,06	94	0,12	0,25
17	0,28	0,71	56	0,12	0,30	95	0,05	0,30
18	0,55	1,40	57	0,08	0,20	96	0,14	0,35
19	0,12	0,29	58	0,09	0,22	97	0,19	0,47
20	0,10	0,26	59	0,07	0,17	98	0,41	2,11
21	0,08	0,20	60	0,06	0,16	99	0,08	0,42
22	0,24	0,61	61	0,13	0,32	100	0,07	0,37
23	0,05	0,13	62	0,03	0,07	101	0,06	0,34
24	0,25	0,65	63	0,12	0,31	102	0,13	0,34
25	0,14	0,36	64	0,13	0,33	103	0,20	0,50
26	0,11	0,28	65	0,12	0,30	104	0,01	0,02
27	0,03	0,09	66	0,07	0,19	105	0,13	0,33
28	0,02	0,04	67	0,23	0,59	106	0,17	0,44
29	0,00	0,01	68	0,08	0,20	107	0,25	0,64
30	0,11	0,28	69	0,02	0,06	108	0,02	0,06
31	0,10	0,25	70	0,10	0,26	109	0,15	0,38
32	0,05	0,14	71	0,18	0,45	110	0,29	1,51
33	0,11	0,27	72	0,22	0,57	111	0,26	1,35
34	0,05	0,13	73	0,16	0,41	112	0,28	1,44
35	0,00	0,01	74	0,01	0,03	113	0,12	0,65
36	0,04	0,10	75	0,27	0,70			
37	0,05	0,13	76	0,19	0,48			

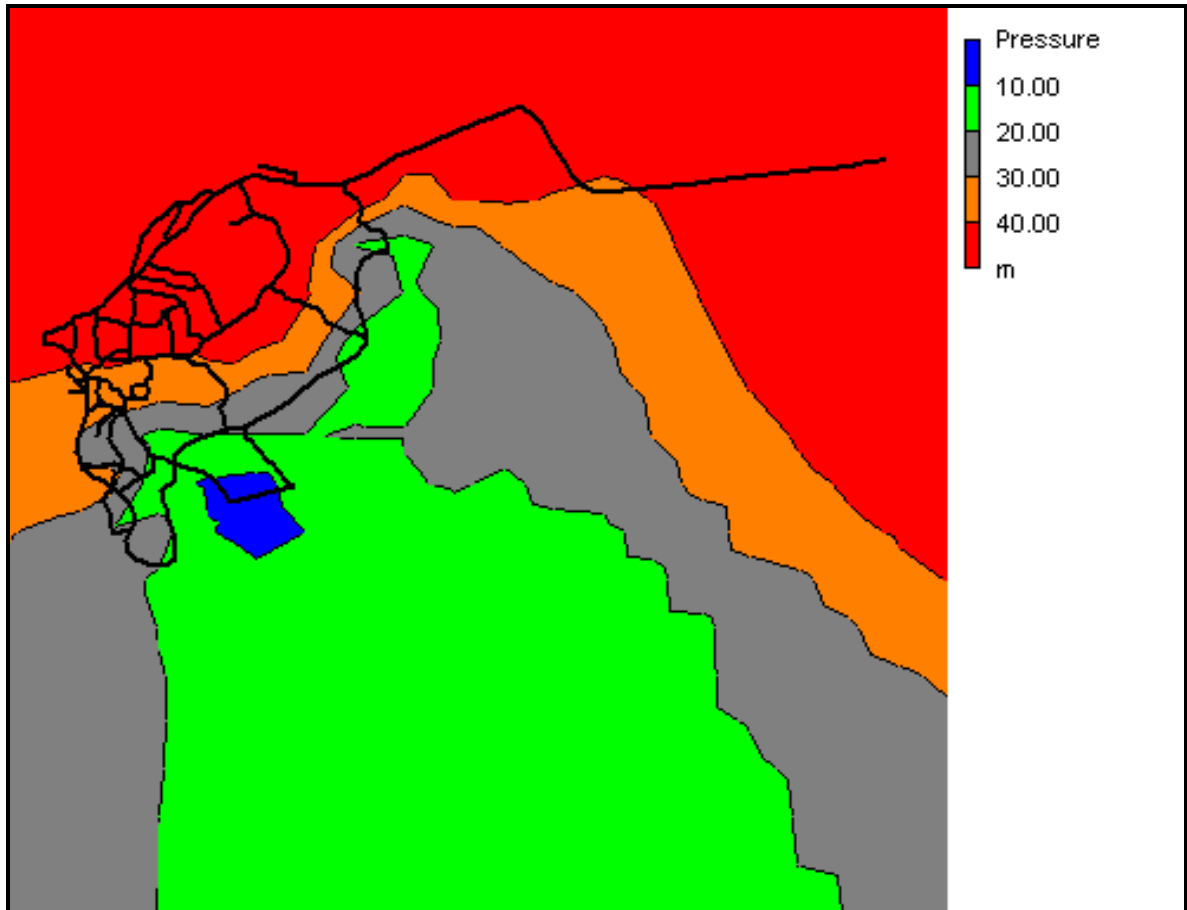
Πίνακας 5.25: Αποτελέσματα ταχυτήτων ροής του νερού και παροχών στους αγωγούς του δικτύου.

Επίλυση δικτύου για την περίοδο Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος, με ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση τα 150L :

Κόμβοι δικτύου

Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος					
Κόμβος	Πίεση (m)	Κόμβος	Πίεση (m)	Κόμβος	Πίεση (m)
1	4,66	30	44,10	59	40,99
2	19,75	31	38,72	60	42,18
3	20,10	32	44,29	61	46,81
4	13,43	33	27,80	62	37,15
5	13,61	34	42,79	63	43,14
6	18,17	35	46,75	64	47,44
7	28,35	36	50,54	65	49,28
8	20,64	37	49,44	66	49,28
9	32,03	38	30,05	67	49,67
10	32,62	39	31,45	68	47,77
11	35,19	40	35,75	69	46,74
12	32,40	41	42,16	70	46,93
13	24,12	42	42,60	71	46,73
14	19,46	43	42,29	72	48,48
15	15,80	44	43,09	73	48,62
16	21,41	45	45,18	74	49,66
17	41,12	46	46,77	75	16,29
18	36,02	47	47,46	76	37,86
19	26,64	48	47,66	77	41,85
20	27,14	49	47,85	78	45,05
21	27,24	50	48,94	79	49,26
22	21,89	51	49,70	80	50,16
23	23,18	52	49,08	81	48,31
24	24,26	53	47,69	82	49,94
25	27,95	54	46,54	83	49,94
26	42,70	55	45,28	84	49,65
27	40,10	56	47,17	85	16,45
28	34,00	57	48,27	86	47,09
29	39,70	58	41,40	87	49,38

Πίνακας 5.26: Αποτελέσματα πιέσεων στους κόμβους του δικτύου.



Εικόνα 5.11: Παρουσίαση των πιέσεων στους κόμβους του δικτύου, μέσω ισοϋψών καμπύλων.

Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος								
Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)	Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)	Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)
T1	0,41	1,05	38	0,03	0,07	77	0,68	1,73
T2	0,72	9,08	39	0,01	0,03	78	0,44	2,29
1	0,41	1,05	40	0,17	0,44	79	0,53	4,08
2	0,77	5,97	41	0,25	0,65	80	0,54	4,16
3	0,33	1,71	42	0,19	0,47	81	0,33	0,85
4	0,29	0,75	43	0,06	0,16	82	0,53	1,34
5	0,29	0,75	44	0,03	0,07	83	0,29	0,73
6	0,27	0,69	45	0,07	0,18	84	0,27	0,69
7	0,12	0,31	46	0,05	0,13	85	0,10	0,26
8	0,08	0,20	47	0,00	0,01	86	0,06	0,15
9	0,08	0,22	48	0,00	0,01	87	0,23	0,59
10	0,18	0,47	49	0,01	0,03	88	0,22	0,56
11	0,14	0,35	50	0,01	0,03	89	0,16	0,40
12	0,09	0,23	51	0,06	0,15	90	0,12	0,30
13	0,11	0,28	52	0,28	0,72	91	0,29	0,73
14	0,22	0,57	53	0,10	0,25	92	0,09	0,22
15	0,06	0,16	54	0,11	0,28	93	0,14	0,36
16	0,15	0,37	55	0,03	0,08	94	0,17	0,42
17	0,38	0,98	56	0,16	0,42	95	0,07	0,17
18	0,76	1,94	57	0,11	0,29	96	0,20	0,50
19	0,16	0,41	58	0,12	0,31	97	0,26	0,66
20	0,14	0,36	59	0,10	0,25	98	0,56	2,93
21	0,11	0,28	60	0,09	0,24	99	0,11	0,57
22	0,33	0,85	61	0,18	0,46	100	0,10	0,50
23	0,07	0,18	62	0,04	0,10	101	0,09	0,46
24	0,35	0,90	63	0,18	0,45	102	0,18	0,47
25	0,19	0,48	64	0,19	0,47	103	0,28	0,70
26	0,15	0,37	65	0,17	0,42	104	0,01	0,03
27	0,05	0,12	66	0,10	0,26	105	0,18	0,46
28	0,02	0,05	67	0,33	0,84	106	0,24	0,62
29	0,00	0,01	68	0,11	0,28	107	0,35	0,90
30	0,15	0,39	69	0,03	0,07	108	0,04	0,09
31	0,13	0,34	70	0,15	0,38	109	0,21	0,53
32	0,07	0,18	71	0,25	0,63	110	0,40	2,10
33	0,15	0,37	72	0,31	0,79	111	0,36	1,88
34	0,07	0,17	73	0,22	0,57	112	0,39	2,01
35	0,00	0,01	74	0,02	0,04	113	0,17	0,91
36	0,06	0,14	75	0,38	0,96			
37	0,07	0,17	76	0,26	0,66			

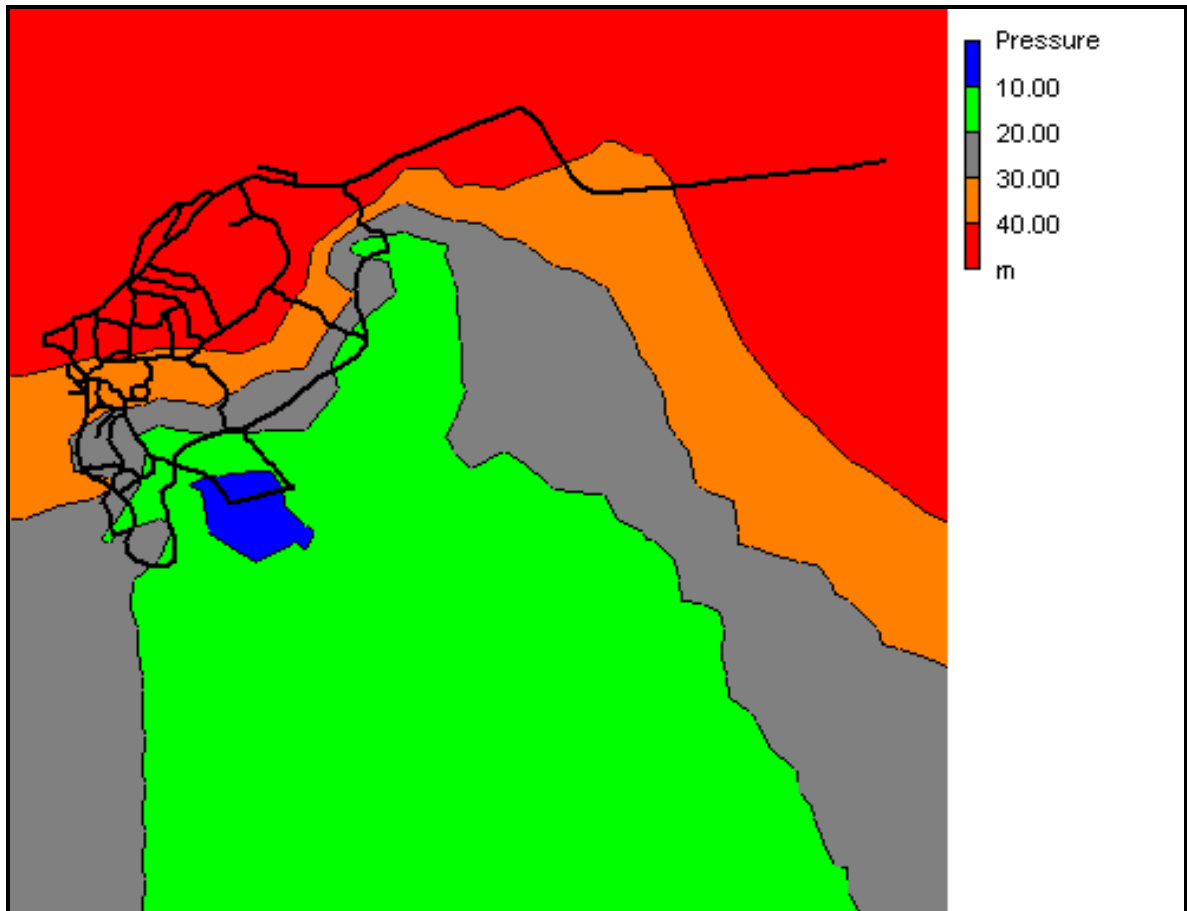
Πίνακας 5.27: Αποτελέσματα ταχυτήτων ροής του νερού και παροχών στους αγωγούς του δικτύου.

Επίλυση δικτύου για την περίοδο Ιούλιος – Αύγουστος, με ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση τα 150L :

Κόμβοι δικτύου

Ιούλιος – Αύγουστος					
Κόμβος	Πίεση (m)	Κόμβος	Πίεση (m)	Κόμβος	Πίεση (m)
1	4,29	30	42,75	59	39,96
2	19,28	31	37,38	60	41,05
3	19,51	32	42,93	61	45,55
4	12,68	33	26,45	62	36,26
5	12,77	34	41,42	63	41,82
6	17,13	35	45,36	64	46,03
7	27,12	36	49,15	65	47,83
8	19,40	37	48,04	66	47,82
9	30,79	38	28,74	67	48,21
10	31,37	39	30,14	68	46,30
11	33,92	40	34,44	69	45,25
12	31,13	41	40,85	70	45,36
13	22,86	42	41,25	71	45,16
14	18,24	43	40,93	72	46,86
15	14,69	44	41,73	73	47,04
16	20,15	45	43,80	74	48,19
17	39,79	46	45,38	75	14,92
18	34,69	47	46,08	76	36,47
19	25,32	48	46,27	77	40,46
20	25,82	49	46,46	78	43,65
21	25,92	50	47,54	79	47,63
22	20,61	51	48,26	80	48,52
23	21,90	52	47,63	81	46,63
24	22,96	53	46,24	82	48,05
25	26,64	54	45,14	83	48,04
26	41,36	55	43,90	84	47,69
27	38,75	56	45,87	85	14,73
28	32,65	57	46,97	86	44,83
29	38,35	58	40,20	87	46,80

Πίνακας 5.28: Αποτελέσματα πιέσεων στους κόμβους του δικτύου.



Εικόνα 5.12: Παρουσίαση των πιέσεων στους κόμβους του δικτύου, μέσω ισοϋψών καμπύλων.

Αγωγοί δικτύου

Ιούλιος - Αύγουστος								
Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)	Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)	Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)
T1	0,57	1,46	38	0,04	0,10	77	0,94	2,39
T2	1,00	12,59	39	0,02	0,04	78	0,61	3,18
1	0,57	1,46	40	0,24	0,61	79	0,73	5,65
2	1,07	8,27	41	0,36	0,91	80	0,74	5,76
3	0,45	2,36	42	0,26	0,66	81	0,46	1,18
4	0,41	1,04	43	0,09	0,22	82	0,73	1,86
5	0,41	1,04	44	0,03	0,09	83	0,40	1,01
6	0,38	0,96	45	0,10	0,25	84	0,37	0,95
7	0,17	0,43	46	0,07	0,18	85	0,14	0,35
8	0,11	0,28	47	0,00	0,01	86	0,07	0,19
9	0,12	0,31	48	0,00	0,01	87	0,32	0,81
10	0,26	0,65	49	0,01	0,04	88	0,31	0,79
11	0,19	0,49	50	0,02	0,04	89	0,22	0,55
12	0,13	0,32	51	0,07	0,19	90	0,17	0,42
13	0,15	0,39	52	0,40	1,01	91	0,40	1,01
14	0,31	0,79	53	0,14	0,35	92	0,12	0,31
15	0,09	0,23	54	0,15	0,39	93	0,19	0,49
16	0,20	0,51	55	0,04	0,11	94	0,23	0,58
17	0,53	1,35	56	0,23	0,59	95	0,09	0,24
18	1,05	2,68	57	0,16	0,40	96	0,27	0,69
19	0,23	0,58	58	0,17	0,44	97	0,36	0,91
20	0,20	0,51	59	0,14	0,35	98	0,78	4,06
21	0,16	0,40	60	0,13	0,33	99	0,16	0,81
22	0,46	1,17	61	0,25	0,63	100	0,14	0,71
23	0,10	0,26	62	0,06	0,15	101	0,12	0,65
24	0,49	1,26	63	0,24	0,62	102	0,25	0,65
25	0,26	0,67	64	0,26	0,66	103	0,38	0,98
26	0,20	0,52	65	0,23	0,59	104	0,02	0,05
27	0,06	0,16	66	0,14	0,35	105	0,25	0,64
28	0,03	0,07	67	0,45	1,16	106	0,34	0,86
29	0,00	0,01	68	0,15	0,38	107	0,49	1,25
30	0,22	0,56	69	0,04	0,09	108	0,05	0,12
31	0,18	0,47	70	0,21	0,53	109	0,29	0,74
32	0,10	0,26	71	0,34	0,87	110	0,55	2,89
33	0,20	0,52	72	0,43	1,10	111	0,50	2,59
34	0,09	0,24	73	0,31	0,79	112	0,53	2,77
35	0,00	0,01	74	0,02	0,06	113	0,24	1,25
36	0,08	0,20	75	0,52	1,32			
37	0,09	0,24	76	0,36	0,92			

Πίνακας 5.29: Αποτελέσματα ταχυτήτων ροής του νερού και παροχών στους αγωγούς του δικτύου.

5.4.4 ΕΠΙΛΥΣΗ ΧΡΟΝΙΚΑ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Με την επίλυση χρονικά μεταβαλλόμενης κατάστασης, το δίκτυο επιλύεται σε διακριτά χρονικά βήματα, θεωρώντας χρονικά μεταβαλλόμενη την κατανάλωση στους κόμβους του δικτύου. Είναι λογικό η κατανάλωση στους κόμβους του δικτύου να μην παραμένει σταθερή από ώρα σε ώρα. Η μεταβολή αυτή της παροχής κατανάλωσης μπορεί να οφείλεται σε μία σειρά παραγόντων, όπως ενδεικτικά αναφέρονται οι καθημερινές συνήθειες των κατοίκων της περιοχής, το ποσοστό της οικιακής κατανάλωσης, η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας, κ.α.

Για να ολοκληρωθεί λοιπόν η ανάλυση του δικτύου ύδρευσης του οικισμού του Μανδρακίου, θεωρήθηκε απαραίτητη η εξέταση της συμπεριφοράς του δικτύου κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου. Για την πραγματοποίηση μιας τέτοιας ανάλυσης ορίστηκε ένα πρότυπο (pattern) σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, το οποίο να προσεγγίζει όσο το δυνατόν καλύτερα τη διακύμανση της κατανάλωσης κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου. Επίσης το δίκτυο επιλύθηκε λαμβάνοντας ως χρονικό βήμα την τυπική τιμή της μίας ώρας (1h).

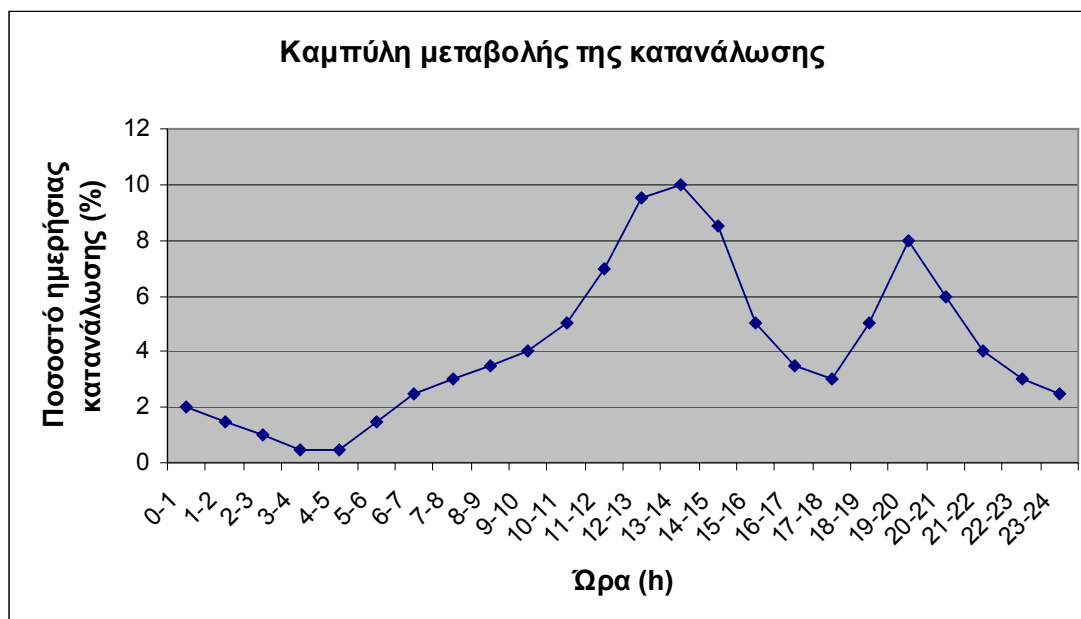
Για την επίλυση, χρονικά μεταβαλλόμενης κατάστασης, του δικτύου χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικά πρότυπα. Το πρώτο χρησιμοποιήθηκε για τη χειμερινή περίοδο αλλά και για την περίοδο του Μαΐου – Ιουνίου & Σεπτεμβρίου – Οκτωβρίου, κατά τις οποίες το τουριστικό ρεύμα δεν είναι ιδιαίτερα αυξημένο, με αποτέλεσμα η διακύμανση της κατανάλωσης κατά τη διάρκεια ενός τυπικού 24ώρου, τις χρονικές αυτές περιόδους, να οφείλεται κυρίως στις καθημερινές συνήθειες των κατοίκων του οικισμού. Σε αντίθεση κατά την καλοκαιρινή περίοδο και πιο συγκεκριμένα κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, το τουριστικό ρεύμα είναι αρκετά εντονότερο, με αποτέλεσμα η διακύμανση της κατανάλωσης κατά τη διάρκεια ενός τυπικού 24ώρου να μην οφείλεται αποκλειστικά στις καθημερινές συνήθειες των κατοίκων της περιοχής αλλά και στις συνήθειες του συνόλου των επισκεπτών που βρίσκονται στον οικισμό του Μανδρακίου την τυπική αυτή ημέρα.

Το πρώτο πρότυπο που χρησιμοποιήθηκε περιγράφει τη μεταβολή της ωριαίας κατανάλωσης κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου μιας εργάσιμης μέρας, σε μία μικρή πόλη. Θεωρήθηκε ότι το πρότυπο αυτό προσεγγίζει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τον οικισμό του Μανδρακίου, ο οποίος αποτελεί έναν σχετικά μικρό οικισμό των 900 κατοίκων. Η μεταβολή της ωριαίας κατανάλωσης σύμφωνα με το πρότυπο που επελέγη παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα.

Ωρα	Ποσοστό % ημερήσιας κατανάλωσης
0-1	2,0
1-2	1,5
2-3	1,0
3-4	0,5
4-5	0,5
5-6	1,5
6-7	2,5
7-8	3,0
8-9	3,5
9-10	4,0
10-11	5,0
11-12	7,0
12-13	9,5
13-14	10,0
14-15	8,5
15-16	5,0
16-17	3,5
17-18	3,0
18-19	5,0
19-20	8,0
20-21	6,0
21-22	4,0
22-23	3,0
23-24	2,5
	100,00

Πίνακας 5.30: Πρότυπο ωριαίας διακύμανσης της κατανάλωσης.

Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό, η μεγαλύτερη κατανάλωση παρατηρείται μεταξύ 13:00 και 14:00 το μεσημέρι. Γενικά παρατηρείται αυξημένη κατανάλωση κατά τις μεσημεριανές ώρες ενώ μια δεύτερη αιχμή παρατηρείται μεταξύ 19:00 και 21:00 το βράδυ. Η προσέγγιση αυτή θεωρήθηκε ότι πλησιάζει τις καθημερινές συνήθειες των κατοίκων του οικισμού του Μανδρακίου. Κατά τις μεσημεριανές ώρες όπου οι κάτοικοι επιστρέφουν στα σπίτια τους, παρατηρείται αύξηση της οικιακής κατανάλωσης και συνεπώς μεγαλύτερες καταναλώσεις τις ώρες αυτές. Επίσης κατά τις βραδινές ώρες δικαιολογείται η κατάσταση αιχμής, μιας και η πλειοψηφία των κατοίκων βρίσκονται στα σπίτια τους. Το πρότυπο αυτό μπορεί να αποδοθεί και μέσω μιας καμπύλης, η οποία είναι γνωστή ως καμπύλη ημερήσιας διακύμανσης της κατανάλωσης, όπως φαίνεται και στο επόμενο γράφημα.



Διάγραμμα 5.1: Καμπύλη μεταβολής της κατανάλωσης.

Για την επίλυση λοιπόν του δικτύου μέσω του λογισμικού προγράμματος EPANET θα πρέπει αρχικά να οριστούν οι παρακάτω παράμετροι:

- Η συνολική διάρκεια επίλυσης του δικτύου (total duration). Επελέγη να γίνει επίλυση του δικτύου για τη διάρκεια ενός 24ώρου.
- Το χρονικό βήμα, σύμφωνα με το οποίο θα πραγματοποιηθεί η επίλυση του δικτύου. Ως χρονικό βήμα επελέγη αυτό της μίας ώρας (1h).
- Οι πολλαπλασιαστές της ζήτησης, σύμφωνα με τους οποίους το πρόγραμμα θα υπολογίσει την κατανάλωση στους κόμβους, ανά μία ώρα.

Οι πολλαπλασιαστές της ζήτησης υπολογίζονται από το πρότυπο που έχει επιλεγεί. Γενικά οι πολλαπλασιαστές αυτοί προκύπτουν από το λόγο της ωριαίας κατανάλωσης προς μία κατανάλωση «βάσης» την οποία επιλέγει ο χρήστης του προγράμματος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση επελέγη η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση. Στο πρότυπο που χρησιμοποιήθηκε η μέγιστη κατανάλωση του 24ώρου, προκύπτει μεταξύ 13:00 και 14:00 το μεσημέρι και ισούται με το 10 % της ημερήσιας κατανάλωσης. Συνεπώς για το χρονικό αυτό διάστημα, ο πολλαπλασιαστής της ζήτησης θα ισούται με 1,00. Με τον ίδιο τρόπο προκύπτουν και οι υπόλοιποι πολλαπλασιαστές της ζήτησης, οι οποίοι θα εισαχθούν στο πρόγραμμα και πολλαπλασιαζόμενοι με τις καταναλώσεις στους κόμβους, που αποτελούν μέγιστες καταναλώσεις και θεωρούνται σταθερές, θα υπολογίσουν την κατανάλωση των κόμβων του δικτύου, για κάθε διάστημα μιας ώρας, για ένα 24ώρο. Οι πολλαπλασιαστές που εισήχθησαν στο πρόγραμμα, παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα.

Ωρα	Ποσοστό % ημερήσιας κατανάλωσης	Πολλαπλασιαστές της ζήτησης
0-1	2	0,20
1-2	1,5	0,15
2-3	1	0,10
3-4	0,5	0,05
4-5	0,5	0,05
5-6	1,5	0,15
6-7	2,5	0,25
7-8	3	0,30
8-9	3,5	0,35
9-10	4	0,40
10-11	5	0,50
11-12	7	0,70
12-13	9,5	0,95
13-14	10	1,00
14-15	8,5	0,85
15-16	5	0,50
16-17	3,5	0,35
17-18	3	0,30
18-19	5	0,50
19-20	8	0,80
20-21	6	0,60
21-22	4	0,40
22-23	3	0,30
23-24	2,5	0,25

Πίνακας 5.31: Πολλαπλασιαστές της ζήτησης.

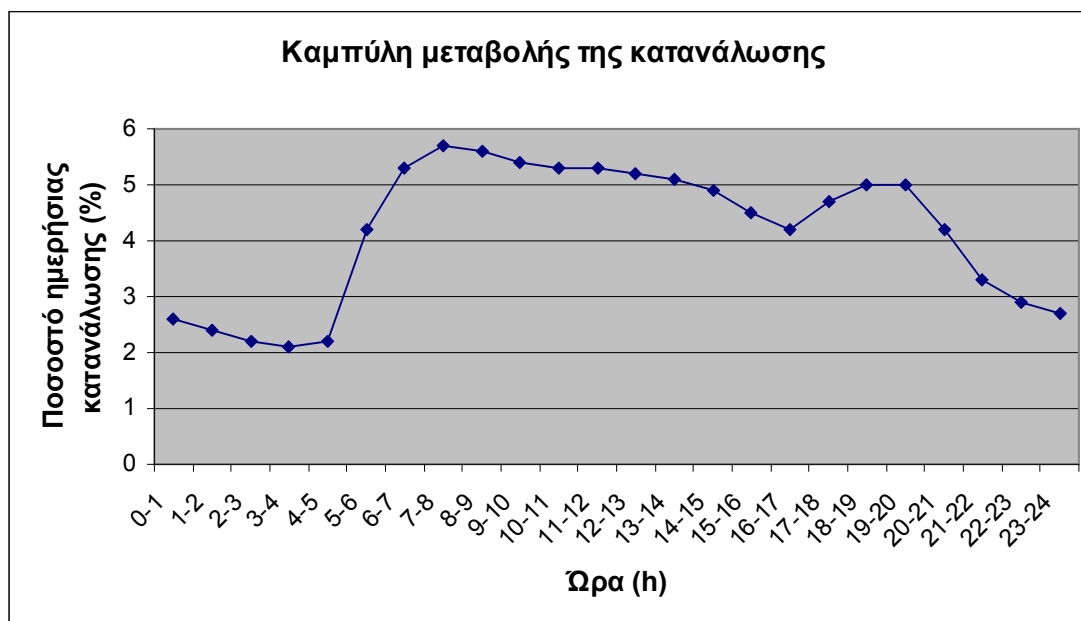
Για τη δεύτερη χρονική περίοδο, δηλαδή αυτή του Ιουλίου – Αυγούστου, επελέγη ένα πρότυπο το οποίο περιγράφει τη μεταβολή της ωριαίας κατανάλωσης κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου, μιας μεγάλης πόλης. Θεωρήθηκε ότι το πρότυπο αυτό προσεγγίζει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, μια τυπική μέρα του καλοκαιριού στο Μανδράκι. Το πρότυπο αυτό παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα.

Ωρα	Ποσοστό % ημερήσιας κατανάλωσης
0-1	2,6
1-2	2,4
2-3	2,2
3-4	2,1
4-5	2,2
5-6	4,2
6-7	5,3
7-8	5,7
8-9	5,6
9-10	5,4
10-11	5,3
11-12	5,3
12-13	5,2

13-14	5,1
14-15	4,9
15-16	4,5
16-17	4,2
17-18	4,7
18-19	5,0
19-20	5,0
20-21	4,2
21-22	3,3
22-23	2,9
23-24	2,7
	100,0

Πίνακας 5.32: Πρότυπο ωριαίας διακύμανσης της κατανάλωσης.

Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό δεν υπάρχει συγκεκριμένη μέγιστη κατανάλωση, αλλά μια περιοχή υψηλής κατανάλωσης από τις 7:00 το πρωί έως τις 19:00 το βράδυ. Το πρότυπο αυτό πλησιάζει καλύτερα τον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλεται η κατανάλωση κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου στο Μανδράκι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, μιας και όντως λόγω του έντονου τουριστικού ρεύματος που παρατηρείται δεν υπάρχουν συγκεκριμένες ώρες αιχμής της κατανάλωσης. Οι λόγοι που οδηγούν στο συμπέρασμα αυτό είναι ότι κατά τους μήνες αυτούς τα εστιατόρια, η καφετέριες και γενικά τα μαγαζιά λειτουργούν από νωρίς το πρωί έως αργά το βράδυ καταναλώνοντας συνέχεια νερό, γεγονός που το χειμώνα δεν ισχύει μιας και πολλά μαγαζιά όπως στα περισσότερα νησιά παραμένουν κλειστά. Επίσης υπάρχει μια συνεχόμενη κατανάλωση νερού και από τα ξενοδοχεία και τα ενοικιαζόμενα δωμάτια, στα οποία διαμένουν οι επισκέπτες του νησιού. Συνεπώς η κατανάλωση διακυμαίνεται στα ίδια περίπου επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας, και ελαττώνεται μόνο κατά τις βραδινές και πρώτες πρωινές ώρες. Παρακάτω παρουσιάζεται και το αντίστοιχη καμπύλη της ημερήσιας διακύμανσης της κατανάλωσης.



Διάγραμμα 5.2: Καμπύλη μεταβολής της κατανάλωσης.

Όσον αφορά τις παραμέτρους που ορίζονται για να επιλυθεί το δίκτυο, είναι οι ίδιοι που ορίστηκαν και στην προηγούμενη περίπτωση. Επίσης οι πολλαπλασιαστές της ζήτησης, υπολογίζονται με τον ίδιο τρόπο που αναλύθηκε προηγουμένως. Συνεπώς οι πολλαπλασιαστές της ζήτησης που εισήχθησαν στο EPANET είναι οι εξής.

Ωρα	Ποσοστό % ημερήσιας κατανάλωσης	Πολλαπλασιαστές της ζήτησης
0-1	2,6	0,46
1-2	2,4	0,42
2-3	2,2	0,39
3-4	2,1	0,37
4-5	2,2	0,39
5-6	4,2	0,74
6-7	5,3	0,93
7-8	5,7	1,00
8-9	5,6	0,98
9-10	5,4	0,95
10-11	5,3	0,93
11-12	5,3	0,93
12-13	5,2	0,91
13-14	5,1	0,89
14-15	4,9	0,86
15-16	4,5	0,79
16-17	4,2	0,74
17-18	4,7	0,82
18-19	5	0,88
19-20	5	0,88
20-21	4,2	0,74
21-22	3,3	0,58
22-23	2,9	0,51
23-24	2,7	0,47
	100	

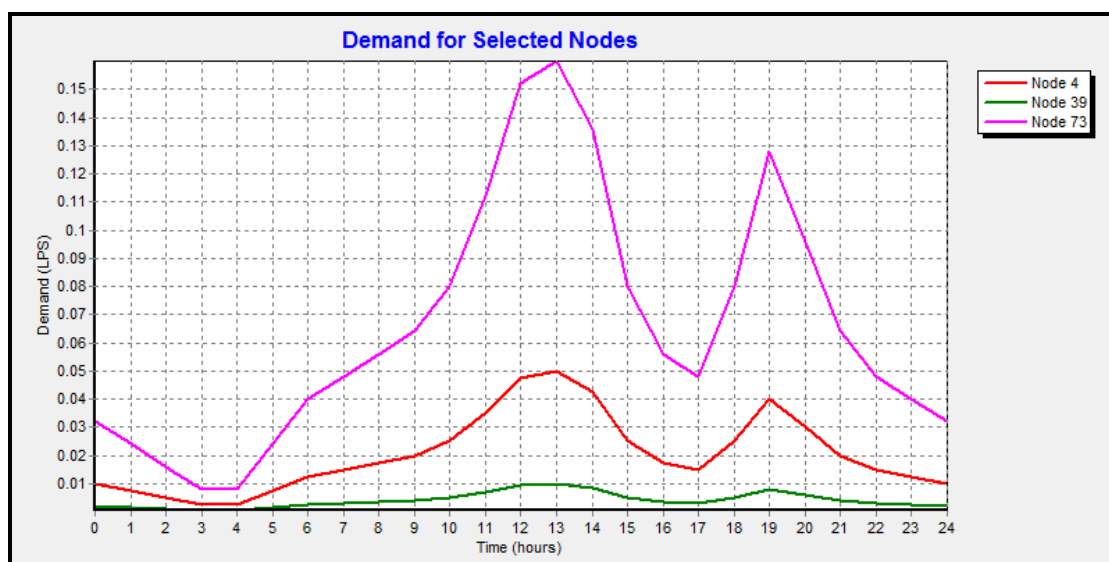
Πίνακας 5.33: Πολλαπλασιαστές της ζήτησης.

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων θα γίνει μέσω γραφημάτων. Εξαιτίας του μεγάλου όγκου των αποτελεσμάτων παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα τριών κόμβων του δικτύου. Οι κόμβοι αυτοί είναι: ο 4 με υψόμετρο 39,7m, ο 39 με υψόμετρο 21m και ο 73 με υψόμετρο 3,5m. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται είναι τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την επίλυση του δικτύου με μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση τα 100L.

Παρουσίαση των αποτελεσμάτων

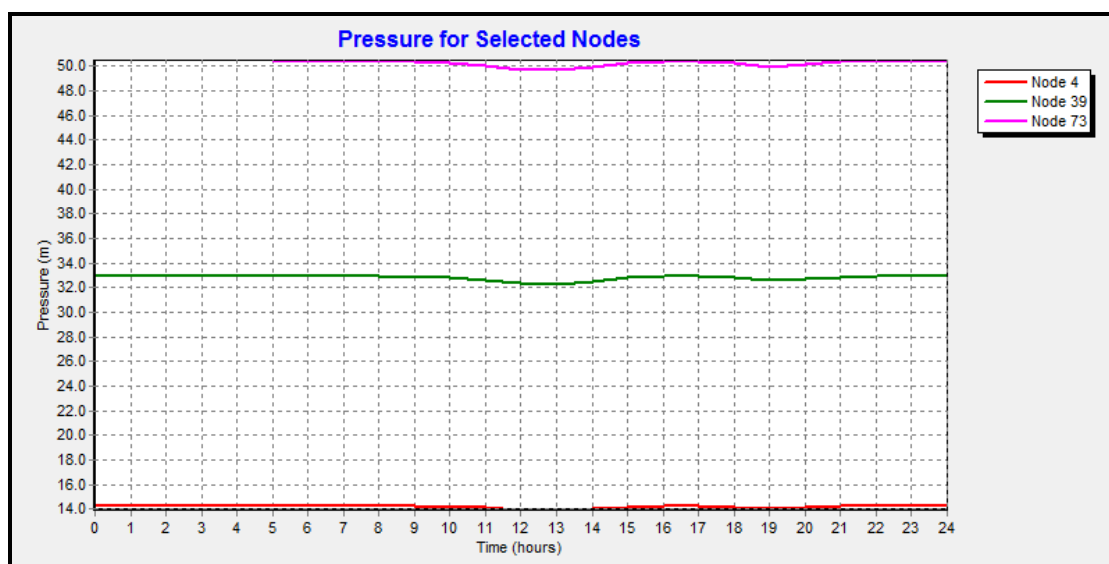
Διακύμανση της κατανάλωσης και της πίεσης κατά τη διάρκεια ενός τυπικού 24ώρου, την περίοδο Νοέμβριος – Απρίλιος, με ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση τα 100L :

Διακύμανση της κατανάλωσης



Διάγραμμα 5.3: Διακύμανση της κατανάλωσης τριών ενδεικτικών κόμβων (4, 39, 73) του δικτύου.

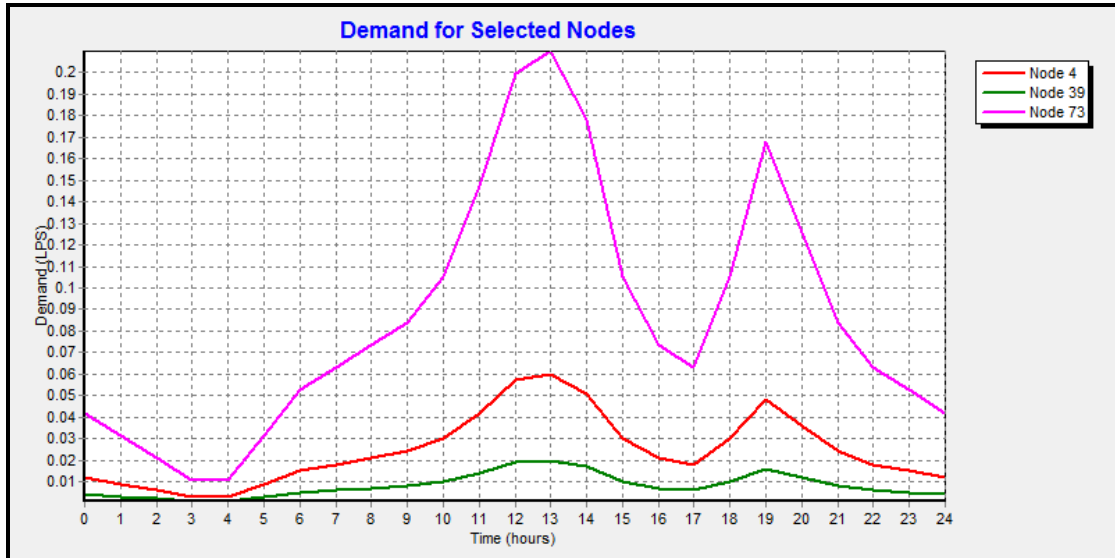
Διακύμανση της πίεσης



Διάγραμμα 5.4: Διακύμανση της πίεσης τριών ενδεικτικών κόμβων (4, 39, 73) του δικτύου.

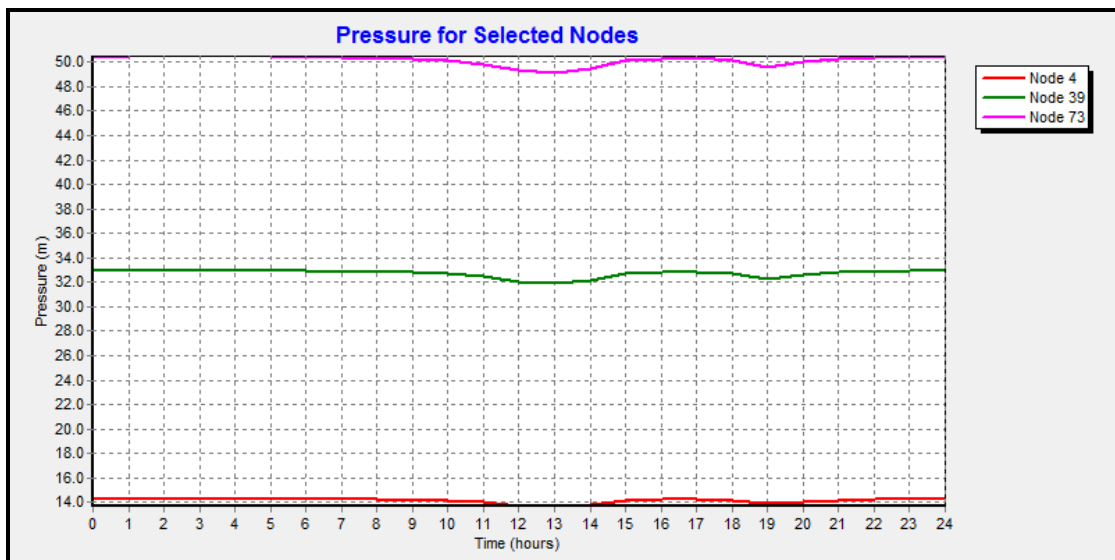
Διακύμανση της κατανάλωσης και της πίεσης κατά τη διάρκεια ενός τυπικού 24ώρου, την περίοδο Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος - Οκτώβριος, με ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση τα 100L :

Διακύμανση της κατανάλωσης



Διάγραμμα 5.5: Διακύμανση της κατανάλωσης τριών ενδεικτικών κόμβων (4, 39, 73) του δικτύου.

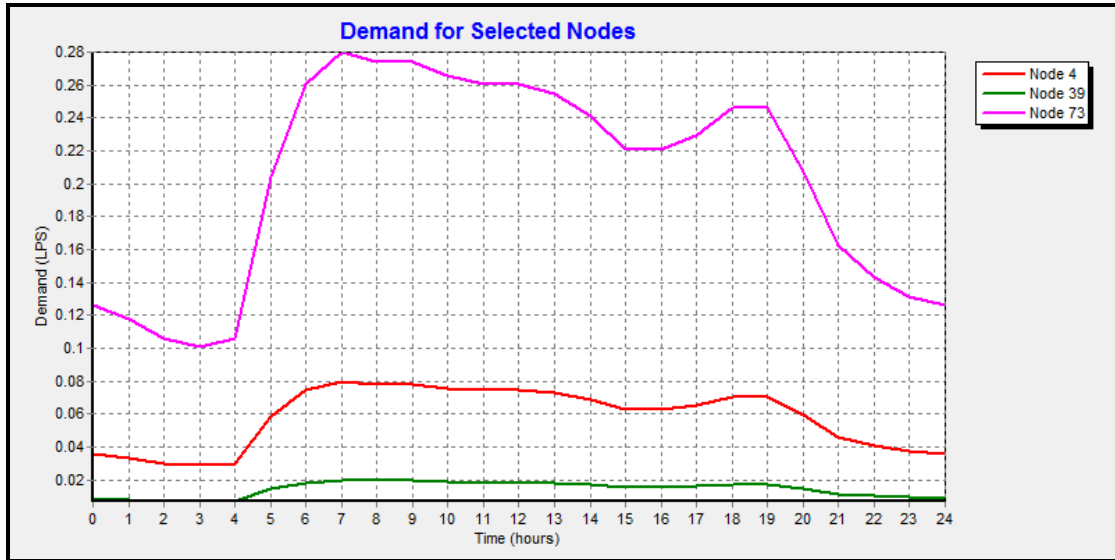
Διακύμανση της πίεσης



Διάγραμμα 5.6: Διακύμανση της πίεσης τριών ενδεικτικών κόμβων (4, 39, 73) του δικτύου.

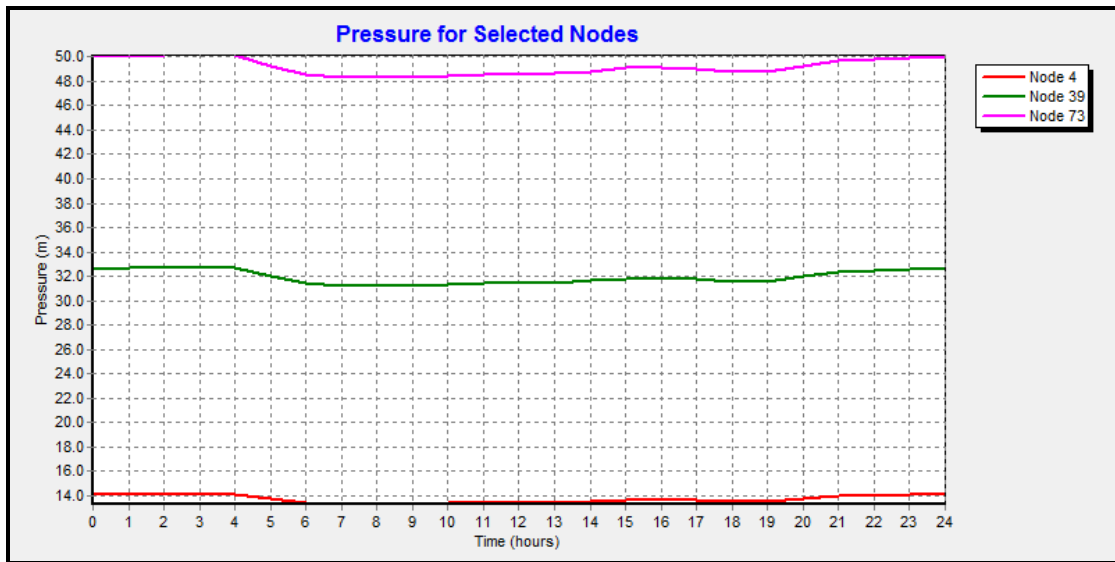
Διακύμανση της κατανάλωσης και της πίεσης κατά τη διάρκεια ενός τυπικού 24ώρου, την περίοδο Ιούλιος - Αύγουστος, με ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση τα 100L :

Διακύμανση της κατανάλωσης



Διάγραμμα 5.7: Διακύμανση της κατανάλωσης τριών ενδεικτικών κόμβων (4, 39, 73) του δικτύου.

Διακύμανση της πίεσης



Διάγραμμα 5.8: Διακύμανση της πίεσης τριών ενδεικτικών κόμβων (4, 39, 73) του δικτύου.

5.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Στη συγκεκριμένη εφαρμογή το δίκτυο του οικισμού Μανδρακίου επιλύθηκε για δύο περιπτώσεις μέσης ανά κάτοικο ημερήσιας κατανάλωσης. Στην πρώτη περίπτωση επιλύθηκε, λαμβάνοντας μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση τα 100L, ενώ στη δεύτερη λαμβάνοντας τα 150L. Για κάθε περίπτωση, πραγματοποιήθηκαν τρεις επιλύσεις ανάλογα με τη χρονική περίοδο. Η πρώτη επίλυση έγινε για τη χειμερινή περίοδο Νοέμβριος – Απρίλιος, η δεύτερη για τη χρονική περίοδο Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος και η τρίτη και τελευταία επίλυση για την περίοδο του Ιουλίου – Αυγούστου.

Ελέγχοντας τα αποτελέσματα για τις καταναλώσεις και τις πιέσεις στους κόμβους του δικτύου, αλλά και για τις παροχές και τις ταχύτητες ροής στους αγωγούς του δικτύου, προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

1^η περίπτωση (100 L/ κάτοικο / ημέρα)

Νοέμβριος – Απρίλιος

Ελάχιστη πίεση κόμβων: 4,91m (κόμβος 1).
Μέγιστη πίεση κόμβων: 51,47m (κόμβος 36).
Κατανάλωση κόμβων: 0,00 – 0,70 L/s.

Ταχύτητα ροής στους αγωγούς: 0,00 – 0,50 m/s.
Παροχή στους αγωγούς: 0,01 – 5,86 L/s.

Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος

Ελάχιστη πίεση κόμβων: 4,79m (κόμβος 1).
Μέγιστη πίεση κόμβων: 51,04m (κόμβος 36).
Κατανάλωση κόμβων: 0,00 – 0,91 L/s.

Ταχύτητα ροής στους αγωγούς: 0,00 – 0,64 m/s.
Παροχή στους αγωγούς: 0,01 – 7,51 L/s.

Ιούλιος – Αύγουστος

Ελάχιστη πίεση κόμβων: 4,59m (κόμβος 1).
Μέγιστη πίεση κόμβων: 50,26m (κόμβος 36).
Κατανάλωση κόμβων: 0,00 – 0,91 L/s.

Ταχύτητα ροής στους αγωγούς: 0,00 – 0,84 m/s.
Παροχή στους αγωγούς: 0,01 – 9,88 L/s.

2η περίπτωση (150 L/ κάτοικο / ημέρα)

Νοέμβριος – Απρίλιος

Ελάχιστη πίεση κόμβων: 4,86m (κόμβος 1).
Μέγιστη πίεση κόμβων: 51,30m (κόμβος 36).
Κατανάλωση κόμβων: 0,00 – 0,79 L/s.

Ταχύτητα ροής στους αγωγούς: 0,00 – 0,56 m/s.
Παροχή στους αγωγούς: 0,01 – 6,56 L/s.

Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος

Ελάχιστη πίεση κόμβων: 4,66m (κόμβος 1).
Μέγιστη πίεση κόμβων: 50,54m (κόμβος 36).
Κατανάλωση κόμβων: 0,00 – 1,10 L/s.

Ταχύτητα ροής στους αγωγούς: 0,00 – 0,77 m/s.
Παροχή στους αγωγούς: 0,01 – 9,08 L/s.

Ιούλιος – Αύγουστος

Ελάχιστη πίεση κόμβων: 4,29m (κόμβος 1).
Μέγιστη πίεση κόμβων: 49,15m (κόμβος 36).
Κατανάλωση κόμβων: 0,00 – 1,52 L/s.

Ταχύτητα ροής στους αγωγούς: 0,00 – 1,07 m/s.
Παροχή στους αγωγούς: 0,01 – 12,59 L/s.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει ότι εξασφαλίζεται η απαιτούμενη παροχή σε κάθε σημείο του δικτύου, όχι όμως πάντα με ικανοποιητική ταχύτητα. Παρατηρήθηκε ότι σε πολλούς αγωγούς του δικτύου, οι ταχύτητες ροής δεν κυμαίνονται εντός των αποδεκτών ορίων (0,5 – 1,5 m/s) αλλά αντιθέτως κυμαίνονται σε πολύ μικρότερα όρια. Υπάρχουν επίσης, κάποιοι αγωγοί οι οποίοι παρουσιάζουν μηδενικές ταχύτητες. Οι αγωγοί αυτοί είναι κυρίως αγωγοί που καταλήγουν σε τυφλό κόμβο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων αγωγών, με μηδενικές ταχύτητες, είναι οι αγωγοί 29, 35, 47 και 48.

Όσον αφορά τα ύψη πίεσης στους κόμβους του δικτύου, απαιτείται η ύπαρξη ελάχιστης πίεσης. Στον οικισμό του Μανδρακίου, συναντώνται κυρίως διάφορα κτήρια και επομένως από τη βιβλιογραφία, απαιτείται για κάθε κόμβο του δικτύου, ελάχιστο ύψος πίεσης ίσο με 16 – 17m. Το όριο αυτό καλύπτεται για το σύνολο των κόμβων του δικτύου. Οι μόνες περιπτώσεις στις οποίες δεν εξασφαλίζεται η παραπάνω απαίτηση, σε όλες τις επιλύσεις που έγιναν, είναι οι περιπτώσεις των κόμβων 1, 4 και 5. Επίσης και ο κόμβος 15 σε κάποιες επιλύσεις δεν ικανοποιεί το ελάχιστο όριο ύψους πίεσης. Οι επιλύσεις αυτές είναι: η επίλυση του δικτύου για την περίοδο του Ιουλίου – Αυγούστου και για μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση τα 100 L/s και οι επιλύσεις του δικτύου με μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση

τα 150 L/s, για τις περιόδους Μάιο – Ιούνιο & Σεπτέμβριο Οκτώβριο και αυτή του Ιουλίου – Αυγούστου. Τέλος κατά την επίλυση του δικτύου για την περίοδο του Ιουλίου Αυγούστου και για μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση τα 150 L/s, παρατηρήθηκε ότι και οι κόμβοι 75 και 85, παρουσιάζουν μικρότερο ύψος πίεσης από το επιτρεπτό.

Σε γενικές γραμμές, η πλειοψηφία των κόμβων του δικτύου εξασφαλίζει το όριο των ελάχιστων πιέσεων. Σε ελάχιστες περιπτώσεις, που αναφέρθηκαν παραπάνω υπάρχει πρόβλημα. Στους κόμβους αυτούς, με εξαίρεση τον κόμβο 1, το ύψος πίεσης δεν είναι πολύ χαμηλότερο από το ελάχιστο όριο (1 – 2m). Οι τρόποι με τους οποίους θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό είναι είτε με αντικατάσταση των κρίσιμων κλάδων ανάντη, από αγωγούς μεγαλύτερης διαμέτρου, είτε με τοποθέτηση αντλιών.

Σε ένα δίκτυο όμως θα πρέπει να υπάρχει και περιορισμός των μέγιστων πιέσεων με σκοπό την προστασία των εξαρτημάτων του δικτύου, των υδραυλικών εγκαταστάσεων των κτιρίων και των οικιακών συσκευών. Η στατική διαφορά πίεσης (ακίνητο νερό) μεταξύ της δεξαμενής (ανώτατη στάθμη λειτουργίας) και του χαμηλότερου σημείου δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 60m. Για τον έλεγχο της στατικής πίεσης στο δίκτυο του οικισμού Μανδρακίου, ελέγχονται τα ύψη πίεσης στους κόμβους του, στις 3:00 τα ξημεράματα, όταν οι καταναλώσεις είναι μηδενικές και συνεπώς το νερό παραμένει ακίνητο.

Κόμβος	Στατική Πίεση (m)	Κόμβος	Στατική Πίεση (m)	Κόμβος	Στατική Πίεση (m)
1	5,10	30	45,70	59	42,20
2	20,30	31	40,30	60	43,50
3	20,80	32	45,90	61	48,30
4	14,30	33	29,40	62	38,20
5	14,60	34	44,40	63	44,70
6	19,40	35	48,40	64	49,10
7	29,80	36	52,20	65	51,00
8	22,10	37	51,10	66	51,00
9	33,50	38	31,60	67	51,40
10	34,10	39	33,00	68	49,50
11	36,70	40	37,30	69	48,50
12	33,90	41	43,70	70	48,80
13	25,60	42	44,20	71	48,60
14	20,90	43	43,90	72	50,40
15	17,10	44	44,70	73	50,50
16	22,90	45	46,80	74	51,40
17	42,70	46	48,40	75	17,90
18	37,60	47	49,10	76	39,50
19	28,20	48	49,30	77	43,50
20	28,70	49	49,50	78	46,70
21	28,80	50	50,60	79	51,20
22	23,40	51	51,40	80	52,10
23	24,70	52	50,80	81	50,30
24	25,80	53	49,40	82	52,19
25	29,50	54	48,20	83	52,19
26	44,30	55	46,90	84	51,99

27	41,70	56	48,70	85	18,50
28	35,60	57	49,80	86	49,79
29	41,30	58	42,80	87	52,49

Πίνακας 5.34: Στατική πίεση στους κόμβους του δικτύου.

Από τον παραπάνω πίνακα, εξασφαλίζεται ο περιορισμός των μέγιστων πιέσεων. Οι στατικές πιέσεις σε όλους τους κόμβους του δικτύου είναι μικρότερες των 60m.

Γενικά τα παραπάνω αποτελέσματα είναι λογικά, μιας και οι μεγαλύτερες καταναλώσεις στους κόμβους ενός δικτύου, προκύπτουν τις περιόδους αιχμής. Όσο μεγαλύτερες είναι οι καταναλώσεις, τόσο μεγαλύτερες θα είναι και οι παροχές αλλά και οι ταχύτητες ροής στους αγωγούς του δικτύου. Μεγάλες ταχύτητες ροής στους αγωγούς σημαίνει μεγάλες απώλειες ενέργειας και συνεπώς μικρές πιέσεις στους κόμβους του δικτύου. Για το λόγο αυτό και στο δίκτυο του οικισμού Μανδρακίου, οι μεγαλύτερες πιέσεις εμφανίζονται στην παραλία, δηλαδή στα χαμηλότερα υψομετρικά σημεία του δικτύου, όπου οι καταναλώσεις στους κόμβους είναι μικρότερες απ' ότι σε κόμβους που βρίσκονται σε υψηλότερα σημεία. Στα υψηλότερα σημεία του δικτύου, οι καταναλώσεις στους κόμβους είναι μεγαλύτερες και συνεπώς οι πιέσεις είναι μικρότερες απ' ότι στην παραλία.

Για το δίκτυο του οικισμού Μανδρακίου, πραγματοποιήθηκε όμως και επίλυση χρονικά μεταβαλλόμενης κατάστασης, με σκοπό τον έλεγχο της διακύμανσης των διάφορων μεγεθών, κατά τη διάρκεια ενός τυπικού 24ώρου. Ελέγχοντας τα αποτελέσματα όλων των επιλύσεων του δικτύου, προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα.

- Οι μεγαλύτερες καταναλώσεις στους κόμβους του δικτύου, παρατηρούνται τις ώρες αιχμής και η μικρότερη την ώρα της ελάχιστης κατανάλωσης, δηλαδή κατά τις πρώτες πρωινές ώρες.
- Οι μεγαλύτερες ταχύτητες ροής στους αγωγούς του δικτύου, παρατηρούνται κατά τις ώρες αιχμής και οι μικρότερες κατά τις πρώτες πρωινές ώρες οι οποίες αποτελούν ώρες ελάχιστης κατανάλωσης.
- Όσον αφορά την κατανομή των πιέσεων στο δίκτυο στην ώρα αιχμής και της ελάχιστης κατανάλωσης, παρατηρείται ότι η κατανομή των πιέσεων δεν παρουσιάζει αξιόλογη μεταβολή μεταξύ της μέγιστης και ελάχιστης κατανάλωσης. Οι διαφορές αυτές είναι μικρές γιατί η πίεση εξαρτάται κυρίως από τις υψομετρικές διαφορές των κόμβων.

Ένα γενικό συμπέρασμα για τη λειτουργία ενός εσωτερικού δικτύου ύδρευσης, σύμφωνα με όλες τις παραπάνω παρατηρήσεις, είναι πως όταν αυξάνεται η κατανάλωση, αυξάνονται η ταχύτητα και οι απώλειες στους αγωγούς ενώ μειώνεται η πίεση στους κόμβους και το αντίστροφο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επίλυση του εσωτερικού δικτύου του οικισμού του Μανδρακίου της Νισύρου, πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού προγράμματος EPANET, σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η επιλογή αυτή κρίθηκε απόλυτα ικανοποιητική καθώς απλοποιήθηκε σε μεγάλο βαθμό η διαδικασία επίλυσης ενώ μειώθηκε αρκετά ο χρόνος υπολογισμού.

Το EPANET αποτελεί ένα πολύ καλό λογισμικό πρόγραμμα για την επίλυση δικτύων διανομής νερού, με πάρα πολλές δυνατότητες που βοηθούν στην οργάνωση και την ευκολότερη εργασία του μηχανικού. Αποτελεί ένα λογισμικό πρόγραμμα το οποίο διατίθεται ελεύθερα, με αποτέλεσμα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανά πάσα στιγμή και από τον οποιοδήποτε. Σε αντίθεση με άλλα παρόμοιου τύπου λογισμικά προγράμματα, παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να πραγματοποιήσει τόσο υδραυλική όσο και ποιοτική επίλυση του υπό μελέτη δικτύου. Επίσης, παρέχει τη δυνατότητα για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων τόσο σε μορφή πινάκων όσο και σε μορφή χαρτών και σχεδιαγραμμάτων, δίνοντας έτσι μια πλήρη εικόνα της λειτουργίας του εξεταζόμενου δικτύου.

Κατά την εκπόνηση όμως της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας και χρησιμοποιώντας το λογισμικό πρόγραμμα EPANET, παρουσιάστηκαν ορισμένες δυσκολίες που αφορούσαν κυρίως την παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Το βασικό μειονέκτημα του συγκεκριμένου προγράμματος είναι ότι δε διαθέτει κλίμακα για την εκτύπωση των χαρτών. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα η γραφική παρουσίαση των αποτελεσμάτων να μην είναι καλή και τα αποτελέσματα των διάφορων μεγεθών των στοιχείων του δικτύου να μην είναι ευδιάκριτα. Τέλος, το EPANET δε μπορεί να συνδυαστεί εύκολα με άλλα λογισμικά προγράμματα όπως για παράδειγμα αυτά των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, γεγονός που θα σήμαινε πολλές επιπλέον δυνατότητες κατά την επίλυση των δικτύων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αφτιάς Μ. 1992, *Υδρεύσεις*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- Γιακουμάκης Σ. 2008, *Μέθοδοι Ελέγχου και Διαρροών στα Δίκτυα Υδρευσης*, Αθήνα, Τομέας Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ
- Ευστρατιάδης Α. & Κουτσογιάννης Δ. 2005, *Τυπικά Υδραυλικά Έργα (Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος)*, ΕΜΠ ΣΠΜ, Αθήνα
- Μαντόγλου Α. 2004, *Μηχανική Ρευστών και Εφαρμοσμένη Υδραυλική*, Αθήνα, ΕΜΠ
- Ναλμπάντης Ι. 2007, *Προστασία και Διαχείριση Υδατικών Πόρων*, Αθήνα, ΕΜΠ
- Παλαιογιάννης Α. 2002, *Διπλωματική Εργασία, Επίλυση Εσωτερικού Δικτύου Υδρευσης της Πόλης των Καλαβρύτων*, Τομέας Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ
- Παντοκράτορας Α. 1997, *Υδρεύσεις Πόλεων*, Τόμος Ι, Θεωρία, Ξάνθη, ΔΠΘ
- Παντοκράτορας Α. 1997, *Υδρεύσεις Πόλεων*, Τόμος Ι Ι, Παραδείγματα, Ξάνθη, ΔΠΘ
- Σπηλιώτης Μ. 2004, *Υδρεύσεις Οικισμών*, Αθήνα, ΕΜΠ
- Σπηλιώτης Μ. 2004, *Υδρεύσεις Οικισμών (Συμπληρωματικές σημειώσεις)*, Αθήνα, ΕΜΠ
- Τσακίρης Γ. 2006, *Υδραυλικά Έργα Σχεδιασμός & Διαχείριση*, Τόμος ΙΙ, Συμμετρία, Αθήνα

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Cabrera E. and Martinez F. 1993, *Water Supply Systems*, Computational Mechanics Publications, Southampton Boston
- Haestad Methods, Strafaci, Adam M., Walski, Thomas M. 2003, *Advanced Water Distribution Modeling and Management*, Haestad Press, Waterbury CT USA
- Jeppson R.W. 1976, *Analysis of Flow in Pipe Networks*, Butterworth-Heinemann
- Mays L. 1999, *Water Distribution Systems Handbook*, Department of Civil and Environmental Engineering Arizona State University, Temple, Arizona
- Kala K. Fleming, Rich W. Gullick, Joseph P. Dugandzic, Mark W. LeChevallier of American Water 2005, *Susceptibility of Potable Water Distribution Systems to Negative Pressure Transients*, New Jersey Department of Environmental Protection

Rossman L.A., *The EPANET Water Quality Model*, Research Studies Press Ltd, Somerset, England, 1993.

Rossman L.A., *EPANET 2 Users Manual*, (www.epa.gov/NRMRL/wswrd/dw/epanet/EN2manual.PDF), Cincinnati, OH, USA, 2000.