



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
UNIVERSITY of the PELOPONNESE

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΥΣΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΣΤΟ
ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΖΩΝΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ «ΠΕΛΟΠΟΣ»
ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΠΑΤΡΕΩΝ

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ

ΔΡΑΚΟΥ ΕΛΕΝΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ

ΣΕΡΑΦΕΙΜ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΦΟΥΡΝΙΩΤΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2025

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τη συγκεκριμένη εργασία.

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας Δράκου Ελένης που την εκπόνησε.

Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιείται μελέτη της υδραυλικής λειτουργίας της ζώνης διαχείρισης πίεσης «Πέλοπος» του δικτύου ύδρευσης της πόλης της Πάτρας με χρήση της νεότερης έκδοσης 2.2 του λογισμικού EPANET.

Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ιστορική εξέλιξη υδροδότησης της Πάτρας από την αρχαιότητα έως και σήμερα και το λογισμικό EPANET το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση του δικτύου ύδρευσης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός της ζήτησης νερού των υπολογιστικών κόμβων του δικτύου. Αρχικά παραλήφθηκε από τη ΔΕΥΑΠ το αρχείο γεωμετρίας της ζώνης «Πέλοπος» με τις βασικές πληροφορίες για τους αγωγούς (μήκος, υλικά κατασκευής και ονομαστική διάμετρος των αγωγών) σε μορφή ηλεκτρονικού σχεδίου (.dwg). Με βάση αυτό σχεδιάστηκε το υπολογιστικό μοντέλο της ζώνης στο λογισμικό EPANET 2.2, το οποίο αποτελείται από αγωγούς, υπολογιστικούς κόμβους και τη δεξαμενή ρύθμισης. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η εκτίμηση του ενεργού πληθυσμού και του εμβαδού κάθε οικοδομικού τετραγώνου, αξιοποιώντας στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας αλλά και της Διαδικτυακής Πύλης Γεωχωρικών Πληροφοριών του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Έπειτα, μέσω της επεξεργασίας των παραπάνω δεδομένων, υπολογίστηκαν οι μέγιστες ωριαίες παροχές, για το θερινό σενάριο λειτουργίας, κάθε οικοδομικού τετραγώνου και κατανεμήθηκαν στους αντίστοιχους υπολογιστικούς κόμβους ανάλογα με το ενεργό μήκος τους. Οι τιμές αυτές χρησιμοποιήθηκαν για την υδραυλική προσομοίωση της ζώνης μέσω του λογισμικού EPANET 2.2.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σχετικά με την ζήτηση και την πίεση σε κάθε κόμβο και τα αποτελέσματα σχετικά με την ταχύτητα ροής και τις απώλειες σε ύψος πίεσης σε κάθε αγωγό.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, εξετάστηκε η υδραυλική επάρκεια του δικτύου ύδρευσης σε συνθήκες έκτακτης ζήτησης στην περίπτωση πυρκαγιάς, μέσω δοκιμαστικών φορτίσεων στους πυροσβεστικούς κρουνοί της ζώνης.

Η εργασία κλείνει με το πέμπτο κεφάλαιο στο οποίο φαίνονται συνοπτικά τα συμπεράσματα, τα οποία προέκυψαν από τη μελέτη και την προσομοίωση του δικτύου της ζώνης διαχείρισης πίεσης «Πέλοπος».

Λέξεις – Κλειδιά

Δίκτυα ύδρευσης, πίεση, υπολογιστικοί κόμβοι, ζήτηση, παροχή, EPANET

Abstract

The dissertation studies the hydraulic operation of the Pelopos pressure management zone of the water supply network in the city of Patras, using the latest version 2.2 of the EPANET software.

Specifically, the first chapter presents the historical development of water supply in Patras from antiquity to the present day, as well as the EPANET software, which was used for the analysis of the water supply network.

The second chapter describes the methodology followed to calculate the water demand of the network's computational nodes. Initially, the geometry file of the "Pelopos" zone, containing basic information about the pipelines (length, construction materials, and nominal diameter of the pipelines), was received from DEYAP in electronic drawing format (.dwg). Based on this, the computational model of the zone was developed in EPANET 2.2, consisting of pipelines, computational nodes, and the adjustment tank. Subsequently, the active population and the area of each city block were estimated using data from the Hellenic Statistical Service and the Geospatial Information Portal of the Ministry of Environment and Energy. Then, by processing the above data, the maximum hourly demands for the summer operating scenario were calculated for each city block and allocated to the corresponding computational nodes according to their effective lengths. These values were used for the hydraulic simulation of the zone in EPANET 2.2.

The third chapter presents the results regarding the demand and pressure at each node and the results on the flow velocity and unit headloss at each pipeline.

In the fourth chapter, the hydraulic adequacy of the water supply network under emergency demand conditions, such as during a fire, was examined through trial loadings at the zone's fire hydrants.

The dissertation concludes with the fifth chapter, which provides a summary of the main findings derived from the study and the simulation of the "Pelopos" pressure management zone network.

Keywords

Water supply networks, pressure, computing nodes, demand, supply, EPANET

Περιεχόμενα

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή	ii
Περίληψη	iii
Abstract.....	v
Πρόλογος – Ευχαριστίες.....	ix
Κατάλογος πινάκων.....	x
Κατάλογος εικόνων	xi
Κεφάλαιο 1	1
1.1 Γενικά στοιχεία ύδρευσης.....	1
1.2 Αρχαία Ελλάδα	1
1.3 Ρωμαϊκή – Βυζαντινή περίοδος	1
1.4 17 ^{ος} αιώνας – Τουρκοκρατία	2
1.5 19 ^{ος} αιώνας.....	2
1.6 20 ^{ος} αιώνας.....	3
1.7 Οι ζώνες διαχείρισης πίεσης.....	4
1.8 Η ζώνη διαχείρισης πίεσης «Πέλοπος»	5
1.9 Λογισμικό EPANET	5
1.10 Σκοπός εργασίας.....	6
Κεφάλαιο 2	7
2.1 Εισαγωγή στα δίκτυα ύδρευσης.....	7
2.2 Είδη αγωγών και σωληνώσεων.....	7
2.3 Ελληνικοί κανονισμοί.....	9
2.4 Τοποθέτηση αγωγών ύδρευσης	9
2.5 Ειδικές συσκευές δικτύων	9
2.6 Υδραυλικοί υπολογισμοί	12
2.7 Ισοδύναμες τραχύτητες αγωγών δικτύων ύδρευσης.....	14

2.8 Τοπικές απώλειες	15
2.9 Πραγματικές απώλειες	15
2.10 Εξαρτήσεις απωλειών	16
2.10.1 Κατασκευαστικοί ή φυσικοί παράγοντες:	16
2.10.2 Εξωτερικοί ή περιβαλλοντικοί παράγοντες	18
2.10.3 Εσωτερικοί ή υδραυλικοί παράγοντες	20
2.10.4 Συντήρηση και επισκευές	21
Κεφάλαιο 3	22
3.1 Εισαγωγή	22
3.2 Εγκατάσταση του ελεύθερα διανεμόμενου λογισμικού EPANET	22
3.3 Διαστασιολόγηση εσωτερικού δικτύου ύδρευσης	24
3.4 Διαστασιολόγηση για τα θερινά σενάρια κανονικής και έκτακτης λειτουργίας	28
Κεφάλαιο 4	31
4.1 Εισαγωγή	31
4.2 Σχεδιασμός υπό μελέτης ζώνης	31
4.3 Υπολογισμός ζήτησης κόμβων	32
Κεφάλαιο 5	36
5.1 Εισαγωγή	36
5.2 Αποτελέσματα	37
Κεφάλαιο 6	63
6.1 Εισαγωγή	63
6.2 Υπολογισμός ζήτησης κόμβων με σενάρια πυρόσβεσης	63
6.3 Σενάριο πυρόσβεσης	63
Κεφάλαιο 7	89
7.1 Εισαγωγή	89
7.2 Συμπεράσματα	89

Βιβλιογραφία 90

Πρόλογος – Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε, στα πλαίσια των προπτυχιακών μου σπουδών, στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου.

Με την ολοκλήρωση της εργασίας μου θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Αθανάσιο Σεραφείμ για την συνεχή καθοδήγηση, για την στήριξη και εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας και για την προθυμία του να λύσει κάθε απορία που μου παρουσιαζόταν.

Επιπροσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον αναπληρωτή – καθηγητή κ. Νικόλαο Φουρνιώτη για τη εμπιστοσύνη που έδειξε στις δυνατότητες μου και για την ενθάρρυνση να θέτω νέους ακαδημαϊκούς στόχους.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά την οικογένεια μου καθώς και τους ανθρώπους που ήταν δίπλα μου για το κουράγιο και την ενθάρρυνση που μου έδιναν, αλλά και για την κατανόηση και που είχαν κατά την διάρκεια αυτής της διαδρομής.

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 5.1 Μέγιστη και ελάχιστη ταχύτητα αγωγών ανάλογα την εσωτερική τους διάμετρο.....	37
Πίνακας 5.2 Αποτελέσματα Κόμβων για κανονική λειτουργία.....	41
Πίνακας 5.3 Αποτελέσματα Αγωγών για κανονική λειτουργία.....	51
Πίνακας 6.1 Αποτελέσματα κόμβων για σενάριο πυρόσβεσης.....	67
Πίνακας 6.2 Αποτελέσματα Αγωγών για σενάριο πυρόσβεσης.....	77

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1.1 Τμήμα υδραγωγείου (πηγή: kalliroehotel.gr).....	2
Εικόνα 1.2 Ζώνη διαχείρισης πίεσης «Πέλοπος» (πηγή: Google Earth).....	5
Εικόνα 2.1 Εύκαμπτα τμήματα αγωγών από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (πηγή: techinfus.com).....	8
Εικόνα 2.2 Κουλούρες σωλήνων από πολυαιθυλένιο (πηγή: vorioditiki.gr).....	8
Εικόνα 2.3 Βάνα ελέγχου ροής (πηγή: endos.gr).....	10
Εικόνα 2.4 Αντιπληγματική βαλβίδα (πηγή: cosmarco.gr).....	11
Εικόνα 2.5 Διάγραμμα Moody.....	14
Εικόνα 3.1 Εντοπισμός αρχείου εγκατάστασης.....	22
Εικόνα 3.2 Λήψη αρχείου εγκατάστασης.....	23
Εικόνα 3.3 Εγκατάσταση EPANET.....	23
Εικόνα 3.4 Ολοκλήρωση εγκατάστασης EPANET.....	24
Εικόνα 3.5 Σκαρίφημα δικτύου ύδρευσης του υπό μελέτη οικισμού.....	24
Εικόνα 3.6 Ρύθμιση μοντέλου ανάλυσης.....	25
Εικόνα 3.7 Χαρακτηριστικά μοντέλου επίλυσης.....	25
Εικόνα 3.8 Δίκτυο ύδρευσης του οικισμού στο λογισμικό EPANET.....	26
Εικόνα 3.9 Παράθυρο Browser.....	26
Εικόνα 3.10 Παράθυρο ιδιοτήτων υπολογιστικού κόμβου n1.....	27
Εικόνα 3.11 Παράθυρο ιδιοτήτων υπολογιστικού μέλους L2.....	27
Εικόνα 3.12 Επίλυση του δικτύου.....	28
Εικόνα 3.13 Δημιουργία πινάκων παρουσίασης αποτελεσμάτων.....	28
Εικόνα 3.14 Επιλογή εμφάνισης αποτελεσμάτων υπολογιστικών κόμβων.....	29
Εικόνα 3.15 Επιλογή χαρακτηριστικών υπολογιστικών κόμβων.....	29

Εικόνα 3.16 Επιλογή εμφάνισης αποτελεσμάτων υπολογιστικών μελών.....	30
Εικόνα 3.17 Επιλογή χαρακτηριστικών υπολογιστικών μελών.....	30
Εικόνα 4.1 Αρχείο Autocad περιοχή «Πέλοπος» (πηγή : ΔΕΥΑΠ).....	31
Εικόνα 4.2 Αρχείο EPANET ζώνη «Πέλοπος».....	32
Εικόνα 4.3 Κενά οικοδομικά τετράγωνα της ζώνης «Πέλοπος» (πηγή : Google Maps).....	33
Εικόνα 4.4 Αγωγοί που περικλείουν ένα οικοδομικό τετράγωνο.....	34
Εικόνα 4.5 Κόμβος n300.....	35
Εικόνα 5.1 Διάγραμμα (Map) Ζήτησης στους κόμβους για κανονική λειτουργία.....	38
Εικόνα 5.2 Διάγραμμα (Map) πίεσης στους κόμβους για κανονική λειτουργία.....	38
Εικόνα 5.3 Διάγραμμα (Map) ταχυτήτων στους αγωγούς για κανονική λειτουργία.....	39
Εικόνα 5.4 Διάγραμμα (Map) ροής στους αγωγούς για κανονική λειτουργία.....	40
Εικόνα 5.5 Διάγραμμα (Map) απωλειών σε ύψος πίεσης στους αγωγούς για κανονική λειτουργία.....	40
Εικόνα 6.1 Πυροσβεστικοί κρουνοί.....	63
Εικόνα 6.2 Διάγραμμα (Map) Ζήτησης στους κόμβους - Σενάριο πυρόσβεσης.....	64
Εικόνα 6.3 Διάγραμμα (Map) πίεσης στους κόμβους - Σενάριο πυρόσβεσης.....	64
Εικόνα 6.4 Διάγραμμα (Map) ταχυτήτων στους αγωγούς - Σενάριο πυρόσβεσης.....	65
Εικόνα 6.5 Διάγραμμα (Map) ροής στους αγωγούς - Σενάριο πυρόσβεσης.....	66
Εικόνα 6.6 Διάγραμμα (Map) απωλειών σε ύψος πίεσης στους αγωγούς - Σενάριο πυρόσβεσης.....	66

Κεφάλαιο 1

1.1 Γενικά στοιχεία ύδρευσης

Η σπουδαιότητα του νερού είναι αναγνωρισμένη από την αρχαιότητα καθώς αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους φυσικούς πόρους για την ανθρώπινη επιβίωση και αποτέλεσε καθοριστικό παράγοντα στην ανάπτυξη των σύγχρονων κοινωνιών.

Με τον όρο «ύδρευση» αναφερόμαστε στο σύνολο των τεχνικών έργων και υποδομών που εξασφαλίζουν την παροχή επαρκούς ποσότητας και κατάλληλης ποιότητας νερού, για την κάλυψη των βασικών αναγκών κάθε οργανωμένης κοινότητας. Πέρα από την οικιακή χρήση, είναι σημαντική και η υδροδότηση φορέων όπως σχολεία, νοσοκομεία, αθλητικά κέντρα, καθώς και η άρδευση δημόσιων χώρων, όπως πάρκα και πλατείες. Προκειμένου να καλυφθούν αυτές οι ανάγκες απαιτείται η ορθολογική λειτουργία του εκάστοτε υδρευτικού δικτύου της περιοχής, μέσω του κατάλληλου σχεδιασμού και κατασκευής των σχετικών υποδομών, αλλά και η οργανωμένη και τακτική συντήρησή τους.

1.2 Αρχαία Ελλάδα

Στην αρχαιότητα, η υδροδότηση της πόλης της Πάτρας βασίστηκε σε τοπικά πηγάδια, μεγάλων ποσοστό των οποίων βρίσκονταν στα Υψηλά Αλώνια , στα Ταμπάχανα , στο Βλατερό αλλά και σε άλλες συνοικίες. Η διαρκής τροφοδότηση εξασφαλιζόταν και από άλλες τοπικές πηγές με πιο γνωστές αυτή του Ιερού της Σωτηρίας (σημερινή Αγία Αικατερίνη) και την πηγή του ιερού της Δήμητρας (ή πηγάδι του Αγίου Ανδρέα) (Ιατρού, 2019).

1.3 Ρωμαϊκή – Βυζαντινή περίοδος

Κατά τη ρωμαϊκή περίοδο η Πάτρα άκμασε σημαντικά, με τον πληθυσμό της να κυμαίνεται στους 200.000 κατοίκους (Ιατρού, 2019), όταν και κατασκευάστηκε από τον αυτοκράτορα Αδριανό το σπουδαιότερο έργο υδροδότησης της αρχαίας πόλης, το Ρωμαϊκό υδραγωγείο (πιθανότατα στις αρχές του 2^{ου} αιώνα μ. Χ.). Το νερό διοχετεύονταν στην πόλη μέσω ενός αγωγού μήκους 7,5 km και κατέληγε στο υψηλότερο σημείο της πόλης, όπου σήμερα βρίσκεται το κάστρο της Πάτρας. Παράλληλα, λειτουργούσε και υπόγειο δίκτυο ύδρευσης (με κλειστούς αγωγούς) το οποίο τροφοδοτούνταν με υδρομάστευση από την πηγή Νερομάνα στην περιοχή

του Ρωμανού¹. Η πορεία του αγωγού είχε καθοδική κλίση πάνω σε λόφους και χαράδρες προκειμένου να φτάσει στην περιοχή της Αρόης, πίσω από την ακρόπολη. Ο αγωγός ήταν μεγάλης διαμέτρου και στο μεγαλύτερο μήκος φαίνεται να ήταν υπόγειος, εκτός από τις περιπτώσεις όπου υπήρχε μεγάλη υψομετρική ανομοιομορφία του εδάφους και ο αγωγός εδραζόταν στην επιφάνεια. Επομένως, για να εξασφαλιστεί η βαρυντική ροή δημιουργήθηκαν ψηλές κτιστές γέφυρες με καμάρες από τις οποίες περνούσε ο αγωγός.

1.4 17^{ος} αιώνας – Τουρκοκρατία

Τον 17ο μ. Χ. αιώνα αναφέρεται ότι το Ρωμαϊκό υδραγωγείο της Πάτρας βρισκόταν σε καλή κατάσταση και μετέφερε νερό (Δήμος Πατρέων). Αποτελούνταν από δυο σειρές τόξων τα οποία ήταν κατασκευασμένα από πελεκητή πέτρα και είχαν επένδυση από τούβλα, ενώ στην κορυφή βρισκόταν ο ανοικτός αγωγός (αυλάκι) που μετέφερε το νερό. Το υδραγωγείο κατασκευάστηκε προκειμένου να αντιμετωπιστεί η λειψυδρία στην Πάτρα, έως τότε η ύδρευση γινόταν με πηγάδια. Κατά την Τουρκοκρατία υπήρχαν 303 πηγάδια από τα οποία τα 299 καταστράφηκαν από τον πόλεμο του 1836.



Εικόνα 1.1 Τμήμα υδραγωγείου

1.5 19^{ος} αιώνας

Το 1868 πραγματοποιήθηκαν οι τελευταίες μεγάλες επισκευές του υδραγωγείου καθώς γιατροί της εποχής ανέφεραν πως η κατάσταση του υδραγωγείου θεωρείται ατελής και ανθυγιεινή διότι

¹ Η πόλη των Πατρών συνεχίζει να υδρεύεται ακόμα και σήμερα σε ένα μεγάλο τμήμα της από τις πηγές Νερομάνας.

ήταν εκτεθειμένο σε αρκετά σημεία σε ετερογενείς ουσίες οι οποίες το μόλυναν. Επιπλέον, κατά την υγρή περίοδο του υδρολογικού έτους, το νερό αναμειγνυόταν με ύδατα χειμάρρων, επομένως η πρόταση ήταν να τελειώσει το έργο υδροδότησης με τοποθέτηση σιδερένιων αγωγών.

Το υδραγωγείο σταμάτησε να χρησιμοποιείται το 1872 αφού πραγματοποιήθηκε ανακαίνιση και ανακατασκευή του δικτύου από την γαλλική εταιρεία FortanHerman, η οποία τοποθέτησε χυτοσιδερένιους σωλήνες (Ιατρού, 2019). Ακόμα στο φρούριο της Πάτρας κατασκευάστηκε ρυθμιστική υδατοδεξαμενή χωρητικότητας 2000 m³. Αφού τελείωσε το έργο ο δήμαρχος Βότσης μερίμνησε για την υδροδότηση της πόλης εξασφαλίζοντας τη μεταφορά νερού από τις πηγές Βελουχίου (υψόμετρο 460m) στη δυτική όχθη του ποταμού Χαράδρου. Το έργο αυτό σχεδιάστηκε από τον μηχανικό Α. Σούλη και διήρκεσε τρία χρόνια, ενώ διοχετεύοντας το νερό μέσω χαλύβδινων σωλήνων από υψόμετρο 460 μέτρων συναντούσε τον άλλο αγωγό της Νερομάνας του Ρωμανού και κατέληγε στο υδραγωγείο. Μέσω των παραπάνω τεχνικών έργων πραγματοποιήθηκε η υδροδότηση των οικισμών Μπάλα και Βελβίτσι αλλά και μέρος της πόλης της Πάτρας από το Παναχαϊκό Όρος. Το έργο της τροφοδοσίας από τις πηγές Μπάλα δεν πραγματοποιήθηκε για 87 χρόνια. Κατασκευάστηκε από τον εργολάβο Γ. Παπαδόπουλο και οι σωλήνες προμηθεύτηκαν από την εταιρεία Στολτένωφ και Λούκας σαν αντιπρόσωποι μεγάλου γερμανικού εργοστασίου. Το έργο στοίχισε 350.000 δραχμές και η πόλη απέκτησε υγιεινό νερό, τριπλάσια ποσότητα νερού και δημοτικά πλυντήρια στις συνοικίες της πόλης².

Ακόμα κατασκευάστηκε το πρώτο αποχετευτικό δίκτυο στην πόλη. Οι αποχετευτικοί αγωγοί αντικατέστησαν τους βόθρους και τα λύματα κατέληγαν στην παραλία κοντά στην οδό Αγίου Νικολάου.

1.6 20^{ος} αιώνας

Κατά τον 20^ο αιώνα εκπονήθηκε «Μελέτη Υδρεύσεως της Πόλεως των Πατρέων» η οποία περιλάμβανε αξιοποίηση όλων των πηγών που βρίσκονταν στους πρόποδες του Παναχαϊκού όρους, εξωτερικά υδραγωγεία, υδαταποθήκες, σωληνωτό δίκτυο διανομής κ.α. Οι τεχνικοί Γούναρης και Γεωργαλάς, στους οποίους ανατέθηκε η μελέτη, πρότειναν την εφεδρική

² Αναφορά σε εισήγηση το 1989 του Ν. Αντωνόπουλου, τότε αντιδημάρχου Πατρέων.

υδροληψία από τον αρτεσιανό υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής Γλαύκου Ιτεών, κατά τη θερινή περίοδο. Ακόμα συνιστούσαν να σταματά η υδροληψία τους υπόλοιπους μήνες προκειμένου να ανατροφοδοτείται και να εμπλουτίζεται ο υδροφόρος ορίζοντας. Για καλύτερη πρόληψη της άσκοπης σπατάλης τοποθέτησαν μετρητές και κατήργησαν την κατά αποκοπή χρέωση που ίσχυε τότε και έτσι καθιερώθηκε ο κανονισμός παροχών και υδροληψίας. Σύντομα κατασκευάστηκαν πομόνες, αντλιοστάσια, υδατοδεξαμενές, αγωγοί και άλλα έργα τα οποία αποτέλεσαν λύση του προβλήματος για περίπου 30 χρόνια.

Τα μεταγενέστερα χρόνια η υδροδότηση της πόλης συνέχισε να στηρίζεται στην εύκολη λύση των διεκινούμενων γεωτρήσεων, από την παραλιακή ζώνη της κοίτης του Γλαύκου προς την περιοχή των Ζαρουχλείκων, Μπεγουλακίου και της Εγλυκάδος, φτάνοντας τα 150 μέτρα υψόμετρο. Την δεκαετία του 1970 οι γεωτρήσεις άρχισαν να διανοίγονται από τα πιο χαμηλά στα υψηλότερα σημεία της κοιλάδας του Χαράδρου, ενώ η υδατοχωρητικότητα ήταν περιορισμένη. Η απόληψη των υπόγειων υδάτων πραγματοποιούνταν για ανάγκες ύδρευσης της πόλης, για την κάλυψη των βιομηχανικών αναγκών αλλά και για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών την θερινή περίοδο.

Το 1987 και 1988 πραγματοποιήθηκε η κατασκευή του αγωγού Διάκου - Δασυλλίου - Ανθουπόλεως, για μεταφορά νερού από τις γεωτρήσεις Εγλυκάδος, στις βορεινές συνοικίες της πόλης.

Την ίδια περίοδο συνδέθηκε με το κεντρικό αποχετευτικό δίκτυο η Άνω πόλη καθώς και διάφορες συνοικίες που είχαν δημιουργηθεί από τις επεκτάσεις του σχεδίου πόλεως και κατασκευάστηκαν οι πρώτοι οχετοί για συλλογή των ομβρίων υδάτων.

1.7 Οι ζώνες διαχείρισης πίεσης

Καθώς οι πιέσεις σε ένα σύστημα διανομής εναλλάσσονται λόγω υψομετρικών διαφορών, κυμαινόμενης ζήτησης αλλά και της φυσικής διαμόρφωσης του δικτύου, ορισμένα μέρη του συστήματος ενδέχεται να αντιμετωπίζουν υπερβολικά υψηλές πιέσεις, οι οποίες αυξάνουν τα ποσοστά διαρροών, προκαλούν συχνές ρήξεις σωλήνων και μειώνουν τη διάρκεια ζωής της υποδομής, ενώ άλλα μέρη ενδέχεται να παρουσιάζουν χαμηλές πιέσεις που μειώνουν το επίπεδο εξυπηρέτησης των πελατών.

Μια Ζώνη Διαχείρισης Πίεσης (Pressure Management Area) σε ένα δίκτυο διανομής νερού είναι μια καθορισμένη περιοχή στην οποία η πίεση του νερού παρακολουθείται και ελέγχεται ενεργά μέσω βαλβίδων μείωσης πίεσης ή/και βαλβίδων ρύθμισης πίεσης. Με τη δημιουργία

ζωνών διαχείρισης πίεσης, οι εταιρείες κοινής ωφέλειας μπορούν να σταθεροποιήσουν και να βελτιστοποιήσουν τις πιέσεις σε όλο το δίκτυο, διασφαλίζοντας ότι οι καταναλωτές λαμβάνουν επαρκή ποσότητα και κατάλληλης ποιότητας νερό, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τις διαρροές, μειώνοντας τη μηχανική καταπόνηση στους σωλήνες και στα σχετικά εξαρτήματα. Στην πράξη, οι ζώνες διαχείρισης πίεσης συχνά συνδυάζονται με ζώνες μέτρησης παροχής, επιτρέποντας στους φορείς εκμετάλλευσης όχι μόνο να ελέγχουν την πίεση, αλλά και να παρακολουθούν στενά τη ροή του νερού, επιτρέποντας την αποτελεσματική ανίχνευση διαρροών (Serafeim et al., 2021, Serafeim, 2022, Serafeim et al., 2022a, Serafeim et al., 2022b, , Serafeim et al., 2022c, Serafeim et al., 2024).

1.8 Η ζώνη διαχείρισης πίεσης «Πέλοπος»

Η ζώνη ενδιαφέροντος για την παρούσα διπλωματική είναι η ζώνη «Πέλοπος» του δικτύου ύδρευσης της πόλης της Πάτρας. Ο πληθυσμός της είναι 3346 κάτοικοι και η έκτασή της 689085.93 τετραγωνικά μέτρα.



Εικόνα 1.2 Ζώνη διαχείρισης πίεσης «Πέλοπος» (Google earth)

1.9 Λογισμικό EPANET

Το EPANET είναι ένα λογισμικό που χρησιμοποιείται για την μοντελοποίηση και υδραυλική προσομοίωση συστημάτων διανομής νερού, το οποίο αναπτύχθηκε από την Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας των ΗΠΑ (U.S. Environmental Protection Agency). Το λογισμικό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση υδραυλικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών ενός κλειστού δικτύου ύδρευσης υπό πίεση (ανεξάρτητα από το μέγεθος και τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά). Επιπλέον γίνεται χρήση του προγράμματος για σχεδιασμό

και διαμόρφωση νέων υποδομών νερού, για βελτίωση των ήδη υπάρχουσών υποδομών αλλά και της λειτουργίας δεξαμενών και αντλιών καθώς και για προετοιμασία του δικτύου για καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Έτσι το EPANET αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο τόσο για ερευνητική όσο και για εφαρμοσμένη χρήση.

Η μοντελοποίηση των ροών αλλά και ο υπολογισμός απωλειών γίνεται από τους παρακάτω τύπους: 1) των Hazen – Williams, 2) των Chezy – Manning και 3) των Darcy – Weisbach. Τέλος, για την επίλυση του δικτύου χρησιμοποιείται η μέθοδος διαβάθμισης, η οποία προτάθηκε από τους Todini και Pilati και αποτελεί μία παραλλαγή της μεθόδου Newton - Raphson.

1.10 Σκοπός εργασίας

Η εργασία διεξάγεται με σκοπό να μελετηθεί η λειτουργία της ζώνης διαχείρισης πίεσης «Πέλοπος» του δικτύου ύδρευσης της Πάτρας. Αρχικά πραγματοποιείται καθορισμός της ζήτησης των υπολογιστικών κόμβων της και στη συνέχεια ο σχεδιασμός και μοντελοποίηση της ζώνης με χρήση της νεότερης έκδοσης 2.2 του λογισμικού EPANET.

Κεφάλαιο 2

2.1 Εισαγωγή στα δίκτυα ύδρευσης

Τα δίκτυα ύδρευσης αποτελούν υποδομή προκειμένου να λειτουργήσουν ομαλά οι σύγχρονες πόλεις, εξασφαλίζοντας την παροχή πόσιμου νερού σε επαρκείς ποσότητες και κατάλληλη ποιότητα. Ένα τυπικό δίκτυο περιλαμβάνει δεξαμενές αποθήκευσης, αντλιοστάσια, αγωγούς μεταφοράς και διανομής, καθώς και εξαρτήματα ελέγχου, όπως βαλβίδες και μετρητές. Ο σχεδιασμός και η λειτουργία τους βασίζεται σε θεμελιώδεις αρχές της υδραυλικής ροής σε κλειστούς αγωγούς.

2.2 Είδη αγωγών και σωληνώσεων

- **Πλαστικοί σωλήνες από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)**

Οι σωλήνες από PVC χρησιμοποιούνται ευρέως στις κατασκευές δικτύων ύδρευσης, καθώς παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή σε διαβρωτικές χημικές ουσίες. Διατίθενται σε ευθύγραμμο, άκαμπτα τεμάχια, συνήθως μήκους 6 μέτρων. Ένα μειονέκτημα του υλικού είναι η χαμηλή αντοχή του στην ηλιακή ακτινοβολία, γεγονός που περιορίζει τη χρήση του σε έργα με έντονη ηλιοφάνεια. Η ανώτατη «κλάση» παραγωγής των αγωγών από PVC είναι 16 atm.

- **Πλαστικοί σωλήνες από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE)**

Οι σωλήνες από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας παρουσιάζουν περιορισμένη αντοχή σε πετρελαιοειδή. Διατίθενται είτε ως εύκαμπτοι σωλήνες μήκους 12 μέτρων είτε σε ρολά των 100 μέτρων για διαμέτρους έως Φ125. Η σύνδεση των τμημάτων γίνεται με θερμική συγκόλληση και τήξη των άκρων. Η τήξη πραγματοποιείται είτε με χρήση ειδικού μηχανήματος τήξης, είτε με εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος στο ειδικό τεμάχιο με το οποίο υλοποιείται η σύνδεση. Η ανώτατη «κλάση» παραγωγής αυτών των αγωγών είναι 32 atm.



Εικόνα 2.1 Εύκαμπτα τμήματα αγωγών από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας



Εικόνα 2.2 Κουλούρες σωλήνων από πολυαιθυλένιο

- **Χαλύβδινοι σωλήνες (Χ/Σ)**

Οι χαλυβδοςωλήνες χρησιμοποιούνται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις όπως: α) σε εκτεθειμένες σωληνώσεις, β) σε αγωγούς με διάμετρο άνω των 1000mm και γ) σε δίκτυα με εσωτερικές πιέσεις που ξεπερνούν τις 32 atm.

Συνήθως εφαρμόζονται για τη μεταφορά σημαντικών παροχών ύδατος και αποτελούν λύση σε εκτεθειμένα τμήματα των εξωτερικών υδραγωγείων.

- **Αμιαντοσιμεντοσωλήνες (Α/Σ)**

Αυτοί οι σωλήνες δεν είναι σε χρήση πλέον, ωστόσο εξακολουθούν να συναντώνται σε υπάρχοντα δίκτυα. Η παραγωγή και η εφαρμογή τους έχει διακοπεί, διότι ο αμιάντος θεωρείται βλαβερός κατά την εισπνοή του.

2.3 Ελληνικοί κανονισμοί

Σύμφωνα με τους ελληνικούς κανονισμούς δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση αγωγών με κλάση μικρότερη από 10 atm σε δίκτυα ύδρευσης. Ακόμα, για την αποφυγή εμφράξεων από αποθέσεις αλάτων ή/και σκουριάς στα τοιχώματα απαγορεύεται η χρήση αγωγών με διαμέτρους: α) για σωλήνες PVC και HDPE μικρότερες από Φ63, β) για αμιαντοτσιμεντοσωλήνες μικρότερες από Φ80 και γ) για χαλυδοσωλήνες μικρότερες από Φ100.

Επίσης ισχύουν όρια ταχυτήτων με στόχο την αποφυγή έντονων υπερπιέσεων και υποπιέσεων που μπορεί να προκύψουν από υδραυλικό πλήγμα κατά τη διακοπή της ροής από τις ηλεκτροβάνες. Στους υπολογισμούς του εξωτερικού υδραγωγείου και των ακτινωτών τμημάτων γίνεται χρήση των ελάχιστων ταχυτήτων.

2.4 Τοποθέτηση αγωγών ύδρευσης

Η τοποθέτηση των αγωγών γίνεται πάντα σε σκάμμα με τουλάχιστον 1 μέτρο επικάλυψης προκειμένου να προστατεύονται από τον παγετό, την ηλιακή ακτινοβολία και τα τροχοφόρα.

Οι αγωγοί ύδρευσης τοποθετούνται σύμφωνα με την τοπογραφία του εδάφους, έτσι ώστε να απαιτούνται οι ελάχιστες δυνατές εκσκαφές. Σε περίπτωση επίπεδου εδάφους, οι σωλήνες αρχικά τοποθετούνται με κατιούσα κλίση 2 – 4 ‰ για κάποιο μήκος L, και στη συνέχεια με αντίθετη κλίση ίδιου μήκους. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται ψηλά και χαμηλά σημεία στο δίκτυο. Στα υψηλά η απομάκρυνση των φυσαλίδων του αέρα επιτυγχάνεται με τοποθέτηση αερεξαγωγών, ενώ στα χαμηλά σημεία τοποθετούνται εκκενωτές για την συγκέντρωση και απομάκρυνση των φερτών υλικών.

2.5 Ειδικές συσκευές δικτύων

- **Δικλείδες**

Οι δικλείδες τοποθετούνται πάντα ανά ζεύγη και χρησιμεύουν για την απομόνωση τμημάτων του δικτύου. Για τον υπολογισμό των απωλειών ενέργειας, στο σημείο όπου τοποθετείται η βάννα ελέγχου ροής, εφαρμόζεται η παρακάτω έκφραση:

$$h_{\tau} = K_{\tau} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2.1)$$

Όπου:

h_t : το ύψος των τοπικών απωλειών ενέργειας (m)

K_t : ο συντελεστής απωλειών (αδιάστατος)

V : η ταχύτητα ροής (m/s)

g : η επιτάχυνση της βαρύτητας ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)



Εικόνα 2.3 Βάνα ελέγχου ροής

- **Αερεξαγωγοί**

Οι αερεξαγωγοί διακρίνονται σε μονού ή διπλού στομίου. Τοποθετούνται στα ψηλά σημεία του δικτύου έτσι ώστε να απομακρυνθεί ο αέρας που συγκεντρώνεται κατά τη λειτουργία του δικτύου. Οι αερεξαγωγοί διπλού στομίου έχουν τη δυνατότητα να εισάγουν αέρα στον αγωγό με σκοπό την προστασία του δικτύου από υποπίεσεις, οι οποίες μπορεί να προκληθούν από υδραυλικό πλήγμα. Η λειτουργία τους έχει ως εξής:

1^ο στόμιο: Όταν συγκεντρώνεται αέρας στον αγωγό, το στόμιο ανοίγει, εξέρχεται λίγο νερό και απομακρύνεται μαζί και ο αέρας.

2^ο στόμιο: Δίνει τη δυνατότητα εισόδου αέρα στη ροή σε περίπτωση δημιουργίας υποπιέσεων από υδραυλικό πλήγμα.

- **Εκκενωτές**

Πρόκειται για τρεις δικλείδες τοποθετημένες σε διάταξη ταυ, έτσι ώστε να μπορούν να εκκενώνονται τα συμβάλλοντα τμήματα αγωγών. Τοποθετούνται στα χαμηλότερα σημεία του

δικτύου και λειτουργούν ως δικλείδες εκκένωσης, στους οποίους ο ένας κλάδος διαθέτει ελεύθερο άκρο ώστε να επιτυγχάνεται μέσω αυτού εκκένωση του αγωγού.

- **Μειωτές πίεσης (Pressure Reducing Valves, PRVs)**

Οι μειωτές πίεσης πραγματοποιούν στραγγαλισμό της πίεσης p_1 ανάντη αυτών, ώστε να εξασφαλίζεται σταθερή κατάντη πίεση p_2 (η επιθυμητή πίεση εξόδου). Στην περίπτωση που η πίεση p_1 είναι μικρότερη από την επιθυμητή πίεση εξόδου p_2 τότε δεν πραγματοποιείται στραγγαλισμός της ροής και δεν επηρεάζεται η πιεζομετρική γραμμή. Αντίθετα, ο μειωτής πίεσης ρυθμίζει στην επιθυμητή τιμή την πίεση εξόδου. Επίσης, σε περίπτωση αντιστροφής της ροής ο μειωτής πίεσης λειτουργεί ως βαλβίδα αντεπιστροφής, διακόπτοντας τη ροή. Λόγω αυτής της ιδιότητας (δηλαδή να λειτουργούν ως βαλβίδες αντεπιστροφής σε περίπτωση αντιστροφής της ροής), δεν εγκαθίστανται κατά μήκος κλειστών βρόχων, διότι δημιουργούν προβλήματα κατά την αριθμητική επίλυση και λειτουργία του δικτύου. Η τοποθέτησή τους γίνεται μόνο σε ακτινωτά τμήματα με σκοπό την αποφυγή υψηλών πιέσεων ή στην είσοδο ζωνών διαχείρισης πίεσης μετά από απομόνωση τους από το υπόλοιπο δίκτυο.

- **Αντιπληγματικές βαλβίδες**

Οι βαλβίδες τοποθετούνται στους αγωγούς για προστασία από υπερπίεσεις που δημιουργούνται λόγω υδραυλικού πλήγματος, το οποίο προκαλείται από το απότομο κλείσιμο δικλείδων ελέγχου της ροής. Η λειτουργία τους βασίζεται στο ότι, όταν η πίεση στον αγωγό ξεπεράσει κάποια τιμή κατωφλίου, οι βαλβίδες ανοίγουν εξέρχεται νερό και έτσι αποφορτίζεται το δίκτυο.



Εικόνα 2.4 Αντιπληγματική βαλβίδα

2.6 Υδραυλικοί υπολογισμοί

Η υδραυλική κλειστών αγωγών μελετά τη ροή υπό πίεση σε αγωγούς με κλειστή διατομή που ρέουν πλήρεις. Δηλαδή, ο αγωγός είναι γεμάτος με το ρευστό το οποίο ρέει υπό την επίδραση μεταβολών του πιεζομετρικού του φορτίου χωρίς να έρχεται σε επαφή καμία παρειά του ρευστού με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Σε κάθε διατομή A της ροής, η συνολική υδραυλική ενέργεια H_A από κάποιο επίπεδο αναφοράς, ορίζεται ως εξής :

$$H_A = Z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} \quad (2.2)$$

Όπου:

Z_A : η κατακόρυφη απόσταση του άξονα του αγωγού από το επίπεδο αναφοράς ($z = 0$)

p_A : η πίεση του νερού στον αγωγό

$\gamma = \rho g$: το ειδικό βάρος του ρευστού

V_A : η μέση ταχύτητα του ρευστού στην υγρή διατομή

g : η επιτάχυνση της βαρύτητας

Για την έκφραση γραμμικών απωλειών h_f , κατά μήκος ενός αγωγού, εφαρμόζεται ο εξής τύπος:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (2.3)$$

Όπου:

h_f : οι γραμμικές απώλειες ενέργειας κατά μήκος του αγωγού (m)

f : ο συντελεστής γραμμικών απωλειών (αδιάστατος)

L : το μήκος του αγωγού (m)

D : η εσωτερική διάμετρος του αγωγού (m)

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

g : η επιτάχυνση της βαρύτητας ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

Ο συντελεστής f εξαρτάται από την ισοδύναμη τραχύτητα του αγωγού k_s (mm), και τον αριθμό Reynolds (Re , αδιάστατος) της ροής:

$$Re = \frac{\text{Δυνάμεις αδράνειας}}{\text{Δυνάμεις συνεκτικότητας}} = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (2.4)$$

Όπου:

V: η μέση ταχύτητα ροής

D: η διάμετρος του αγωγού

ν : η κινηματική συνεκτικότητα (ή κινηματικό ιξώδες) του νερού (για το καθαρό νερό $\nu \approx 10^{-6}$ mm²/s σε θερμοκρασία 20°C)

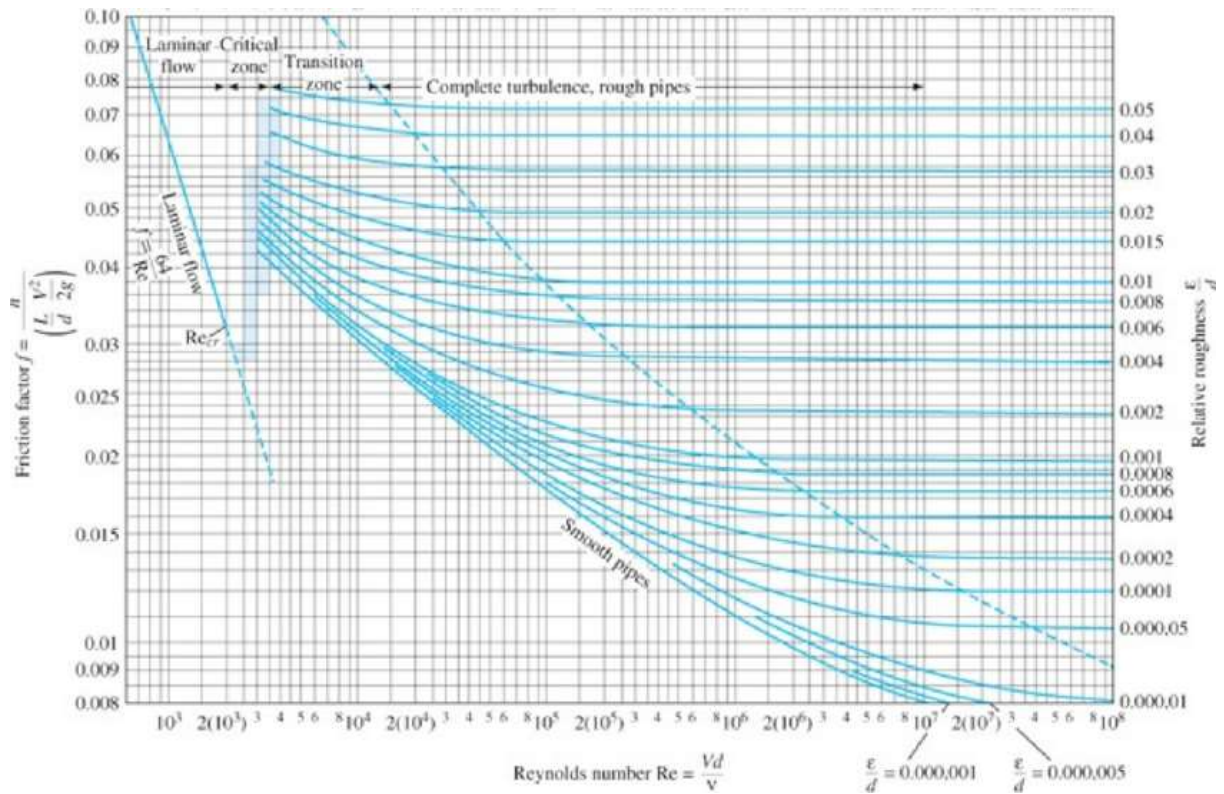
Σε περίπτωση στρωτής ροής (όταν δηλαδή $Re \leq 2000$), ο συντελεστής τριβής f είναι αντιστρόφως ανάλογος του αριθμού Reynolds της ροής και δεν επηρεάζεται από την ισοδύναμη τραχύτητα του αγωγού k_s :

$$f = \frac{64}{Re} \quad (2.5)$$

Σε περίπτωση τυρβώδους ροής, γίνεται χρήση της εξίσωσης των Colebrook – White :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{k_s}{3,71 D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (2.6)$$

Η παραπάνω εξίσωση λύνεται με δοκιμές. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί το διάγραμμα Moody.



Εικόνα 2.5 Διάγραμμα Moody

2.7 Ισοδύναμες τραχύτητες αγωγών δικτύων ύδρευσης

Για τον υπολογισμό των γραμμικών απωλειών, πρέπει να εκτιμηθεί η τιμή του συντελεστή τριβής f μέσω του διαγράμματος Moody. Επίσης, είναι απαραίτητο να είναι γνωστή η σχετική τραχύτητα του αγωγού k_s/D . Σύμφωνα με τους Ελληνικούς κανονισμούς, για τους αγωγούς που χρησιμοποιούνται στα συνήθη έργα ύδρευσης προβλέπονται οι ελάχιστες αποδεκτές τιμές ισοδύναμης τραχύτητας, k_s , οι οποίες φαίνονται παρακάτω:

- Για αγωγούς από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC): $k_s = 0,1 \text{ mm}$
- Για αμιαντοσωλήνες (Α/Σ): $k_s = 0,5 \text{ mm}$
- Για χαλυβδοσωλήνες (Χ/Σ): $k_s = 0,4 \text{ mm}$
- Για αγωγούς από υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο (HDPE): $k_s = 0,01 \text{ mm}$

Οι παραπάνω τιμές αναφέρονται σε ιδανικές συνθήκες, δηλαδή κατά την έναρξη λειτουργίας του έργου, όπου οι αγωγοί δεν έχουν επηρεαστεί από φαινόμενα διάβρωσης και επικαθίσεις αλάτων στα εσωτερικά τους τοιχώματα.

Οι παραπάνω τιμές της ισοδύναμης τραχύτητας πρέπει να προσαυξάνονται κατάλληλα ώστε να αποφεύγεται ο ξεχωριστός υπολογισμός των τοπικών απωλειών, καθώς και ο

συνυπολογισμός φαινομένων διάβρωσης και επικαθίσεων αλάτων στους αγωγούς έως και το πέρας της περιόδου σχεδιασμού του έργου.

2.8 Τοπικές απώλειες

Οι τοπικές απώλειες h_t δεν υπολογίζονται χωριστά κατά την υδραυλική επίλυση δικτύων ύδρευσης, αλλά έμμεσα μέσω κατάλληλης προσαύξησης του ισοδύναμου συντελεστή τραχύτητας k_s . Σε περίπτωση μερικώς ανοικτών δικλείδων και μειωτών πίεσης, λαμβάνονται υπόψη χωριστά, καθώς πραγματοποιούν στραγγαλισμό της ροής.

2.9 Πραγματικές απώλειες

Όλα τα δίκτυα ύδρευσης ανεξαρτήτως υλικού κατασκευής και παλαιότητας, εμφανίζουν πραγματικές απώλειες. Οι απώλειες οφείλονται σε ρηγματώσεις κατά μήκος των αγωγών, ατέλειες στις συνδέσεις τους, αλλά και σε πιθανές υπερχειλίσσεις στις δεξαμενές ρύθμισης και στα φρεάτια αποδόσεως/πιεζοθραύσεως. Οι αστοχίες που σχετίζονται με τους αγωγούς του δικτύου και τις συνδέσεις τους, είναι αποτέλεσμα εγγενών, λειτουργικών και περιβαλλοντικών παραγόντων, οι οποίοι επιδρούν στο δίκτυο από την κατασκευή του καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του. Παράλληλα, σημαντικό ρόλο στις πραγματικές απώλειες, έχει η αρχική ανάλυση και ο σχεδιασμός του δικτύου, κυρίως ως προς: α) τον υπολογισμό του ωφέλιμου όγκου των δεξαμενών ρύθμισης και των φρεατίων αποδόσεως/πιεζοθραύσεως ώστε να αποφεύγονται οι υπερχειλίσσεις, β) τον προσδιορισμό της αντοχής των αγωγών σε μηχανικές καταπονήσεις τόσο κατά την τοποθέτηση όσο και από εξωτερικούς παράγοντες κατά τη λειτουργία του δικτύου, με στόχο την ελαχιστοποίηση των ρηγματώσεων, και γ) τη μείωση των πιέσεων λειτουργίας του δικτύου, με σκοπό να περιορίζεται η καταπόνηση των αγωγών από φορτία πιέσεων, όσο και το μέγεθος των πραγματικών διαρροών.

Η Διεθνής Ένωση για το Νερό (International Water Association - IWA) πρότεινε τον διαχωρισμό σε απώλειες βάσεως και σε απώλειες λόγω θραύσεων αγωγών. Οι διαρροές βάσης περιλαμβάνουν το σύνολο των μικρών αφανών διαρροών, των οποίων ο χωρικός εντοπισμός και η επιδιόρθωση θεωρούνται οικονομικά ασύμφορες. Με εξαίρεση περιπτώσεις όπου οι απώλειες αυξάνονται, σε σημείο που ο εντοπισμός είναι εφικτός και η επιδιόρθωση τους οικονομικά ανταποδοτική. Αντίθετα, οι απώλειες θραύσεων είναι οι εμφανείς ή μη εμφανείς, προερχόμενες από σημαντική και εκτεταμένη θραύση αγωγών. Απαιτούν άμεσο εντοπισμό και επιδιόρθωση, καθώς επηρεάζουν τη λειτουργία του δικτύου. Οι θραύσεις συνήθως

εντοπίζονται εύκολα. Ο όγκος των απωλειών βάσης είναι αρκετά μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο των απωλειών θραύσεων.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί και εφαρμοστεί διάφορες μέθοδοι με σκοπό την μείωση των απωλειών ύδατος σε δίκτυα ύδρευσης, σε κάποιες περιπτώσεις τα αποτελέσματα ήταν αξιοσημείωτα. Ωστόσο, η εφαρμογή τους είναι πολύπλοκη καθώς προϋποθέτει τη συνεργασία πολλών φορέων και υπηρεσιών, αλλά και της κοινωνίας. Σε περιοχές όπου υπάρχει επάρκεια πόρων, παρατηρείται συχνά να μη δίδεται η απαραίτητη προσοχή στην προσπάθεια μείωσης των απωλειών νερού, καθώς η χαμηλή τιμή του δεν δημιουργεί το απαιτούμενο κίνητρο ούτε για τους υπεύθυνους αλλά ούτε και για τους πολίτες. Επίσης, υπάρχει η αντίληψη της υπεραφθονίας νερού, η οποία οδηγεί σε αλόγιστη κατανάλωση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την άνιση κατανομή του πόσιμου νερού σε λιγότερο ευνοημένες περιοχές, αλλά και την υπονόμηση της κοινωνικής ισότητας. Συνεπώς, είναι απαραίτητη η ενημέρωση όλων των κοινωνικών ομάδων σχετικά με τη σημασία των διαθέσιμων υδατικών πόρων καθώς και η θέσπιση κανόνων ορθής κατανάλωσης, με στόχο την υπεύθυνη, οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον αγωγή όλων των γενεών.

2.10 Εξαρτήσεις απωλειών

Οι παράγοντες που οδηγούν στη δημιουργία ρηγματώσεων στους αγωγούς ύδρευσης χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- 1) Κατασκευαστικοί ή φυσικοί παράγοντες
- 2) Εξωτερικοί ή περιβαλλοντικοί παράγοντες
- 3) Εσωτερικοί ή υδραυλικοί παράγοντες
- 4) Παράγοντες που σχετίζονται με τη συντήρηση και τις επισκευές του δικτύου

Στις παραπάνω κατηγορίες μπορεί να προστεθεί και ο ανθρώπινος παράγοντας, ο οποίος επηρεάζει το δίκτυο κατά το στάδιο σχεδιασμού και κατασκευής, αλλά και κατά τη διάρκεια λειτουργίας του.

2.10.1 Κατασκευαστικοί ή φυσικοί παράγοντες:

Στους κατασκευαστικούς παράγοντες περιλαμβάνεται η διάμετρος, η ηλικία και το υλικό κατασκευής των αγωγών. Επίσης, θεωρείται σημαντικός και ο αριθμός συνδέσεων ανά μονάδα μήκους αγωγού, καθώς μεγάλο ποσοστό των απωλειών βάσης οφείλεται σε ατέλειες στις συνδέσεις μεταξύ αγωγών.

- **Διάμετρος και πάχος τοιχωμάτων αγωγών:**

Αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για την πραγματική αντοχή των αγωγών και κατά συνέπεια για την τρωτότητα τους σε εγγενείς, λειτουργικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες.

- **Υλικό κατασκευής αγωγών:**

Τα πιο συνηθισμένα υλικά κατασκευής αγωγών είναι το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), το υψηλής ποιότητας πολυαιθυλένιο (HDPE), ο χάλυβας και το αμιαντοτσιμέντο. Υψηλότερα ποσοστά αστοχίας εμφανίζουν οι αμιαντοτσιμεντοσωλήνες, οι οποίοι έχουν καταργηθεί από την κατασκευή νέων δικτύων ύδρευσης, κυρίως λόγω της γήρανσης τους. Ακολουθούν οι χαλυβδοσωλήνες, στη συνέχεια οι αγωγοί από PVC και τέλος χαμηλότερη συχνότητα αστοχιών φαίνεται να παρουσιάζουν οι αγωγοί από HDPE.

- **Ηλικία δικτύου:**

Η ηλικία των αγωγών ενός δικτύου ύδρευσης, συνδέεται άμεσα με την τρωτότητα του. Στην περίπτωση των χαλυβδοσωλήνων, η οξειδωση του υλικού με την πάροδο του χρόνου οδηγεί στη μείωση της διατομής τους και σε μείωση της αντοχής τους, καθιστώντας τους πιο ευάλωτους σε μεταβολές της εσωτερικής πίεσης αλλά και σε εξωτερικούς παράγοντες φορτίσεων. Ο χρόνος ζωής των χαλυβδοσωλήνων κυμαίνεται από 40 έως 100 έτη. Οι τιμές αυτές αφορούν δίκτυα όπου: α) η τοποθέτηση των αγωγών και οι μεταξύ τους συνδέσεις δεν υπόκεινται σε ατέλειες, β) εξασφαλίζονται οι κατάλληλες συνθήκες λειτουργίας και προστασίας από εξωγενείς παράγοντες και γ) εφαρμόζεται η συντήρηση του δικτύου σύμφωνα με τις κατασκευαστικές απαιτήσεις. Σε διαφορετική περίπτωση, η εκτιμώμενη διάρκεια ζωής μειώνεται σημαντικά.

Τονίζεται ότι η χρήση χαλυβδοσωλήνων αποτελεί μοναδική λύση για ονομαστικές διαμέτρους μεγαλύτερες των 630 mm και για πιέσεις που υπερβαίνουν τις 32 atm. Λόγω του ότι οι αυξημένες απαιτήσεις σε διάμετρο και πίεση συνδέονται συνήθως με σημαντικά έργα ύδρευσης, είναι σημαντική η όσο το δυνατόν ακριβέστερη εκτίμηση του χρόνου αντικατάστασης των χαλυβδοσωλήνων.

Για τους αγωγούς από PVC, η αντοχή τους παραμένει ικανοποιητική για διάστημα που φτάνει έως και τα 100 χρόνια από την εγκατάστασή τους. Το γεγονός αυτό θεωρείται λογικό υπό ιδανικές συνθήκες τοποθέτησης και λειτουργίας του δικτύου, καθώς το PVC δεν παρουσιάζει

οξειδώσεις και οι φυσικές του ιδιότητες μεταβάλλονται με αργό ρυθμό με την πάροδο του χρόνου.

Επειδή ο αμίαντος είναι επικίνδυνος κατά την εισπνοή του, η παραγωγή και χρήση αμιαντοσωλήνων σε δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης έχουν διακοπεί. Ακόμα, στα υφιστάμενα δίκτυα οι παλαιοί αγωγοί από αμιαντοτσιμέντο αντικαθίστανται σταδιακά με την πρώτη ευκαιρία.

- **Πυκνότητα συνδέσεων:**

Ο αριθμός συνδέσεων ανά μονάδα μήκους αγωγού αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ομαλή λειτουργία του δικτύου, αφού η πιθανότητα εμφάνισης αστοχιών και ατελειών αυξάνεται αναλογικά με την πυκνότητα των συνδέσεων. Από αυτή την άποψη, οι αγωγοί από HDPE θεωρούνται προτιμότεροι, δεδομένου ότι για διαμέτρους έως Φ125 διατίθενται σε ρολά των 100 μέτρων, μειώνοντας έτσι τον αριθμό των απαιτούμενων συνδέσεων.

2.10.2 Εξωτερικοί ή περιβαλλοντικοί παράγοντες

Οι εξωτερικοί παράγοντες περιλαμβάνουν τις εδαφικές συνθήκες, τη θερμοκρασία και τυχόν εξωτερικές φορτίσεις του αγωγού.

- **Εδαφικές συνθήκες:**

Το έδαφος παίζει καθοριστικό ρόλο στην προστασία των αγωγών από εξωτερικές επιδράσεις. Οι αγωγοί ύδρευσης τοποθετούνται πάντα σε σκάμμα με επικάλυψη τουλάχιστον ενός μέτρου, ώστε να εξασφαλίζεται η προστασία από θερμοκρασιακές μεταβολές, η ηλιακή ακτινοβολία και τα φορτία από τροχοφόρα. Για την πλήρωση του σκάμματος γίνεται χρήση διαβαθμισμένου αμμοχάλικου, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα συμπύκνωσης.

Το φαινόμενο των εδαφικών καθιζήσεων λόγω εξωτερικών παραγόντων είναι ιδιαίτερα συχνό. Οι καθιζήσεις προκαλούν χαλάρωση του αρχικά συμπυκνωμένου αμμοχάλικου γύρω από τον αγωγό, με αποτέλεσμα την αύξηση των εφελκυστικών τάσεων στα τοιχώματα του. Ακόμα, εξαιτίας της χαλάρωσης του εδάφους, οι αγωγοί ενδέχεται να υποστούν υπέργειες φορτίσεις από φυσικές διεργασίες ή ανθρώπινες δραστηριότητες. Το χαλαρό έδαφος μπορεί επίσης να προκαλέσει ρωγμές ή οπές στους αγωγούς εξαιτίας των αδρανών που περιέχει. Πιο συγκεκριμένα, η γωνιώδης μορφή των αδρανών σε συνδυασμό με εξωτερικές φορτίσεις υπάρχει περίπτωση να δημιουργήσει σημειακές φορτίσεις στα τοιχώματα των αγωγών, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ρηγματώσεων.

Η επιφανειακή διάβρωση του εδάφους, έχει ως αποτέλεσμα την έκθεση των αγωγών σε παράγοντες που δύνανται να αλλοιώσουν το υλικό κατασκευής και να επηρεάσουν την αντοχή τους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η υγρασία σε συνδυασμό με τον ατμοσφαιρικό αέρα για τους χαλυβδοσωλήνες, η ηλιακή ακτινοβολία για τους αγωγούς από PVC και HDPE, αλλά και διάφορα διαβρωτικά άλατα τα οποία μπορεί να περιέχονται στους εδαφικούς σχηματισμούς γύρω από το σκάμμα. Πιο συγκεκριμένα, για τους χαλυβδοσωλήνες, ο κίνδυνος οξείδωσης από έξω προς τα μέσα λόγω των διαβρωτικών αλάτων είναι αυξημένος. Το διαβρωμένο μέταλλο προκαλεί προβλήματα στην ποιότητα αλλά και στη γεύση του νερού. Ακόμα, σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να καταστεί επικίνδυνο για την δημόσια υγεία.

- **Θερμοκρασία:**

Οι αγωγοί από PVC και HDPE επηρεάζονται αρνητικά από την αύξηση της θερμοκρασίας, καθώς μειώνεται η μηχανική τους αντοχή. Ακόμα, για θερμοκρασίες κάτω του μηδενός, υπάρχει κίνδυνος θραύσης των αγωγών λόγω της δημιουργίας πάγου στο εσωτερικό τους, αφού το νερό, το υλικό των αγωγών καθώς και το έδαφος παρουσιάζουν διαφορετικούς συντελεστές θερμικής διαστολής. Επιπλέον, λόγω των θερμοκρασιακών μεταβολών δημιουργούνται αυξομειώσεις στο μήκος των αγωγών, οι οποίες φορτίζουν τις συνδέσεις και ενδέχεται να διαταράξουν τη συμπίκνωση του εδάφους γύρω από τους αγωγούς. Η μεταβολή μήκους ενός αγωγού που υπόκειται σε θερμοκρασιακή μεταβολή δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad (2.7)$$

Όπου:

ΔL : η μεταβολή μήκους του αγωγού (mm)

L : το αρχικό μήκος του αγωγού (m)

α : ο συντελεστής θερμικής διαστολής (mm/m/°C)

ΔT : η θερμοκρασιακή μεταβολή (°C)

- **Εξωτερικές φορτίσεις:**

Η αύξηση του βάθους τοποθέτησης των αγωγών μειώνει τις τάσεις που μεταφέρονται στον αγωγό από εξωτερικές φορτίσεις, επομένως μειώνει και την πιθανότητα αστοχίας. Παρόλα αυτά δεν υπάρχουν επαρκείς μελέτες σχετικά με το απαραίτητο βάθος τοποθέτησης των

αγωγών δικτύων ύδρευσης, σε συνάρτηση με τον τύπο και την ένταση των εξωτερικών φορτίσεων.

2.10.3 Εσωτερικοί ή υδραυλικοί παράγοντες

Στους εσωτερικούς παράγοντες περιλαμβάνονται η πίεση και η ταχύτητα ροής του νερού εντός του αγωγού.

- **Ταχύτητα:**

Οι υψηλές ταχύτητες του νερού προκαλούν φθορά στα εσωτερικά τοιχώματα των αγωγών και δημιουργούν βλάβες στις συνδέσεις τους. Επιπλέον, οι υπερπίεσεις/υποπίεσεις που αναπτύσσονται λόγω του υδραυλικού πλήγματος, αυξάνονται ανάλογα με την ταχύτητα του νερού στον αγωγό. Σε περίπτωση στιγμιαίου κλεισίματος δικλείδας οι αναπτυσσόμενες υπερπίεσεις στον αγωγό δίνονται από τη σχέση:

$$\Delta P = \rho \cdot a \cdot \Delta v \quad (2.8)$$

Όπου:

ρ : η πυκνότητα του νερού (kg/m^3)

a : η ταχύτητα διάδοσης του κύματος πίεσης ($\sim 10^3 \text{ m/s}$)

Δv : η μεταβολή της ταχύτητας του νερού κατά το κλείσιμο της δικλείδας

Συνεπώς, κατά τον σχεδιασμό νέων δικτύων και τον έλεγχο των υφιστάμενων είναι ιδιαίτερα σημαντική η τήρηση των περιορισμών ταχυτήτων για τη διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας του δικτύου.

- **Πίεση:**

Σύμφωνα με το θεώρημα Torricelli, η παροχή εξόδου του νερού Q από μία οπή με εμβαδό επιφάνειας A σε αγωγό, αυξάνεται ανάλογα με την τετραγωνική ρίζα του ύψους ενέργειας h στον αγωγό:

$$v \propto h^{0.5} \Rightarrow Q = v \cdot A \propto h^{0.5} \quad (2.9)$$

Επομένως, η αύξηση της πίεσης λειτουργίας ενός δικτύου ύδρευσης ή κάποιου τμήματος του έχει ως φυσική συνέπεια την αύξηση των πραγματικών απωλειών νερού.

2.10.4 Συντήρηση και επισκευές

Η συνεχής συντήρηση ενός δικτύου ύδρευσης αποτελεί σημαντικό παράγοντα προκειμένου να αυξηθεί ο χρόνος ζωής του και να μειωθούν οι πραγματικές απώλειες νερού. Ο ανθρώπινος παράγοντας συμμετέχει ενεργά σε όλα τα στάδια του έργου, από το σχεδιασμό και την κατασκευή, μέχρι τη λειτουργία και τη διαχείριση του. Ιδιαίτερη σημασία έχει επίσης η εμπειρία του μελετητή σχετικά με εγχώριες και διεθνείς πρακτικές σχεδιασμού δικτύων ύδρευσης και ελέγχου των διαρροών τους, όπως επίσης και η καλή γνώση των υδρευτικών αναγκών της περιοχής μελέτης. Όσον αφορά την κατασκευή και την συντήρηση του δικτύου ύδρευσης, το εμπλεκόμενο προσωπικό οφείλει να είναι πλήρως εξειδικευμένο, δεδομένου ότι η πλειονότητα των αστοχιών είναι αποτέλεσμα κακοτεχνιών.

Κεφάλαιο 3

3.1 Εισαγωγή

Το EPANET αποτελεί ένα ελεύθερα διαδεδομένο λογισμικό, το οποίο αναπτύχθηκε από την Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας των Η.Π.Α. (U.S. Environmental Protection Agency). Το πρόγραμμα επιτρέπει την προσομοίωση της υδραυλικής συμπεριφοράς και της ποιότητας του νερού σε δίκτυα υπό πίεση, ανεξαρτήτως μεγέθους και τοπογραφικών χαρακτηριστικών.

Ένα δίκτυο ύδρευσης περιλαμβάνει βασικά στοιχεία όπως κόμβους, ταμειυτήρες, δεξαμενές αποθήκευσης, σωληνώσεις, αντλίες και βαλβίδες. Μέσω του λογισμικού EPANET, είναι δυνατός ο υπολογισμός πίεσης στους κόμβους, της μεταβολής της στάθμης του νερού στις δεξαμενές, καθώς και της ταχύτητας ροής στους αγωγούς κατά τη διάρκεια μιας περιόδου προσομοίωσης που ορίζεται από τον χρήστη.

Το λογισμικό υποστηρίζει την εισαγωγή και την επεξεργασία δεδομένων, την εκτέλεση υδραυλικών και ποιοτικών προσομοιώσεων, καθώς και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε μορφή πινάκων, διαγραμμάτων ή χαρτών του δικτύου.

3.2 Εγκατάσταση του ελεύθερα διανεμόμενου λογισμικού EPANET

Η νεότερη έκδοση του λογισμικού EPANET 2.2 είναι ελεύθερα διαθέσιμη στην ιστοσελίδα: <https://www.epa.gov/sciencematters/epanet-220-epa-and-water-community-collaboration>, στην καρτέλα «Download EPANET» (Εικόνα 3.1).

The recently released EPANET 2.2.0 would not have been possible without the dedicated community of volunteer software developers at OWA. EPA's release of EPANET 2.2.0 represents a collaboration with the WDSA Standing Committee of the EWRI and the community at OWA. It also represents a new, community-based open source software approach to maintaining and advancing EPANET. EPANET 2.2.0 includes numerous substantial improvements over the former version. These include updates to the hydraulic and water quality engines by providing faster, more accurate, and more robust results compared to its predecessor. Everyone is welcome to participate in the EPANET project. Whether helping others to resolve issues, reporting a new unknown issue, suggesting a new feature that would benefit a workflow, or writing code, EPA values and appreciates the time and effort of all contributors. The path for contribution starts with entering an issue at <https://github.com/OpenWaterAnalytics/EPANET/issues>. Examine the open issues at this link and the conversation around them, and then get engaged!

EPANET 2.2.0 provides an updated and expanded open source water distribution system modeling tool to meet the vastly important needs of water utilities and the water community.

Learn More

[Download EPANET](#)

[US EPA's Github.com EPANET 2.2 Project](#)

[OpenWaterAnalytics/EPANET](#)

Last updated on June 23, 2025



Εικόνα 3.1 Εντοπισμός αρχείου εγκατάστασης.

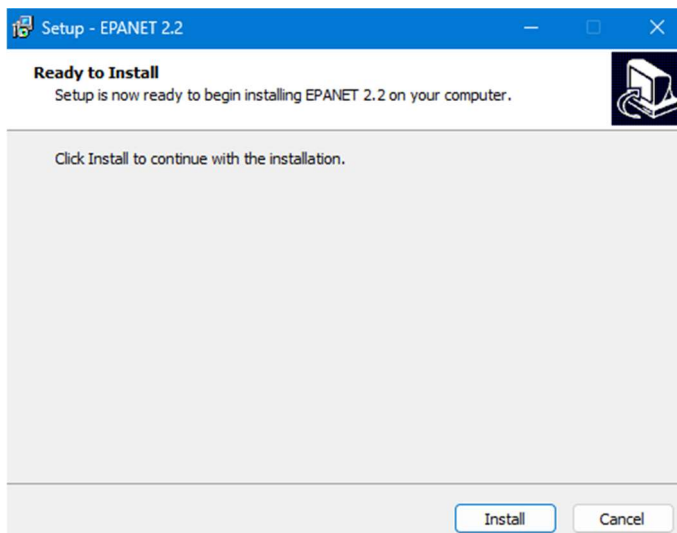
Στον πίνακα «Software», βρίσκεται ο σύνδεσμος που οδηγεί στη νεότερη έκδοση του λογισμικού. Συνιστάται η χρήση του συνδέσμου [Self-Extracting Installation Program for EPANET 2.2 \(EXE\)](#), μέσω του οποίου είναι δυνατή η άμεση λήψη και εγκατάσταση του προγράμματος (Εικόνα 3.2).

Software

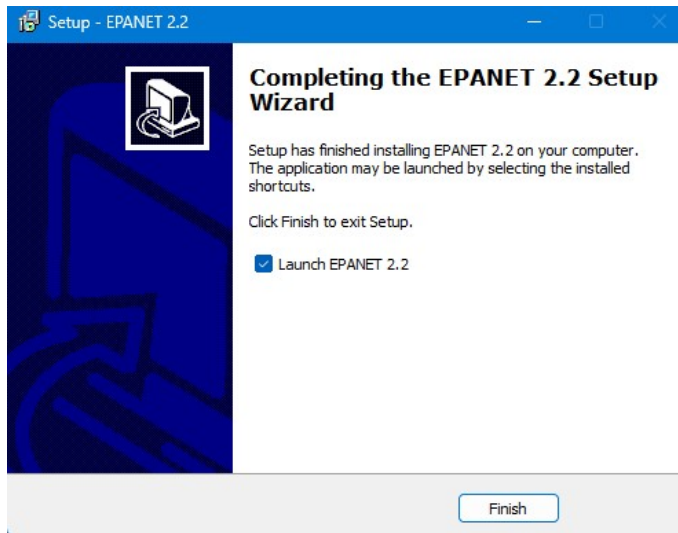
Date	Description
07/23/2020	Self-Extracting Installation Program for EPANET 2.2 (EXE) (3.5 MB)
07/23/2020	Non-Installing Software for EPANET 2.2 (ZIP) (2.84 MB)
10/01/2018	Self-Extracting Installation Program for EPANET 2.00.12 (EXE).(exe)

Εικόνα 3.2 Λήψη αρχείου εγκατάστασης.

Στο επόμενο παράθυρο που εμφανίζεται στην οθόνη (Εικόνα 3.3), γίνεται επιλογή της εντολής «Install» ώστε να ξεκινήσει η διαδικασία εγκατάστασης του λογισμικού. Αφού ολοκληρωθεί η εγκατάσταση του λογισμικού, εμφανίζεται το παράθυρο της Εικόνας 3.4, στο οποίο επιλέγεται η εντολή «Finish», έτσι ώστε να ολοκληρωθεί η διαδικασία. Το λογισμικό μοντελοποίησης και υδραυλικής προσομοίωσης εσωτερικών δικτύων ύδρευσης είναι πλέον εγκατεστημένο με το όνομα EPANET 2.2.



Εικόνα 3.3 Εγκατάσταση EPANET.



Εικόνα 3.4 Ολοκλήρωση εγκατάστασης EPANET.

3.3 Διαστασιολόγηση εσωτερικού δικτύου ύδρευσης

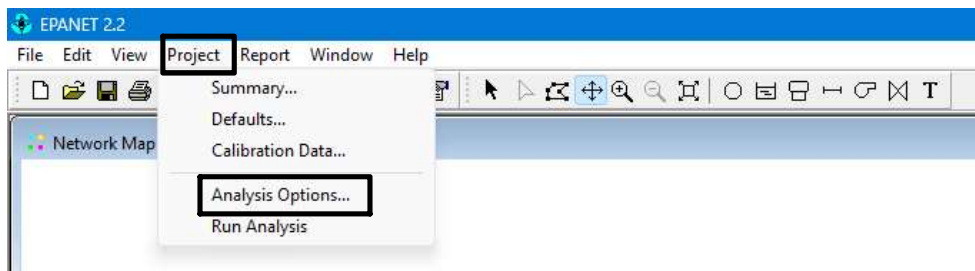
Για διευκόλυνση του χρήστη στα επόμενα στάδια της διαδικασίας, προτείνεται η διαμόρφωση ενός σκαριφήματος του δικτύου ύδρευσης που θα επιλυθεί. Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 3.5) φαίνεται το σκαρίφημα του δικτύου προς επίλυση.



Εικόνα 3.5 Σκαρίφημα δικτύου ύδρευσης του υπό μελέτη οικισμού.

Προκειμένου να αναγνωρισθεί το σκαρίφημα από το λογισμικό απαιτείται η αποθήκευση του υπό τη μορφή αρχείου εικόνας, με κατάληξη .bmp, .wmf, .emf, σε κάποια θέση του υπολογιστή.

Στην αρχική οθόνη του προγράμματος στην καρτέλα «Project/Analysis Options», πραγματοποιείται ο ορισμός των μονάδων παροχής (Flow Units) σε LPS (λίτρα ανά δευτερόλεπτο).








Εικόνα 3.6 Ρύθμιση μοντέλου ανάλυσης.

Για την μέθοδο των απωλειών ενέργειας κατά μήκος των υπολογιστικών μελών (Headloss Formula), επιλέγεται η μέθοδος D – W (Darcy Weisbach), η οποία θεωρείται μία από τις πιο ακριβείς μεθόδους στη μελέτη υδραυλικών δικτύων. Οι υπόλοιπες ρυθμίσεις παραμένουν στις προεπιλεγμένες τιμές καθώς δεν απαιτείται κάποια περαιτέρω αλλαγή.

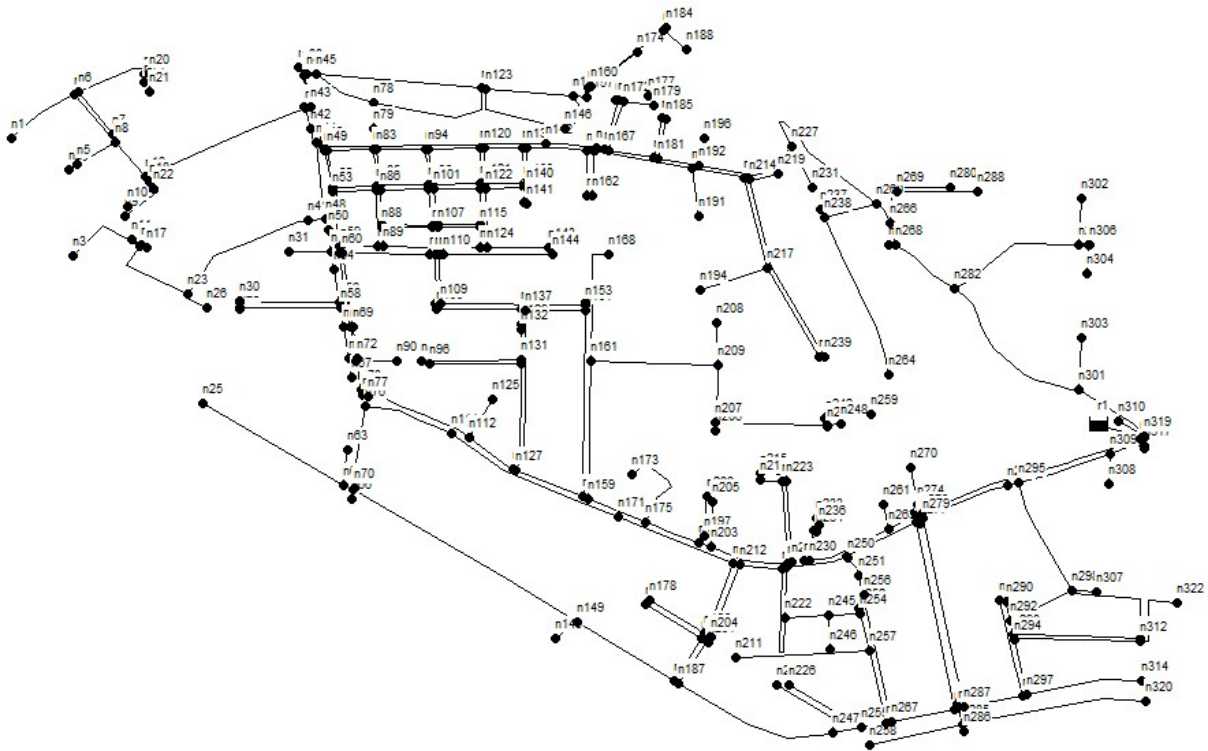
Property	Value
Flow Units	LPS
Headloss Formula	D-W
Specific Gravity	1
Relative Viscosity	1
Maximum Trials	40
Accuracy	0.001
If Unbalanced	Continue
Default Pattern	1
Demand Multiplier	1.0
Emitter Exponent	0.5
Status Report	No

Εικόνα 3.7 Χαρακτηριστικά μοντέλου επίλυσης.

Στη συνέχεια εισάγονται στο λογισμικό τα απαραίτητα χαρακτηριστικά των επιμέρους στοιχείων του δικτύου, τα οποία είναι οι κόμβοι (junctions) , οι δεξαμενές (reservoirs)

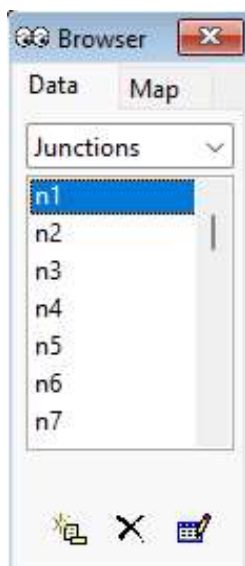
, οι αγωγοί (pipes) , οι αντλίες (pumps)  και οι βαλβίδες (valves) , για την επίλυση του.

Παρακάτω φαίνεται το αρχείο εικόνας στο οποίο έχουν σχεδιαστεί η δεξαμενή του οικισμού, οι κόμβοι n1 – n322 και τα υπολογιστικά μέλη που τους συνδέουν L1 – L360.



Εικόνα 3.8 Δίκτυο ύδρευσης του οικισμού στο λογισμικό EPANET.

Στο δεξί τμήμα της οθόνης του λογισμικού, βρίσκεται το παράθυρο «Browser», στο οποίο περιλαμβάνονται όλα τα επιμέρους στοιχεία του δικτύου (Εικόνα 3.9).



Εικόνα 3.9 Παράθυρο Browser.

Επιλέγοντας οποιοδήποτε στοιχείο του δικτύου από το παράθυρο «Browser», εμφανίζεται το παράθυρο ιδιοτήτων/χαρακτηριστικών («Properties»), στο οποίο υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας και τροποποίησης των χαρακτηριστικών του. Πιο συγκεκριμένα μπορούν να μεταβληθούν: α) ονόματα κόμβων και υπολογιστικών μελών, β) σημεία σταθερού ενεργειακού υψομέτρου (m), γ) υψόμετρα εδάφους (m) και παροχές (l/s) των υπολογιστικών κόμβων, δ) διάμετροι (mm), μήκη (m) και ισοδύναμες τραχύτητες (mm) των υπολογιστικών μελών.

Junction n1	
Property	Value
*Junction ID	n1
X-Coordinate	2.72
Y-Coordinate	35.51
Description	
Tag	
*Elevation	26.32
Base Demand	0.07637019
Demand Pattern	
Demand Categories	1
Emitter Coeff.	
Initial Quality	

Εικόνα 3.10 Παράθυρο ιδιοτήτων υπολογιστικού κόμβου n1.

Property	Value
*Pipe ID	L2
*Start Node	n164
*End Node	n165
Description	
Tag	
*Length	4.095781
*Diameter	97.9
*Roughness	0.5
Loss Coeff.	0
Initial Status	OPEN
Bulk Coeff.	

Εικόνα 3.11 Παράθυρο ιδιοτήτων υπολογιστικού μέλους L2.

3.4 Διαστασιολόγηση για τα θερινά σενάριο κανονικής και έκτακτης λειτουργίας

Με διπλό αριστερό κλικ επιλέγονται διαδοχικά όλοι οι υπολογιστικοί κόμβοι του δικτύου, προκειμένου να εισαχθούν οι τιμές των καταναλώσεων (Base Demand) που έχουν υπολογιστεί για το σενάριο κανονικής λειτουργίας.

Αφού ολοκληρωθεί η εισαγωγή των παροχών στους κόμβους πραγματοποιείται η επίλυση με την εντολή «Run». Σε περίπτωση που η διαδικασία επίλυσης οδηγήσει σε αρνητικές τιμές πίεσης στους κόμβους παράγεται ανάλογο μήνυμα.

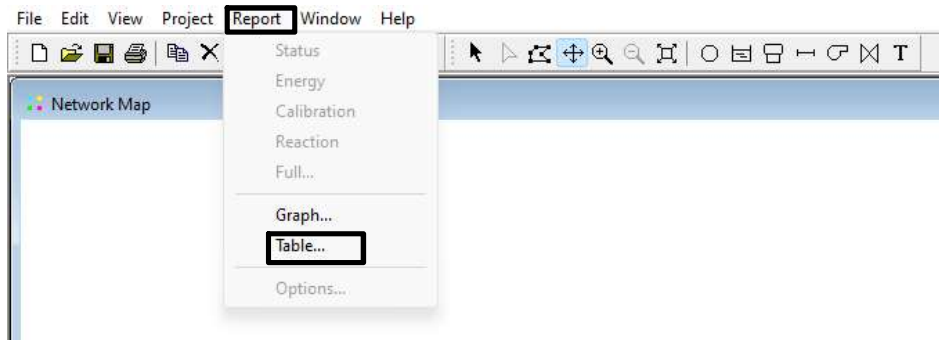


Εικόνα 3.12 Επίλυση του δικτύου.

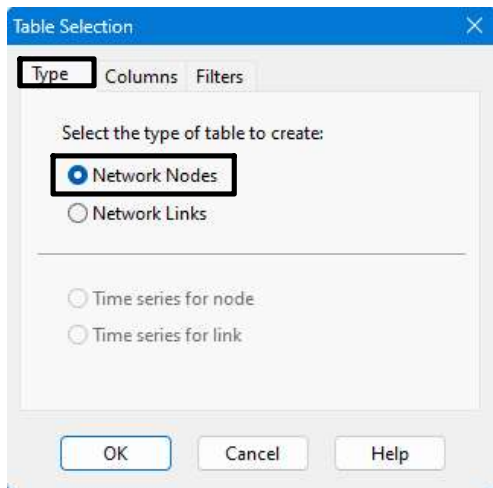
Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία επίλυσης ακολουθεί η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ως προς την ικανοποίηση των περιορισμών σχεδιασμού. Συγκεκριμένα εξετάζονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες ταχύτητες στα υπολογιστικά μέλη και οι ελάχιστες επιτρεπόμενες πιέσεις στους υπολογιστικούς κόμβους του δικτύου.

Από την καρτέλα «Report/Table» του κυρίως μενού του λογισμικού, υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας πινάκων υδραυλικών χαρακτηριστικών της ροής στα υπολογιστικά μέλη, αλλά και των παροχών εξόδου και των πιέσεων στους υπολογιστικούς κόμβους. Ειδικότερα, στο παράθυρο που εμφανίζεται στην οθόνη, στην καρτέλα «Type» επιλέγεται αρχικά «Network Nodes» και στην καρτέλα «Columns» επιλέγονται τα γεωμετρικά υδραυλικά χαρακτηριστικά

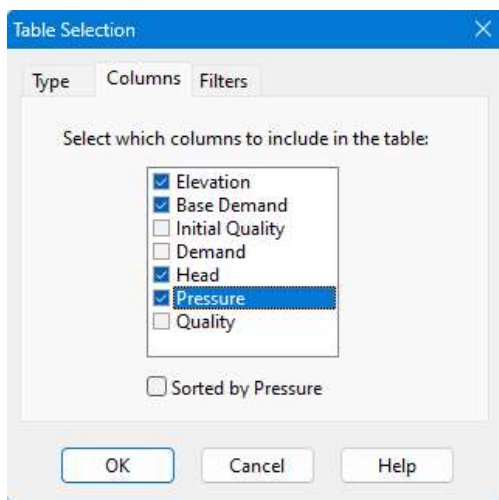
των υπολογιστικών κόμβων που επιθυμεί ο χρήστης να εμφανιστούν. Για τις ανάγκες του παραδείγματος επιλέχθηκαν τα εξής: Elevation (υψόμετρο κόμβου), Base Demand (παροχή εξόδου/κατανάλωση), Head (υψόμετρο γραμμής ενέργειας) και Pressure (υψόμετρο πιεζομετρικής γραμμής).



Εικόνα 3.13 Δημιουργία πινάκων παρουσίασης αποτελεσμάτων.

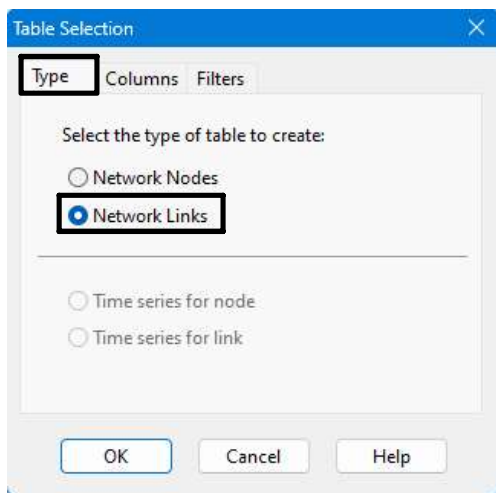


Εικόνα 3.14 Επιλογή εμφάνισης αποτελεσμάτων υπολογιστικών κόμβων.

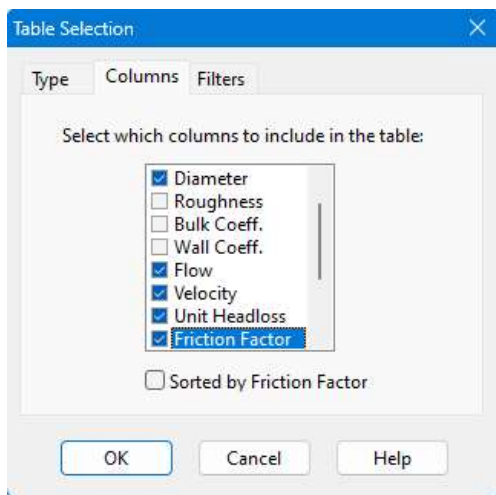


Εικόνα 3.15 Επιλογή χαρακτηριστικών υπολογιστικών κόμβων.

Στη συνέχεια επαναλαμβάνεται η παραπάνω διαδικασία, με τη διαφορά ότι στην καρτέλα «Type» επιλέγεται «Network Links», ενώ στην καρτέλα «Columns» τα αντίστοιχα γεωμετρικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά των υπολογιστικών μελών που επιθυμεί ο χρήστης. Για τις ανάγκες του παραδείγματος επιλέχθηκαν τα ακόλουθα πεδία: Diameter (εσωτερική διάμετρος), Flow (ροή), Velocity (ταχύτητα στο υπολογιστικό μέλος), Unit Headloss (κλίση της γραμμής ενέργειας) και Friction Factor (συντελεστής γραμμικών απωλειών).



Εικόνα 3.16 Επιλογή εμφάνισης αποτελεσμάτων υπολογιστικών μελών.



Εικόνα 3.17 Επιλογή χαρακτηριστικών υπολογιστικών μελών.

Έπειτα αποτελέσματα εμφανίζονται σε μορφή πινάκων όπως θα δούμε στα Κεφάλαια 4 και 5.

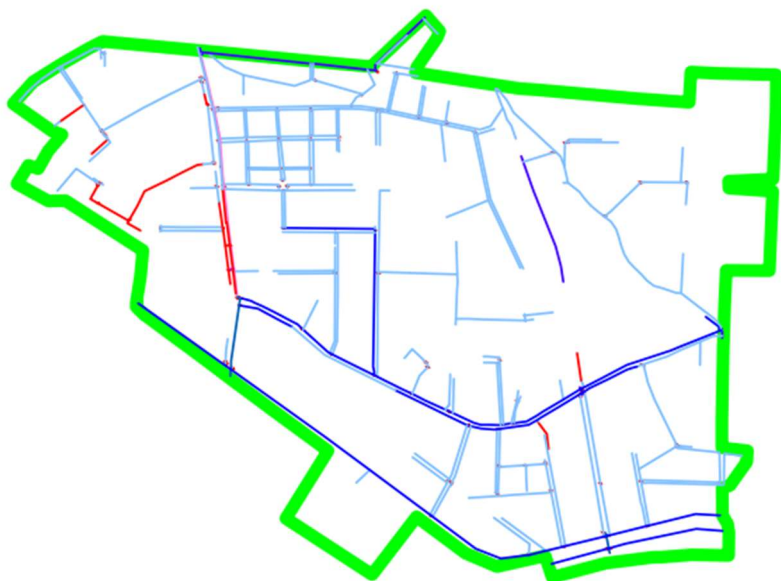
Κεφάλαιο 4

4.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά η διαδικασία σχεδιασμού της ζώνης διαχείρισης πίεσης «Πέλοπος» στο λογισμικό EPANET. Ακόμα, πραγματοποιείται η εκτίμηση της παροχής εισόδου και ο χωρικός καταμερισμός της σχετικής ζήτησης νερού στους υπολογιστικούς κόμβους.

4.2 Σχεδιασμός υπό μελέτης ζώνης

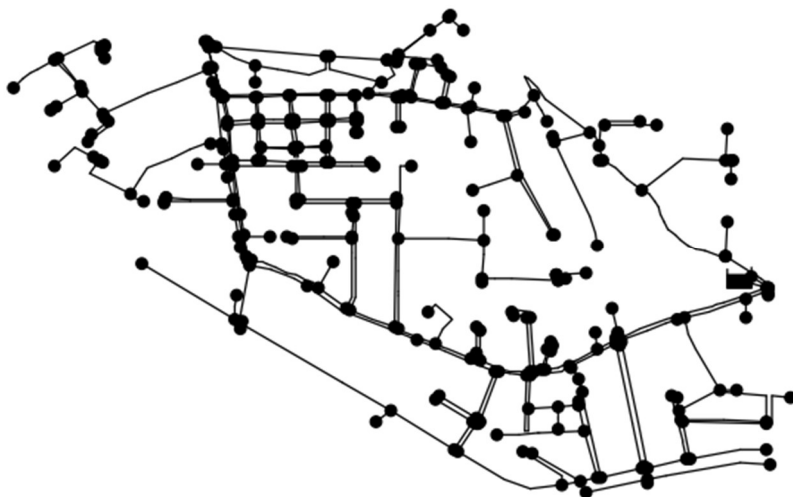
Παραλήφθηκε από τη ΔΕΥΑΠ σε μορφή ηλεκτρονικού σχεδίου (AutoCAD), το αρχείο γεωμετρίας της ζώνης «Πέλοπος», το οποίο περιέχει την γεωμετρία των αγωγών μαζί με βασικές πληροφορίες για αυτούς (υλικό κατασκευής και ονομαστική διάμετρος). Ειδικότερα οι αγωγοί που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι PE (Polyethylene) και PVC (Polyvinyl chloride) με διαμέτρους 32mm – 315mm (συγκεκριμένα υφίστανται PE 32 – PE 315 και PVC 63 – PVC 110).



Εικόνα 4.1 Αρχείο Autocad ζώνης διαχείρισης πίεσης «Πέλοπος»

Με βάση το παραπάνω αρχείο, έγινε η χάραξη του δικτύου διανομής και ο καθορισμός των υπολογιστικών κόμβων στο λογισμικό EPANET 2.2 (Εικόνα 4.2). Τοποθετήσαμε τους αγωγούς (pipes), τους κόμβους (junctions) και την δεξαμενή (reservoir). Για την υδραυλική ορθολογική μοντελοποίηση της ζώνης, τοποθετήθηκαν υπολογιστικοί κόμβοι σε όλα τα κρίσιμα σημεία της τροφοδοσίας. Συγκεκριμένα τοποθετήθηκαν κόμβοι: α) στις δεξαμενές και

φρεάτια, β) στα σημεία διακλαδώσεων, γ) στα σημεία αλλαγής διαμέτρου ή υλικού των αγωγών, δ) στις θέσεις ειδικών καταναλωτών (π.χ. πλυντήρια αυτοκινήτων) και ε) στις θέσεις πλησίον κρουνών πυρόσβεσης. Η παραπάνω επιλογή πραγματοποιήθηκε βάσει της σχετικής εργασίας των Serafeim et al. (2023).



Εικόνα 4.2 Αρχείο EPANET ζώνη «Πέλοπος»

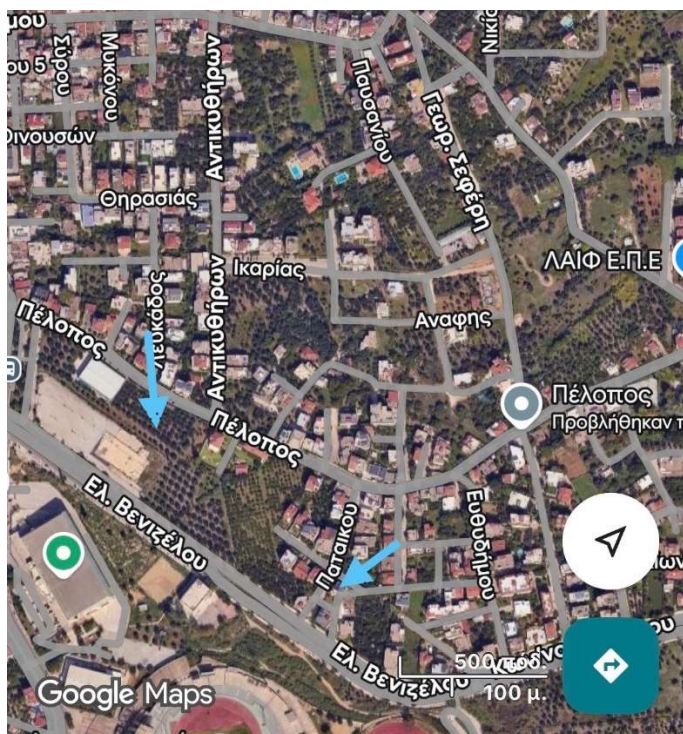
Προκειμένου να οριστούν τα υπολογιστικά μέλη (pipes) είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε το μήκος (length), την διάμετρό (diameter) και την τραχύτητά τους (roughness), εκ των οποίων τα δυο πρώτα προήλθαν απευθείας από το αρχείο AutoCAD της ζώνης. Οι ελάχιστες αποδεκτές τιμές του συντελεστή τραχύτητας (k_s) με βάση τους Ελληνικούς κανονισμούς για αγωγούς ΡΕ και PVC είναι 0.01 και 0.1mm αντίστοιχα. Όσο αυξάνεται η ηλικία των αγωγών και σε συνδυασμό με τις τοπικές απώλειες (διακλαδώσεις, αλλαγές κατευθύνσεων κ.λ.π.) παρατηρείται και η αύξηση της τραχύτητας, με αποτέλεσμα να απαιτείται λήψη ενός αυξημένου συντελεστή τραχύτητας. Στην παρούσα εργασία επιλέγουμε συντελεστής τραχύτητας ίσο με 0.5mm.

Επισημαίνεται πως σε αρκετά σημεία κατά μήκος των αγωγών της ζώνης υπάρχουν βάνες οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να ανοίγουν ή να κλείνουν τη ροή του νερού. Για τις ανάγκες της προσομοίωσης του δικτύου όλες οι βάνες θεωρούνται ανοιχτές έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ελεύθερη ροή σε όλους τους αγωγούς.

4.3 Υπολογισμός ζήτησης κόμβων

Αρχικά επισκεφτήκαμε την ιστοσελίδα : https://gissrvweb.geopatras.gr/dpgis/?fbclid=IwAR170gMo9I1nixnsW5Ra4iJVIPv_fkrP641

[Wm6fiOgs4ZWjr0XXr2vai1ak](#) (τελευταία επίσκεψη, 13 Σεπτεμβρίου 2025), η οποία περιέχει τη γεωπληροφορία του δήμου Πατρέων. Στη συνέχεια εντοπίσαμε την περιοχή ενδιαφέροντος και αντιστοιχήσαμε τα οικοδομικά τετράγωνα (Ο.Τ.) με τον πληθυσμό τους, ο οποίος προέκυψε από τα αρχεία της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας. Παρατηρήσαμε πως κάποια οικοδομικά τετράγωνα δεν έχουν πληθυσμό, έτσι με τη χρήση του Google Maps διαπιστώθηκε ότι αυτά τα τετράγωνα είναι κενά οικόπεδα (μπορούμε να τα διακρίνουμε παρακάτω).



Εικόνα 4.3 Κενά οικοδομικά τετράγωνα της ζώνης «Πέλοπος»

Για να προσδιορίσουμε τον πληθυσμό των υπόλοιπων Ο.Τ. για τα οποία δεν γνωρίζουμε τον πληθυσμό τους, αλλά ούτε και αντιστοιχούν σε κάποια από τις ειδικές κατηγορίες (ειδικός καταναλωτής, πλατεία) υπολογίσαμε το άθροισμα του πληθυσμού των οικοδομικών τετραγώνων των οποίων ο πληθυσμός δίνεται και αντίστοιχα υπολογίσαμε το συνολικό τους εμβαδό.

Σύνολο πληθυσμού Ο.Τ. = 3346 κάτοικοι

Σύνολο Εμβαδού Ο.Τ. με γνωστό πληθυσμό = 689085.93 m²

Πληθυσμιακή πυκνότητα ανά εμβαδόν = 0.004855708 (κάτοικοι/m²)

Για να υπολογίσουμε την μέγιστη ημερήσια παροχή ($Q_{\max, \text{ημερ}}$) γνωρίζουμε ότι για τους μόνιμους κατοίκους η ειδική μέση ημερήσια κατανάλωση κυμαίνεται μεταξύ 120-150 lt/κατ/d.

Εδώ χρησιμοποιήθηκε η τιμή $q_{MON} = 130 \text{ lt/καταναλωτή} * \text{day}$, στην οποία θεωρούμε ότι συμπεριλαμβάνονται και οι απώλειες νερού (δηλαδή διαρροές) του δικτύου (βλέπε Serafeim et al., 2024).

Η μέση ημερήσια παροχή υπολογίζεται από τη σχέση (4.1) :

$$Q_{\max, \eta\mu\epsilon\rho} = 0.130 \text{m}^3 / \text{κατ/d} * P * \lambda_1 \quad (4.1)$$

Όπου:

$P = \rho$ πληθυσμός κάθε οικοδομικού τετραγώνου

$\lambda_1 = 1.5$ (μόνιμοι κάτοικοι, θερινές καταναλώσεις) (Κανέλλος, 2016, σ. 80)

Για την μέγιστη ωριαία παροχή γίνεται χρήση της παρακάτω σχέσης (4.2):

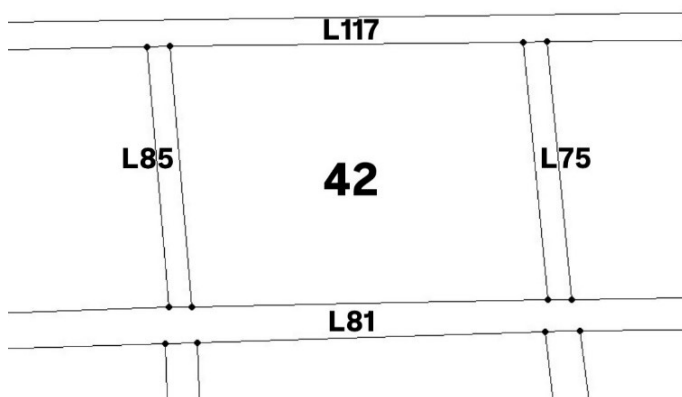
$$Q_{\max, \omega\rho} = Q_{\max, \eta\mu\epsilon\rho} * \lambda_2 \quad (4.2)$$

Όπου:

$\lambda_2 = 2$ (για την περίπτωση αστικού κέντρου) (Κανέλλος, 2016, σ. 82)

Αφού υπολογιστεί η μέγιστη ωριαία παροχή για το κάθε οικοδομικό τετράγωνο, στη συνέχεια κατανέμεται στους κόμβους. Κάθε κόμβος λαμβάνει ένα ποσοστό του $Q_{\max, \omega\rho}$ από κάθε αγωγό που καταλήγει σε αυτόν. Ειδικότερα, για τους αγωγούς που καταλήγουν στον εκάστοτε κόμβο, ορίζεται, ως το μισό τους μήκους του, διαιρεμένο με το συνολικό μήκος των αγωγών που τροφοδοτούν το οικοδομικό τετραγώνου στο οποίο ανήκει.

Ορίζουμε έναν αριθμό κ που ισούται με την μέγιστη ωριαία παροχή και έναν αριθμό L που είναι το σύνολο των μηκών των αγωγών στο κάθε τετράγωνο και βρίσκουμε το πηλίκο τους (κ/L), δηλαδή την παροχή ανά μέτρο μήκους σε κάθε τετράγωνο.



Εικόνα 4.4 Αγωγοί που περικλείουν ένα οικοδομικό τετράγωνο

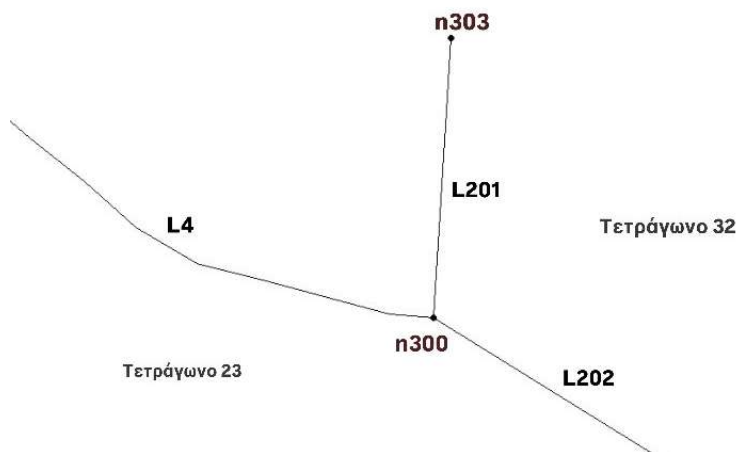
Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε ένα Ο.Τ. με 42 μόνιμους κατοίκους. Επομένως, με βάση τα παραπάνω προκύπτουν:

$$\kappa = Q_{\max, \omega p.} = 0,189583333$$

$$L = L_{117} + L_{75} + L_{81} + L_{85} = 180,020058\text{m}$$

$$\kappa/L = 0,001053$$

Για τον υπολογισμό της παροχής σε κάθε κόμβο διαιρούμε διά 2 το μήκος κάθε αγωγού που φτάνει σε αυτόν, βρίσκουμε το άθροισμά των υποδιαιρεμένων αγωγών και το πολλαπλασιάζουμε με την παροχή ανά μέτρο μήκους του εκάστου τετραγώνου (κ/L). Αν κάποιος κόμβος ανήκε σε 2 ή παραπάνω οικοδομικά τετράγωνα, τότε εκτελούμε την παραπάνω διαδικασία για κάθε ένα από αυτά. Η συνολική ζήτηση του κόμβου είναι το άθροισμα των επιμέρους, όπως αυτές υπολογίστηκαν για κάθε οικοδομικό τετράγωνο.



Εικόνα 4.5 Κόμβος n300

Για παράδειγμα στην παραπάνω εικόνα (4.5) διακρίνουμε τον κόμβο n300, ο οποίος βρίσκεται ταυτόχρονα στα οικοδομικά τετράγωνα 23 και 32, έτσι η παροχή του προκύπτει από τη σχέση (4.3):

$$\left(\frac{L_4}{2} + \frac{L_{202}}{2}\right) \cdot \frac{\kappa}{L} (\text{τετραγώνου } 23) + \left(\frac{L_4}{2} + \frac{L_{202}}{2} + \frac{L_{201}}{2}\right) \cdot \frac{\kappa}{L} (\text{τετραγώνου } 32) = 0,3744 \quad 1/s \quad (4.3)$$

Με αυτόν τον τρόπο υπολογίστηκε η παροχή σε όλους τους κόμβους.

Κεφάλαιο 5

5.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής που αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 2, κάνοντας χρήση του λογισμικού EPANET στη ζώνη «Πέλοπος» του δικτύου ύδρευσης του δήμου Πατρέων. Αφού ολοκληρωθεί η ανάλυση ακολουθεί η γραφική απεικόνισή τους. Προκειμένου να θεωρηθούν αποδεκτά τα αποτελέσματα είναι απαραίτητο να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις που αφορούν την πίεση του νερού στους κόμβους και την ταχύτητά ροής εντός των αγωγών. Πιο συγκεκριμένα:

- Μέγιστη πίεση (P_{max})

Το ύψος πίεσεως στους κόμβους του δικτύου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 60 – 75 m, διότι για μεγαλύτερα ύψη πίεσεως δημιουργούνται προβλήματα στις βρύσες των καταναλωτών. Για την προστασία του εσωτερικού δικτύου από υψηλές πιέσεις, σε κατάλληλα σημεία του, τοποθετούνται βαλβίδες μείωσης της πίεσης (PRV).

- Ελάχιστη πίεση (P_{min})

Η ελάχιστη τιμή πίεσης είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη σωστή λειτουργία του δικτύου, καθώς αποτελεί την ελάχιστη απαιτούμενη για την κάλυψη των αναγκών των καταναλωτών που βρίσκονται πιο μακριά από την είσοδο του δικτύου. Ειδικότερα θεωρούμε πως ο πιο απομακρυσμένος καταναλωτής βρίσκεται στον υψηλότερο όροφο του υψηλότερου κτιρίου της εκάστοτε περιοχής μελέτης. Για ένα μέσο ύψος ορόφου περίπου 3.0m, η ελάχιστη πίεση που απαιτείται ώστε να εξασφαλίζεται παροχή νερού και στον πιο απομακρυσμένο καταναλωτή, είναι ίση με $(N+1)*3m$, όπου N, το πλήθος των ορόφων του υψηλότερου κτιρίου. Για την περιοχή μελέτης «Πέλοπος» η οποία αποτελείται κυρίως από συγκροτήματα κατοικιών με μέγιστο αριθμό ορόφων 6, η ελάχιστη πίεση που πρέπει να ικανοποιείται στους κόμβους του δικτύου είναι ίση με 21m.

- Μέγιστη και ελάχιστη ταχύτητα (V_{max} , V_{min})

Οι ταχύτητες συγκρίνονται με τα επιτρεπόμενα όρια που αναπτύσσονται σε κάθε αγωγό ανάλογα με την εσωτερική διάμετρο αυτού. Με βάση τον Ελληνικό Κανονισμό, τα μέγιστα και ελάχιστα όρια ταχυτήτων παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.1). Οι μέγιστες επιτρεπτές ταχύτητες έχουν ως σκοπό την αποφυγή μεγάλων υπερπίεσεων ή υποπίεσεων από υδραυλικό πλήγμα, που υπάρχει πιθανότητα να προκύψουν από την απότομη διακοπή της ροής.

Οι ελάχιστες ταχύτητες λαμβάνονται υπόψη μόνο για τους υπολογισμούς που αφορούν το εξωτερικό υδραγωγείο και τα ακτινωτά τμήματα των υπό μελέτη δικτύων διανομής.

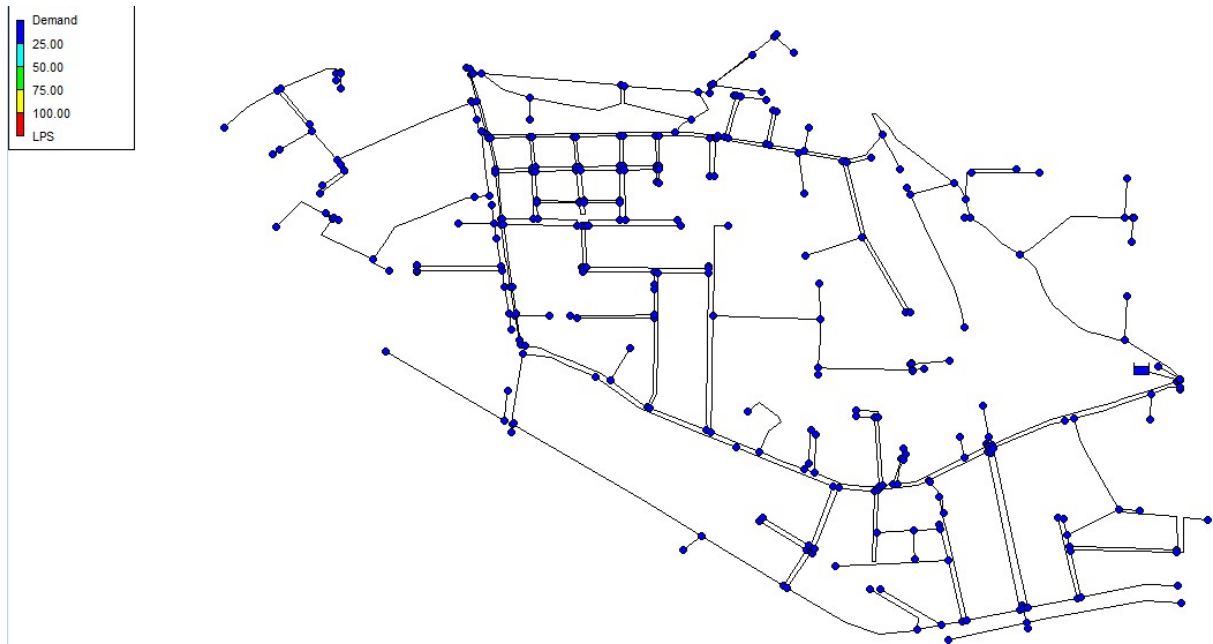
Εσωτερική διάμετρος (mm)	V_{\max} (m/s)	V_{\min} (m/s)
$D_{\text{εσωτ}} \leq 125$	1,55	0,5
$125 < D_{\text{εσωτ}} \leq 175$	1,85	0,5
$175 < D_{\text{εσωτ}} \leq 350$	2	0,5
$350 < D_{\text{εσωτ}} \leq 450$	2,1	0,5
$450 < D_{\text{εσωτ}} \leq 600$	2,2	0,5
$600 < D_{\text{εσωτ}} \leq 800$	2,3	0,7
$800 < D_{\text{εσωτ}} \leq 1000$	2,4	0,7
$D_{\text{εσωτ}} > 1000$	2,5	0,7

Πίνακας 5.1 Μέγιστη και ελάχιστη ταχύτητα αγωγών ανάλογα την εσωτερική τους διάμετρο

5.2 Αποτελέσματα

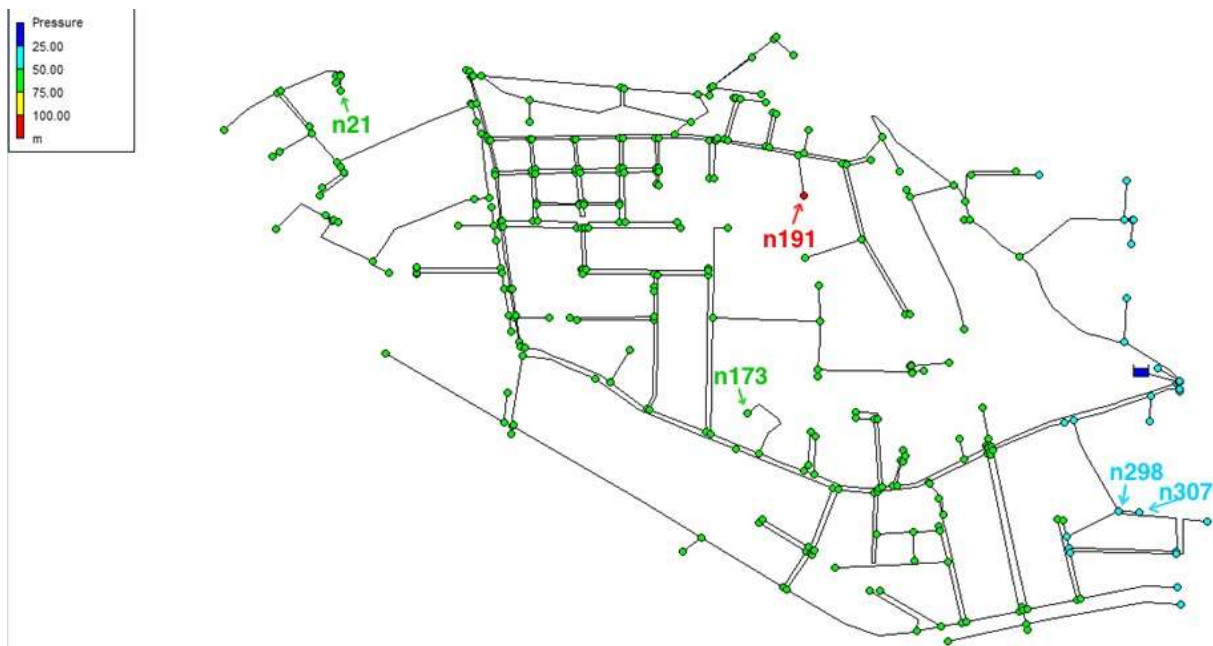
Θερινό Σενάριο Ελέγχου Κανονικής Λειτουργίας Δικτύου

Το πρώτο σενάριο πραγματεύεται την κανονική λειτουργία του δικτύου κατά τους θερινούς μήνες του έτους, με δεδομένα εισόδου τις εσωτερικές διαμέτρους των αγωγών και την ζήτηση, η οποία υπολογίστηκε στο Κεφάλαιο 4. Η πίεση εισόδου που εισήχθη ήταν 4.4 bar (πίεση εισόδου + υψόμετρο). Τα αποτελέσματα σε μορφή πίνακα παρουσιάζονται στο παράρτημα του παρόντος (Πίνακες 5.2 και 5.3).



Εικόνα 5.1 Διάγραμμα (Map) Ζήτησης στους κόμβους

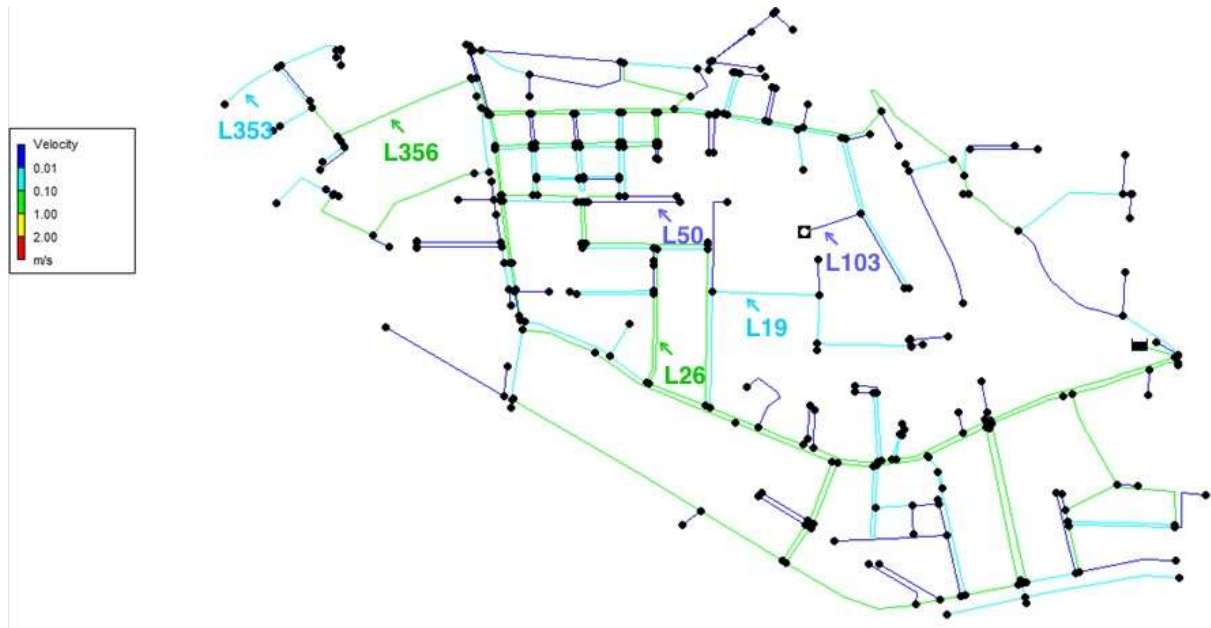
Μπορούμε να διακρίνουμε (Εικόνα 5.1) πως όλοι οι κόμβοι έχουν ζήτηση μικρότερη από 25 l/s.



Εικόνα 5.2 Διάγραμμα (Map) πίεσης στους κόμβους

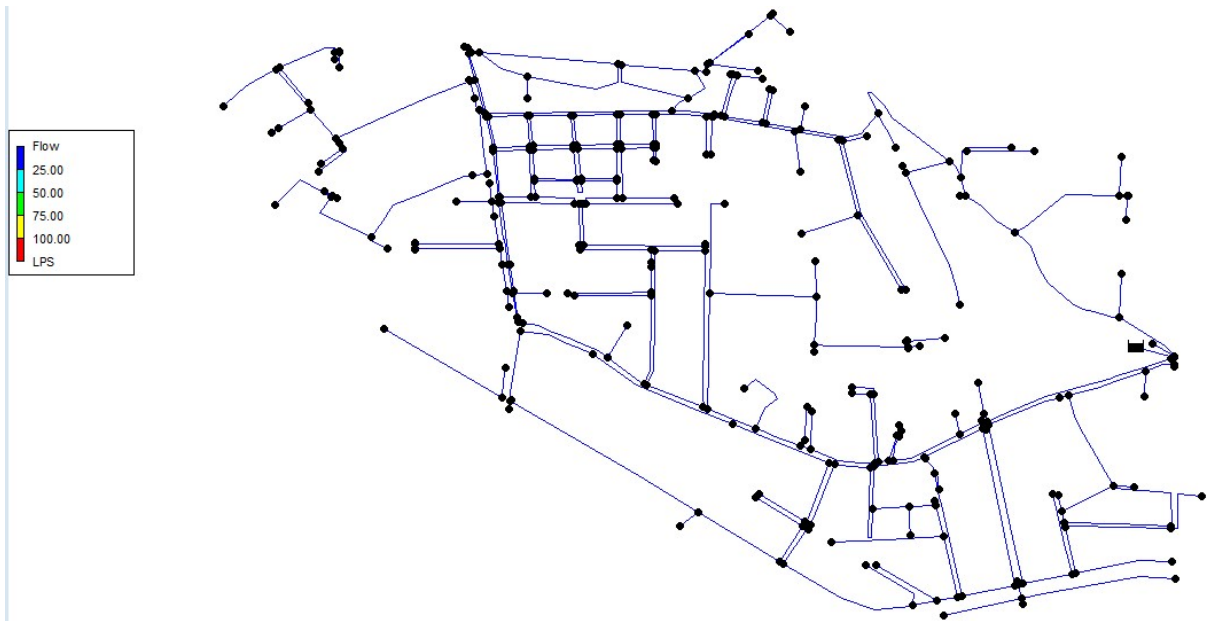
Επισημαίνουμε (Εικόνα 5.2) ότι υπάρχουν κόμβοι με πίεση μεγαλύτερη ή ίση με 25 μέτρα και μικρότερη από 50 μέτρα όπως οι n298, n307 και κόμβοι με πίεση μεγαλύτερη ή ίση με 50 μέτρα και μικρότερη από 75 μέτρα όπως n21, n173. Ακόμα υπάρχει ένας κόμβος με πίεση μεγαλύτερη

από 100 μέτρα, είναι ο n191 και η πίεση του ισούται με 101.11 μέτρα. Η πίεση των κόμβων του υπό μελέτη τμήματος του δικτύου ύδρευσης του δήμου Πατρέων (ζώνη «Πέλοπος»), βρίσκεται άνω των 21m επομένως μπορούν να εξυπηρετηθούν οι τελευταίοι ορόφοι των πιο υψηλών κτιρίων της περιοχής. Επίσης, όλοι οι κόμβοι εκτός από τον n191 δεν ξεπερνούν το όριο των 60m – 75m, που προκαλεί προβλήματα στις οικιακές χρήσεις. Για τον ένα κόμβο (n191) που ξεπερνάει αυτό το όριο θα χρειαστεί η τοποθέτηση βαλβίδων μείωσης της πίεσης (PRV).



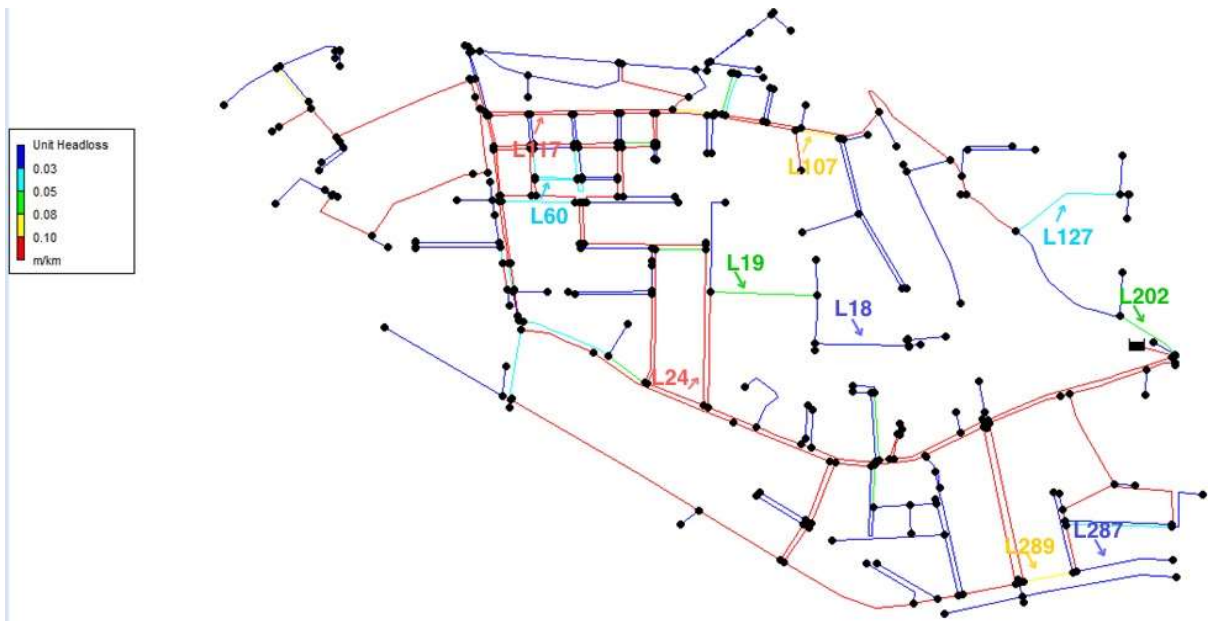
Εικόνα 5.3 Διάγραμμα (Map) ταχυτήτων στους αγωγούς

Εξετάζοντας το διάγραμμα (Εικόνα 5.3) φαίνεται πως υπάρχουν αγωγοί με ταχύτητα μικρότερη από 0.01 m/s όπως οι L50, L103, αγωγοί με ταχύτητα μεγαλύτερη ή ίση με 0.01 m/s και μικρότερη από 0.10 m/s όπως οι L19, L353 και αγωγοί με ταχύτητα μεγαλύτερη ή ίση με 0.10 m/s και μικρότερη από 1.00 m/s όπως οι L26, L356. Σύμφωνα με την Εικόνα 3.3, όλοι οι αγωγοί του υπό μελέτης ζώνης έχουν ταχύτητες, οι οποίες δεν ξεπερνούν το κατώτερο ανώτερο όριο των 1.55 m/s, με αποτέλεσμα να μη δημιουργηθούν προβλήματα σε περίπτωση υδραυλικού πλήγματος.



Εικόνα 5.4 Διάγραμμα (Map) ροής στους αγωγούς

Από το διάγραμμα (Εικόνα 5.4) διακρίνουμε πως όλοι οι αγωγοί έχουν ροή μικρότερη από 25 l/s.



Εικόνα 5.5 Διάγραμμα (Map) απωλειών σε ύψος πίεσης στους αγωγούς

Στο παραπάνω διάγραμμα (Εικόνα 5.5) παρατηρούμε πως υπάρχουν αγωγοί με απώλειες σε ύψος πίεσης μικρότερες από 0.03 m/km όπως οι L18, L287, αγωγοί με απώλειες σε ύψος πίεσης από 0.03 m/km έως 0.05 m/km όπως οι L60, L127, αγωγοί με απώλειες σε ύψος πίεσης από 0.05 m/km έως 0.08 m/km όπως οι L19, L202, αγωγοί με απώλειες σε ύψος πίεσης από 0.08

m/km έως 0.1 m/km όπως οι L107, L289 και τέλος αγωγοί με απώλειες σε ύψος πίεσης μεγαλύτερες από 0.1 m/km όπως οι L24, L117.

Πίνακας 5.2 Αποτελέσματα Κόμβων για κανονική λειτουργία (Στήλη 1: Αρίθμηση Κόμβων, Στήλη 2: Υψόμετρο, Στήλη 3: Ζήτηση, Στήλη 4: Πίεση στην κεφαλή εισόδου, Στήλη 5: Πίεση)

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc n1	26.32	0.07637019	100.82	74.50
Junc n2	26.97	0.02365814	100.82	73.85
Junc n3	27.82	0.15449038	100.77	72.95
Junc n4	27.05	0.14269087	100.82	73.77
Junc n5	27.06	0.11828418	100.82	73.76
Junc n6	27.36	0.11265175	100.82	73.46
Junc n7	28.03	0.04956007	100.82	72.79
Junc n8	28.16	0.25899527	100.82	72.66
Junc n9	28.45	0.0154041	101.06	72.61
Junc n10	28.45	0.03785617	101.06	72.61
Junc n11	28.79	0.00284586	100.77	71.98
Junc n12	29.08	0.16212644	100.77	71.69
Junc n13	29.08	0.00463303	100.77	71.69
Junc n14	27.92	0.07021066	100.82	72.90
Junc n15	27.99	0.00711897	100.82	72.83
Junc n16	28.83	0.30007217	101.06	72.23
Junc n17	29.16	0.00178717	100.77	71.61
Junc n18	28.89	0.03575647	101.06	72.17
Junc n19	27.95	0.00199116	100.82	72.87
Junc n20	27.95	0.01853951	100.82	72.87
Junc n21	28.1	0.01654835	100.82	72.72
Junc n22	29.04	0.04710563	101.06	72.02
Junc n23	30.25	0.16998813	100.84	70.59
Junc n25	30.77	0.10400911	101.46	70.69
Junc n26	30.67	0.02151347	100.84	70.17

Junc n27	31.69	0.00116906	101.26	69.57
Junc n28	31.67	0.06201112	101.26	69.59
Junc n29	31.68	0.01522236	101.26	69.58
Junc n30	31.68	0.00032373	101.26	69.58
Junc n31	32.09	0.00631081	101.26	69.17
Junc n32	32.25	0.04021091	101.18	68.93
Junc n33	32.25	0	101.01	68.76
Junc n34	31.98	0	101.29	69.31
Junc n35	32.21	0.040782464	101.29	69.08
Junc n36	31.94	0.00170302	101.17	69.23
Junc n37	31.91	0.197404	101.17	69.26
Junc n38	32.32	0	101.01	68.69
Junc n39	32.3	0	101.01	68.71
Junc n40	32.3	0.02232922	101.29	68.99
Junc n41	32.27	0.07087383	101.10	68.83
Junc n42	31.94	0.01119698	101.16	69.22
Junc n43	32.09	0.04614271	101.18	69.09
Junc n44	31.98	0.02881306	101.12	69.14
Junc n45	32.64	0.095726416	101.01	68.37
Junc n46	31.83	0	101.26	69.43
Junc n47	31.87	0	101.28	69.41
Junc n48	32.39	0.0311495	101.10	68.71
Junc n49	31.82	0.025455656	101.29	69.47
Junc n50	32.53	0.00398541	101.26	68.73
Junc n51	32.79	0.01360289	101.26	68.47
Junc n52	32.15	0.024622594	101.29	69.14
Junc n53	32.19	0.052929587	101.29	69.10
Junc n54	32.97	0.00950102	101.26	68.29
Junc n55	32.73	0	101.32	68.59
Junc n56	33.36	0.02109298	101.26	67.90
Junc n57	32.73	0.14207404	101.32	68.59
Junc n58	33.24	0.07514224	101.26	68.02
Junc n59	32.61	0.051127176	101.32	68.71

Junc n60	32.73	0.40387471	101.32	68.59
Junc n61	33.56	0.03748507	101.26	67.70
Junc n62	36.83	0.13599886	101.46	64.63
Junc n63	36.39	0.02585762	101.46	65.07
Junc n64	34.19	0.03737794	101.26	67.07
Junc n65	33.81	0.20651985	101.27	67.46
Junc n66	36.98	0	101.46	64.48
Junc n67	34.67	0.01419305	101.26	66.59
Junc n68	36.89	0	101.46	64.57
Junc n69	33.81	0.26914336	101.27	67.46
Junc n70	36.84	0	101.46	64.62
Junc n71	34.41	0.18229831	101.26	66.85
Junc n72	34.34	0.26914336	101.26	66.92
Junc n73	34.93	0.05597117	101.26	66.33
Junc n74	35.01	0.27684077	101.45	66.44
Junc n75	35.01	0	101.45	66.44
Junc n76	35.29	0	101.46	66.17
Junc n77	35.01	0.18371537	101.45	66.44
Junc n78	33.87	0.152035261	101.01	67.14
Junc n79	33.05	0.012525487	101.01	67.96
Junc n80	32.09	0.025030183	101.28	69.19
Junc n81	32.8	0.053864039	101.30	68.50
Junc n82	32.81	0.024197122	101.28	68.47
Junc n83	32.14	0.04739872	101.28	69.14
Junc n84	32.62	0.052061628	101.31	68.69
Junc n85	32.81	0.047583207	101.28	68.47
Junc n86	32.8	0.036145702	101.30	68.50
Junc n87	32.73	0.037312238	101.30	68.57
Junc n88	32.71	0	101.30	68.59
Junc n89	32.63	0	101.31	68.68
Junc n90	34.25	0.06188132	101.26	67.01
Junc n91	34.6	0.15231557	101.43	66.83
Junc n92	33.07	0.04720846	101.26	68.19

Junc n93	33.28	0.037166928	101.30	68.02
Junc n94	33.19	0.029881618	101.26	68.07
Junc n95	33.39	0.047392947	101.26	67.87
Junc n96	34.86	0.13997555	101.43	66.57
Junc n97	32.8	0.14268176	101.33	68.53
Junc n98	33.39	0.028875744	101.26	67.87
Junc n99	33.04	0.038333464	101.30	68.26
Junc n100	33.01	0	101.30	68.29
Junc n101	33.33	0.026582064	101.30	67.97
Junc n102	33.42	0.00170193	101.36	67.94
Junc n103	32.79	0.1006412	101.33	68.54
Junc n104	33.42	0.09439281	101.36	67.94
Junc n105	33.61	0.12950544	101.42	67.81
Junc n106	33.15	0.025383489	101.30	68.15
Junc n107	33.08	0	101.30	68.22
Junc n108	32.82	0.0238101	101.33	68.51
Junc n109	33.52	0.075541483	101.36	67.84
Junc n110	32.95	0.041871254	101.33	68.38
Junc n111	36.82	0	101.49	64.67
Junc n112	37.43	0.34457882	101.46	64.03
Junc n113	34.17	0.026526233	101.30	67.13
Junc n114	34.01	0.025327659	101.30	67.29
Junc n115	33.93	0	101.30	67.37
Junc n116	35.21	0.029804811	101.25	66.04
Junc n117	34.16	0.028798938	101.25	67.09
Junc n118	33.43	0	101.30	67.87
Junc n119	36.39	0.13866275	101.01	64.62
Junc n120	35.41	0.016892969	101.25	65.84
Junc n121	34.22	0.01700034	101.25	67.03
Junc n122	34.23	0.040793366	101.29	67.06
Junc n123	36.51	0.138451533	101.01	64.50
Junc n124	33.49	0.049441303	101.30	67.81
Junc n125	36.63	0.08033208	101.46	64.83

Junc n126	39.22	0.28841535	101.46	62.24
Junc n127	39.41	0.09390817	101.46	62.05
Junc n128	35.67	0.15758942	101.42	65.75
Junc n129	35.75	0.02808398	101.42	65.67
Junc n130	36.46	0.34016212	101.43	64.97
Junc n131	36.4	0.20863802	101.43	65.03
Junc n132	35.82	0.05790026	101.43	65.61
Junc n133	36.96	0.016853827	101.24	64.28
Junc n134	35.32	0.020850894	101.26	65.94
Junc n135	35.56	0.016961197	101.25	65.69
Junc n136	35.17	0	101.26	66.09
Junc n137	35.81	0.08920409	101.42	65.61
Junc n138	37.18	0.037928798	101.23	64.05
Junc n139	35.76	0.015834284	101.25	65.49
Junc n140	35.5	0.007464651	101.26	65.76
Junc n141	35.33	0.007464651	101.26	65.93
Junc n142	38.24	0.121200484	101.05	62.81
Junc n143	35.41	0.022716136	101.30	65.89
Junc n144	35.56	0.040264972	101.33	65.77
Junc n145	41.07	0	101.75	60.68
Junc n146	38.97	0.153548863	101.04	62.07
Junc n147	38.68	0.070717724	101.04	62.36
Junc n148	38.68	0	101.01	62.33
Junc n149	40.86	0	101.75	60.89
Junc n150	40.81	0.10489314	101.49	60.68
Junc n151	37.24	0.10018905	101.42	64.18
Junc n152	37.18	0.001321789	101.42	64.24
Junc n153	37.23	0.054659454	101.42	64.19
Junc n154	39.0	0.003829032	101.01	62.01
Junc n155	39.44	0.042346161	101.08	61.64
Junc n156	37.49	0.020251648	101.08	63.59
Junc n157	39.0	0.000328039	101.01	62.01
Junc n158	38.89	0.055970345	101.01	62.12

Junc n159	41.21	0.054563069	101.50	60.29
Junc n160	38.64	0.122918087	101.01	62.37
Junc n161	37.5	0.170749504	101.48	63.98
Junc n162	37.47	0.020124142	101.06	63.59
Junc n163	39.69	0.020124142	101.06	61.37
Junc n164	39.69	0.036227318	101.05	61.36
Junc n165	39.84	0.015430477	101.05	61.21
Junc n166	40.2	0.018107979	101.02	60.82
Junc n167	40.29	0.38573069	101.02	60.73
Junc n168	37.38	0.054120822	101.48	64.10
Junc n169	39.69	0.000760913	101.02	61.33
Junc n170	39.82	0.01647107	101.02	61.20
Junc n171	42.12	0	101.91	59.79
Junc n172	39.94	0.067725211	101.02	61.08
Junc n173	40.25	0.025952701	101.62	61.37
Junc n174	39.23	0.04684814	101.01	61.78
Junc n175	42.11	0.054770631	101.62	59.51
Junc n176	43.02	0	101.91	58.89
Junc n177	40.31	0.044290198	101.01	60.70
Junc n178	43.17	0	101.91	58.74
Junc n179	40.53	0.022922855	101.02	60.49
Junc n180	41.24	0.07040154	100.95	59.71
Junc n181	41.26	0.065894201	100.94	59.68
Junc n182	40.6	0.036308707	100.95	60.35
Junc n183	39.68	0.076046291	101.01	61.33
Junc n184	39.64	0.002519082	101.01	61.37
Junc n185	40.75	0.035878223	100.94	60.19
Junc n186	43.68	0	101.88	58.20
Junc n187	43.69	0.03903768	101.88	58.19
Junc n188	40.32	0.024355119	101.01	60.69
Junc n190	41.45	0.078121383	101.04	59.59
Junc n191	-0.08	0.022185784	101.03	101.11
Junc n192	42.13	0.055168477	100.89	58.76

Junc n193	43.93	0.027980011	101.73	57.80
Junc n194	42.16	0.026738702	101.04	58.88
Junc n195	44.62	0	101.91	57.29
Junc n196	41.86	0.025152499	100.89	59.03
Junc n197	43.23	0.013933269	101.73	58.50
Junc n198	44.75	0	101.91	57.16
Junc n199	44.74	0.01010176	101.91	57.17
Junc n200	41.07	0.013933269	101.73	60.66
Junc n201	44.74	0.00034281	101.91	57.17
Junc n202	44.86	0.03449125	101.91	57.05
Junc n203	44.45	0.03220994	101.75	57.30
Junc n204	44.86	0.00073874	101.91	57.05
Junc n205	41.58	0.013136583	101.75	60.17
Junc n206	41.77	0.002219995	101.47	59.70
Junc n207	41.62	0.112709815	101.47	59.85
Junc n208	42.47	0.019411066	101.47	59.00
Junc n209	41.88	0.139239599	101.47	59.59
Junc n210	45.17	0	101.95	56.78
Junc n211	45.52	0.02220047	101.96	56.44
Junc n212	45.36	0.04923214	101.95	56.59
Junc n213	43.05	0.06142241	101.04	57.99
Junc n214	43.08	0.096213833	101.04	57.96
Junc n215	42.77	0.021277443	101.91	59.14
Junc n216	42.97	0.004884695	101.91	58.94
Junc n217	43.49	0.112835219	101.04	57.55
Junc n218	46.54	0.01493486	101.94	55.40
Junc n219	44.18	0.01087184	101.04	56.86
Junc n220	43.83	0.028452486	101.91	58.08
Junc n221	46.24	0.0693282	102.00	55.76
Junc n222	46.33	0.06421434	102.00	55.67
Junc n223	43.83	0.049472119	101.91	58.08
Junc n224	46.48	0.07564259	102.01	55.53
Junc n225	46.52	0.042641149	101.90	55.38

Junc n226	46.78	0.01480991	101.95	55.17
Junc n227	43.82	0.220759687	100.76	56.94
Junc n228	46.64	0.004702068	101.91	55.27
Junc n229	46.89	0.018479511	101.94	55.05
Junc n230	47.0	0.046065249	101.95	54.95
Junc n231	45.01	0.019921432	100.76	55.75
Junc n232	46.0	0.019987302	101.94	55.94
Junc n233	45.21	0.006209859	101.94	56.73
Junc n234	46.0	0.016396362	101.94	55.94
Junc n235	44.31	0.044382387	101.04	56.73
Junc n236	45.71	0.003085355	101.94	56.23
Junc n237	44.66	0.003727143	100.60	55.94
Junc n238	44.87	0.098930951	100.60	55.73
Junc n239	44.41	0.085341994	101.04	56.63
Junc n240	43.98	0.000600015	101.47	57.49
Junc n241	43.94	0.000830352	101.47	57.53
Junc n242	43.98	0.021188098	101.47	57.49
Junc n243	44.13	0.075301893	101.47	57.34
Junc n244	44.17	0.000614997	101.47	57.30
Junc n245	47.16	0.06115776	102.00	54.84
Junc n246	47.7	0.014920584	102.00	54.30
Junc n247	48.14	0.04421359	101.94	53.80
Junc n248	44.36	0.004789109	101.47	57.11
Junc n249	47.82	0.06497808	102.08	54.26
Junc n250	47.82	0.04869296	102.08	54.26
Junc n251	48.14	0.16990195	101.96	53.82
Junc n252	47.96	0.00414823	102.00	54.04
Junc n253	47.94	0.02373874	102.00	54.06
Junc n254	47.94	0	101.96	54.02
Junc n255	48.57	0.01912846	101.95	53.38
Junc n256	48.21	0.04582145	102.08	53.87
Junc n257	48.41	0.03714647	101.96	53.55
Junc n258	48.92	0.19052242	101.99	53.07

Junc n259	45.65	0.016743035	101.47	55.82
Junc n260	47.36	0.310908714	100.60	53.24
Junc n261	47.62	0.011549714	102.13	54.51
Junc n262	49.02	0.01926456	101.96	52.94
Junc n263	49.51	0.055960488	102.13	52.62
Junc n264	45.39	0.075111199	100.60	55.21
Junc n265	47.43	0.002692328	100.58	53.15
Junc n266	48.51	0.080268201	100.58	52.07
Junc n267	49.29	0.07908331	101.96	52.67
Junc n268	47.79	0.128309319	100.58	52.79
Junc n269	47.7	0.146001578	100.58	52.88
Junc n270	48.6	0.0164351	102.22	53.62
Junc n271	50.0	0.001366872	102.19	52.19
Junc n272	50.63	0.10053602	102.19	51.56
Junc n273	50.38	0.013952902	102.19	51.81
Junc n274	49.37	0.021026292	102.22	52.85
Junc n275	50.38	0.002372807	102.20	51.82
Junc n276	50.67	0	102.20	51.53
Junc n277	50.63	0	102.20	51.57
Junc n278	50.35	0.093646863	102.22	51.87
Junc n279	50.99	0.13189153	102.20	51.21
Junc n280	48.97	0.045794157	100.58	51.61
Junc n281	50.48	0.09531098	101.99	51.51
Junc n282	49.62	0.428380774	100.56	50.94
Junc n283	50.53	0	101.99	51.46
Junc n284	50.14	0	101.99	51.85
Junc n285	50.85	0.58003472	101.99	51.14
Junc n286	50.53	0.01583252	101.99	51.46
Junc n287	50.21	0.11835683	101.99	51.78
Junc n288	50.94	0.064276936	100.58	49.64
Junc n289	51.7	0.04807848	102.00	50.30
Junc n290	51.93	0.00999086	102.05	50.12
Junc n291	53.43	0.04207751	102.25	48.82

Junc n292	52.93	0.07019732	102.05	49.12
Junc n293	52.93	0.04989309	102.04	49.11
Junc n294	52.92	0.04747745	102.04	49.12
Junc n295	54.2	0.24512716	102.29	48.09
Junc n296	51.98	0.07218883	102.00	50.02
Junc n297	51.93	0.04520068	102.00	50.07
Junc n298	54.44	0.37290539	102.07	47.63
Junc n299	53.33	0.169335724	100.56	47.23
Junc n300	55.6	0.374377363	103.77	48.17
Junc n301	55.6	0	100.56	44.96
Junc n302	53.02	0.044751727	100.56	47.54
Junc n303	53.67	0.051042421	100.56	46.89
Junc n304	53.77	0.028396581	100.56	46.79
Junc n305	53.71	0.038010351	100.56	46.85
Junc n306	53.87	0.001209879	100.56	46.69
Junc n307	55.24	0.01806567	102.07	46.83
Junc n308	57.29	0.02837342	103.37	46.08
Junc n309	57.26	0.13163245	103.37	46.11
Junc n310	57.51	0.01231926	103.76	46.25
Junc n311	55.53	0.1789994	102.05	46.52
Junc n312	55.63	0.05184794	102.05	46.42
Junc n313	58.57	0	103.76	45.19
Junc n314	54.94	0.02837824	102.00	47.06
Junc n315	58.76	0.07351467	103.78	45.02
Junc n316	58.82	0.00281773	103.79	44.97
Junc n317	58.78	0.0383164	103.79	45.01
Junc n318	58.76	0.01001163	103.79	45.03
Junc n319	58.76	0.00081732	103.79	45.03
Junc n320	55.43	0.37367979	101.99	46.56
Junc n322	57.83	0.02119292	102.05	44.22
Resvr r1	103.794533	#N/A	103.79	0.00

Πίνακας 5.3 Αποτελέσματα Αγωγών για κανονική λειτουργία (Στήλη 1: Αρίθμηση Αγωγών, Στήλη 2: Διάμετρος, Στήλη 3: Ροή, Στήλη 4: Ταχύτητα, Στήλη 5: Απώλειες σε ύψος πίεσης, Στήλη 6: Συντελεστής τριβής)

Link ID	Diameter mm	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Friction Factor
Pipe L2	97.9	2.30	0.31	1.65	0.034
Pipe L3	200.25	0.40	0.01	0.00	0.000
Pipe L4	97.9	0.05	0.01	0.00	0.098
Pipe L5	97.9	0.06	0.01	0.00	0.081
Pipe L6	200.25	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L7	200.25	-6.36	0.20	0.30	0.029
Pipe L8	200.25	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L9	142.4	0.01	0.00	0.00	0.000
Pipe L10	56.07	0.04	0.02	0.02	0.077
Pipe L11	56.07	0.02	0.01	0.01	0.175
Pipe L12	97.9	0.02	0.00	0.00	0.326
Pipe L13	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L14	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L15	97.9	0.04	0.01	0.00	0.082
Pipe L16	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L17	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L18	97.9	0.12	0.02	0.01	0.042
Pipe L19	97.9	-0.39	0.05	0.06	0.044
Pipe L20	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L21	97.9	0.02	0.00	0.00	0.261
Pipe L22	97.9	-0.23	0.03	0.02	0.036
Pipe L23	142.4	2.96	0.19	0.39	0.032
Pipe L24	142.4	2.71	0.17	0.33	0.032
Pipe L25	97.9	-0.14	0.02	0.01	0.036
Pipe L26	97.9	0.76	0.10	0.20	0.039
Pipe L27	97.9	-0.03	0.00	0.00	0.216
Pipe L28	97.9	0.35	0.05	0.05	0.045

Pipe L29	97.9	-0.32	0.04	0.04	0.046
Pipe L30	97.9	0.90	0.12	0.28	0.038
Pipe L31	97.9	0.13	0.02	0.01	0.039
Pipe L32	97.9	0.15	0.02	0.01	0.033
Pipe L33	97.9	0.06	0.01	0.00	0.091
Pipe L34	97.9	0.42	0.06	0.07	0.043
Pipe L35	97.9	-0.62	0.08	0.14	0.040
Pipe L36	97.9	-0.05	0.01	0.00	0.092
Pipe L37	142.4	-2.90	0.18	0.38	0.032
Pipe L38	142.4	-1.46	0.09	0.10	0.035
Pipe L39	142.4	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L40	97.9	0.00	0.00	0.00	165.623
Pipe L41	97.9	-1.36	0.18	0.61	0.036
Pipe L42	97.9	1.37	0.18	0.61	0.036
Pipe L43	97.9	0.52	0.07	0.10	0.042
Pipe L44	97.9	0.53	0.07	0.11	0.041
Pipe L45	97.9	1.95	0.26	1.20	0.034
Pipe L46	97.9	0.31	0.04	0.04	0.046
Pipe L47	97.9	1.31	0.17	0.56	0.036
Pipe L48	97.9	0.05	0.01	0.00	0.111
Pipe L49	97.9	-1.30	0.17	0.56	0.036
Pipe L50	97.9	-0.04	0.01	0.00	0.123
Pipe L51	97.9	-1.22	0.16	0.49	0.036
Pipe L52	97.9	-0.68	0.09	0.17	0.039
Pipe L53	97.9	-0.02	0.00	0.00	0.228
Pipe L54	97.9	0.57	0.08	0.12	0.041
Pipe L55	97.9	-0.76	0.10	0.20	0.039
Pipe L56	97.9	-0.08	0.01	0.00	0.071
Pipe L57	97.9	0.86	0.11	0.26	0.038
Pipe L58	97.9	-0.02	0.00	0.00	0.425
Pipe L59	97.9	0.09	0.01	0.00	0.059
Pipe L60	97.9	0.30	0.04	0.04	0.046
Pipe L61	97.9	0.27	0.04	0.03	0.042

Pipe L62	97.9	-0.61	0.08	0.14	0.040
Pipe L63	97.9	0.17	0.02	0.01	0.032
Pipe L64	97.9	0.28	0.04	0.03	0.042
Pipe L65	97.9	0.27	0.04	0.03	0.040
Pipe L66	97.9	-0.03	0.00	0.00	0.000
Pipe L67	97.9	-0.26	0.03	0.03	0.042
Pipe L68	97.9	-0.94	0.13	0.31	0.037
Pipe L69	97.9	-0.65	0.09	0.15	0.039
Pipe L70	97.9	-0.34	0.05	0.05	0.045
Pipe L71	97.9	-0.62	0.08	0.14	0.040
Pipe L72	97.9	0.58	0.08	0.13	0.041
Pipe L73	97.9	-0.22	0.03	0.02	0.033
Pipe L74	97.9	-0.11	0.02	0.01	0.044
Pipe L75	97.9	0.00	0.00	0.00	1.220
Pipe L76	97.9	-0.55	0.07	0.11	0.040
Pipe L77	97.9	0.38	0.05	0.06	0.044
Pipe L78	97.9	0.62	0.08	0.14	0.040
Pipe L79	97.9	0.77	0.10	0.21	0.039
Pipe L80	97.9	0.79	0.10	0.22	0.038
Pipe L81	97.9	0.83	0.11	0.24	0.038
Pipe L82	97.9	0.89	0.12	0.27	0.038
Pipe L83	97.9	0.92	0.12	0.29	0.038
Pipe L84	97.9	0.00	0.00	0.00	1.045
Pipe L85	97.9	-0.01	0.00	0.00	0.922
Pipe L86	97.9	-0.01	0.00	0.00	0.370
Pipe L87	97.9	0.01	0.00	0.00	0.000
Pipe L88	97.9	-1.64	0.22	0.87	0.035
Pipe L89	97.9	-1.08	0.14	0.39	0.037
Pipe L90	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L91	97.9	0.92	0.12	0.29	0.038
Pipe L92	97.9	0.68	0.09	0.17	0.039
Pipe L93	97.9	0.11	0.02	0.00	0.037
Pipe L94	97.9	-0.19	0.03	0.01	0.029

Pipe L95	97.9	-0.41	0.06	0.07	0.044
Pipe L96	97.9	-0.56	0.07	0.12	0.041
Pipe L97	97.9	-1.11	0.15	0.41	0.037
Pipe L98	97.9	-1.68	0.22	0.90	0.035
Pipe L99	97.9	-1.66	0.22	0.88	0.035
Pipe L100	28.48	-0.02	0.03	0.14	0.066
Pipe L101	97.9	0.09	0.01	0.00	0.059
Pipe L102	97.9	0.04	0.01	0.00	0.114
Pipe L103	97.9	-0.03	0.00	0.00	0.200
Pipe L104	97.9	0.18	0.02	0.01	0.029
Pipe L105	97.9	0.01	0.00	0.00	0.595
Pipe L106	97.9	0.19	0.03	0.01	0.027
Pipe L107	97.9	0.44	0.06	0.08	0.043
Pipe L108	97.9	0.54	0.07	0.11	0.041
Pipe L109	97.9	2.88	0.38	2.53	0.033
Pipe L110	97.9	2.92	0.39	2.60	0.033
Pipe L111	97.9	2.98	0.40	2.71	0.033
Pipe L112	97.9	1.94	0.26	1.19	0.034
Pipe L113	97.9	1.04	0.14	0.37	0.037
Pipe L114	97.9	0.83	0.11	0.24	0.038
Pipe L115	97.9	0.75	0.10	0.20	0.039
Pipe L116	97.9	0.78	0.10	0.22	0.038
Pipe L117	97.9	0.84	0.11	0.24	0.038
Pipe L118	97.9	0.88	0.12	0.27	0.038
Pipe L119	97.9	0.89	0.12	0.27	0.038
Pipe L120	97.9	-3.29	0.44	3.29	0.033
Pipe L121	97.9	0.02	0.00	0.00	0.235
Pipe L122	97.9	0.02	0.00	0.00	0.230
Pipe L123	97.9	-0.03	0.00	0.00	0.145
Pipe L124	97.9	0.04	0.01	0.00	0.112
Pipe L125	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L126	97.9	0.07	0.01	0.00	0.087
Pipe L127	97.9	0.28	0.04	0.03	0.044

Pipe L128	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L129	97.9	0.89	0.12	0.28	0.038
Pipe L130	97.9	0.76	0.10	0.21	0.039
Pipe L131	200.25	0.08	0.00	0.00	0.129
Pipe L132	200.25	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L133	97.9	0.18	0.02	0.01	0.030
Pipe L134	97.9	-0.05	0.01	0.00	0.113
Pipe L135	97.9	0.02	0.00	0.00	0.242
Pipe L136	97.9	-1.72	0.23	0.94	0.035
Pipe L137	97.9	-1.23	0.16	0.50	0.036
Pipe L138	97.9	-0.26	0.03	0.02	0.040
Pipe L139	97.9	-0.06	0.01	0.00	0.078
Pipe L140	97.9	0.03	0.00	0.00	0.191
Pipe L141	97.9	0.04	0.00	0.00	0.131
Pipe L142	97.9	0.04	0.00	0.00	0.143
Pipe L143	97.9	1.73	0.23	0.96	0.035
Pipe L144	97.9	-0.29	0.04	0.03	0.045
Pipe L145	97.9	0.40	0.05	0.06	0.044
Pipe L146	97.9	1.96	0.26	1.21	0.034
Pipe L147	97.9	2.04	0.27	1.31	0.034
Pipe L148	97.9	2.14	0.28	1.44	0.034
Pipe L149	97.9	2.25	0.30	1.58	0.034
Pipe L150	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L151	97.9	-0.38	0.05	0.06	0.044
Pipe L152	97.9	-0.02	0.00	0.00	0.252
Pipe L153	97.9	2.34	0.31	1.71	0.034
Pipe L154	97.9	2.76	0.37	2.34	0.033
Pipe L155	97.9	0.47	0.06	0.09	0.042
Pipe L156	178.0	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L157	178.0	-7.70	0.31	0.78	0.028
Pipe L158	178.0	-5.65	0.23	0.43	0.029
Pipe L159	178.0	-4.27	0.17	0.25	0.030
Pipe L160	178.0	-0.06	0.00	0.00	0.165

Pipe L161	178.0	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L162	97.9	0.10	0.01	0.00	0.050
Pipe L163	97.9	0.01	0.00	0.00	0.427
Pipe L164	200.25	-0.02	0.00	0.00	0.000
Pipe L165	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L166	200.25	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L167	200.25	0.10	0.00	0.00	0.105
Pipe L168	200.25	0.27	0.01	0.00	0.000
Pipe L169	200.25	0.37	0.01	0.00	0.043
Pipe L170	200.25	0.20	0.01	0.00	0.058
Pipe L171	200.25	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L172	200.25	0.38	0.01	0.00	0.019
Pipe L173	200.25	0.38	0.01	0.00	0.030
Pipe L174	97.9	-0.07	0.01	0.00	0.071
Pipe L175	97.9	-0.91	0.12	0.29	0.038
Pipe L176	97.9	1.14	0.15	0.43	0.036
Pipe L177	97.9	0.06	0.01	0.00	0.078
Pipe L178	97.9	0.02	0.00	0.00	0.210
Pipe L179	97.9	0.05	0.01	0.00	0.103
Pipe L180	97.9	0.04	0.01	0.00	0.114
Pipe L181	56.07	0.05	0.02	0.02	0.063
Pipe L182	56.07	0.09	0.04	0.04	0.030
Pipe L183	97.9	0.17	0.02	0.01	0.030
Pipe L184	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L185	97.9	-0.01	0.00	0.00	0.338
Pipe L186	97.9	-0.06	0.01	0.00	0.082
Pipe L187	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L188	97.9	0.03	0.00	0.00	0.209
Pipe L189	97.9	0.10	0.01	0.00	0.049
Pipe L190	97.9	-0.36	0.05	0.05	0.044
Pipe L191	97.9	0.20	0.03	0.01	0.030
Pipe L192	97.9	-0.01	0.00	0.00	0.313
Pipe L193	97.9	-0.01	0.00	0.00	0.374

Pipe L194	97.9	-0.02	0.00	0.00	0.238
Pipe L195	280.35	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L196	200.25	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L197	200.25	5.51	0.18	0.23	0.029
Pipe L198	200.25	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L199	97.9	1.64	0.22	0.87	0.035
Pipe L200	97.9	-1.67	0.22	0.89	0.035
Pipe L201	97.9	0.05	0.01	0.00	0.100
Pipe L202	97.9	0.37	0.05	0.06	0.044
Pipe L203	97.9	3.67	0.49	4.06	0.033
Pipe L204	97.9	0.02	0.00	0.00	0.268
Pipe L205	97.9	0.02	0.00	0.00	0.240
Pipe L206	97.9	0.01	0.00	0.00	0.835
Pipe L207	97.9	-0.95	0.13	0.31	0.037
Pipe L208	97.9	-1.16	0.15	0.45	0.036
Pipe L209	97.9	-1.42	0.19	0.66	0.036
Pipe L210	97.9	-1.03	0.14	0.36	0.037
Pipe L211	97.9	-0.31	0.04	0.04	0.046
Pipe L212	97.9	-0.82	0.11	0.24	0.038
Pipe L213	97.9	-0.39	0.05	0.06	0.043
Pipe L214	97.9	-0.05	0.01	0.00	0.105
Pipe L215	97.9	-0.25	0.03	0.02	0.039
Pipe L216	97.9	6.16	0.82	11.14	0.032
Pipe L217	97.9	6.32	0.84	11.72	0.032
Pipe L218	97.9	-0.03	0.00	0.00	0.173
Pipe L219	97.9	2.24	0.30	1.57	0.034
Pipe L220	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L221	56.07	0.01	0.00	0.00	0.245
Pipe L222	142.4	-3.63	0.23	0.58	0.031
Pipe L223	142.4	-1.83	0.11	0.16	0.033
Pipe L224	142.4	-7.34	0.46	2.24	0.029
Pipe L225	142.4	-5.60	0.35	1.32	0.030
Pipe L226	142.4	-5.44	0.34	1.25	0.030

Pipe L227	142.4	-5.00	0.31	1.06	0.030
Pipe L228	142.4	-5.12	0.32	1.12	0.030
Pipe L229	142.4	-3.87	0.24	0.65	0.031
Pipe L230	142.4	-2.69	0.17	0.33	0.032
Pipe L231	142.4	-2.69	0.17	0.33	0.032
Pipe L232	142.4	-13.27	0.83	7.11	0.029
Pipe L233	142.4	-12.82	0.81	6.65	0.029
Pipe L234	142.4	-12.81	0.80	6.63	0.029
Pipe L235	142.4	-12.68	0.80	6.50	0.029
Pipe L236	142.4	-7.16	0.45	2.14	0.029
Pipe L237	142.4	-7.15	0.45	2.13	0.029
Pipe L238	142.4	-7.08	0.44	2.09	0.030
Pipe L239	142.4	-6.47	0.41	1.75	0.030
Pipe L240	142.4	-6.97	0.44	2.03	0.030
Pipe L241	142.4	-6.61	0.41	1.82	0.030
Pipe L242	142.4	-6.82	0.43	1.94	0.030
Pipe L243	142.4	-6.77	0.43	1.92	0.030
Pipe L244	142.4	-6.72	0.42	1.89	0.030
Pipe L245	142.4	-6.64	0.42	1.84	0.030
Pipe L246	142.4	-5.97	0.37	1.50	0.030
Pipe L247	142.4	-3.15	0.20	0.44	0.032
Pipe L248	142.4	-2.30	0.14	0.24	0.033
Pipe L249	142.4	-1.11	0.07	0.06	0.037
Pipe L250	142.4	-0.69	0.04	0.03	0.040
Pipe L251	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L252	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L253	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L254	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L255	97.9	0.01	0.00	0.00	0.362
Pipe L256	97.9	-0.55	0.07	0.11	0.041
Pipe L257	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L258	97.9	0.01	0.00	0.00	0.000
Pipe L259	97.9	-0.52	0.07	0.10	0.041

Pipe L260	97.9	-0.02	0.00	0.00	0.195
Pipe L261	97.9	-0.29	0.04	0.03	0.043
Pipe L262	97.9	0.00	0.00	0.00	2.100
Pipe L263	97.9	-1.20	0.16	0.48	0.036
Pipe L264	97.9	-1.17	0.15	0.45	0.036
Pipe L265	97.9	-1.16	0.15	0.45	0.036
Pipe L266	97.9	0.57	0.08	0.12	0.041
Pipe L267	97.9	-0.36	0.05	0.05	0.045
Pipe L268	97.9	0.25	0.03	0.02	0.040
Pipe L269	97.9	0.01	0.00	0.00	0.432
Pipe L270	97.9	-1.19	0.16	0.47	0.036
Pipe L271	97.9	-1.19	0.16	0.47	0.036
Pipe L272	97.9	-1.19	0.16	0.47	0.036
Pipe L273	97.9	-0.01	0.00	0.00	0.515
Pipe L274	97.9	0.08	0.01	0.00	0.062
Pipe L275	97.9	2.69	0.36	2.22	0.034
Pipe L276	97.9	-0.03	0.00	0.00	0.196
Pipe L277	280.35	7.97	0.13	0.08	0.027
Pipe L278	97.9	0.03	0.00	0.00	0.217
Pipe L279	280.35	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L280	280.35	-4.78	0.08	0.03	0.029
Pipe L281	280.35	-7.47	0.12	0.07	0.027
Pipe L282	56.07	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L283	280.35	0.02	0.00	0.00	0.000
Pipe L284	280.35	1.16	0.02	0.00	0.044
Pipe L285	142.4	0.37	0.02	0.01	0.039
Pipe L286	142.4	-0.19	0.01	0.00	0.037
Pipe L287	142.4	0.03	0.00	0.00	0.217
Pipe L288	142.4	-1.35	0.08	0.09	0.035
Pipe L289	142.4	-1.23	0.08	0.08	0.036
Pipe L290	142.4	-2.78	0.17	0.35	0.032
Pipe L291	142.4	-1.62	0.10	0.13	0.034
Pipe L292	142.4	-3.16	0.20	0.45	0.032

Pipe L293	142.4	-2.92	0.18	0.38	0.032
Pipe L294	142.4	-2.84	0.18	0.36	0.032
Pipe L295	142.4	-2.80	0.18	0.35	0.032
Pipe L296	142.4	-2.74	0.17	0.34	0.032
Pipe L297	142.4	-3.86	0.24	0.65	0.031
Pipe L298	142.4	-5.05	0.32	1.09	0.030
Pipe L299	142.4	-5.05	0.32	1.09	0.030
Pipe L300	142.4	-0.27	0.02	0.00	0.028
Pipe L301	142.4	-0.10	0.01	0.00	0.072
Pipe L302	97.9	-0.05	0.01	0.00	0.102
Pipe L303	97.9	-0.03	0.00	0.00	0.165
Pipe L304	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L305	97.9	-0.02	0.00	0.00	0.784
Pipe L306	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L307	56.07	0.00	0.00	0.00	0.707
Pipe L308	56.07	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L309	56.07	0.01	0.00	0.00	0.289
Pipe L310	56.07	0.33	0.13	0.71	0.045
Pipe L311	97.9	-0.15	0.02	0.01	0.032
Pipe L312	97.9	0.04	0.01	0.00	0.128
Pipe L313	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L314	97.9	-0.66	0.09	0.16	0.040
Pipe L315	111.25	0.27	0.03	0.01	0.034
Pipe L316	56.07	0.02	0.01	0.01	0.135
Pipe L317	56.07	0.52	0.21	1.68	0.042
Pipe L318	80.1	0.27	0.05	0.08	0.045
Pipe L319	80.1	-0.57	0.11	0.33	0.040
Pipe L320	97.9	0.06	0.01	0.00	0.091
Pipe L321	97.9	0.30	0.04	0.04	0.046
Pipe L322	97.9	1.34	0.18	0.59	0.036
Pipe L323	80.1	0.01	0.00	0.00	0.320
Pipe L324	80.1	0.32	0.06	0.12	0.045
Pipe L325	80.1	-0.21	0.04	0.04	0.040

Pipe L326	80.1	-0.09	0.02	0.01	0.056
Pipe L327	80.1	-0.03	0.01	0.00	0.123
Pipe L328	97.9	0.01	0.00	0.00	0.616
Pipe L329	97.9	-0.02	0.00	0.00	0.164
Pipe L330	97.9	0.00	0.00	0.00	2.444
Pipe L331	97.9	0.59	0.08	0.13	0.040
Pipe L332	97.9	0.62	0.08	0.14	0.040
Pipe L333	97.9	-0.47	0.06	0.08	0.042
Pipe L334	97.9	-1.03	0.14	0.36	0.037
Pipe L335	97.9	-1.67	0.22	0.89	0.035
Pipe L336	97.9	-0.72	0.10	0.18	0.039
Pipe L337	97.9	-4.01	0.53	4.82	0.033
Pipe L338	97.9	-2.28	0.30	1.62	0.034
Pipe L339	56.07	0.65	0.26	2.58	0.041
Pipe L340	56.07	0.02	0.01	0.01	0.187
Pipe L341	56.07	0.04	0.02	0.02	0.077
Pipe L342	56.07	0.08	0.03	0.04	0.034
Pipe L343	56.07	0.14	0.06	0.10	0.038
Pipe L344	56.07	-0.90	0.36	4.80	0.040
Pipe L345	56.07	-0.14	0.06	0.12	0.040
Pipe L346	56.07	-0.02	0.01	0.01	0.117
Pipe L347	97.9	0.04	0.00	0.00	0.123
Pipe L348	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L349	97.9	-0.02	0.00	0.00	0.368
Pipe L350	97.9	0.01	0.00	0.00	0.000
Pipe L351	97.9	0.11	0.02	0.01	0.044
Pipe L352	97.9	0.28	0.04	0.03	0.043
Pipe L353	97.9	-0.08	0.01	0.00	0.066
Pipe L354	97.9	0.05	0.01	0.00	0.103
Pipe L355	97.9	-2.19	0.29	1.50	0.034
Pipe L356	97.9	-1.33	0.18	0.58	0.036
Pipe L357	97.9	0.50	0.07	0.09	0.042
Pipe L358	200.25	-19.64	0.62	2.60	0.026

Pipe L359	200.25	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L360	200.25	0.00	0.00	0.00	0.000

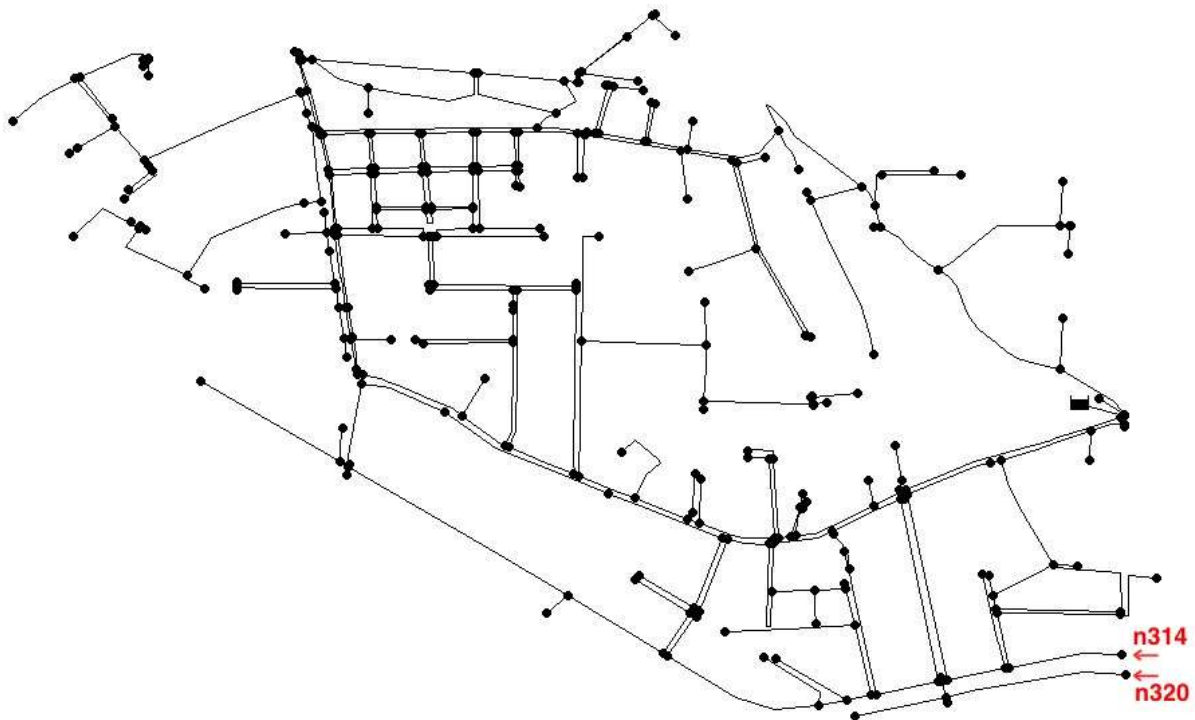
Κεφάλαιο 6

6.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δούμε το σενάριο ελέγχου σχετικά με την έκτακτη λειτουργία του δικτύου σε περίπτωση πυρκαγιάς.

6.2 Υπολογισμός ζήτησης κόμβων με σενάρια πυρόσβεσης

Στα σενάρια πυρόσβεσης, τα υδραυλικά στοιχεία παραμένουν ίδια με το σενάριο κανονικής λειτουργίας του δικτύου κατά τους θερινούς μήνες, με την διαφορά ότι προστίθεται η κατανάλωση των κρουνών. Στην ζώνη «Πέλοπος», από τα σχέδια που παραλήφθηκαν από την ΔΕΥΑΠ εντοπίζουμε 2 πυροσβεστικούς κρουνοί. Εξετάζουμε το ένα σενάριο πυρόσβεσης, όπου τους φορτίζουμε ταυτόχρονα και τους 2 με τιμή + 5l/s στην αρχική τους κατανάλωση. Οι κόμβοι που έχουν πυροσβεστικό κρουνό είναι οι n314, n320. Έτσι, θα προσθέτουμε στη ζώνη +10l/s και θα ορίσουμε την νέα ζήτησή των κόμβων στο EPANET.

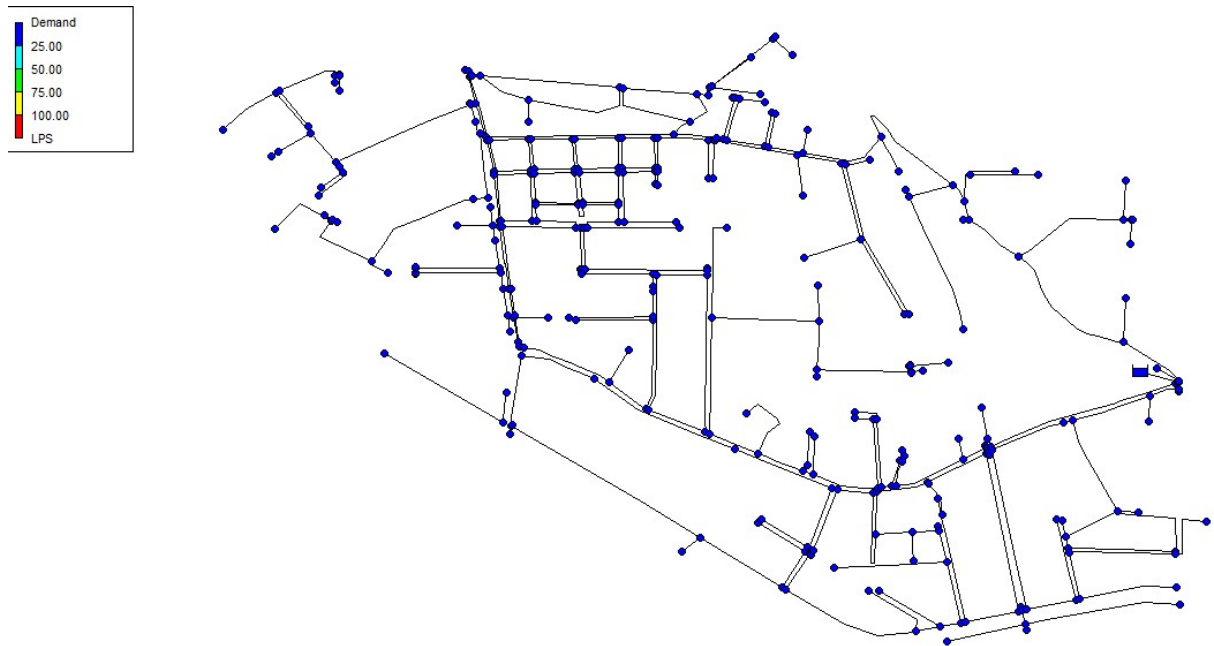


Εικόνα 6.1 Ένδειξη πυροσβεστικών κρουνών

6.3 Σενάριο πυρόσβεσης

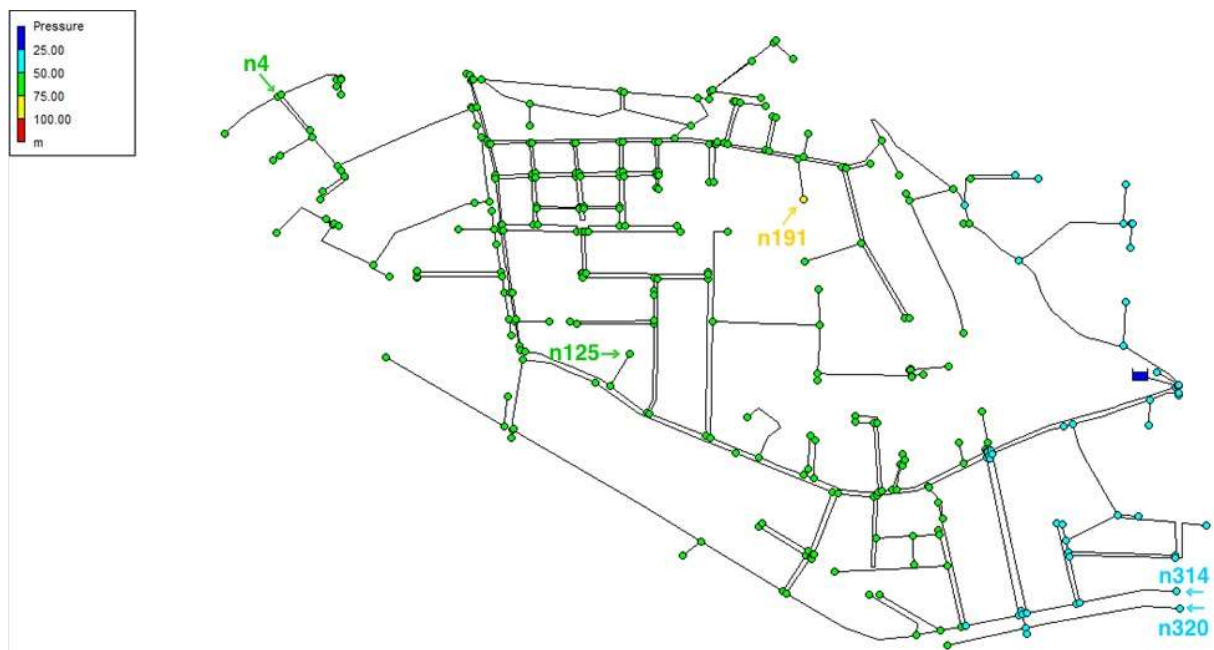
Κόμβοι n314, n320 – Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα σε μορφή πίνακα παρουσιάζονται παρακάτω (Πίνακες 6.1 και 6.2)



Εικόνα 6.2 Διάγραμμα (Map) Ζήτησης στους κόμβους - Σενάριο πυρόσβεσης

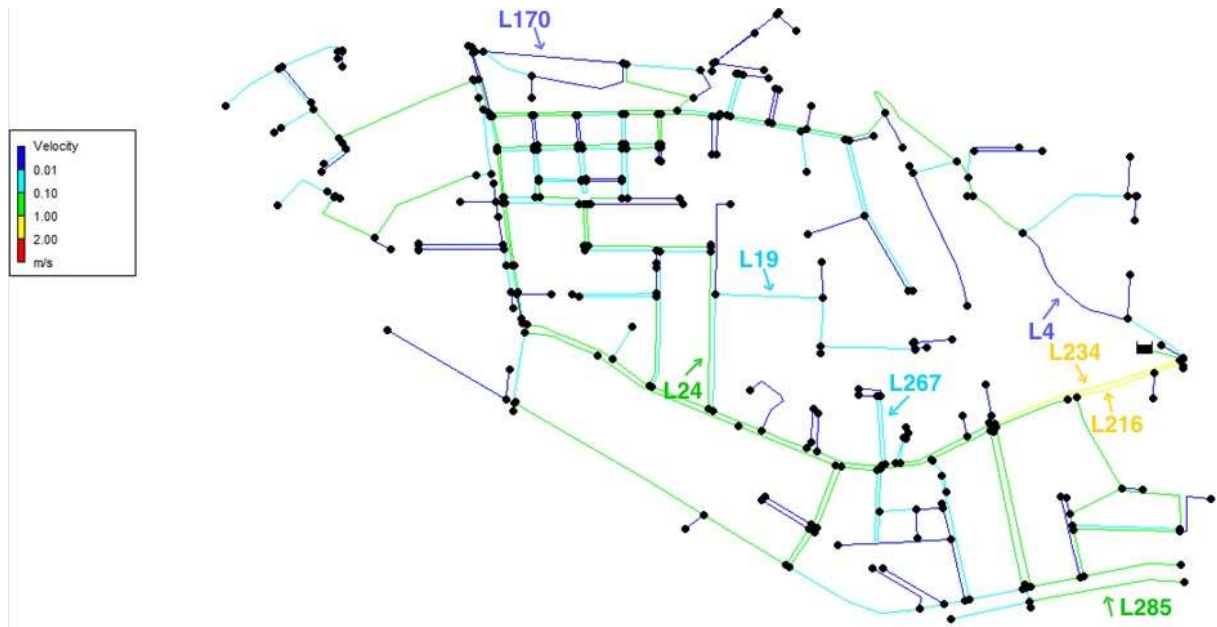
Μπορούμε να διακρίνουμε (Εικόνα 6.2) πως όλοι οι κόμβοι έχουν ζήτηση μικρότερη από 25 l/s.



Εικόνα 6.3 Διάγραμμα (Map) πίεσης στους κόμβους - Σενάριο πυρόσβεσης

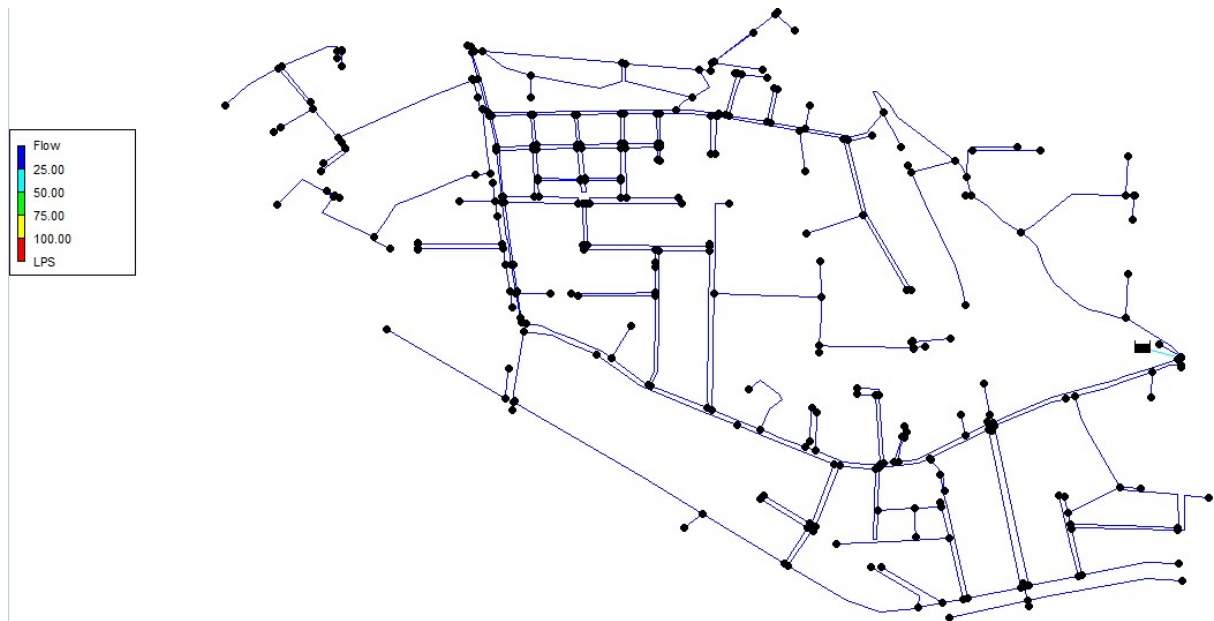
Επισημαίνουμε (Εικόνα 6.3) ότι υπάρχουν κόμβοι με πίεση μεγαλύτερη ή ίση με 25 μέτρα και μικρότερη από 50 μέτρα όπως οι n314, n320 και κόμβοι με πίεση μεγαλύτερη ή ίση με 50 μέτρα και μικρότερη από 75 μέτρα όπως n4, n125. Ακόμα υπάρχει ένας κόμβος ο n191 με πίεση ίση

με 98.72 μέτρα. Όλοι οι κόμβοι βρίσκονται άνω των 21m επομένως μπορούν να εξυπηρετηθούν οι τελευταίοι ορόφοι των πιο υψηλών κτιρίων της περιοχής. Επίσης, όλοι οι κόμβοι εκτός από τον n191 είναι μέσα στο όριο των 60m – 75m, που προκαλεί προβλήματα στις οικιακές χρήσεις. Για τον κόμβο n191 που ξεπερνάει αυτό το όριο θα χρειαστεί η τοποθέτηση βαλβίδων μείωσης της πίεσης (PRV).



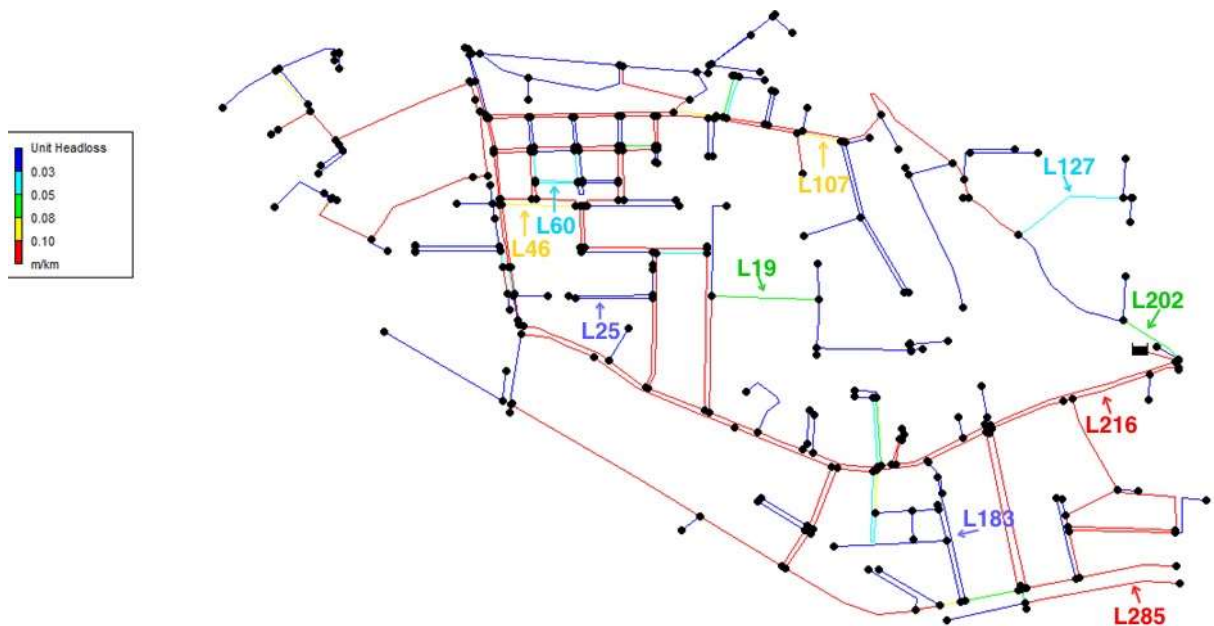
Εικόνα 6.4 Διάγραμμα (Map) ταχυτήτων στους αγωγούς - Σενάριο πυρόσβεσης

Παρατηρώντας το διάγραμμα (Εικόνα 6.4) φαίνεται πως υπάρχουν αγωγοί με ταχύτητα μικρότερη από 0.01 m/s όπως οι L4, L170, αγωγοί με ταχύτητα μεγαλύτερη ή ίση με 0.01 m/s και μικρότερη από 0.10 m/s όπως οι L19, L267, αγωγοί με ταχύτητα μεγαλύτερη ή ίση με 0.10 m/s και μικρότερη από 1.00 m/s όπως οι L24, L285 και τέλος αγωγοί με ταχύτητα μεγαλύτερη ή ίση με 1.00 m/s και μικρότερη από 2.00 m/s όπως οι L216, L234. Σύμφωνα με την Εικόνα 3.3, όλοι οι αγωγοί του υπό μελέτης ζώνης έχουν ταχύτητες κάτω από το κατώτερο ανώτερο όριο των 1.55 m/s, με αποτέλεσμα να μη δημιουργηθούν προβλήματα σε περίπτωση υδραυλικού πλήγματος.



Εικόνα 6.5 Διάγραμμα (Map) ροής στους αγωγούς - Σενάριο πυρόσβεσης

Από το παραπάνω διάγραμμα (Εικόνα 6.5) μπορούμε να διακρίνουμε ότι όλοι οι αγωγοί έχουν ροή μικρότερη από 25 l/s.



Εικόνα 6.6 Διάγραμμα (Map) απωλειών σε ύψος πίεσης στους αγωγούς - Σενάριο πυρόσβεσης

Στην Εικόνα 6.6 παρατηρούμε πως υπάρχουν αγωγοί με απώλειες σε ύψος πίεσης μικρότερες από 0.03 m/km όπως οι L25, L183, αγωγοί με απώλειες σε ύψος πίεσης από 0.03 m/km έως 0.05 m/km όπως οι L60, L127, αγωγοί με απώλειες σε ύψος πίεσης από 0.05 m/km έως 0.08 m/km όπως οι L19, L202, αγωγοί με απώλειες σε ύψος πίεσης από 0.08 m/km έως 0.10 m/km

όπως οι L46, L107 και τέλος αγωγοί με απώλειες σε ύψος πίεσης μεγαλύτερες από 0.10 m/km όπως οι L216, L285.

Πίνακας 6.1 Αποτελέσματα κόμβων για σενάριο πυρόσβεσης (Στήλη 1: Αρίθμηση Κόμβων, Στήλη 2: Υψόμετρο, Στήλη 3: Ζήτηση, Στήλη 4: Πίεση στην κεφαλή εισόδου, Στήλη 5: Πίεση)

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc n1	26.32	0.07637019	98.42	72.10
Junc n2	26.97	0.02365814	98.42	71.45
Junc n3	27.82	0.15449038	98.38	70.56
Junc n4	27.05	0.14269087	98.42	71.37
Junc n5	27.06	0.11828418	98.42	71.36
Junc n6	27.36	0.11265175	98.42	71.06
Junc n7	28.03	0.04956007	98.42	70.39
Junc n8	28.16	0.25899527	98.43	70.27
Junc n9	28.45	0.0154041	98.67	70.22
Junc n10	28.45	0.03785617	98.67	70.22
Junc n11	28.79	0.00284586	98.38	69.59
Junc n12	29.08	0.16212644	98.38	69.30
Junc n13	29.08	0.00463303	98.38	69.30
Junc n14	27.92	0.07021066	98.42	70.50
Junc n15	27.99	0.00711897	98.42	70.43
Junc n16	28.83	0.30007217	98.67	69.84
Junc n17	29.16	0.00178717	98.38	69.22
Junc n18	28.89	0.03575647	98.67	69.78
Junc n19	27.95	0.00199116	98.42	70.47
Junc n20	27.95	0.01853951	98.42	70.47
Junc n21	28.1	0.01654835	98.42	70.32
Junc n22	29.04	0.04710563	98.67	69.63
Junc n23	30.25	0.16998813	98.45	68.20
Junc n25	30.77	0.10400911	99.05	68.28
Junc n26	30.67	0.02151347	98.45	67.78

Junc n27	31.69	0.00116906	98.87	67.18
Junc n28	31.67	0.06201112	98.87	67.20
Junc n29	31.68	0.01522236	98.87	67.19
Junc n30	31.68	0.00032373	98.87	67.19
Junc n31	32.09	0.00631081	98.87	66.78
Junc n32	32.25	0.04021091	98.78	66.53
Junc n33	32.25	0	98.61	66.36
Junc n34	31.98	0	98.90	66.92
Junc n35	32.21	0.040782464	98.90	66.69
Junc n36	31.94	0.00170302	98.77	66.83
Junc n37	31.91	0.197404	98.77	66.86
Junc n38	32.32	0	98.61	66.29
Junc n39	32.3	0	98.61	66.31
Junc n40	32.3	0.02232922	98.90	66.60
Junc n41	32.27	0.07087383	98.71	66.44
Junc n42	31.94	0.01119698	98.77	66.83
Junc n43	32.09	0.04614271	98.78	66.69
Junc n44	31.98	0.02881306	98.72	66.74
Junc n45	32.64	0.095726416	98.61	65.97
Junc n46	31.83	0	98.86	67.03
Junc n47	31.87	0	98.89	67.02
Junc n48	32.39	0.0311495	98.71	66.32
Junc n49	31.82	0.025455656	98.90	67.08
Junc n50	32.53	0.00398541	98.87	66.34
Junc n51	32.79	0.01360289	98.87	66.08
Junc n52	32.15	0.024622594	98.90	66.75
Junc n53	32.19	0.052929587	98.90	66.71
Junc n54	32.97	0.00950102	98.87	65.90
Junc n55	32.73	0	98.92	66.19
Junc n56	33.36	0.02109298	98.87	65.51
Junc n57	32.73	0.14207404	98.93	66.20
Junc n58	33.24	0.07514224	98.87	65.63
Junc n59	32.61	0.051127176	98.92	66.31

Junc n60	32.73	0.40387471	98.93	66.20
Junc n61	33.56	0.03748507	98.87	65.31
Junc n62	36.83	0.13599886	99.05	62.22
Junc n63	36.39	0.02585762	99.05	62.66
Junc n64	34.19	0.03737794	98.87	64.68
Junc n65	33.81	0.20651985	98.87	65.06
Junc n66	36.98	0	99.05	62.07
Junc n67	34.67	0.01419305	98.87	64.20
Junc n68	36.89	0	99.05	62.16
Junc n69	33.81	0.26914336	98.87	65.06
Junc n70	36.84	0	99.05	62.21
Junc n71	34.41	0.18229831	98.87	64.46
Junc n72	34.34	0.26914336	98.87	64.53
Junc n73	34.93	0.05597117	98.87	63.94
Junc n74	35.01	0.27684077	99.05	64.04
Junc n75	35.01	0	99.05	64.04
Junc n76	35.29	0	99.05	63.76
Junc n77	35.01	0.18371537	99.05	64.04
Junc n78	33.87	0.152035261	98.61	64.74
Junc n79	33.05	0.012525487	98.61	65.56
Junc n80	32.09	0.025030183	98.88	66.79
Junc n81	32.8	0.053864039	98.91	66.11
Junc n82	32.81	0.024197122	98.88	66.07
Junc n83	32.14	0.04739872	98.88	66.74
Junc n84	32.62	0.052061628	98.92	66.30
Junc n85	32.81	0.047583207	98.88	66.07
Junc n86	32.8	0.036145702	98.91	66.11
Junc n87	32.73	0.037312238	98.91	66.18
Junc n88	32.71	0	98.91	66.20
Junc n89	32.63	0	98.92	66.29
Junc n90	34.25	0.06188132	98.87	64.62
Junc n91	34.6	0.15231557	99.05	64.45
Junc n92	33.07	0.04720846	98.87	65.80

Junc n93	33.28	0.037166928	98.91	65.63
Junc n94	33.19	0.029881618	98.87	65.68
Junc n95	33.39	0.047392947	98.87	65.48
Junc n96	34.86	0.13997555	99.05	64.19
Junc n97	32.8	0.14268176	98.94	66.14
Junc n98	33.39	0.028875744	98.87	65.48
Junc n99	33.04	0.038333464	98.91	65.87
Junc n100	33.01	0	98.91	65.90
Junc n101	33.33	0.026582064	98.91	65.58
Junc n102	33.42	0.00170193	98.98	65.56
Junc n103	32.79	0.1006412	98.94	66.15
Junc n104	33.42	0.09439281	98.98	65.56
Junc n105	33.61	0.12950544	99.05	65.44
Junc n106	33.15	0.025383489	98.91	65.76
Junc n107	33.08	0	98.91	65.83
Junc n108	32.82	0.0238101	98.94	66.12
Junc n109	33.52	0.075541483	98.98	65.46
Junc n110	32.95	0.041871254	98.94	65.99
Junc n111	36.82	0	99.08	62.26
Junc n112	37.43	0.34457882	99.07	61.64
Junc n113	34.17	0.026526233	98.90	64.73
Junc n114	34.01	0.025327659	98.91	64.90
Junc n115	33.93	0	98.91	64.98
Junc n116	35.21	0.029804811	98.86	63.65
Junc n117	34.16	0.028798938	98.86	64.70
Junc n118	33.43	0	98.91	65.48
Junc n119	36.39	0.13866275	98.61	62.22
Junc n120	35.41	0.016892969	98.86	63.45
Junc n121	34.22	0.01700034	98.86	64.64
Junc n122	34.23	0.040793366	98.90	64.67
Junc n123	36.51	0.138451533	98.61	62.10
Junc n124	33.49	0.049441303	98.91	65.42
Junc n125	36.63	0.08033208	99.07	62.44

Junc n126	39.22	0.28841535	99.08	59.86
Junc n127	39.41	0.09390817	99.08	59.67
Junc n128	35.67	0.15758942	99.05	63.38
Junc n129	35.75	0.02808398	99.05	63.30
Junc n130	36.46	0.34016212	99.05	62.59
Junc n131	36.4	0.20863802	99.05	62.65
Junc n132	35.82	0.05790026	99.05	63.23
Junc n133	36.96	0.016853827	98.85	61.89
Junc n134	35.32	0.020850894	98.87	63.55
Junc n135	35.56	0.016961197	98.86	63.30
Junc n136	35.17	0	98.87	63.70
Junc n137	35.81	0.08920409	99.05	63.24
Junc n138	37.18	0.037928798	98.84	61.66
Junc n139	35.76	0.015834284	98.86	63.10
Junc n140	35.5	0.007464651	98.86	63.36
Junc n141	35.33	0.007464651	98.86	63.53
Junc n142	38.24	0.121200484	98.66	60.42
Junc n143	35.41	0.022716136	98.91	63.50
Junc n144	35.56	0.040264972	98.94	63.38
Junc n145	41.07	0	99.21	58.14
Junc n146	38.97	0.153548863	98.65	59.68
Junc n147	38.68	0.070717724	98.65	59.97
Junc n148	38.68	0	98.61	59.93
Junc n149	40.86	0	99.21	58.35
Junc n150	40.81	0.10489314	99.14	58.33
Junc n151	37.24	0.10018905	99.05	61.81
Junc n152	37.18	0.001321789	99.05	61.87
Junc n153	37.23	0.054659454	99.05	61.82
Junc n154	39.0	0.003829032	98.61	59.61
Junc n155	39.44	0.042346161	98.68	59.24
Junc n156	37.49	0.020251648	98.68	61.19
Junc n157	39.0	0.000328039	98.61	59.61
Junc n158	38.89	0.055970345	98.61	59.72

Junc n159	41.21	0.054563069	99.16	57.95
Junc n160	38.64	0.122918087	98.61	59.97
Junc n161	37.5	0.170749504	99.13	61.63
Junc n162	37.47	0.020124142	98.67	61.20
Junc n163	39.69	0.020124142	98.67	58.98
Junc n164	39.69	0.036227318	98.66	58.97
Junc n165	39.84	0.015430477	98.65	58.81
Junc n166	40.2	0.018107979	98.63	58.43
Junc n167	40.29	0.38573069	98.63	58.34
Junc n168	37.38	0.054120822	99.13	61.75
Junc n169	39.69	0.000760913	98.63	58.94
Junc n170	39.82	0.01647107	98.63	58.81
Junc n171	42.12	0	99.54	57.42
Junc n172	39.94	0.067725211	98.63	58.69
Junc n173	40.25	0.025952701	99.32	59.07
Junc n174	39.23	0.04684814	98.61	59.38
Junc n175	42.11	0.054770631	99.32	57.21
Junc n176	43.02	0	99.39	56.37
Junc n177	40.31	0.044290198	98.61	58.30
Junc n178	43.17	0	99.40	56.23
Junc n179	40.53	0.022922855	98.63	58.10
Junc n180	41.24	0.07040154	98.55	57.31
Junc n181	41.26	0.065894201	98.55	57.29
Junc n182	40.6	0.036308707	98.55	57.95
Junc n183	39.68	0.076046291	98.61	58.93
Junc n184	39.64	0.002519082	98.61	58.97
Junc n185	40.75	0.035878223	98.55	57.80
Junc n186	43.68	0	99.27	55.59
Junc n187	43.69	0.03903768	99.27	55.58
Junc n188	40.32	0.024355119	98.61	58.29
Junc n190	41.45	0.078121383	98.65	57.20
Junc n191	-0.08	0.022185784	98.64	98.72
Junc n192	42.13	0.055168477	98.50	56.37

Junc n193	43.93	0.027980011	99.47	55.54
Junc n194	42.16	0.026738702	98.64	56.48
Junc n195	44.62	0	99.39	54.77
Junc n196	41.86	0.025152499	98.50	56.64
Junc n197	43.23	0.013933269	99.47	56.24
Junc n198	44.75	0	99.40	54.65
Junc n199	44.74	0.01010176	99.39	54.65
Junc n200	41.07	0.013933269	99.47	58.40
Junc n201	44.74	0.00034281	99.39	54.65
Junc n202	44.86	0.03449125	99.40	54.54
Junc n203	44.45	0.03220994	99.51	55.06
Junc n204	44.86	0.00073874	99.40	54.54
Junc n205	41.58	0.013136583	99.51	57.93
Junc n206	41.77	0.002219995	99.12	57.35
Junc n207	41.62	0.112709815	99.12	57.50
Junc n208	42.47	0.019411066	99.12	56.65
Junc n209	41.88	0.139239599	99.12	57.24
Junc n210	45.17	0	99.58	54.41
Junc n211	45.52	0.02220047	99.25	53.73
Junc n212	45.36	0.04923214	99.59	54.23
Junc n213	43.05	0.06142241	98.65	55.60
Junc n214	43.08	0.096213833	98.65	55.57
Junc n215	42.77	0.021277443	99.73	56.96
Junc n216	42.97	0.004884695	99.73	56.76
Junc n217	43.49	0.112835219	98.64	55.15
Junc n218	46.54	0.01493486	99.25	52.71
Junc n219	44.18	0.01087184	98.65	54.47
Junc n220	43.83	0.028452486	99.73	55.90
Junc n221	46.24	0.0693282	99.70	53.46
Junc n222	46.33	0.06421434	99.70	53.37
Junc n223	43.83	0.049472119	99.73	55.90
Junc n224	46.48	0.07564259	99.71	53.23
Junc n225	46.52	0.042641149	99.73	53.21

Junc n226	46.78	0.01480991	99.25	52.47
Junc n227	43.82	0.220759687	98.37	54.55
Junc n228	46.64	0.004702068	99.74	53.10
Junc n229	46.89	0.018479511	99.77	52.88
Junc n230	47.0	0.046065249	99.79	52.79
Junc n231	45.01	0.019921432	98.37	53.36
Junc n232	46.0	0.019987302	99.78	53.78
Junc n233	45.21	0.006209859	99.78	54.57
Junc n234	46.0	0.016396362	99.78	53.78
Junc n235	44.31	0.044382387	98.64	54.33
Junc n236	45.71	0.003085355	99.78	54.07
Junc n237	44.66	0.003727143	98.20	53.54
Junc n238	44.87	0.098930951	98.20	53.33
Junc n239	44.41	0.085341994	98.64	54.23
Junc n240	43.98	0.000600015	99.12	55.14
Junc n241	43.94	0.000830352	99.12	55.18
Junc n242	43.98	0.021188098	99.12	55.14
Junc n243	44.13	0.075301893	99.12	54.99
Junc n244	44.17	0.000614997	99.12	54.95
Junc n245	47.16	0.06115776	99.70	52.54
Junc n246	47.7	0.014920584	99.70	52.00
Junc n247	48.14	0.04421359	99.25	51.11
Junc n248	44.36	0.004789109	99.12	54.76
Junc n249	47.82	0.06497808	99.88	52.06
Junc n250	47.82	0.04869296	99.88	52.06
Junc n251	48.14	0.16990195	99.25	51.11
Junc n252	47.96	0.00414823	99.70	51.74
Junc n253	47.94	0.02373874	99.70	51.76
Junc n254	47.94	0	99.25	51.31
Junc n255	48.57	0.01912846	99.25	50.68
Junc n256	48.21	0.04582145	99.88	51.67
Junc n257	48.41	0.03714647	99.25	50.84
Junc n258	48.92	0.19052242	99.24	50.32

Junc n259	45.65	0.016743035	99.12	53.47
Junc n260	47.36	0.310908714	98.21	50.85
Junc n261	47.62	0.011549714	100.04	52.42
Junc n262	49.02	0.01926456	99.25	50.23
Junc n263	49.51	0.055960488	100.04	50.53
Junc n264	45.39	0.075111199	98.20	52.81
Junc n265	47.43	0.002692328	98.18	50.75
Junc n266	48.51	0.080268201	98.19	49.68
Junc n267	49.29	0.07908331	99.25	49.96
Junc n268	47.79	0.128309319	98.18	50.39
Junc n269	47.7	0.146001578	98.19	50.49
Junc n270	48.6	0.0164351	100.20	51.60
Junc n271	50.0	0.001366872	100.14	50.14
Junc n272	50.63	0.10053602	100.11	49.48
Junc n273	50.38	0.013952902	100.14	49.76
Junc n274	49.37	0.021026292	100.20	50.83
Junc n275	50.38	0.002372807	100.14	49.76
Junc n276	50.67	0	100.14	49.47
Junc n277	50.63	0	100.14	49.51
Junc n278	50.35	0.093646863	100.20	49.85
Junc n279	50.99	0.13189153	100.14	49.15
Junc n280	48.97	0.045794157	98.19	49.22
Junc n281	50.48	0.09531098	99.24	48.76
Junc n282	49.62	0.428380774	98.17	48.55
Junc n283	50.53	0	99.24	48.71
Junc n284	50.14	0	99.24	49.10
Junc n285	50.85	0.58003472	99.24	48.39
Junc n286	50.53	0.01583252	99.24	48.71
Junc n287	50.21	0.11835683	99.24	49.03
Junc n288	50.94	0.064276936	98.19	47.25
Junc n289	51.7	0.04807848	99.23	47.53
Junc n290	51.93	0.00999086	99.49	47.56
Junc n291	53.43	0.04207751	100.24	46.81

Junc n292	52.93	0.07019732	99.49	46.56
Junc n293	52.93	0.04989309	99.47	46.54
Junc n294	52.92	0.04747745	99.46	46.54
Junc n295	54.2	0.24512716	100.32	46.12
Junc n296	51.98	0.07218883	99.23	47.25
Junc n297	51.93	0.04520068	99.23	47.30
Junc n298	54.44	0.37290539	99.59	45.15
Junc n299	53.33	0.169335724	98.16	44.83
Junc n300	55.6	0.374377363	103.76	48.16
Junc n301	55.6	0	98.17	42.57
Junc n302	53.02	0.044751727	98.16	45.14
Junc n303	53.67	0.051042421	98.17	44.50
Junc n304	53.77	0.028396581	98.16	44.39
Junc n305	53.71	0.038010351	98.16	44.45
Junc n306	53.87	0.001209879	98.16	44.29
Junc n307	55.24	0.01806567	99.59	44.35
Junc n308	57.29	0.02837342	102.82	45.53
Junc n309	57.26	0.13163245	102.82	45.56
Junc n310	57.51	0.01231926	103.72	46.21
Junc n311	55.53	0.1789994	99.49	43.96
Junc n312	55.63	0.05184794	99.49	43.86
Junc n313	58.57	0	103.72	45.15
Junc n314	54.94	5.02837824	99.11	44.17
Junc n315	58.76	0.07351467	103.76	45.00
Junc n316	58.82	0.00281773	103.78	44.96
Junc n317	58.78	0.0383164	103.78	45.00
Junc n318	58.76	0.01001163	103.79	45.03
Junc n319	58.76	0.00081732	103.79	45.03
Junc n320	55.43	5.37367979	99.02	43.59
Junc n322	57.83	0.02119292	99.49	41.66
Resvr r1	103.794533	#N/A	103.79	0.00

Πίνακας 6.2 Αποτελέσματα Αγωγών για σενάριο πυρόσβεσης (Στήλη 1: Αρίθμηση Αγωγών, Στήλη 2: Διάμετρος, Στήλη 3: Ροή, Στήλη 4: Ταχύτητα, Στήλη 5: Απώλειες σε ύψος πίεσης, Στήλη 6: Συντελεστής τριβής)

Link ID	Diameter mm	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Friction Factor
Pipe L2	97.9	2.30	0.31	1.66	0.034
Pipe L3	200.25	0.40	0.01	0.00	0.052
Pipe L4	97.9	0.05	0.01	0.00	0.098
Pipe L5	97.9	0.06	0.01	0.00	0.081
Pipe L6	200.25	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L7	200.25	-9.66	0.31	0.66	0.027
Pipe L8	200.25	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L9	142.4	0.01	0.00	0.00	1.332
Pipe L10	56.07	0.04	0.02	0.02	0.077
Pipe L11	56.07	0.02	0.01	0.01	0.175
Pipe L12	97.9	0.02	0.00	0.00	0.244
Pipe L13	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L14	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L15	97.9	0.04	0.01	0.00	0.164
Pipe L16	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L17	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L18	97.9	0.12	0.02	0.01	0.042
Pipe L19	97.9	-0.39	0.05	0.06	0.044
Pipe L20	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L21	97.9	0.02	0.00	0.00	0.261
Pipe L22	97.9	-0.23	0.03	0.02	0.036
Pipe L23	142.4	3.23	0.20	0.46	0.031
Pipe L24	142.4	3.03	0.19	0.41	0.032
Pipe L25	97.9	-0.14	0.02	0.01	0.036
Pipe L26	97.9	0.71	0.09	0.18	0.039
Pipe L27	97.9	-0.03	0.00	0.00	0.144
Pipe L28	97.9	0.30	0.04	0.04	0.046

Pipe L29	97.9	-0.32	0.04	0.04	0.046
Pipe L30	97.9	0.90	0.12	0.28	0.038
Pipe L31	97.9	0.13	0.02	0.01	0.038
Pipe L32	97.9	0.15	0.02	0.01	0.033
Pipe L33	97.9	0.06	0.01	0.00	0.091
Pipe L34	97.9	0.42	0.06	0.07	0.043
Pipe L35	97.9	-0.62	0.08	0.14	0.040
Pipe L36	97.9	-0.05	0.01	0.00	0.094
Pipe L37	142.4	-3.17	0.20	0.45	0.032
Pipe L38	142.4	-1.59	0.10	0.12	0.035
Pipe L39	142.4	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L40	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L41	97.9	-1.50	0.20	0.73	0.035
Pipe L42	97.9	1.50	0.20	0.73	0.035
Pipe L43	97.9	0.54	0.07	0.11	0.041
Pipe L44	97.9	0.58	0.08	0.12	0.041
Pipe L45	97.9	1.93	0.26	1.18	0.034
Pipe L46	97.9	0.45	0.06	0.08	0.042
Pipe L47	97.9	1.52	0.20	0.75	0.035
Pipe L48	97.9	0.13	0.02	0.00	0.033
Pipe L49	97.9	-1.35	0.18	0.60	0.036
Pipe L50	97.9	-0.04	0.01	0.00	0.123
Pipe L51	97.9	-1.27	0.17	0.54	0.036
Pipe L52	97.9	-0.70	0.09	0.17	0.039
Pipe L53	97.9	-0.02	0.00	0.00	0.228
Pipe L54	97.9	0.57	0.08	0.12	0.040
Pipe L55	97.9	-0.68	0.09	0.17	0.039
Pipe L56	97.9	-0.01	0.00	0.00	0.000
Pipe L57	97.9	0.93	0.12	0.30	0.038
Pipe L58	97.9	-0.04	0.01	0.00	0.133
Pipe L59	97.9	0.07	0.01	0.00	0.070
Pipe L60	97.9	0.29	0.04	0.03	0.045
Pipe L61	97.9	0.26	0.03	0.03	0.041

Pipe L62	97.9	-0.62	0.08	0.14	0.040
Pipe L63	97.9	0.20	0.03	0.01	0.029
Pipe L64	97.9	0.29	0.04	0.04	0.046
Pipe L65	97.9	0.26	0.03	0.02	0.037
Pipe L66	97.9	-0.03	0.00	0.00	0.000
Pipe L67	97.9	-0.26	0.03	0.03	0.042
Pipe L68	97.9	-0.93	0.12	0.30	0.037
Pipe L69	97.9	-0.65	0.09	0.15	0.040
Pipe L70	97.9	-0.35	0.05	0.05	0.045
Pipe L71	97.9	-0.62	0.08	0.14	0.040
Pipe L72	97.9	0.58	0.08	0.13	0.040
Pipe L73	97.9	-0.23	0.03	0.02	0.034
Pipe L74	97.9	-0.12	0.02	0.01	0.043
Pipe L75	97.9	0.00	0.00	0.00	1.286
Pipe L76	97.9	-0.56	0.07	0.12	0.041
Pipe L77	97.9	0.37	0.05	0.06	0.044
Pipe L78	97.9	0.62	0.08	0.14	0.040
Pipe L79	97.9	0.76	0.10	0.21	0.039
Pipe L80	97.9	0.78	0.10	0.22	0.039
Pipe L81	97.9	0.83	0.11	0.24	0.038
Pipe L82	97.9	0.88	0.12	0.27	0.038
Pipe L83	97.9	0.93	0.12	0.29	0.038
Pipe L84	97.9	0.00	0.00	0.00	2.231
Pipe L85	97.9	-0.01	0.00	0.00	0.515
Pipe L86	97.9	-0.02	0.00	0.00	0.275
Pipe L87	97.9	0.01	0.00	0.00	0.920
Pipe L88	97.9	-1.66	0.22	0.88	0.035
Pipe L89	97.9	-1.08	0.14	0.39	0.037
Pipe L90	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L91	97.9	0.92	0.12	0.29	0.038
Pipe L92	97.9	0.72	0.10	0.18	0.039
Pipe L93	97.9	0.15	0.02	0.01	0.032
Pipe L94	97.9	-0.16	0.02	0.01	0.032

Pipe L95	97.9	-0.38	0.05	0.06	0.043
Pipe L96	97.9	-0.55	0.07	0.11	0.041
Pipe L97	97.9	-1.11	0.15	0.41	0.037
Pipe L98	97.9	-1.69	0.22	0.92	0.035
Pipe L99	97.9	-1.67	0.22	0.90	0.035
Pipe L100	28.48	-0.02	0.03	0.14	0.066
Pipe L101	97.9	0.09	0.01	0.00	0.059
Pipe L102	97.9	0.04	0.01	0.00	0.109
Pipe L103	97.9	-0.03	0.00	0.00	0.180
Pipe L104	97.9	0.18	0.02	0.01	0.030
Pipe L105	97.9	0.01	0.00	0.00	0.595
Pipe L106	97.9	0.19	0.03	0.01	0.027
Pipe L107	97.9	0.44	0.06	0.08	0.043
Pipe L108	97.9	0.54	0.07	0.11	0.041
Pipe L109	97.9	2.88	0.38	2.54	0.033
Pipe L110	97.9	2.92	0.39	2.61	0.033
Pipe L111	97.9	2.98	0.40	2.72	0.033
Pipe L112	97.9	1.94	0.26	1.19	0.034
Pipe L113	97.9	1.04	0.14	0.37	0.037
Pipe L114	97.9	0.83	0.11	0.24	0.038
Pipe L115	97.9	0.74	0.10	0.20	0.039
Pipe L116	97.9	0.78	0.10	0.21	0.038
Pipe L117	97.9	0.83	0.11	0.24	0.038
Pipe L118	97.9	0.87	0.12	0.26	0.038
Pipe L119	97.9	0.88	0.12	0.27	0.038
Pipe L120	97.9	-3.28	0.44	3.26	0.033
Pipe L121	97.9	0.02	0.00	0.00	0.282
Pipe L122	97.9	0.02	0.00	0.00	0.276
Pipe L123	97.9	-0.03	0.00	0.00	0.182
Pipe L124	97.9	0.04	0.01	0.00	0.112
Pipe L125	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L126	97.9	0.07	0.01	0.00	0.087
Pipe L127	97.9	0.28	0.04	0.03	0.044

Pipe L128	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L129	97.9	0.89	0.12	0.28	0.038
Pipe L130	97.9	0.76	0.10	0.21	0.039
Pipe L131	200.25	0.08	0.00	0.00	0.129
Pipe L132	200.25	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L133	97.9	0.18	0.02	0.01	0.030
Pipe L134	97.9	-0.05	0.01	0.00	0.113
Pipe L135	97.9	0.02	0.00	0.00	0.242
Pipe L136	97.9	-1.72	0.23	0.94	0.035
Pipe L137	97.9	-1.23	0.16	0.50	0.036
Pipe L138	97.9	-0.26	0.03	0.02	0.040
Pipe L139	97.9	-0.06	0.01	0.00	0.078
Pipe L140	97.9	0.03	0.00	0.00	0.238
Pipe L141	97.9	0.04	0.00	0.00	0.148
Pipe L142	97.9	0.04	0.00	0.00	0.143
Pipe L143	97.9	1.73	0.23	0.96	0.035
Pipe L144	97.9	-0.29	0.04	0.03	0.045
Pipe L145	97.9	0.40	0.05	0.06	0.044
Pipe L146	97.9	1.96	0.26	1.21	0.034
Pipe L147	97.9	2.04	0.27	1.31	0.034
Pipe L148	97.9	2.14	0.28	1.44	0.034
Pipe L149	97.9	2.25	0.30	1.58	0.034
Pipe L150	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L151	97.9	-0.38	0.05	0.06	0.044
Pipe L152	97.9	-0.02	0.00	0.00	0.252
Pipe L153	97.9	2.34	0.31	1.71	0.034
Pipe L154	97.9	2.76	0.37	2.34	0.033
Pipe L155	97.9	0.47	0.06	0.09	0.042
Pipe L156	178.0	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L157	178.0	-7.43	0.30	0.73	0.028
Pipe L158	178.0	-5.55	0.22	0.42	0.029
Pipe L159	178.0	-4.24	0.17	0.25	0.030
Pipe L160	178.0	-0.06	0.00	0.00	0.165

Pipe L161	178.0	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L162	97.9	0.10	0.01	0.00	0.050
Pipe L163	97.9	0.01	0.00	0.00	0.427
Pipe L164	200.25	-0.02	0.00	0.00	0.000
Pipe L165	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L166	200.25	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L167	200.25	0.10	0.00	0.00	0.105
Pipe L168	200.25	0.27	0.01	0.00	0.000
Pipe L169	200.25	0.37	0.01	0.00	0.021
Pipe L170	200.25	0.20	0.01	0.00	0.052
Pipe L171	200.25	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L172	200.25	0.38	0.01	0.00	0.038
Pipe L173	200.25	0.38	0.01	0.00	0.030
Pipe L174	97.9	-0.07	0.01	0.00	0.071
Pipe L175	97.9	-0.91	0.12	0.29	0.038
Pipe L176	97.9	1.14	0.15	0.43	0.036
Pipe L177	97.9	0.06	0.01	0.00	0.076
Pipe L178	97.9	0.02	0.00	0.00	0.210
Pipe L179	97.9	0.05	0.01	0.00	0.111
Pipe L180	97.9	0.04	0.01	0.00	0.114
Pipe L181	56.07	0.05	0.02	0.02	0.063
Pipe L182	56.07	0.09	0.04	0.04	0.030
Pipe L183	97.9	0.17	0.02	0.01	0.030
Pipe L184	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L185	97.9	-0.01	0.00	0.00	0.338
Pipe L186	97.9	-0.06	0.01	0.00	0.082
Pipe L187	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L188	97.9	0.03	0.00	0.00	0.167
Pipe L189	97.9	0.10	0.01	0.00	0.049
Pipe L190	97.9	-0.48	0.06	0.09	0.042
Pipe L191	97.9	0.31	0.04	0.04	0.046
Pipe L192	97.9	-0.01	0.00	0.00	0.365
Pipe L193	97.9	-0.01	0.00	0.00	0.321

Pipe L194	97.9	-0.02	0.00	0.00	0.238
Pipe L195	280.35	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L196	200.25	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L197	200.25	10.83	0.34	0.82	0.027
Pipe L198	200.25	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L199	97.9	3.56	0.47	3.83	0.033
Pipe L200	97.9	-3.60	0.48	3.91	0.033
Pipe L201	97.9	0.05	0.01	0.00	0.100
Pipe L202	97.9	0.37	0.05	0.06	0.044
Pipe L203	97.9	5.04	0.67	7.55	0.032
Pipe L204	97.9	0.02	0.00	0.00	0.268
Pipe L205	97.9	0.02	0.00	0.00	0.240
Pipe L206	97.9	0.01	0.00	0.00	0.418
Pipe L207	97.9	-2.04	0.27	1.31	0.034
Pipe L208	97.9	-2.60	0.35	2.08	0.034
Pipe L209	97.9	-3.35	0.44	3.40	0.033
Pipe L210	97.9	-2.12	0.28	1.41	0.034
Pipe L211	97.9	-0.80	0.11	0.22	0.038
Pipe L212	97.9	-1.66	0.22	0.88	0.035
Pipe L213	97.9	-0.87	0.12	0.26	0.038
Pipe L214	97.9	-0.05	0.01	0.00	0.105
Pipe L215	97.9	-0.61	0.08	0.14	0.040
Pipe L216	97.9	9.46	1.26	25.94	0.032
Pipe L217	97.9	9.62	1.28	26.81	0.032
Pipe L218	97.9	-0.03	0.00	0.00	0.173
Pipe L219	97.9	4.17	0.55	5.20	0.033
Pipe L220	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L221	56.07	0.01	0.00	0.00	0.245
Pipe L222	142.4	-5.00	0.31	1.07	0.030
Pipe L223	142.4	-1.27	0.08	0.08	0.035
Pipe L224	142.4	-12.11	0.76	5.94	0.029
Pipe L225	142.4	-8.45	0.53	2.94	0.029
Pipe L226	142.4	-8.29	0.52	2.83	0.029

Pipe L227	142.4	-7.73	0.49	2.48	0.029
Pipe L228	142.4	-7.97	0.50	2.63	0.029
Pipe L229	142.4	-5.34	0.34	1.21	0.030
Pipe L230	142.4	-2.78	0.17	0.35	0.032
Pipe L231	142.4	-2.78	0.17	0.35	0.032
Pipe L232	142.4	-19.97	1.25	15.88	0.028
Pipe L233	142.4	-19.52	1.23	15.19	0.028
Pipe L234	142.4	-19.51	1.22	15.17	0.028
Pipe L235	142.4	-19.38	1.22	14.97	0.028
Pipe L236	142.4	-8.54	0.54	3.00	0.029
Pipe L237	142.4	-8.53	0.54	2.99	0.029
Pipe L238	142.4	-8.46	0.53	2.95	0.029
Pipe L239	142.4	-7.73	0.49	2.48	0.029
Pipe L240	142.4	-8.35	0.52	2.87	0.029
Pipe L241	142.4	-7.93	0.50	2.60	0.029
Pipe L242	142.4	-8.20	0.51	2.77	0.029
Pipe L243	142.4	-8.15	0.51	2.74	0.029
Pipe L244	142.4	-8.10	0.51	2.71	0.029
Pipe L245	142.4	-8.02	0.50	2.66	0.029
Pipe L246	142.4	-7.34	0.46	2.24	0.029
Pipe L247	142.4	-4.21	0.26	0.77	0.031
Pipe L248	142.4	-3.41	0.21	0.51	0.031
Pipe L249	142.4	-2.22	0.14	0.23	0.033
Pipe L250	142.4	-1.80	0.11	0.15	0.034
Pipe L251	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L252	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L253	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L254	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L255	97.9	0.01	0.00	0.00	0.362
Pipe L256	97.9	-0.66	0.09	0.16	0.040
Pipe L257	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L258	97.9	0.01	0.00	0.00	0.000
Pipe L259	97.9	-0.64	0.08	0.15	0.040

Pipe L260	97.9	-0.02	0.00	0.00	0.260
Pipe L261	97.9	-0.34	0.05	0.05	0.045
Pipe L262	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L263	97.9	-2.59	0.34	2.06	0.034
Pipe L264	97.9	-2.55	0.34	2.01	0.034
Pipe L265	97.9	-2.54	0.34	2.00	0.034
Pipe L266	97.9	0.68	0.09	0.17	0.039
Pipe L267	97.9	-0.41	0.06	0.07	0.043
Pipe L268	97.9	0.31	0.04	0.04	0.046
Pipe L269	97.9	0.01	0.00	0.00	0.432
Pipe L270	97.9	-2.56	0.34	2.02	0.034
Pipe L271	97.9	-2.56	0.34	2.02	0.034
Pipe L272	97.9	-2.56	0.34	2.02	0.034
Pipe L273	97.9	-0.01	0.00	0.00	0.515
Pipe L274	97.9	0.08	0.01	0.00	0.062
Pipe L275	97.9	2.78	0.37	2.37	0.033
Pipe L276	97.9	-0.03	0.00	0.00	0.196
Pipe L277	280.35	7.70	0.12	0.08	0.028
Pipe L278	97.9	0.03	0.00	0.00	0.180
Pipe L279	280.35	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L280	280.35	-3.31	0.05	0.02	0.031
Pipe L281	280.35	-6.09	0.10	0.05	0.028
Pipe L282	56.07	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L283	280.35	0.02	0.00	0.00	0.000
Pipe L284	280.35	6.16	0.10	0.05	0.028
Pipe L285	142.4	5.37	0.34	1.22	0.030
Pipe L286	142.4	-0.19	0.01	0.00	0.037
Pipe L287	142.4	5.03	0.32	1.08	0.030
Pipe L288	142.4	1.73	0.11	0.14	0.034
Pipe L289	142.4	1.85	0.12	0.16	0.034
Pipe L290	142.4	-1.63	0.10	0.13	0.034
Pipe L291	142.4	4.53	0.28	0.88	0.030
Pipe L292	142.4	1.06	0.07	0.06	0.037

Pipe L293	142.4	1.31	0.08	0.08	0.035
Pipe L294	142.4	1.39	0.09	0.10	0.035
Pipe L295	142.4	1.42	0.09	0.10	0.035
Pipe L296	142.4	1.48	0.09	0.11	0.035
Pipe L297	142.4	-1.02	0.06	0.06	0.038
Pipe L298	142.4	-3.58	0.22	0.56	0.031
Pipe L299	142.4	-3.58	0.22	0.56	0.031
Pipe L300	142.4	-0.27	0.02	0.00	0.037
Pipe L301	142.4	-0.10	0.01	0.00	0.069
Pipe L302	97.9	-0.05	0.01	0.00	0.102
Pipe L303	97.9	-0.03	0.00	0.00	0.165
Pipe L304	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L305	97.9	-0.02	0.00	0.00	0.784
Pipe L306	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L307	56.07	0.00	0.00	0.00	1.414
Pipe L308	56.07	0.00	0.00	0.00	2.855
Pipe L309	56.07	0.01	0.00	0.00	0.289
Pipe L310	56.07	0.33	0.13	0.71	0.045
Pipe L311	97.9	-0.15	0.02	0.01	0.033
Pipe L312	97.9	0.04	0.01	0.00	0.128
Pipe L313	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L314	97.9	-0.66	0.09	0.16	0.039
Pipe L315	111.25	0.27	0.03	0.01	0.034
Pipe L316	56.07	0.02	0.01	0.01	0.130
Pipe L317	56.07	0.52	0.21	1.68	0.042
Pipe L318	80.1	0.27	0.05	0.08	0.045
Pipe L319	80.1	-0.57	0.11	0.33	0.040
Pipe L320	97.9	0.06	0.01	0.00	0.091
Pipe L321	97.9	0.30	0.04	0.04	0.046
Pipe L322	97.9	1.34	0.18	0.59	0.036
Pipe L323	80.1	0.01	0.00	0.00	0.320
Pipe L324	80.1	0.32	0.06	0.12	0.045
Pipe L325	80.1	-0.21	0.04	0.04	0.040

Pipe L326	80.1	-0.09	0.02	0.01	0.056
Pipe L327	80.1	-0.03	0.01	0.00	0.123
Pipe L328	97.9	0.01	0.00	0.00	0.616
Pipe L329	97.9	-0.02	0.00	0.00	0.164
Pipe L330	97.9	0.00	0.00	0.00	2.444
Pipe L331	97.9	0.59	0.08	0.13	0.040
Pipe L332	97.9	0.62	0.08	0.14	0.040
Pipe L333	97.9	-0.44	0.06	0.08	0.043
Pipe L334	97.9	-1.02	0.14	0.35	0.037
Pipe L335	97.9	-1.68	0.22	0.90	0.035
Pipe L336	97.9	-0.73	0.10	0.19	0.039
Pipe L337	97.9	-4.01	0.53	4.82	0.033
Pipe L338	97.9	-2.28	0.30	1.62	0.034
Pipe L339	56.07	0.65	0.26	2.58	0.041
Pipe L340	56.07	0.02	0.01	0.01	0.187
Pipe L341	56.07	0.04	0.02	0.02	0.076
Pipe L342	56.07	0.08	0.03	0.04	0.034
Pipe L343	56.07	0.14	0.06	0.11	0.038
Pipe L344	56.07	-0.90	0.36	4.80	0.040
Pipe L345	56.07	-0.14	0.06	0.12	0.040
Pipe L346	56.07	-0.02	0.01	0.01	0.117
Pipe L347	97.9	0.04	0.00	0.00	0.123
Pipe L348	97.9	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L349	97.9	-0.02	0.00	0.00	0.368
Pipe L350	97.9	0.01	0.00	0.00	0.000
Pipe L351	97.9	0.11	0.02	0.01	0.044
Pipe L352	97.9	0.28	0.04	0.03	0.043
Pipe L353	97.9	-0.08	0.01	0.00	0.066
Pipe L354	97.9	0.05	0.01	0.00	0.103
Pipe L355	97.9	-2.19	0.29	1.50	0.034
Pipe L356	97.9	-1.33	0.18	0.58	0.036
Pipe L357	97.9	0.50	0.07	0.09	0.042
Pipe L358	200.25	-29.64	0.94	5.83	0.026

Pipe L359	200.25	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe L360	200.25	0.00	0.00	0.00	0.000

Κεφάλαιο 7

7.1 Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την μελέτη που προηγήθηκε.

7.2 Συμπεράσματα

Η επίλυση του δικτύου ύδρευσης της ζώνης «Πέλοπος» πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού EPANET, έτσι απλοποιήθηκε αρκετά η διαδικασία επίλυσης. Το EPANET λόγω της δυνατότητας του να δώσει αποτελέσματα και σαν πίνακες αλλά και με την μορφή χαρτών μας έδωσε τη δυνατότητα να έχουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα της λειτουργίας του δικτύου. Παρατηρούμε ότι στο σενάριο κανονικής λειτουργίας του δικτύου όλοι οι κόμβοι έχουν πίεση ανώτερη των 21m και κατώτερη των 75m, εκτός από τον κόμβο n191 ο οποίος έχει πίεση 101.11m. Επομένως εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία του δικτύου, στον κόμβο n191 θα χρειαστεί να τοποθετηθούν βαλβίδες μείωσης της πίεσης (PRV) καθώς ξεπερνάει τα επιτρεπτά όρια. Στο σενάριο πυρόσβεσης επίσης όλοι οι κόμβοι έχουν πίεση μεγαλύτερη από 21m και μικρότερη από 75m. Ο κόμβος n191 σε αυτή την περίπτωση παρουσιάζει ελαφρώς μειωμένη τιμή, η οποία ισούται με 98.72m, επομένως επιβεβαιώνεται ξανά η ανάγκη τοποθέτησης PRV. Οι υπόλοιποι κόμβοι δεν παρουσιάζουν κάποιο πρόβλημα.

Τέλος, οι ταχύτητες στους αγωγούς τόσο στην κανονική λειτουργία όσο και στο σενάριο πυρόσβεσης είναι κατώτερες του κατώτερου ανώτερου ορίου που είναι ίσο με 1.55m/s. Επομένως σε περιπτώσεις υδραυλικού πλήγματος δεν θα υπάρξουν προβλήματα στο δίκτυο.

Βιβλιογραφία

Αντωνίου, Α. (2020) *Βελτιστοποίηση δικτύων ύδρευσης: Η περίπτωση του δικτύου της Ευαγγελίστριας στη Θεσσαλονίκη*, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

ΔΕΥΑΠ, “Δίκτυο ύδρευσης.” <https://www.deyap.gr/water-supply/waternetwork> [4]

Δήμος Πατρέων, *Το νερό στην Πάτρα – Ιστορική αναδρομή*, διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://e-patras.gr/el/nero-ydatines-diadromes-patra>

Ιατρού, Γ. (2019) *Ιστορική αναδρομή στο σύστημα ύδρευσης της πόλης των Πατρών*, Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος, Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο, Χανιά.

Κανέλλος, Δ. (2016) *Μελέτη & αντικατάσταση του δικτύου ύδρευσης του οικισμού Αξιοχωρίου, νομού Κιλκίς, με τη χρήση του προγράμματος PIPE*, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Ξάνθη.

Κουμούση, Α. (2020) *Ρωμαϊκό και Μεσαιωνικό Υδραγωγείο Πάτρας*, διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://odysseus.culture.gr/h/3/gh352.jsp?obj_id=23365

Serafeim, A.V., Kokosalakis, G., Deidda, R., Karathanasi, I., Langousis, A. (2021) Probabilistic estimation of minimum night flow in water distribution networks: Large-scale application to the city of Patras in western Greece. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.* 36, 1–18. <https://doi.org/10.1007/s00477-021-02042-90>.

Serafeim, A.V., Kokosalakis, G., Deidda, R., Karathanasi, I., Langousis, A. (2022a) Probabilistic framework for the parametric modeling of leakages in water distribution networks: Large scale application to the City of Patras in Western Greece. *Stoch. Hydrol. Hydraul.* 36, 3617–3637. <https://doi.org/10.1007/s00477-022-02213-2>.

Serafeim, A.V., Kokosalakis, G., Deidda, R., Karathanasi, I., Langousis, A. (2022b) Probabilistic Minimum Night Flow Estimation in Water Distribution Networks and Comparison with the Water Balance Approach: Large-Scale Application to the City Center of Patras in Western Greece. *Water*, 14, 98. <https://doi.org/10.3390/w14010098>.

Serafeim, A.V., Kokosalakis, G., Deidda, R., Fourniotis, N.T., Langousis, A. (2022c) Combining Statistical Clustering with Hydraulic Modeling for Resilient Reduction of Water

Losses in Water Distribution Networks: Large Scale Application Study in the City of Patras in Western Greece. *Water*, 14, 3493. <https://doi.org/10.3390/w14213493>.

Serafeim, A.V. (2022) Probabilistic Modeling and Optimization of Leakages in Water Distribution Networks. Ph.D. Thesis, Department of Civil Engineering, University of Patras, Patras, Greece. Available online: <https://hdl.handle.net/10889/24051>.

Serafeim, A.V., Perdios, A., Fourniotis, N.T., Langousis, A. (2023) Towards More Efficient Hydraulic Modeling of Water Distribution Networks Using the EPANET Software Engine. *Environ. Sci. Proc.* 25, 46. <https://doi.org/10.3390/ECWS-7-14166>.

Serafeim, A. V., Fourniotis, N. T., Deidda, R., Kokosalakis, G., Langousis, A. (2024) Leakages in Water Distribution Networks: Estimation Methods, Influential Factors, and Mitigation Strategies—A Comprehensive Review. *Water*, 16(11), 1534. <https://doi.org/10.3390/w16111534>.

Σιωρά, Ε. Β. (2021) *Υπολογισμός δυσλειτουργιών σε δίκτυα ύδρευσης με χρήση του λογισμικού EPANET*, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Ερμιόνη.

Τσαγκολάρι, Φ. (2018) *Σχεδιασμός δικτύου παροχής νερού με το λογισμικό EPANET*, Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ. Ε., Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδος, Πάτρα.

Φουρνιώτης, Ν.Θ., Λαγούσης, Α. (2020) *Στοιχεία Σχεδιασμού Έργων Ύδρευσης και Αποχέτευσης*, 1^η Έκδοση, Εκδόσεις Gotsis, ISBN 9789609427890.