

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ

Ανάλυση και Σχεδιασμός Δικτύου Ύδρευσης, με
εφαρμογή στην περιοχή Άνω Πόλη, Πάτρας

ΦΛΟΡΙΝΤΑ ΧΑΛΙΜΙ



ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
Δρ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΦΟΥΡΝΙΩΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ-2019

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο “Ανάλυση και Σχεδιασμός Δικτύου Ύδρευσης, με εφαρμογή στην περιοχή Άνω Πόλη, Πάτρας” έλαβε χώρα στα πλαίσια των υποχρεώσεών μου κατά τη διάρκεια των σπουδών μου στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Νικόλαο Φουρνιώτη, Ακαδημαϊκό Υπότροφο του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε , της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών, του Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας για τις κατευθυντήριες γραμμές που έθεσε. Κυρίως όμως ευχαριστώ από καρδιάς την κυρία Ειρήνη Καραθανάση υπεύθυνη γραφείου μελετών και έργων υπηρεσίας ύδρευσης ΔΕΥΑΠ για την πρόταση του ενδιαφέροντος θέματος της πτυχιακής και για την πολύτιμη βοήθειά της σε κάθε στάδιο αυτής της εργασίας, καθώς για την στήριξη, τον χρόνο της, την υπομονή και ευγένεια που μου έδειξε καθόλη την διάρκεια της συνεργασίας μας.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	1
Πίνακας Περιεχομένων Εικόνων.....	4
Περίληψη.....	4
Λέξεις κλειδιά.....	5
1. Εισαγωγή.....	7
1.1. Ορισμός του νερού	8
1.2. Το μόριο του νερού	10
1.3. Αξία του νερού για το ανθρώπινο σώμα.....	11
1.4. Συστήματα μεταφοράς.....	12
1.5. Υδατικοί πόροι	13
2. Ύδρευση.....	17
2.1. Ορισμός.....	17
2.2. Ιστορική αναδρομή	17
2.3. Δίκτυο ύδρευσης.....	18
2.3.1 Υλικά κατασκευής- Γενικά.....	18
2.3.2. Σχεδιασμός δικτύων ύδρευσης	21
2.3.3. Ελληνικοί κανονισμοί δικτύων ύδρευσης.....	25
3. Λειτουργία των κύριων στοιχείων του υδραυλικού συστήματος.....	29
3.1. Υδραυλικές αντλίες	29
3.2. Υδραυλικοί κινητήρες	31
3.3. Υδραυλικοί κύλινδροι.....	33
4. Δίκτυα ύδρευσης	35
4.1. Κατηγορίες δικτύων ύδρευσης	35
4.2. Εξαρτήματα δικτύων ύδρευσης.....	36
4.2.1. Χώρος υδροσυλλογής.....	36
4.2.2. Εξωτερικό υδραγωγείο.....	37
4.2.3. Δεξαμενές	38
4.2.4. Εσωτερικό υδραγωγείο	40
5. Αγωγοί ύδρευσης.....	41
5.1.Σωλήνες από σκυρόδεμα	42
5.2. Σωλήνες από αμιαντοσίμεντο.....	43
5.3. Μεταλλικοί σωλήνες.....	44

5.3.1.	Χαλυβδοσωλήνες.....	44
5.3.2.	Χαλκοσωλήνες	48
5.4.	Πλαστικοί σωλήνες	52
5.4.1.	Σωλήνες από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο	53
5.4.2.	Σωλήνες από πολυπροπυλένιο.....	56
5.4.3.	Σωλήνες από χλωριωμένο πολυβινυλοχλώριο	58
6.	Υδραυλικό πλήγμα	59
6.1.	Συσκευές προστασίας από υδραυλικό πλήγμα.....	62
6.2.	Βαλβίδες προστασίας από υδραυλικό πλήγμα.....	65
6.2.1.	Αρχή λειτουργίας	65
6.2.2.	Κύριες εφαρμογές	66
6.2.3.	Αποδόσεις.....	66
6.2.4.	Συντήρηση.....	67
7.	Ανάλυση και Σχεδιασμός δικτύου	69
7.1.	Εφαρμογή στην περιοχή Ανω Πόλη.....	69
7.2.	Βασικές παραδοχές της μελέτης.....	69
7.3.	Πυκνότητα πληθυσμού.....	70
7.4.	Παροχές σχεδιασμού	70
7.5.	Σχεδιασμός Δικτύου Ύδρευσης-Τρόπος υδροδότησης-Ζώνες Πιέσεως	71
7.6.	Επίλυση του Δικτύου.....	71
7.7.	Τύπος Γραμμικών Απωλειών.....	72
8.	Συμπεράσματα - Παρατηρήσεις επί των αποτελεσμάτων	74
8.1.	Παρουσίαση αποτελεσμάτων	74
	Βιβλιογραφία	76
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.....	79
	Πίνακας εκτίμησης ζήτησης κόμβων από επιφάνεια επιρροής.....	79
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.....	88
	Αποτελέσματα κόμβων.....	88
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3.....	147
	Σχέδιο	147

Πίνακας Περιεχομένων Εικόνων

Εικόνα 1	Χάρτης Διαθεσιμότητας νερού	9
Εικόνα 2	Μόριο Νερού	10
Εικόνα 3	Τεχνητή λίμνη Φράγμα Μαραθώνα.....	13
Εικόνα 4	Σύστημα Αφαλάτωσης Νερού.....	15
Εικόνα 5	Ευπαλίνειο Όρυγμα.	18
Εικόνα 6	Υδραγωγείο.....	20
Εικόνα 7	Σχεδιασμός και Ανάλυση δικτύου Διανομής.	25
Εικόνα 8	Διατομή Φ32.....	28
Εικόνα 9	Υδραυλική Αντλία	29
Εικόνα 10	Εμβολοφόρα Αντλία	31
Εικόνα 11	Υδραυλικοί Κινητήρες	32
Εικόνα 12	Μέρη Δικτύου Ύδρευσης.....	36
Εικόνα 13	Διάταξη Υδραγωγείου	38
Εικόνα 14	Υδρύπτωργος Πειραϊκής Πατραϊκής	39
Εικόνα 15	Γενική Κάτοψη έργων Εσωτερικού και Εξωτερικού υδραγωγείου.....	40
Εικόνα 16	Αγωγοί Ύδρευσης.....	42
Εικόνα 17	Σωλήνες αμιαντοσιμέντο	44
Εικόνα 18	Χαλυβδοσωλήνες Ύδρευσης	45
Εικόνα 19	Χαλκοσωλήνες Ύδρευσης.....	51
Εικόνα 20	Σωλήνες	53
Εικόνα 21	Σωλήνες Μεταφοράς Νερού Πολυαιθυλενίου.....	54
Εικόνα 22	Σωλήνες Πολυπροπυλενίου.....	57
Εικόνα 23	WaterHammer - Υδραυλικό Πλήγμα	60
Εικόνα 24	Μειωτής Πίεσης.	61
Εικόνα 25	Βαλβίδα αντεπιστροφής.....	64

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η επίλυση (ανάλυση και σχεδιασμός) του δικτύου ύδρευσης σε τμήμα της πόλης της Πάτρας και συγκεκριμένα στην περιοχή της Αρόης.

Αρχικά, προσδιορίστηκε η περιοχή μελέτης, η δεξαμενή από την οποία υδρεύεται καθώς και το τοπογραφικό της ανάγλυφο. Επιπλέον, λήφθηκαν υπόψη ο χρόνος σχεδιασμού του έργου, οι ήδη υπάρχουσες Πολεοδομικές Μελέτες, η μέση ημερήσια

κατανάλωση νερού ανά κάτοικο τόσο στην Πάτρα όσο και σε άλλες ελληνικές πόλεις με βάση στοιχεία από τη διεθνή βιβλιογραφία σε συνδυασμό με τις τοπικές συνθήκες.

Στη συνέχεια, εκτιμήθηκε η πυκνότητα πληθυσμού στην περιοχή μελέτης, καθώς και η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση και η μέγιστη ωριαία κατανάλωση ανά κάτοικο στην περιοχή αυτή.

Ακολούθησε σχεδιασμός του δικτύου Ύδρευσης και βρέθηκε ο τρόπος υδροδότησης αλλά και οι ζώνες πίεσεως.

Επιπλέον, προσδιορίστηκαν οι λόγοι επίλυσης του δικτύου και το πρόγραμμα το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για τον σκοπό αυτό.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε υπολογισμός των γραμμικών απωλειών.

Λέξεις κλειδιά : Νερό, Ύδρευση, Αντλία, Δίκτυο ύδρευσης, Δεξαμενή , Αγωγός , Υδραυλικό Πλήγμα

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδάστριας:

Η κάτωθι υπογεγραμμένη σπουδάστρια έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κείμενου, έχω δε αναφέρει στη Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομα του και την πηγή προέλευσης.

Η σπουδάστρια:

ΦΛΟΡΙΝΤΑ ΧΑΛΙΜΙ

1. Εισαγωγή

Από τότε που οι άνθρωποι άρχισαν να οργανώνονται και να κατοικούν μαζικά σε αστικά κέντρα δημιουργήθηκε ανάγκη για την κατασκευή έργων που θα διευκόλυναν και θα έκαναν καλύτερη την ζωή των πολιτών. Το Δίκτυο Ύδρευσης (όπως και αυτό της αποχέτευσης) είναι ένα έργο πρωτεύουσας σημασίας για κάθε αστική περιοχή. Είναι γνωστό ότι το νερό δεν είναι εμπορικό προϊόν, αλλά ούτε και δημόσιο αγαθό στο οποίο καθένας έχει ελεύθερη/δωρεάν πρόσβαση. Η μια χρήση του νερού αποκλείει συχνά τις άλλες. Το νερό είμαστε αναγκασμένοι να το «διαχειριζόμαστε», να μεριμνούμε δηλαδή για την εξισορρόπηση των αναγκών και την εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων του, με την απαιτούμενη ποιότητα για την κάλυψή τους. Το Σύνταγμα της Ελλάδας κατοχυρώνει το δικαίωμα των πολιτών σε καθαρό περιβάλλον, καθαρούς και επαρκείς φυσικούς πόρους και καθαρό, άφθονο νερό. Παρόλο που οι υδατικοί πόροι είναι ανανεώσιμοι (με εξαίρεση κάποιους υπόγειους υδροφορείς), υπάρχουν μεγάλες διαφορές στα διαθέσιμα αποθέματα νερού σε διάφορες περιοχές του πλανήτη. Τη μεγαλύτερη πίεση υφίσταται η Ασία, όπου, ενώ το ποσοστό του πληθυσμού που εξυπηρετείται ξεπερνά το **50%** του παγκόσμιου πληθυσμού (είναι περίπου **60%**), διαθέτει μόνο το **36%** των παγκόσμιων υδατικών πόρων.

Είναι εμφανής, λοιπόν, η άμεση και έμμεση συσχέτιση της διαχείρισης των δικτύων και των διαρροών τους με την προσπάθεια ολιστικής Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων. Στο πλαίσιο αυτό, η εξέλιξη της προσέγγισης του προβλήματος της Διαχείρισης των δικτύων ύδρευσης ακολούθησε την προσέγγιση της γενικότερης πρόκλησης της Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων, διαρθρωμένη σε τέσσερα στάδια. Τα στάδια αυτά, σε χρονολογική σειρά, καθώς και η βασική αρχή καθενός από αυτά, ήταν:

- Ανθρωποκεντρική προσέγγιση: όλοι οι φυσικοί πόροι θεωρούνται αναλώσιμα «καύσιμα» στη μηχανή της εξέλιξης του ανθρώπου.
- Πράσινη προσέγγιση: κάθε εξελικτική διαδικασία βλάπτει το περιβάλλον, το οποίο πρέπει να μείνει ανέγγιχτο (διαδικασία που εξελίχθηκε σε «κυνήγι μαγισσών» με θύμα την ίδια την επιστήμη).
- Βιώσιμη προσέγγιση: η επιστήμη αποτελεί όπλο/εργαλείο για τη διαχείριση, προστασία και αποκατάσταση του περιβάλλοντος, όπου όλες οι συνιστώσες του

συνεκτιμώνται, με βασική επιδίωξη τη διατήρηση κόστους ίσης ευκαιρίας μεταξύ γενεών (κάθε γενιά δεν επιβαρύνει την επόμενη) και επομένως τη διατήρηση ενός αποδεκτού επιπέδου ζωής (βρέθηκε στην αιχμή της μεταξύ **1990-2000**).

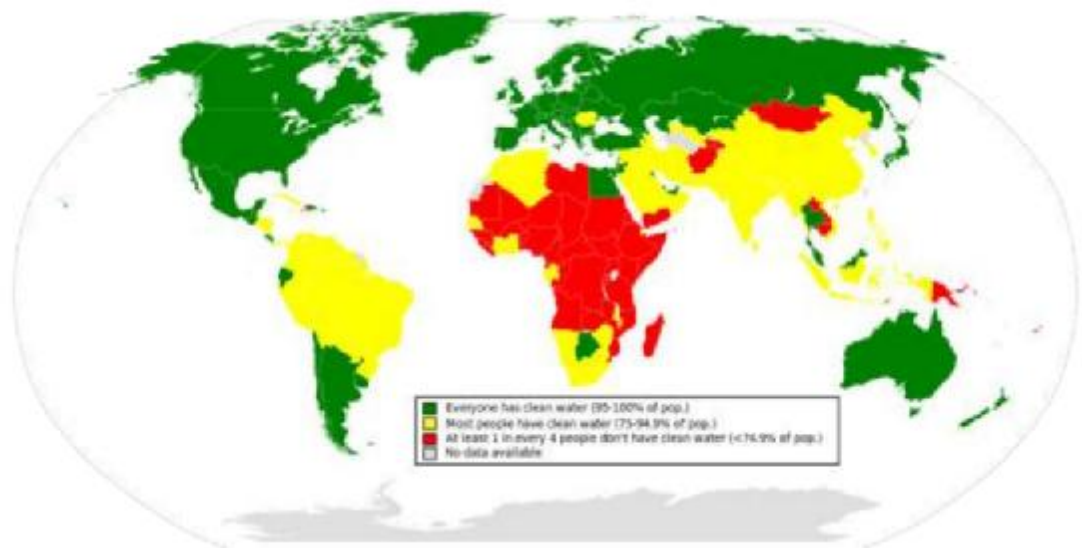
· Αξιοβίωτη προσέγγιση (**worth-living**): βασική πλέον επιδίωξη είναι η μείωση του κόστους ίσης ευκαιρίας για τις επόμενες γενιές και άρα η βελτίωση του επιπέδου ζωής (πρωτο-αρθρώθηκε με την έναρξη του νέου αιώνα).

Σήμερα, η ανάγκη διαχείρισης των δικτύων ύδρευσης είναι επιτακτική, καθώς ενισχύεται και από τα όσα προβλέπει η Οδηγία-Πλαίσιο για τα Ύδατα, όπου ορίζεται, ότι τα Κράτη Μέλη της ΕΕ θα πρέπει να έχουν διαμορφώσει και θέσει σε ισχύ, κατάλληλη τιμολογιακή πολιτική για τη χρήση του νερού, βασισμένη στην αρχή της ανάκτησης του πλήρους κόστους, τόσο των υπηρεσιών νερού, όσο και του περιβαλλοντικού κόστους (αξίας) κάθε εκμεταλλευόμενου υδατικού πόρου.

1.1. Ορισμός του νερού

Το νερό ή οξειδάνιο, κατά χημική ονοματολογία, είναι η περισσότερο διαδεδομένη χημική ένωση που είναι απαραίτητη σε όλες τις μορφές ζωής στον πλανήτη μας. Απαντάται και στις τρεις μορφές στη γη: στερεή (πάγος, χιόνι), υγρή (νερό πηγών, ποταμών, θαλασσών) και αέρια (υδρατμοί στην ατμόσφαιρα) (Εικόνα 1). Έχει βρεθεί και στην κατάσταση υγρού κρυστάλλου, κοντά σε υδρόφιλες επιφάνειες. Το (χημικά καθαρό) νερό, στις «κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος» (**Standard Ambient Temperature and Pressure - SATP**, δηλαδή σε θερμοκρασία **25°C** και υπό πίεση **1 atm**), βρίσκεται σε μια δυναμική ισορροπία υγρού - αερίου, με κύρια φάση την υγρή. Είναι άγευστο και άοσμο, σχεδόν άχρωμο και διαυγές, αλλά εμφανίζει μια γαλάζια χροιά όταν βρίσκεται σε βαθιά στρώματα ενώ παράλληλα έχει την ιδιότητα πολλές ουσίες να διαλύονται σε αυτό και γι' αυτό χαρακτηρίζεται ως «παγκόσμιος διαλύτης». Εξαιτίας, όμως, αυτής της τεράστιας ικανότητας διάλυσης που διαθέτει, εξαιρετικά σπάνια βρίσκεται στη φύση σε σχετικά καθαρή μορφή και κάποιες ιδιότητες των διαλυμάτων του ή και του φυσικού νερού δεν ταυτίζονται με τις αντίστοιχες της ίδιας της χημικά καθαρής ένωσης. Το καλύτερο παράδειγμα γι' αυτό είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του

νερού: Το φυσικό νερό είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού, ενώ το χημικά καθαρό νερό πρακτικά είναι μονωτής.



Εικόνα 1 Χάρτης Διαθεσιμότητας νερού

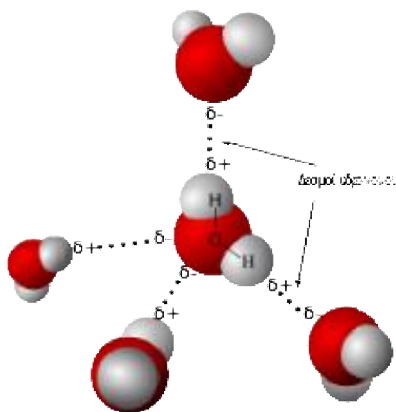
https://en.m.wikipedia.org/wiki/Liquid_water#/media/File%3A2006_Global_Water_Availability

Η σπουδαιότητα του νερού είναι αναγνωρισμένη από την αρχαιότητα, καθώς το νερό είναι απαραίτητο για τον άνθρωπο, τα ζώα και τα φυτά, ενώ χρησιμοποιείται για την ύδρευση των πόλεων, την άρδευση των καλλιεργειών, τη βιομηχανία και την ανάπτυξη του τουρισμού. Ο υδρολογικός κύκλος ανανεώνει τα αποθέματα γλυκού νερού στην επιφάνεια της γης και τους υπόγειους υδροφορείς. Όμως, η ποσότητα του νερού είναι περιορισμένη και η κατανομή του στον χώρο και τον χρόνο άνιση. Στη γη υπάρχουν περίπου **1.400** εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα νερού, ενώ το **70%** της επιφάνειάς της καλύπτεται από νερό. Το **97%** του νερού βρίσκεται στις θάλασσες και είναι ακατάλληλο για άμεση χρήση, λόγω της περιεκτικότητάς του σε αλάτι. Όμως και από το υπόλοιπο **3%** (το λεγόμενο «γλυκό νερό»), ένα μεγάλο ποσοστό βρίσκεται υπό τη μορφή πάγου στις πολικές περιοχές και στις κορυφές των βουνών. Λιγότερο από το ένα τρίτο βρίσκεται σε υπόγειους υδροφορείς (που δεν είναι πάντα εκμεταλλεύσιμοι) και υπό τη μορφή επιφανειακού νερού σε λίμνες και ποτάμια. Επομένως, οι ποσότητες του διαθέσιμου γλυκού νερού που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άρδευση, ύδρευση ή για βιομηχανική χρήση, είναι περιορισμένες. Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι στο βιβλίο αυτό αναφερόμαστε στο νερό «ειδικών προδιαγραφών ποιότητας» που μπορεί να χρησιμοποιηθεί, και όχι στο θαλασσινό νερό.

Το νερό είναι η μόνη συνηθισμένη ουσία που βρίσκεται με φυσικό τρόπο και στις τρεις κανονικές καταστάσεις της ύλης και είναι απαραίτητο σε όλες τις γνωστές μορφές ζωής στον πλανήτη μας. Υπάρχει σ' όλους τους ζωντανούς (ζωικούς και φυτικούς) οργανισμούς και στις τροφές υπάρχει σε μεγάλο ποσοστό, π.χ το γάλα περιέχει **87%**, οι πατάτες **78%**, τα αβγά **74%**, τα λαχανικά και τα φρούτα μέχρι **93%** νερό. Οι άνθρωποι και τα ζώα έχουν στο σώμα τους **55-78%** νερό, ενώ φθάνει μέχρι και το **90%** εκείνου των κυττάρων. Τα φυτά και τα ζώα του πλανήτη μας προσαρμόστηκαν στις διάφορες συνθήκες ύπαρξης ή μη ύπαρξης νερού, όμως η ύπαρξη του ανθρώπινου οργανισμού εξαρτάται αποκλειστικά από το νερό.

1.2. Το μόριο του νερού

Το μόριο του νερού αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου (H) και ένα άτομο οξυγόνου (O), που συνδέονται μεταξύ τους με (πολωμένους) ομοιοπολικούς δεσμούς τύπου σ. Έχει μοριακό τύπο **H₂O** (Εικόνα 2), αλλά σε μερικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται επίσης και οι τύποι HOH και OH₂. Σύμφωνα με τους **Bernal** και **Fowler (1933)** τα δύο μικρά άτομα υδρογόνου και το κατά πολύ μεγαλύτερο άτομο οξυγόνου (η σχετική αναλογία μαζών του υδρογόνου και του οξυγόνου είναι **2.016:16.000**, δηλαδή περίπου **1:8**.) αλληλοσυγκρατούνται με τη βοήθεια χημικών δεσμών που σχηματίζονται από **4** ζεύγη ηλεκτρονίων.



Εικόνα 2 Μόριο Νερού

Τα δύο από αυτά αποτελούνται από ένα τροχιακό ηλεκτρόνιο του υδρογόνου κι ένα τροχιακό ηλεκτρόνιο της εξωτερικής στοιβάδας του οξυγόνου. Τα υπόλοιπα 4 ηλεκτρόνια της εξωτερικής στοιβάδας του οξυγόνου τείνουν να σχηματίσουν ζεύγη επίσης.

Τα μόρια του νερού είναι πολύ πολικά και σχηματίζουν διαμοριακούς δεσμούς υδρογόνου, τόσο μεταξύ τους όσο και με μόρια (ορισμένων) τυχόν διαλυμένων σε αυτό ουσιών, όπως για παράδειγμα των αλκοολών. Επίσης, πολλές τυχόν διαλυμένες σε αυτό ηλεκτρολυτικές ενώσεις, όπως οξέα, βάσεις και άλατα, δίστανται πλήρως ή μερικώς, ενώ τα ιόντα που προκύπτουν επιδιαλυτώνονται, δηλαδή σχηματίζουν ένυδρα σύμπλοκα.

Συνέπεια της ύπαρξης δεσμών υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού αποτελούν κάποιες εξαιρετικές ως μοναδικές ιδιότητες, όπως το γεγονός ότι στη στερεή κατάσταση έχει μικρότερη πυκνότητα σε σύγκριση με την υγρή αντίστοιχη, η σχετικά υψηλή θερμοκρασία βρασμού (**100 °C**), σε σύγκριση με τη σχετικά μικρή μοριακή μάζα του, και η υψηλή θερμοχωρητικότητα του.

1.3. Αξία του νερού για το ανθρώπινο σώμα

- ü Αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος κάθε κυττάρου του ανθρώπινου οργανισμού.
- ü Είναι το μεγαλύτερο μέρος του κυκλοφορικού και του λεμφικού συστήματος του ανθρώπου , μεταφέροντας τροφή και οξυγόνο στα κύτταρα και απομακρύνοντας τα άχρηστα υλικά.
- ü Βοηθά στον καθαρισμό των νεφρών του ανθρώπου και την αποβολή των τοξικών ουσιών.
- ü Συμβάλλει στην εξισορρόπηση των ηλεκτρολυτών, οι οποίοι βοηθούν στον έλεγχο της πίεσης του αίματος.
- ü Βοηθά στην ύγρανση των διόδων των ματιών, του στόματος και της ρινικής κοιλότητας.

- Διατηρεί το σώμα δροσερό όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες και μονώνει το σώμα ενάντια στο κρύο.
- Λειτουργεί σαν απορροφητικό μέσο κατά των κραδασμών μειώνοντας τις επιπτώσεις τους στα όργανα του σώματος.
- Βοηθά στη λίπανση των αρθρώσεων και αποτελεί μέρος του αίματος, του ιδρώτα, των δακρύων και της σιέλου.
- Μπορεί να παρέχει πολλά από τα ιχνοστοιχεία που χρειάζεται το ανθρώπινο σώμα.
- Βοηθά στη διατήρηση του όγκου του αίματος, διατηρώντας έτσι την ενέργεια του σώματος.
- Η σωστή ενυδάτωση βελτιώνει τη συγκέντρωση και το χρόνο αντίδρασης, ιδιαίτερα κατά την άσκηση.
- Αυξάνει τον αριθμό θερμίδων που καίει ο άνθρωπος κατά τις καθημερινές του δραστηριότητες.
- Μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη της στομαχικής διαταραχής που μπορεί να προκληθεί από τα φάρμακα σε συμπυκνωμένη μορφή
- Βοηθά τον άνθρωπο να απαλλαγεί από το υπερβάλλον νάτριο, που μπορεί να προκαλέσει κατακράτηση υγρών.

1.4. Συστήματα μεταφοράς

Το νερό μεταφέρεται από τις πηγές στους τόπους κατανάλωσης με κλειστούς ή ανοικτούς αγωγούς και η απαραίτητη γι' αυτό ενέργεια προέρχεται από τη βαρύτητα από άντληση, τοπογραφία και τα διαθέσιμα υλικά παίζουν πρωταρχικό ρόλο στην εκλογή των κατάλληλων αγωγών και της διαδρομής. Στους ανοικτούς αγωγούς πιεζομετρική γραμμή συμπίπτει με την επιφάνεια του νερού. Όταν η ροή είναι υπό πίεση, πιεζομετρική γραμμή μπορεί να ορισθεί από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού σε πιεζομετρικούς σωλήνες τοποθετημένους κατά μήκος του αγωγού, όπως αυτός ακολουθεί την επιφάνεια του εδάφους, είτε ανεβαίνοντας σε λόφους και βουνά είτε κατεβαίνοντας στις κοιλάδες. Και για τα δύο είδη αγωγών, ανοικτούς και υπό πίεση, υδραυλική κλίση, κλίση της πιεζομετρικής γραμμής, είναι συνάρτηση της

αντίστασης τριβής της ροής για ένα δεδομένο μήκος αγωγού. Η γραμμή ενέργειας βρίσκεται ψηλότερα από την πιεζομετρική γραμμή, σε μια απόσταση ίση με το φορτίο ταχύτητας, τη μέση κινητική ενέργεια ανά μονάδα βάρους του ρέοντος νερού. Μιλώντας γενικά, το νερό μεταφέρεται από τόπο σε τόπο κατά κανόνα με συστήματα κλειστών αγωγών (ροή υπό πίεση), ενώ ροή στα συστήματα αποχέτευσης και στ' άλλα συστήματα αποστράγγισης είναι γενικά ροή με ελεύθερη επιφάνεια (ροή ανοικτών αγωγών).

1.5. Υδατικοί πόροι

Η ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων, αποτελεί ένα από τα κύρια εθνικά μας θέματα τόσο σε ποσοτικό όσο και σε ποιοτικό επίπεδο. Η Ελλάδα είναι μία από τις ημιάνυδρες χώρες της Ευρώπης που επηρεάζεται από το κλίμα της Αφρικής και κινδυνεύει με ερημοποίηση. Εξαιτίας της μεγάλης σημασίας του νερού, η πολιτική διαχείρισης των υδατικών πόρων θα πρέπει να εντάσσεται σε μια γενικότερη πολιτική, που αφορά και άλλους τομείς, όπως άλλους φυσικούς πόρους, τον πολεοδομικό σχεδιάσμό και το περιβάλλον. Ο τομέας των υδατικών πόρων είναι ένας τομέας ζωτικής σημασίας που τα τελευταία χρόνια, λόγω των προβλημάτων που εμφανίζει, συγκεντρώνει το ενδιαφέρον τόσο των κυβερνήσεων όσο και των τοπικών κοινωνιών, εφόσον συνδέεται άμεσα με την ποιότητα ζωής των πολιτών (Εικόνα 3). Η απαίτηση για καθαρό περιβάλλον προϋποθέτει έλεγχο της ποιότητας του νερού που να εντάσσεται σε μια πολιτική διαχείρισης υδατικών πόρων με στόχο την προστασία των υδατικών πόρων για ορθή χρήση και αναψυχή από τις σημερινές και μελλοντικές γενεές



Εικόνα 3 Τεχνητή λίμνη Φράγμα Μαραθώνα

(<http://marathoninfo.gr/index.php/simeia-endiaferontos-nea-makri-marathonas/item/λίμνη-μαραθώνα>)

Η συνολική εκτιμώμενη ποσότητα νερού στη γη φτάνει στα **1360** εκατομμύρια **km³** και καλύπτει τα **72%** της γήινης επιφάνειας. Περίπου **97,52%** του νερού αυτού είναι αλμυρό και βρίσκεται στην επιφάνεια της γης (ωκεανοί, θάλασσες, λίμνες) και το υπόλοιπο **2,48%** είναι γλυκό και κατάλληλο για χρήση. Επειδή όμως ένα μεγάλο ποσοστό βρίσκεται παγωμένο και παγιδευμένο (Πίνακας 1) σε διάφορα μέρη του κόσμου και είναι ακτάλληλο για οποιαδήποτε οικονομική χρήση με τη δεδομένη στάθμη τεχνολογικής ανάπτυξης, η ανθρωπότητα στηρίζεται στο υπόλοιπο πολύ μικρό ποσοστό (**0,33%**).

Οι περιορισμένοι υδατικοί πόροι σε συνδυασμό με τη βαθμιαία εξάντλησή τους και την ανομοιομορφία κατανομής τους σε τόπο και χρόνο οδηγεί στην έρευνα για τη χρησιμοποίηση μη συμβατικών υδατικών πόρων.

Στην εποχή μας εξετάζεται:

- Η αφαλάτωση του θαλασσινού νερού (Εικόνα 4) για τη χρησιμοποίησή του στις υδρέυσεις οικισμών αλλά μελλοντικά ίσως και στις αρδεύσεις με την εγκατάσταση μεγάλων παραλιακών εγκαταστάσεων πυρηνικής ενέργειας διπλού σκοπού (αφαλάτωσης και παραγωγής ενέργειας).
- Η χρησιμοποίηση υφάλμυρου υπόγειου νερού είτε με ανάμιξη με νερό καλύτερης ποιότητας και επιλογή των καλλιεργειών που είναι ανθεκτικές σε νερό με μικρή περιεκτικότητα σε διαλυτά άλατα, είτε με απομάκρυνση των αλάτων με ηλιακή διύληση (ηλιακή ενέργεια).
- Η επαναχρησιμοποίηση του νερού (π.χ. ανακύκλωση του νερού) που αυξάνει άμεσα τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους.
- Η μεταφορά και χρησιμοποίηση των παγόβουνων της Ανταρκτικής ή άλλων πολικών περιοχών σε περιοχές με ξηρό κλίμα.
- Οι τεχνητές καιρικές μεταβολές (π.χ. σπορά νεφών – επεξεργασία των νεφών με ιωδιούχο άργυρο και ξηρό πάγο).



Εικόνα 4 Σύστημα Αφαλάτωσης Νερού.

[\(https://www.sychem.gr/el/ifalmirou-nerou/\)](https://www.sychem.gr/el/ifalmirou-nerou/)

Οι παραπάνω μέθοδοι αν και υπόσχονται την αύξηση των υδατικών πόρων στο μέλλον, δεν αποτελούν πρόσφορες γενικά λύσεις λόγω συνήθως του μεγάλου κόστους αξιοποίησης για την παρούσα στάθμη τεχνολογικής ανάπτυξης. Οι μέθοδοι αυτές όμως δίνουν ελπίδες για την αντιμετώπιση των προβλημάτων έλλειψης νερού σε ελλειμματικές περιοχές.

Κατηγορίες υδατικών πόρων	Όγκος νερού (km ³ x 10 ³)	Ποσοστό %	Αθροιστικό ποσοστό (%)
Ø Γλυκό νερό			
Παγετώνες και παγωμένη κάλυψη	29 190	2,17	
Υπόγεια νερά	4 170	0,31	
Νερό βαρύτητας (περιλαμβανόμενης της εδαφικής υγρασίας)	66,72	0,005	
Ατμοσφαιρικό νερό	12,93	0,001	
Γλυκό νερό λιμνών	125,10	0,009	~2,48
Υδατορρεύματα (μέσος όρος)	1,25	0,0001	
	1 321 830	97,2	~97,52
Ø Αλμυρό νερό			
Ωκεανοί - Θάλασσες	4 170	0,31	
Υπόγεια νερά	104,25	0,008	
Αλμυρές λίμνες			
Σύνολο	1 359 670,25		100%

Πίνακας 1. Ταξινόμηση των υδατικών πόρων της γής.

(Εισαγωγή στα εγγειοβελτιωτικά έργα , Σημειώσεις Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας)

2. Ύδρευση

2.1. Ορισμός

Με τον όρο ύδρευση εννοείται η προμήθεια νερού, ή/και η άντλησή του ή και το σύνολο των υδρευτικών έργων και μέσων με τα οποία πετυχαίνεται η παροχή του απαραίτητου νερού σε κάποιον τόπο κατανάλωσης (π.χ οικισμό , πόλη ,βιομηχανία κοκ). Στη σύγχρονη εποχή τα μεγάλα συστήματα ύδρευσης αποτελούνται από σύνολο τεχνικών έργων που εξασφαλίζουν την περισυλλογή του νερού από διάφορες πηγές και τον κατάλληλο καθαρισμό του νερού , τη μεταφορά και αποθήκευση του νερού από την παροχή και κατανομή του στους διάφορους καταναλωτές. Η περισυλλογή του νερού από τις διάφορες δεξαμενές πραγματοποιείται με ολόκληρο δίκτυο αγωγών ,υδραγωγείων κλπ, επίγειων ή υπόγειων. Για τη διοχέτευση του νερού στο υδρευτικό δίκτυο κάτω από την απαραίτητη πίεση, υπάρχουν τα τεχνικά έργα ρύθμισης της πίεσης. Το δίκτυο ύδρευσης χρησιμεύει για την κατανομή του νερού και την άμεση παροχή του στους καταναλωτές.

2.2. Ιστορική αναδρομή

Η κατασκευή υδραυλικών έργων για τον έλεγχο του νερού με προοπτική τη διάθεσή του για χρήσιμους σκοπούς είναι από τις πρώτες πράξεις του πολιτισμένου ανθρώπου. Χώρες όπου αναπτύχθηκαν αξιόλογα υδραυλικά έργα στην αρχαιότητα είναι η Μεσοποταμία, η Αίγυπτος, η Ινδία, η Κίνα και η Περσία. Οι πρώτες υδραυλικές εγκαταστάσεις ανήκουν στη μινωική εποχή και ήταν κατασκευασμένες - όπως διαπιστώνεται από τα διάφορα αρχαιολογικά ευρήματα στην Κνωσό και τη Φαιστό- με άρτιο τρόπο χάρη σε μια κατασκευή που περιλάμβανε αγωγούς με σκαλοπάτια. Αργότερα, τόσο οι Ρωμαίοι, όσο και οι Έλληνες, έδωσαν δείγματα υδραυλικών κατασκευών για την ύδρευση των πόλεων τους. Πολλά από αυτά σώζονται μέχρι και σήμερα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα το Ευπαλίνειο όρυγμα (Εικόνα 6) είναι

μια σήραγγα μήκους **1036** μέτρων κοντά στο Πυθαγόρειο της Σάμου, η οποία κατασκευάστηκε κατά τον **6ο** αιώνα π.Χ. για να χρησιμεύσει σαν υδραγωγείο το οποίο διατηρείται και μέχρι σήμερα.



Εικόνα 5 Ευπαλίνειο Όρυγμα.

https://el.wikipedia.org/wiki/Ευπαλίνειο_Όρυγμα

Τα έργα ύδρευσης ήταν ανοικτοί αγωγοί, κατασκευασμένοι από διάφορα δομικά υλικά, και ήταν σχεδόν πάντα κοινόχρηστα. Ανάλογα με τον πληθυσμό κατασκευαζόταν ένας αριθμός από κρήνες και λουτρά σε διάφορα σημεία της πόλης. Μόνο οι αυτοκράτορες, οι ευγενείς και αυτοί που είχαν την οικονομική δυνατότητα μπορούσαν να αντιμετωπίσουν τα τεράστια έξοδα κατασκευής εγκαταστάσεων ύδρευσης στις κατοικίες τους. Αξίζει να τονιστεί ότι όλα αυτά τα έργα κατασκευάστηκαν εμπειρικά χωρίς το ελάχιστο από τις θεωρητικές γνώσεις που έχει ο σημερινός μελετητής. Χρονικά προηγήθηκαν τα έργα για τη προστασία των ανθρώπων από τις ανεξέλεγκτες πλημμύρες των ποταμών και ακολούθησαν τα άλλα υδραυλικά έργα για την παραγωγή τροφών σε μεγαλύτερες ποσότητες και υδρευτικά.

Σήμερα, σώζονται σε πολλές πόλεις της Ευρώπης καλλιμάραρες κρήνες, που είναι έργα εξαιρετικής τέχνης και που στην εποχή που κατασκευάστηκαν κύριος σκοπός τους ήταν η ύδρευση. Αυτό το σύστημα ύδρευσης εφαρμόστηκε για πολλούς ακόμα αιώνες. Ο Μεσαίωνας και η Αναγέννηση δε διαφέρουν, όσο αφορά την ύδρευση, σε τίποτα από τη ρωμαϊκή ή την αρχαιοελληνική εποχή .

2.3. Δίκτυο ύδρευσης

2.3.1 Υλικά κατασκευής- Γενικά

Η εκλογή των υλικών των αγωγών μεγάλου μήκους πρέπει να βασίζεται στους ακόλουθους παράγοντες:

1. Την αρχική ικανότητα παροχής του αγωγού και τη μείωση της, λόγω της χρήσης, που προσδιορίζονται για παράδειγμα από το συντελεστή **C** των **Hazen - Williams**.

2. Την αντοχή του αγωγού, όπως μετριέται από την ικανότητα του να ανθίσταται σε εσωτερικές πιέσεις και εξωτερικά φορτία.

3. Το χρόνο ζωής την ανθεκτικότητα του αγωγού, όπως προσδιορίζεται από την αντίσταση στην οξείδωση του χυτοσιδήρου και του χαλύβδινου αγωγού, την αντίσταση στην οξείδωση και το σάπισμα των ξύλινων, ενισχυμένων με χαλύβδινες ραβδώσεις, αγωγών, την αντοχή στη διάβρωση και θρυμματισμό των αγωγών από σκυρόδεμα και αμιαντοτσιμέντο, την αντοχή σε θρυμματισμό και ράγισμα των πλαστικών αγωγών.

4. Την ευκολία δυσκολία της μεταφοράς, χειρισμού και τοποθέτησης του αγωγού κάτω από διαφορετικές συνθήκες τοπογραφίας γεωλογίας, και επικοινωνίας.

5. Την ασφάλεια, οικονομία και διαθεσιμότητα των τυποποιημένων μεγεθών κατασκευής.

6. Τη διαθεσιμότητα πεπειραμένου εργατικού δυναμικού στην κατασκευή μεγάλων αγωγών διαφορετικών ειδών.

7. Τις απαιτήσεις συντήρησης και επιδιόρθωσης, απώλειες νερού από διαρροές και άλλους παράγοντες από τη συμπεριφορά και καταλληλότητα του αγωγού.

Σήμερα το δίκτυο ύδρευσης αποτελείται από ένα σύνολο μεταλλικών σωλήνων, μεγάλου και μικρού διαμετρήματος. Ο κεντρικός σωλήνας, που φέρνει το νερό από την υδραποθήκη (υδραγωγείο) στην κατανάλωση (Εικόνα 6), είναι ο σωλήνας με τη μεγαλύτερη διάμετρο. Στη συνέχεια διακλαδίζεται σε σωλήνες ολοένα μικρότερης διαμέτρου, μέχρι τα υδρόμετρα των καταναλωτών. Οι σωλήνες αυτοί πρέπει να είναι αρκετά ανθεκτικοί, γιατί στα σημεία όπου τοποθετούνται -κάτω από δρόμους και πλατείες- υπάρχουν μηχανικά φορτία, με τιμές που μεταβάλλονται σημαντικά. Εξάλλου, υπάρχει και η επίδραση, από χημική άποψη, του εδάφους πάνω στους σωλήνες. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται συχνά και πλαστικοί σωλήνες, η

αντοχή των οποίων είναι αρκετά μεγάλη, ενώ το κόστος κατασκευής τους μικρότερο σε σχέση με τους μεταλλικούς αγωγούς.



Εικόνα 6 Υδραγωγείο

[\(https://www.paratiritis-news.gr/\)](https://www.paratiritis-news.gr/)

Η υδραποθήκη κατασκευάζεται με κύριο κριτήριο τη μορφολογία του εδάφους της περιοχής που υδρεύεται. Κύριος σκοπός της είναι αντισταθμίζει τη διαφορά μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης κατανάλωσης σε νερό, για ορισμένο αριθμό παροχών. Ανάλογα με την περίπτωση, η υδραποθήκη πρέπει να έχει κυβισμό ίσο με το **30-50%** της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης. Σε περίπτωση που η πόλη έχει μεγάλες υψομετρικές διαφορές, προτιμάται η κατασκευή περισσότερων υδραποθηκών σε διαφορετικά σημεία, για την καλύτερη εξυπηρέτηση της περιοχής. Η υδραποθήκη πρέπει να κατασκευάζεται σε σημείο αρκετά ψηλότερο από το πιο ψηλό κτίσμα της περιοχής, ώστε το νερό να φτάνει και στους ψηλότερους ορόφους των κτιρίων.

Το νερό, πριν δοθεί στην κατανάλωση, για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρέπει να ανταποκρίνεται σε ορισμένες προδιαγραφές. Έτσι η σκληρότητά του δεν πρέπει να ξεπερνά τους **35** βαθμούς ξηρότητας **CaCO** (ανθρακικό ασβέστιο)(**1** βαθμός ισούται με **1** γραμ. **CaCO** /**100** λίτρα νερού). Επίσης η ποσότητα σε χλώριο πρέπει να είναι μικρότερη από **0,2** γραμ/ λίτρο νερού, ενώ απαγορεύεται η παρουσία έστω και ελάχιστης ποσότητας αμμωνίας. Από ηλεκτρολυτική άποψη το πόσιμο νερό πρέπει να έχει **PH-7**, δηλ. να είναι ουδέτερο. Η ποσότητα του θεικού ασβεστίου που περιέχεται στο πόσιμο νερό, όπως και σε εκείνο που χρησιμοποιούν οι βιομηχανίες, δεν πρέπει να υπερβαίνει τα **0,3** γραμ. / λίτρο. Τα παραπάνω ισχύουν όχι μόνο για το νερό που καταναλώνεται

στις κατοικίες ή σε κοινόχρηστους χώρους (στρατώνες, σχολεία κ.λπ.), αλλά και στις βιομηχανίες που χρησιμοποιούν το νερό ως βασικό συστατικό των προϊόντων τους (εργοστάσια ζυθοποιίας, τροφίμων, καλλυντικών, φαρμάκων κ.λπ.). Υπάρχουν περιπτώσεις όπου το νερό, αν και δεν χρησιμοποιείται ως πόσιμο, πρέπει να είναι πολύ καθαρό, όπως στην τροφοδότηση ατμοστρόβιλων (η λειτουργία των οποίων επηρεάζεται σημαντικά από την ύπαρξη αλάτων).

- Η κατά κεφαλή απαιτούμενη ποσότητα νερού ποικίλει από περιοχή σε περιοχή - με μεγαλύτερη κατανάλωση στα αστικά κέντρα. Εξαρτάται επίσης από την εποχή (η μεγαλύτερη κατανάλωση γίνεται το καλοκαίρι). Πάντως ποικίλει από **200** ως **500** λίτρα τη μέρα για κάθε άτομο. Με βάση την παραπάνω κατανάλωση γίνεται και ο υπολογισμός των σωληνώσεων τροφοδοσίας. Η ποσότητα του νερού που περιέχεται στους καταναλωτές, μετριέται με τη βοήθεια ειδικών μετρητών (υδρόμετρα) που δίνουν σε κυβικά μέτρα την ποσότητα που καταναλώθηκε (Εγκυκλοπαίδεια Επιστήμη και Ζωή.)

Στην ανάλυση των δικτύων ύδρευσης συναντώνται τρεις ορολογίες, οι κλάδοι, οι κόμβοι και οι βρόχοι. Κλάδοι ονομάζονται οι αγωγοί του δικτύου που έχουν σταθερά υδραυλικά χαρακτηριστικά, δηλαδή σταθερή διάμετρο, τραχύτητα, παροχή και ταχύτητα. Κόμβοι ονομάζονται τα σημεία στα οποία συνδέονται δύο ή περισσότεροι αγωγοί. Βρόχοι ονομάζονται τα κλειστά κυκλώματα αγωγών. Ανάλογα με τη συνδεσμολογία των αγωγών μεταξύ τους, τα δίκτυα ύδρευσης μπορούν να έχουν τρεις μορφές. Αυτή του ανοιχτού ή κλαδωτού, αυτή του κλειστού ή βροχωτού και αυτή του μεικτού που είναι ο συνδυασμός των δύο προηγούμενων.

2.3.2. Σχεδιασμός δικτύων ύδρευσης

Ο σχεδιασμός των δικτύων ύδρευσης είναι εκείνη η διαδικασία κατά την οποία γίνεται η επιλογή της διαδρομής που θα ακολουθεί το δίκτυο (υψόμετρα και περιοχή κάλυψης), των διαστάσεων και του υλικού των αγωγών καθώς και των συσκευών που θα χρησιμοποιηθούν για την ομαλή του λειτουργία (Εικόνα 7). Σε καμία περίπτωση δε γίνεται τυχαία, αλλά συντάσσεται αναλυτική μελέτη κατά την οποία πρέπει να

ικανοποιούνται οι δυο βασικές απαιτήσεις : πρέπει να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη παροχή σε κάθε σημείο του δικτύου με ικανοποιητική πίεση δηλαδή θα πρέπει να παρέχει όσο νερό χρειάζεται και υπό την κατάλληλη πίεση.

Η διαδικασία του σχεδιασμού ξεκινάει με την εύρεση ορισμένων δεδομένων για την περιοχή μελέτης και να υπακούει σε συγκεκριμένους περιορισμούς:

ü Μελλοντικός πληθυσμός: Ένα δίκτυο ύδρευσης που πρόκειται να κατασκευαστεί, να επεκταθεί ή να επιδιορθωθεί δε μπορεί να αναφέρεται στην συγκεκριμένη χρονική στιγμή που γίνεται η μελέτη. Τα υδραυλικά του χαρακτηριστικά πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζουν την ικανοποιητική και ομαλή λειτουργία του στο μέλλον. Επιχειρείται λοιπόν να γίνει μια πρόβλεψη του μελλοντικού πληθυσμού και κατά συνέπεια να υπολογιστούν οι μελλοντικές ανάγκες κατανάλωσης που θα αναπτυχθούν έτσι ώστε το δίκτυο που θα σχεδιαστεί να είναι σε θέση να τις καλύψει. Συνήθως το μελλοντικό διάστημα στο οποίο αναφέρονται τα δίκτυα ύδρευσης είναι αυτό των **30-40** χρόνων όση θεωρείται και η διάρκεια ζωής τους.

ü Παροχή σχεδιασμού: Για να γίνουν οι υδραυλικοί υπολογισμοί του σχεδιασμού πρέπει να υπάρχει γνώση της κατανάλωσης νερού των κατοίκων της περιοχής μελέτης. Η γνώση αυτή είναι δύσκολο να επιτευχθεί με μεγάλη λεπτομέρεια, για αυτό το λόγο, αλλά και για επιπλέον ευκολία, ανάλογα με το μέγεθος, τη δόμηση και τις χρήσεις γης της περιοχής που αναφέρεται ο σχεδιασμός του δικτύου ύδρευσης και τις συνήθειες των κατοίκων,, γίνεται και μια υπόθεση για την μέση ημερήσια κατανάλωση κάθε κατοίκου (π.χ. για μικρούς οικισμούς **Q= 100-150 L/ημέρα** , για μεγάλα αστικά κέντρα **Q= 200-250 L/ημέρα**). Υπολογίζεται έτσι η παροχή σχεδιασμού του δικτύου ύδρευσης, Επειδή όμως το δίκτυο ύδρευσης θα πρέπει να ικανοποιεί και τις μέγιστες ανάγκες νερού που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια της μέρας, ορίζονται επιπλέον δύο μεγέθη, η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση και η μέγιστη ωριαία

κατανάλωση. Ως παροχή σχεδιασμού θεωρείται η μέγιστη ωριαία κατανάλωση, που υποδηλώνει το στιγμιαίο μέγιστο της παροχής κατά τη διάρκεια της ημέρας και αποτελεί τη δυσμενέστερη περίπτωση.

Ü Υπολογισμός παροχών κατανάλωσης: Σε κάθε κλάδο ενός δικτύου ύδρευσης συνδέονται αγωγοί οι οποίοι διανέμουν το νερό στους καταναλωτές. Αυτοί οι αγωγοί ονομάζονται αγωγοί υδροδότησης και ανάλογα με τις ανάγκες της υδροδοτούμενης περιοχής ο αριθμός τους μπορεί να ποικίλει. Όσο μικρός ή μεγάλος και να είναι αυτός ο αριθμός, γίνεται η θεώρηση ότι το νερό καταναλώνεται στους κόμβους του δικτύου, έτσι ώστε να διευκολύνεται ο υπολογισμός των παροχών κατανάλωσης και κατά συνέπεια ο σχεδιασμός και η επίλυση του δικτύου.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για τον υπολογισμό των παροχών κατανάλωσης είναι η εξής : Φέρονται οι διχοτόμοι των γωνιών από κάθε κόμβο και έτσι δημιουργούνται διάφορα γεωμετρικά σχήματα (πολύγωνα **Thiessen**) των οποίων το εμβαδό υπολογίζεται. Κάθε κλάδος θεωρείται ότι υδροδοτεί το εμβαδό της περιοχής που σχηματίζεται από τους κόμβους στα άκρα του. Αθροίζονται τα επιμέρους εμβαδά και έτσι υπολογίζεται το συνολικό εμβαδό της υδροδοτούμενης περιοχής. Γνωρίζοντας τον πληθυσμό της περιοχής και διαιρώντας αυτόν με το συνολικό εμβαδό υπολογίζεται η πληθυσμιακή πυκνότητα. Αυτή πολλαπλασιάζεται με το εμβαδό που υδροδοτεί κάθε κλάδος και έτσι υπολογίζεται ο αριθμός των καταναλωτών που αντιστοιχεί σε καθέναν από αυτούς. Πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των καταναλωτών με την τιμή της ατομικής κατανάλωσης υπολογίζεται η παροχή νερού που θα πρέπει να διανέμει ο κλάδος. Διαιρώντας αυτή με το μήκος του κλάδου υπολογίζεται η ανά μέτρο μήκους παροχή κατανάλωσής του. Αυτή επιδιώκεται να εκφραστεί ως παροχή κατανάλωσης στους κόμβους, για να γίνει αυτό προτείνονται δύο μεθοδολογίες. Η πρώτη είναι να θεωρηθεί ότι η παροχή κατανάλωσης μοιράζεται εξίσου στα δύο άκρα του κλάδου και η δεύτερη ότι η παροχή κατανάλωσης εξέρχεται εξολοκλήρου στο ένα

άκρο του κλάδου. Έχοντας παρατηρήσει ότι η δεύτερη μεθοδολογία οδηγεί πολύ συχνά σε υπερδιαστασιολόγηση των δικτύων, προτιμάται η πρώτη.

Συχνά συναντάται η περίπτωση η υδροδοτούμενη περιοχή να μην παρουσιάζει ομοιόμορφη κατανομή του πληθυσμού. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται χωρίζοντας την περιοχή σε πληθυσμιακές ζώνες. Αν η περιοχή είναι μικρή επαναλαμβάνεται η παραπάνω διαδικασία για κάθε ζώνη. Αν η περιοχή είναι μεγάλη και η διαδικασία υπολογισμού των εμβαδών υδροδοσίας είναι πολύπλοκη, τότε υπολογίζεται η κατανάλωση νερού του πληθυσμού και διαιρείται με το συνολικό μήκος των κλάδων. Έτσι προκύπτει μια κοινή παροχή κατανάλωσης ανά μήκος κλάδου για όλη την περιοχή. Για να γίνει ο διαχωρισμός, κάθε ζώνη χαρακτηρίζεται από ένα συντελεστή κατανάλωσης που κυμαίνεται από το **0,5** έως το **1,5**, αυτός πολλαπλασιάζεται με την ανά μήκος κατανάλωση και έτσι προκύπτει η κατανάλωση κάθε ζώνης.

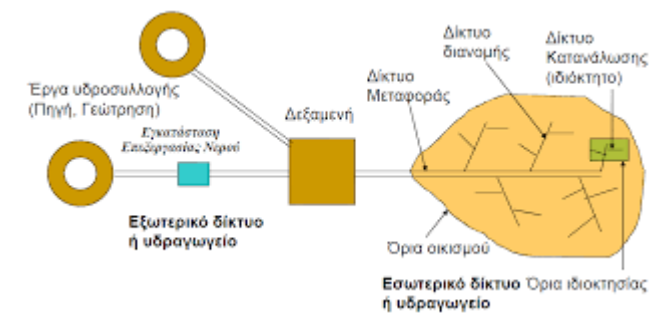
ü Περιορισμοί ταχύτητας νερού: Στα δίκτυα ύδρευσης η ταχύτητα του νερού θα πρέπει να κυμαίνεται μέσα στο όριο των : **0,5 – 2 m/s**. Το ανώτατο όριο είναι απαραίτητο για να αποφεύγεται η διάβρωση των αγωγών και τα προβλήματα υπερπίεσεων λόγω υδραυλικού πλήγματος. Πολλές φορές στα αστικά δίκτυα παρουσιάζονται πολύ μικρές ταχύτητες. Γενικά τα όρια ταχύτητας στα κλειστά ή βροχωτά υδραυλικά δίκτυα είναι πιο ελαστικά μιας και η κυκλοφορία του νερού επιτυγχάνεται με μεγαλύτερη ευκολία.

ü Απαιτήσεις και περιορισμοί πίεσης: Η στατική διαφορά πίεσης (ακίνητο νερό) μεταξύ της δεξαμενής (ανώτατη στάθμη λειτουργίας) και του χαμηλότερου σημείου του δικτύου δε πρέπει να ξεπερνά τα **100 m**. Οι υψηλές πιέσεις αυξάνουν τις απώλειες νερού λόγω διαρροών, δημιουργούν προβλήματα θορύβων στις υδραυλικές εγκαταστάσεις των κτιρίων και προβλήματα λειτουργίας των υδραυλικών συσκευών των νοικοκυριών.

2.3.3. Ελληνικοί κανονισμοί δικτύων ύδρευσης

2.3.3.1 Διάταξη εσωτερικού δικτύου ύδρευσης:

Η διάταξη των σωληνώσεων του εσωτερικού δικτύου ύδρευσης γίνεται στο σχήμα σχάρας στις μορφές που προβλέπονται και περιλαμβάνουν ολόκληρη την κατοικημένη περιοχή του Δήμου ή της Κοινότητας λαμβανομένου και της περιοχής επέκτασης του σχεδίου πόλεως για το χρονικό διάστημα που μελετώνται τα έργα. Το δίκτυο επίσης μπορεί να αναπτύσσεται σε διάφορες στάθμες. Το σύστημα διανομής πρέπει να προβλέπει τον έλεγχο για τη ρύθμιση της ροής του νερού και τη δυνατότητα απομόνωσης τμημάτων του στην περίπτωση που ένα τμήμα του είναι ανάγκη να απομονωθεί λόγω βλάβης. Αυτό γίνεται μέσω βανών (δικλείδων ελέγχου) που είναι τοποθετημένες στους κόμβους του δικτύου ή και στο ενδιάμεσο διακλάδωσης αν η σωλήνωση έχει μεγάλο μήκος. Οι βάνες ρύθμισης ή διακοπής της παροχής τοποθετούνται έτσι ώστε να μπορεί να απομονώνονται τμήματα του δικτύου σε περίπτωση βλάβης και να επηρεάζεται, όσο το δυνατόν μικρότερος αριθμός κατοίκων από τις εργασίες επιδιόρθωσης (Εικόνα 8). Κατά την εκλογή της θέσης μίας βάνας σε ένα κόμβο με δυο ή περισσότερους σωλήνες προτιμάται η τοποθέτησή της στο σωλήνα με τη μικρότερη διάμετρο. Δε πρέπει να αφήνεται μήκος σωλήνωσης μεγαλύτερο από **250 m** χωρίς έλεγχο με βάνα. Στις περιοχές πολύ πυκνής οίκησης (εμπορικός τομέας) το μήκος χωρίς βάνα ελαττώνεται σε **150 m**.



Εικόνα 7 Σχεδιασμός και Ανάλυση δικτύου Διανομής.

(Υδρευση – Αποχέτευση Οικισμών, Σημειώσεις Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας)

2.3.3.2 Στοιχεία βάσης υδραυλικών υπολογισμών:

Για την εύρεση των διαμέτρων των αγωγών των εσωτερικών δικτύων ύδρευσης που είναι αναγκαίες για τη μεταφορά της απαιτούμενης παροχής, σε κάθε περιοχή του οικισμού που θα υδρευτεί είναι απαραίτητη η διεξαγωγή ορισμένων υδραυλικών υπολογισμών.

Οι υδραυλικοί υπολογισμοί μπορούν να αφορούν την κατασκευή ενός νέου δικτύου όπου είναι απαραίτητη η σχεδίαση της κάτοψης του ρυμοτομικού σχεδίου της περιοχής (σε κλίμακα ανάλογη της έκθεσης) μετά των υψομέτρων των κόμβων στις διασταυρώσεις των οδών των οικοδομικών τετραγώνων. Μπορεί να αφορούν επίσης την επέκταση υφιστάμενου εσωτερικού υδραγωγείου προς το νέο οικισμό ή και την αλλαγή διαμέτρων εσωτερικών αγωγών λόγω σημαντικής μεταβολής της κατανάλωσης μη δυναμένης να καλυφτεί δια των υφισταμένων διαμέτρων π.χ. αύξηση της πυκνότητας οίκησης μιας περιοχής λόγω αλλαγής των όρων δόμησης και της κατασκευής πολυόροφων κτιρίων.

Πριν από την έναρξη των υπολογισμών και αφού χαραχθεί το δίκτυο των αγωγών γίνονται οι ακόλουθες παρατηρήσεις για την απλούστευση των υπολογισμών:

1. Υπολογίζεται η μέση κλίση του εδάφους.
2. Επισημαίνονται τα δυσμενέστερα, τοπογραφικά, ακραία, σημεία του δικτύου και προσδιορίζεται με προσέγγιση την υψομετρική διαφορά καθώς και τη συντομότερη απόσταση από τη δεξαμενή αποθήκευσης πόσιμου νερού.
3. Εκτιμάται η μεταβολή τη διακινούμενης παροχής μεταξύ δύο ακραίων τιμών (μεγίστης και ελαχίστης) και προσδιορίζεται η διακύμανση της επιτρεπόμενης κλίσης της πιεζομετρικής γραμμής, ώστε να υπάρχει το ελάχιστο διαθέσιμο πιεζομετρικό φορτίο, **10-15 m** στους αγροτικούς οικισμούς, **20-25 m** στις μικρές πόλεις και **25-30 m** στις μεγαλύτερες. Γενικά το πιεζομετρικό ύψος σε οποιοδήποτε σημείο του δικτύου εξαρτάται από τον αριθμό των ορόφων των κτιρίων.

4. Η κλίση της πιεζομετρικής γραμμής επιδιώκεται να κυμαίνεται από 4 ‰– 6 ‰ σε επίπεδα εδάφη ενώ σε επικλινή εδάφη μπορεί να φτάνει και το 8‰.
5. Η χάραξη των πιεζομετρικών καμπυλών σε ένα δίκτυο ύδρευσης δίνει την ευχέρεια για παρατηρήσεις σχετικά με τη λειτουργία του δικτύου π.χ. η μορφή των πιεζομετρικών καμπυλών μπορεί να δείξει τη σωστή ή όχι επιλογή των διαμέτρων των αγωγών και της κατανομής τους στο δίκτυο.
6. Για μεγαλύτερη ακρίβεια στο σχεδιασμό των δικτύων με πολλές διακλαδώσεις μπορεί να εξεταστεί η κατανομή της παροχής σε κάθε αγωγό.
7. Νόμος (εξίσωση) της συνέχειας : Σε ένα κόμβο το αλγεβρικό άθροισμα των παροχών περιλαμβανομένης και της εκροής ισούται με τα μηδέν. Αυτό εκφράζεται με την εξίσωση $\sum Q_i = 0$, όπου Q_i η παροχή στο τμήμα του αγωγού i .
8. Νόμος (Αρχή) διατήρησης της ενέργειας : το αλγεβρικό άθροισμα των απωλειών σε ένα κύκλωμα του δικτύου (βρόχος) είναι ίσο με το μηδέν, αυτό εκφράζεται με την εξίσωση $\sum h_i = 0$, όπου h_i η απώλεια φορτίου κατά μήκος του αγωγού i .

2.3.3.3 Γενικοί κανόνες:

Για την αντιμετώπιση των κατασκευών των νέων παροχών θα πρέπει να τηρούνται τα ακόλουθα

(Παντοκράτορας Α. 1997, Υδρεύσεις Πόλεων, Τόμος Ι, Θεωρία, Ξάνθη, ΔΠΘ)

1. Κάθε ακίνητο θα υδροδοτείται με ένα μόνο εγκάρσιο αγωγό υδροληψίας άσχετα από τον αριθμό των διαμερισμάτων και των αντίστοιχων υδατοπαροχών. Κατά τη φάση αίτησης νέας παροχής, θα εξακριβώνεται ο αναμενόμενος μελλοντικός αριθμός παροχών. Η εξακρίβωση θα στηρίζεται :

- Στα στοιχεία της άδειας. Είναι προφανές ότι αν ζητείται εργοταξιακή παροχή από την άδεια θα προκύπτει ο τελικός αριθμός των μελλοντικών παροχών μετά την ολοκλήρωση της οικοδομής.
- Αντλώντας πληροφορίες από τον πελάτη για τις προοπτικές μελλοντικών κατασκευών.
- Με αυτοψία του τμήματος ερευνών και εκτίμηση των μελλοντικών απαιτήσεων του ακινήτου σε σχέση με τον συντελεστή δόμησης της περιοχής, μελλοντικές χρήσεις, κλπ.

2. Ο αγωγός υδροληψίας διακρίνεται σε δύο διατομές : **Φ32** και **Φ63**

- Ο αγωγός διατομής **Φ32** (Εικόνα 9) τοποθετείται όταν η ζητούμενες παροχές και οι αναμενόμενες δε προβλέπεται να γίνουν περισσότερες των τεσσάρων.



Εικόνα 8 Διατομή **Φ32**

(<https://www.e-nero.gr>)

- Ο αγωγός διατομής **Φ63** τοποθετείται για αριθμό παροχών ζητούμενων ή προβλεπόμενων μεγαλύτερων των τριών και έως πενήντα.

3. Λειτουργία των κύριων στοιχείων του υδραυλικού συστήματος

3.1. Υδραυλικές αντλίες

Οι υδραυλικές αντλίες (Εικόνα 10) είναι κατά κανόνα το πιο σπουδαίο εξάρτημα του υδραυλικού συστήματος και στις πιο πολλές περιπτώσεις το πιο εκλεπτυσμένο και πιο ακριβό. Μετατρέπουν την ηλεκτρική και μηχανική ισχύ σε υδραυλική με τη συμπίεση του ρευστού προς το σύστημα



Εικόνα 9 Υδραυλική Αντλία

<https://gr.depositphotos.com>

Ως υδραυλική ενέργεια του ρευστού χαρακτηρίζεται κυρίως η δυναμική ενέργεια που περικλείει και μεταφέρει το ρευστό υπό πίεση. Η κινητική ενέργεια του ρευστού είναι πολύ μικρή αφού οι ταχύτητες είναι σχετικά χαμηλές. Το ρευστό λοιπόν δρα ως μεταφορέας ενέργειας που έχει τη μορφή πίεσεως. Οι υδραυλικές αντλίες είναι πάντα θετικής μετατόπισης, το οποίο σημαίνει ότι παρέχουν πάντα ένα καθορισμένο ποσό ρευστού ανά παλινδρόμηση ή περιστροφή. Έτσι η παροχή τους, αν εξαιρέσουμε τις εσωτερικές διαρροές λόγω αυτολιπάνσεως είναι ανεξάρτητη από την πίεση

καταθλίψεως. Αυτό δε συμβαίνει στις αντλίες μη θετικής μετατόπισης. Αντλίες μη θετικής μετατόπισης είναι οι αντλίες νερού.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των υδραυλικών αντλιών είναι η ικανότητά τους να αναρροφήσουν κάποιο ποσό ρευστού κατά την αρχική εκκίνηση, χωρίς να απαιτηθεί η πλήρωση του σώματος της αντλίας και του αγωγού αναρροφήσεως με ρευστό. Οι υδραυλικές αντλίες είναι συνεπώς αντλίες αυτόματης αναρροφήσεως. Οι υδραυλικές αντλίες είναι δεξιόστροφης ή αριστερόστροφης περιστροφής. Γενικώς χαρακτηρίζονται με τη μέγιστη πίεση που μπορούν να αποδώσουν σε **psi** ή **bar** και την παροχή τους σε **gpm** ή **m³/sec** σε δεδομένες στροφές (**1000** ή **1200 rpm**). Ονομάζουμε βαθμό ανομοιομορφίας μιας αντλίας τον συντελεστή, που χαρακτηρίζει τη διαφορά της μέγιστης πραγματικής παροχής από την ελάχιστη πραγματική παροχή. Η περιοδική αυτή μεταβολή της παροχής είναι φαινόμενο σημαντικό, αφού δημιουργεί ταλαντώσεις και είναι η κύρια πηγή του θορύβου λειτουργίας της αντλίας. Όσο μικρότερος είναι ο βαθμός ανομοιομορφίας της αντλίας τόσο χαμηλότερη είναι και η στάθμη θορύβου. Η στάθμη θορύβου μιας αντλίας είναι ένας ποιοτικός δείκτης με αυξανόμενη σημασία. Πράγματι, οι αντιλήψεις για το περιβάλλον και για την αποφυγή ηχητικών ρυπάνσεων, υποχρεώνουν τους κατασκευαστές σε σχεδιασμό αντλιών με συνεχώς ελαττούμενο βαθμό ανομοιομορφίας.

Υπάρχουν υδραυλικές αντλίες (Εικόνα 11) σταθερής και μεταβαλλόμενης παροχής υπό σταθερές στροφές. Η μεταβολή της παροχής είναι δυνατόν να γίνει με πολλούς τρόπους (με χειριστήριο, αυτόματα, με υδραυλική ή ηλεκτρική εντολή, με σερβοσύστημα).

Διακρίνονται σε:

- Ø **Οδοντωτές υδραυλικές αντλίες:** Χρησιμοποιούνται ευρύτατα και η λειτουργία τους βασίζεται στη μεταφορά ρευστού ανάμεσα σε δύο οδοντωτούς τροχούς.
- Ø **Πτερυγιοφόρες αντλίες:** Ο τύπος της αντλίας αυτής βασίζεται στην περιστροφή πτερυγίων που εφάπτονται στην εσωτερική επιφάνεια ενός δακτυλίου και δημιουργούν χώρους όπου μεταφέρεται και καταθλίβεται το ρευστό. Μειονέκτημά τους είναι η ευαισθησία της αναρροφήσεως και η ευαισθησία σε κακής ποιότητας ορυκτέλαιο.



Εικόνα 10 Εμβολοφόρα Αντλία

<https://www.paints-tools.gr>

Ø Εμβολοφόρες αντλίες: Η λειτουργία τους βασίζεται στην αναρρόφηση και κατάθλιψη του ρευστού με παλινδρόμηση ενός εμβόλου μέσα σε έναν κυλινδρικό χώρο. Ανάλογα την κατανομή των εμβόλων διακρίνονται σε αντλίες αξονικών εμβόλων και αντλίες ακτινικών εμβόλων.

3.2. Υδραυλικοί κινητήρες

Οι υδραυλικοί κινητήρες είναι τα εξαρτήματα που μας παρέχουν περιστροφική κίνηση, ως αποτέλεσμα μιας υδραυλικής δράσεως να έχουμε περιστροφική κίνηση και ροπή στρέψεως.

Οι περισσότεροι υδραυλικοί κινητήρες είναι όμοιοι με τις υδραυλικές αντλίες. Αντί να συμπιέζουν το ρευστό όπως οι αντλίες, δέχονται ρευστό υπό πίεση το οποίο τους αναγκάζει να περιστρέφονται και να αποδίδουν ροπή στρέψεως στον άξονά τους. Σπάνια όμως οι υδραυλικοί κινητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αντλίες ή αντίστροφα. Οι περισσότεροι υδραυλικοί κινητήρες (Εικόνα 12) έχουν τη δυνατότητα περιστροφής και προς τις δύο κατευθύνσεις ενώ οι αποστραγγίσεις τους είναι εξωτερικές.



Εικόνα 11 Υδραυλικοί Κινητήρες

<https://www.marinesolutions.gr>

Οι υδραυλικοί κινητήρες χαρακτηρίζονται σύμφωνα με τον κυβισμό τους (παροχή σε **cm³** ανά πλήρη περιστροφή), την ικανότητα για απόδοση ροπής στρέψης και τη μέγιστη πίεση στην οποία μπορούν να λειτουργήσουν. Χαρακτηρίζονται επίσης ως βραδύστροφοι και ως πολύστροφοι. Πολύστροφοι χαρακτηρίζονται αυτοί που περιστρέφονται στην περιοχή **6000RPM-3000 RPM**. Μπορεί να είναι οδοντωτοί, πτερυγιοφόροι ή εμβολοφόροι. Ως βραδύστροφοι χαρακτηρίζονται αυτοί που περιστρέφονται από κλάσμα της στροφής ανά λεπτό έως **300-400 RPM**. Για ορισμένες ειδικές εφαρμογές κατασκευάζονται κινητήρες πολύ υψηλών στροφών π.χ. για αεροπορικές εφαρμογές υπάρχουν κινητήρες ικανότητας **10.000 RPM**.

Οι υδραυλικοί κινητήρες παρουσιάζουν εξαιρετικά πλεονεκτήματα:

- Ø Έχουν μικρό όγκο σε σχέση με την αποδιδόμενη ισχύ
- Ø Εκκινούν ακαριαία και αντιστρέφουν τη φορά περιστροφής τους
- Ø Έχουν δυνατότητα συνεχούς μεταβολής των στροφών τους
- Ø Καλύπτουν μεγάλο φάσμα αποδόσεων

Υπάρχουν κινητήρες σταθερού και μεταβαλλόμενου κυβισμού, όπως και οι αντλίες. Οι κινητήρες σταθερού κυβισμού αποδίδουν σταθερή ροπή στρέψεως ανάλογη προς την πίεση του ρευστού και οι στροφές τους μεταβάλλονται με τη μεταβολή της παροχής. Οι κινητήρες μεταβαλλόμενου κυβισμού αποδίδουν μεταβαλλόμενη ροπή στρέψεως, ανάλογη προς την πίεση του ρευστού και τον κυβισμό τους.

Διακρίνονται σε:

- ∅ *Οδοντωτούς υδραυλικούς κινητήρες:* Αναπτύσσουν ροπή στρέψεως με την εφαρμογή πιέσεως στην επιφάνειες των οδόντων. Είναι κατασκευής όμοιας με την οδοντωτή υδραυλική αντλία
- ∅ *Πτερυγιοφόρους υδραυλικούς κινητήρες:* Η ροπή στρέψεώς τους αναπτύσσεται με την εφαρμογή της πιέσεως του ρευστού στην μία επιφάνεια των πτερυγίων. Η κατασκευή είναι ίδια με της πτερυγιοφόρου αντλίας.
- ∅ *Κινητήρες αξονικών εμβόλων:* Η κατασκευή τους είναι πανομοιότυπη με την κατασκευή των εμβολοφόρων αξονικών αντλιών
- ∅ *Κινητήρες ακτινικών εμβόλων:* Αποτελούνται από αριθμό εμβόλων που παλινδρομούν δεχόμενα ρευστό υπό πίεση.

3.3. Υδραυλικοί κύλινδροι

Οι υδραυλικοί κύλινδροι είναι τα στοιχεία που μας παρέχουν γραμμική κίνηση. Το αποτέλεσμα μιας υδραυλικής δράσης σε έναν κύλινδρο είναι η ευθύγραμμη κίνηση του εμβόλου του, η εφαρμογή κάποιας δύναμης και η παραγωγή έργου. Υπάρχουν οι κύλινδροι απλής ενέργειας και οι κύλινδροι διπλής ενέργειας.

1. **Κύλινδροι απλής ενέργειας:** Είναι οι κύλινδροι που διαθέτουν μόνο μια είσοδο ρευστού από την οποία το ίδιο ρευστό επιστρέφει. Το ρευστό ωθεί έξω το έμβολο του κυλίνδρου. Η απλούστερη μορφή ενός κυλίνδρου απλής ενέργειας είναι αυτή όπου το έμβολο είναι ταυτόχρονα και βάκτρο. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε πρέσες. Μια άλλη μορφή κυλίνδρου απλής ενέργειας είναι αυτή του τηλεσκοπικού κυλίνδρου.
2. **Κύλινδροι διπλής ενέργειας:** Δέχονται ρευστό από τα δύο άκρα τους και μπορούν να δράσουν και προς τις δύο κατευθύνσεις. Είναι η πιο

διαδομένη μορφή υδραυλικού κυλίνδρου. Ένα χαρακτηριστικό τους είναι ότι η κεφαλή του εμβόλου παρουσιάζει άνισες επιφάνειες στις δύο πλευρές, εφ' όσον η μία πλευρά είναι μικρότερης επιφάνειας λόγω της παρουσίας του βάκτρου.

4. Δίκτυα ύδρευσης

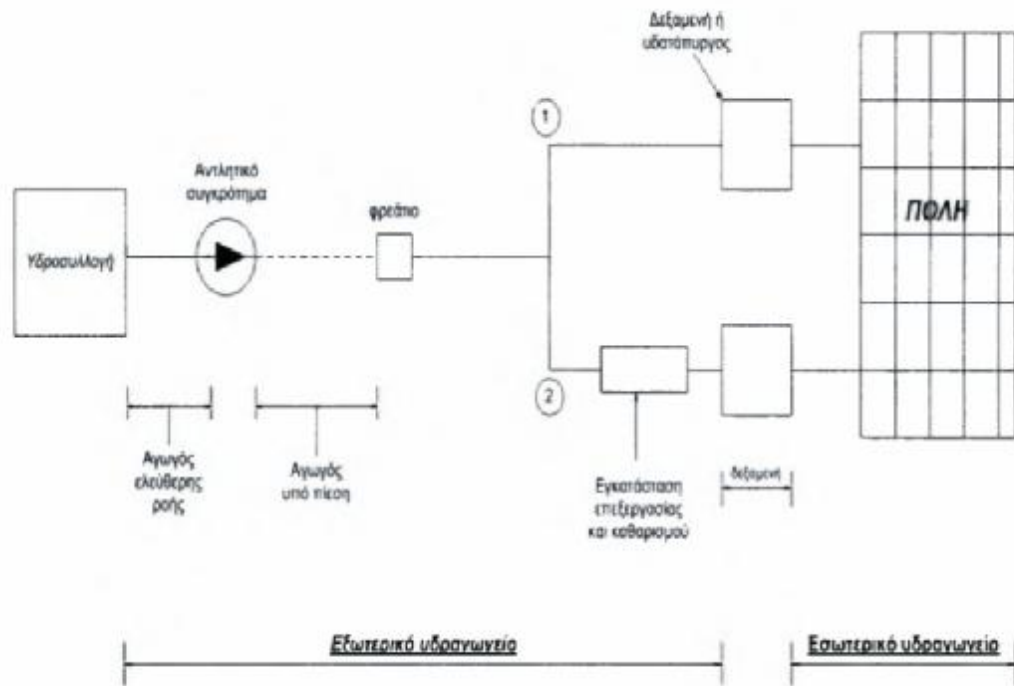
4.1. Κατηγορίες δικτύων ύδρευσης

Τα τελευταία χρόνια για την κατασκευή ενός δικτύου ύδρευσης - που μεν στις μικρότερες πόλεις και κοινότητες εκτελείται από τις τεχνικές υπηρεσίες των δήμων ή των κοινοτήτων αντίστοιχα , στις δε μεγαλουπόλεις από προς τούτο συνισταμένους οργανισμούς ύδρευσης - είναι αναγκαίο να πραγματοποιηθούν μεγάλο πλήθος εργασιών, τόσο τεχνικής , όσο και διοικητικής φύσης. Οι επονομαζόμενες Δ.Ε.Υ.Α. (Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης), που έχουν συσταθεί τα τελευταία χρόνια στις περισσότερες πόλεις της Ελλάδας, έχουν αναλάβει από κοινού τη διαχείριση των δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης. Οι εγκαταστάσεις ύδρευσης διακρίνονται σε:

- ατομικές, για εξυπηρέτηση μεμονωμένων σπιτιών , που αποτελούνται από κάποιο πηγάδι και μία δεξαμενή ή μόνο μία δεξαμενή
- συλλογικές, για εξυπηρέτηση οικισμών (χωριών, κωμοπόλεων, πόλεων) ή συνόλου οικισμών, που αποτελούνται από μια σειρά έργων: τις εγκαταστάσεις υδροληψίας, τα έργα μεταφοράς του νερού από την υδροληψία έως την δεξαμενή, τις δεξαμενές 24ωρης εξισώσεως, τον κύριο τροφοδοτικό αγωγό και το δίκτυο διανομής της πόλης (εσωτερικό δίκτυο).

4.2. Εξαρτήματα δικτύων ύδρευσης

Σε γενικές γραμμές τα τμήματα που συγκροτούν ένα υδραγωγείο ύδρευσης αστικού κέντρου είναι (Εικόνα 14):



Εικόνα 12 Μέρη Δικτύου Ύδρευσης

(Αραβαντινός Α. 1977)

- ο χώρος υδροσυλλογής
- το εξωτερικό υδραγωγείο
- οι δεξαμενές
- το εσωτερικό υδραγωγείο

Στις ενότητες που ακολουθούν αναλύονται τα επιμέρους τμήματα του συστήματος ύδρευσης που αναφέρονται παραπάνω.

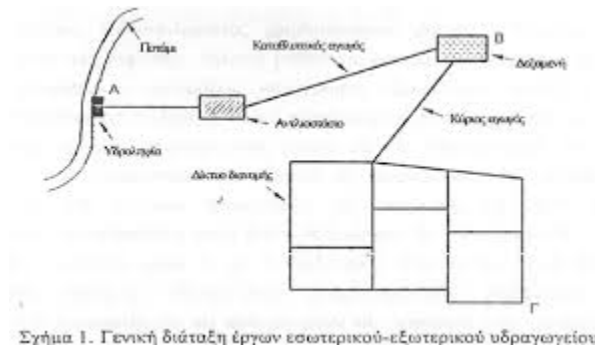
4.2.1. Χώρος υδροσυλλογής

Ο συγκεκριμένος χώρος αποτελεί το μέρος εκείνο όπου γίνεται η συγκέντρωση των υδάτων . Η ακολουθούμενη διαδικασία ονομάζεται υδροληψία και γίνεται από

βρόχινο νερό και από επιφανειακούς (ποτάμια και λίμνες), υπόγειους (υδρομαστεύσεις), και πηγαίους υδατικούς πόρους. Στην συνέχεια το νερό αποθηκεύεται σε ειδικά συστήματα αποθήκευσης όπως τεχνητές λίμνες, ταμιευτήρες ή υπόγειες δεξαμενές.

4.2.2. Εξωτερικό υδραγωγείο

Αποτελεί το σύνολο των αγωγών που συνδέουν το χώρο υδροσυλλογής με την υδατοδεξαμενή. Στην ουσία, το νερό από τον χώρο που προηγουμένως περιγράφηκε μεταφέρεται, είτε με βάση την βαρύτητα, είτε υπό πίεση, είτε και με τους δύο τρόπους ταυτόχρονα, καθαρό στην υδατοδεξαμενή έτοιμο προς κατανάλωση. Συγκεκριμένα οι αγωγοί μεταφοράς, που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά των υδάτων προς τις εγκαταστάσεις καθαρισμού ή προς τις δεξαμενές αποθήκευσης, διακρίνονται σε ανοιχτούς και κλειστούς (πιθανώς έχουμε ροή υπό πίεση). Στο εξωτερικό υδραγωγείο (Εικόνα 16) περιλαμβάνονται οι θέσεις και οι μηχανισμοί συλλογής του πόσιμου νερού που είναι οι πηγές, οι γεωτρήσεις, οι ποταμοί, οι λίμνες, οι αγωγοί μεταφοράς προς τις δεξαμενές συγκέντρωσης, τα διωλιστήρια, οι μηχανισμοί καθαρισμού και οι αγωγοί μεταφοράς στην πόλη ή τις πόλεις και οικισμούς του Δήμου. Είναι ένα έργο μεγάλο τις περισσότερες φορές μια και το πόσιμο νερό κυρίως σε μεγάλες πόλεις που απαιτείται για την κατανάλωση, συγκεντρώνεται από πολύ μακριά και πολλές πηγές. Μικροί Δήμοι και Οικισμοί συχνά συναντούν δυσκολίες στην εύρεση και επεξεργασία του νερού, και για το λόγο αυτό έχουν συσταθεί στην Ελλάδα αρκετοί σύνδεσμοι Δήμων και Κοινοτήτων. Είναι σημαντικό να ελέγχουμε ανά πάσα στιγμή το δίκτυο των αγωγών τις αποθηκευμένες ποσότητες νερού, τις παροχές των πηγών αλλά και την ποιότητα του νερού. Για όλα αυτά έχουν αναπτυχθεί διάφοροι αυτοματισμοί που συνίστανται κυρίως σε ηλεκτρονικά συστήματα που μετρούν τις παροχές, τις ποσότητες νερού στις δεξαμενές, σε ηλεκτρονικές βάνες και ενώ ευρίσκονται τα συστήματα αυτά, διάσπαρτα και σε μεγάλες αποστάσεις μεταξύ τους, ενημερώνουν τον ηλεκτρονικό υπολογιστή στο κέντρο διαχείρισης και μόλις εντοπισθεί βλάβη ενημερώνεται το συνεργείο επισκευής, ενώ χειρισμοί για την αποφυγή διαρροών γίνονται από το κέντρο διαχείρισης. Ως καταθλιπτικοί χαρακτηρίζονται οι κλειστοί αγωγοί όπου το νερό κινείται με ώθηση από αντλιοστάσιο.



Σχήμα 1. Γενική διάταξη έργων εσωτερικού-εξωτερικού υδραγωγείου.

Εικόνα 13 Διάταξη Υδραγωγείου

(<https://www.disigma.gr/>, Διαχείριση ύδρευσης αποχέτευσης)

Εξαρτάται από την χάραξη εάν στο εξωτερικό υδραγωγείο γίνεται συνδυασμός των παραπάνω αγωγών με μοναδικό περιορισμό την χρήση κλειστών αγωγών μετά από εγκαταστάσεις καθαρισμού.

4.2.3. Δεξαμενές

Το νερό πριν περάσει στον τροφοδοτικό αγωγό του δικτύου διανομής αποθηκεύεται στις δεξαμενές αποθήκευσης και ρύθμισης οι οποίες διακρίνονται σε υπερυψωμένες ή υδατόπυργους (Εικόνα 17) και σε χαμηλές ή επίγειες (ανοιχτές ή κλειστές). Η χρήση των δεξαμενών έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Εξισορροπούν την κυμαινόμενη ζήτηση έναντι μιας σταθερής παροχής. Η έξοδος από τη μονάδα επεξεργασίας ή η κατευθείαν άντληση έχουν σταθερή παροχή κατά την διάρκεια του 24ώρου σε αντίθεση με την κατανάλωση, συνεπώς απαιτείται ενδιάμεση αποθήκευση του νερού.
- Μειώνεται η απαίτηση σε άντληση, γιατί δε χρειάζεται να διατίθεται η άντληση που αντιστοιχεί στη μέγιστη ζήτηση νερού. Όταν υπάρχει η απαίτηση για τη μέγιστη παροχή, οι δεξαμενές δίνουν το επιπλέον νερό που έχει αποθηκευτεί από τις χρονικές περιόδους, κατά τις οποίες η ζήτηση είναι μικρότερη από την άντληση.
- Μειώνουν τις πιέσεις του νερού στο δίκτυο.

- Παρέχουν την δυνατότητα για ποιοτικό έλεγχο κοντά στην κατανάλωση και επιπλέον απολύμανση του νερού.
- Αποτελούν αποθήκη νερού για πυρόσβεση.



Εικόνα 14 Υδρόπυργος Πειραϊκής Πατραϊκής

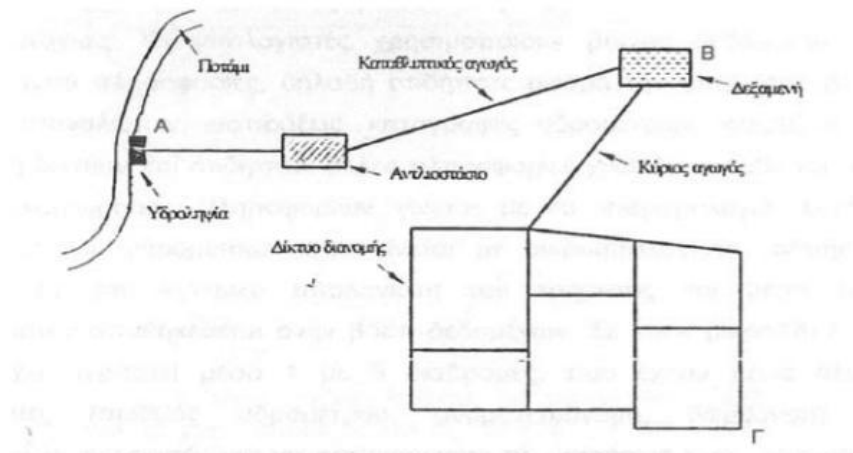
(δια <http://www.thebest.gr>)

Η ιδανική περίπτωση κατασκευής των δεξαμενών είναι η ύπαρξη ανάγλυφου, γεγονός σύνηθες στις ελληνικές πόλεις, όταν δε δεν υπάρχει ύψωμα μέσα στην πόλη κατασκευάζεται υδατόπυργος.

Οι υδατόπυργοι επιλέγονται για την τροφοδοσία οικισμών που αναπτύσσονται σε περιοχές με πολύ χαμηλές κλίσεις και συνδυάζονται με τη λειτουργία αντλιοστασίων. Πρόκειται για δαπανηρές (σε σχέση με τις επίγειες δεξαμενές) κατασκευές, αποτελούμενες από μια υπέργεια υδαταποθήκη μικρής, σχετικά, χωρητικότητας (~1500 m³), η οποία στηρίζεται σε υποστυλώματα και επειδή το ύψος των υποστυλωμάτων είναι αναγκαστικά μικρό, η πίεση που εξασφαλίζουν είναι σχετικά χαμηλή. Όσον αφορά το υλικό κατασκευής τους, οι σφαιρικοί υδατόπυργοι είναι πάντοτε μεταλλικοί, ενώ οι κυλινδρικής κάτοψης κατασκευάζονται και από σκυρόδεμα. Τελευταία, οι σύγχρονες κατασκευές μορφώνονται με κυλινδρικές βάσεις αντί για υποστυλώματα.

4.2.4. Εσωτερικό υδραγωγείο

Στην παρακάτω Εικόνα (Εικόνα 18) δίδεται μια σχηματική διάταξη έργων εσωτερικού και εξωτερικού υδραγωγείου.



Εικόνα 15 Γενική Κάτοψη έργων Εσωτερικού και Εξωτερικού υδραγωγείου

Το εσωτερικό υδραγωγείο ακολουθεί το δίκτυο διανομής. Ένα δίκτυο διανομής περιλαμβάνει τον κύριο τροφοδοτικό αγωγό, τους πρωτεύοντες, δευτερεύοντες αγωγούς και τους σωλήνες σύνδεσης με τους καταναλωτές. Στα δίκτυα ύδρευσης η ροή γίνεται υπό πίεση. Ένα επίσης χαρακτηριστικό του δικτύου είναι οι βαλβίδες εισόδου και εξόδου αέρος που τοποθετούνται στα ψηλά σημεία και οι εκκενωτές που τοποθετούνται στα χαμηλά. Τα δίκτυα διανομής διακρίνονται σε ακτινωτά και κυκλοφοριακά. Στα εσωτερικό υδραγωγείο περιλαμβάνονται οι αγωγοί που διατρέχουν την πόλη και σ' αυτούς συνδέονται οι παροχές των καταναλωτών. Εδώ αν και οι δυνατότητες εφαρμογής αυτοματισμών είναι πολύ μεγαλύτερες ακόμη δεν εφαρμόζονται γιατί υπάρχουν δυσκολίες που οφείλονται σε παλαιά δίκτυα μη καταγεγραμμένα με σαφήνεια και ακρίβεια ή ακόμη και η πλήρης άγνοια των θέσεων και παροχών των αγωγών αλλά και κυρίως στην αδυναμία των οργανισμών τοπικής αυτοδιοίκησης να τους οργανώσουν. Στην περίπτωση μεγάλων δικτύων προτιμούνται τα κυκλοφοριακά δίκτυα γιατί είναι περισσότερο εύελικτα σε περιπτώσεις βλαβών. Το υλικό των αγωγών εξαρτάται από την διάμετρο που απαιτείται κάθε φορά.

5. Αγωγοί ύδρευσης

Τα δίκτυα ύδρευσης χαρακτηρίζονται τόσο από τις σωληνώσεις κεντρικής διανομής του νερού (Εικόνα 19), δηλαδή αυτές που μεταφέρουν νερό από τον δημοτικό αγωγό υδροδότησης (αμέσως μετά το μετρητή) στους διάφορους κλάδους της εγκατάστασης, όσο και τις επί μέρους τροφοδοτήσεις όλων των καταναλώσεων μέσα στο κτίριο. Δηλαδή το σύστημα υδροδιανομής περιλαμβάνει οριζόντια και κατακόρυφα τμήματα και διακλαδώσεις της κεντρικής διανομής όπως και τροφοδοτικές σωληνώσεις σύνδεσης με τα σημεία κατανάλωσης (υδραυλικοί υποδοχείς).

Οι σωληνώσεις και τα ειδικά τεμάχια που είναι απαραίτητα για τη δημιουργία των δικτύων πρέπει να διαθέτουν ικανοποιητικά χαρακτηριστικά αντοχής, μορφής, εγγυημένης ποιότητας κατασκευής και καταλληλότητας υλικών (Εικόνα 19). Ειδικότερα πρέπει να διαθέτουν:

- επαρκή μηχανική αντοχή σε σχέση με τις πιέσεις που επικρατούν στις εγκαταστάσεις
- να είναι κατασκευασμένες από υλικό κατάλληλο για το νερό που διοχετεύουν
- πρέπει να μη διευκολύνουν τη σωσώρευση αλάτων ή καταλοίπων που μπορεί να οδηγήσουν σε απόφραξη
- να έχουν διαστάσεις κατάλληλες για τις παροχές για τις οποίες προορίζονται.

Όλα τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε μία εγκατάσταση ύδρευσης πρέπει να αντέχουν σε εσωτερική πίεση τουλάχιστον **1 Mpa (10 bar)**.



Εικόνα 16 Αγωγοί Υδρευσης

<http://www.pantehnikergon.gr/>

Έτσι για την διαμόρφωση των δικτύων χρησιμοποιούνται κυρίως οι ακόλουθοι τύποι σωλήνων:

- Σωλήνες από σκυρόδεμα
- Χυτοσίδηροι σωλήνες
- Χαλυβδοσωλήνες
- Χαλκοσωλήνες
- Πλαστικοί σωλήνες
 - α) Από μη πλαστικοποιημένο πολυβινυλχλωρίδιο (**U-PVC**)
 - β) Από σκληρό πολυαιθυλένιο (**HDPE**)
 - γ) Από πολυπροπυλένιο (**PP**)
 - δ) Από πολυβουτένιο (**PB**)
 - ε) Από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο (**VPE**)
 - στ) Από χλωριωμένο πολυβινυλοχλωρίδιο (**C-PVC**)

Κάθε κατηγορία από τις παραπάνω παρουσιάζει ιδιαιτερότητες που επηρεάζουν την καταλληλότητα.

5.1.Σωλήνες από σκυρόδεμα

Η προτίμηση απλών ή προεντεταμένων σωλήνων από σκυρόδεμα απέναντι σε εναλλακτική επιλογή χαλυβδοσωλήνων μπορεί να αιτιολογηθεί ως συμφορότερη κάτω από δύο προϋποθέσεις:

- Μεγάλης διαμέτρου και

ü Μεγάλου μήκους

Τυποποιημένοι σωλήνες από σκυρόδεμα οπλισμένο ή προεντεταμένο δεν παράγονται στην Ελλάδα. Σε συγκεκριμένα έργα, όπως το υδραγωγείο Αραβησού έχουν παραχθεί εργοταξιακά προκατασκευασμένοι σωλήνες μεγάλης διαμέτρου από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αντίστοιχα προεντεταμένοι σωλήνες από σκυρόδεμα χρησιμοποιήθηκαν στο υδραγωγείο του Καλάμου της ΕΥΔΑΠ και στο εξωτερικό υδραγωγείο της Άμφισσας.

5.2. Σωλήνες από αμιαντοσίμεντο

Σωλήνες από αμιαντοσίμεντο (Εικόνα 20) χρησιμοποιήθηκαν σε εσωτερικά και εξωτερικά δίκτυα ύδρευσης σε όλες τις Ευρωπαϊκές χώρες και κατά συνέπεια και στην Ελλάδα. Με την παροδο των χρόνων όμως, ξεκινώντας από την παραδοχή ότι η εισπνοή ινών αμιάντου προκαλεί με βεβαιότητα καρκίνο των πνευμόνων και οδηγεί σε αυξημένο αριθμό επεισοδίων καρκίνου του πεπτικού, οι περισσότερες εταιρείες ύδρευσης έχουν διακόψει την εγκατάσταση νέων σωλήνων αμιαντοσίμεντου σε υδρευτικά δίκτυα. Σε ό τι αφορά παλαιότερα δίκτυα από αμιαντοσίμεντο συνήθως προβάλλεται το αντεπιχείρημα ότι με δεδομένη την σκληρότητα των περισσότερων νερών στη χώρα, οι αποθέσεις αδιάλυτων αλάτων απομονώνουν το εσωτερικό των αγωγών.

Σωλήνες αμιαντοσίμεντου χρησιμοποιούνται στην ύδρευση σε ονομαστικές πιέσεις **10** και **16 bar** και κατασκευάζονται σε ονομαστικές διαμέτρους από **50** έως **1000 mm**.

Η κατασκευή τους γίνεται από βασικά υλικά τον αμιάντο και το τσιμέντο. Ο αμιάντος είναι ορυκτό (υδροπυριτικό μαγνήσιο) ενώ το είδος του τσιμέντου καθορίζεται σύμφωνα με τον **DIN 1164**. Αφού ο αμιάντος πάρει τη μορφή λεπτών ινών γίνεται η ανάμειξή του με το τσιμέντο ενώ συγχρόνως προστίθεται νερό. Έτσι με περιέλιξη πολλών στρωμάτων του μείγματος αυτού γύρω από έναν χαλύβδινο πυρήνα κατασκευάζονται οι σωλήνες αυτού του είδους.



Εικόνα 17 Σωλήνες αμιαντοσιμέντο

<https://el.fehrplay.com> Αγωγός Αμιαντοσιμέντου Διαστάσεις και τύποι)

Οι σωλήνες αυτοί χαρακτηρίζονται από σημαντική αντοχή σε εφελκυσμό και χημική σταθερότητα. Όταν οι συνθήκες του εδάφους ή του νερού είναι δυσμενείς γίνεται μια προστασία με βαφή ασφάλτου ή πίσσας λιθανθράκων ενώ σε ειδικές περιπτώσεις μπορεί να προστεθεί ένα περίβλημα εποξειδικής ρητίνης.

Λόγω του μικρού βάρους οι δαπάνες μεταφοράς είναι περιορισμένες και ο ρυθμός εγκατάστασης είναι τάχιστος. Ακόμα ένα χαρακτηριστικό τους είναι ότι δεν έχουν την τάση να σχηματίζουν εσωτερικό φλοιό και παρουσιάζουν ευνοικά χαρακτηριστικά τραχύτητας.

Οι σωλήνες αυτοί συνδέονται με περαστούς συνδέσμους οι οποίοι όμως δεν είναι τυποποιημένοι αλλά ιδιοσκευάσματα διαφόρων εταιρειών και οι σύνδεσμοι των οποίων επιτρέπουν απόκλιση από την ευθυγραμμία έως 6°.

Για την μετάβαση από σωλήνα αμιαντοσιμέντου σε σωλήνα από άλλο υλικό γίνεται χρήση ειδικών μεταβατικών συνδέσμων ενώ η σύνδεσή τους με ειδικά τεμάχια όπως οι βάνες, με φλαντζωτούς συνδέσμους.

5.3. Μεταλλικοί σωλήνες

5.3.1. Χαλυβδοσωλήνες

Οι χαλυβδοσωλήνες (Εικόνα 21) παράγονται από ειδικούς χάλυβες με διέλαση εν θερμώ ή διαμόρφωση και συγκόλληση τεμαχίων επίμηκων ελασμάτων από ειδικούς χάλυβες. Χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες στους μαύρους και στους γαλβανιζέ ,

και ως προς τον τρόπο παρασκευής τους σε αυτούς με ραφή (συγκολλητοί), σε αυτούς χωρίς ραφή (τούμπα) και στους χυτούς.

Για τις εγκαταστάσεις πόσιμου νερού χρησιμοποιούνται κυρίως οι γαλβανισμένοι (προστατευμένοι με επιψευδαργύρωση) χαλυβδοσωλήνες ενώ οι μαύροι (με πισσοειδή επικάλυψη εσωτερικά και εξωτερικά) χρησιμοποιούνται εκεί όπου δεν υπάρχουν απαιτήσεις γαλβανισμένης σωλήνας λόγω οξειδώσεων.

Ιδιαίτερη μνεία γίνεται για την ανάγκη ειδικής ηλεκτροχημικής προστασίας σε δίκτυα που χρησιμοποιούνται διαδοχικά σιδηροσωλήνες και χαλκοσωλήνες.



Εικόνα 18 Χαλυβδοσωλήνες Υδρευσης

<http://www.nikolsol.gr/8836BB79.el.asp>

Από πλευράς ποιότητας οι χαλυβδοσωλήνες διακρίνονται σε τρεις βασικές τυποποιημένες κατηγορίες, ελαφρού τύπου ή αλλιώς κίτρινης ετικέτας, μέσου τύπου ή κόκκινης ετικέτας και βαρέως τύπου ή πράσινης ετικέτας. Η διαφορά τους έγκειται στο διαφορετικό πάχος τοιχώματος και κατά συνέπεια στο βάρος τους.

Ως σύνδεσμοι χαλυβδοσωλήνων χρησιμοποιούνται κυρίως οι κοχλιωτές μούφες και οι φλάντζες.

Οι χαλυβδοσωλήνες, ως προς τον τρόπο κατασκευής τους, διακρίνονται σε:

ü Σωλήνες με ραφή

Κατασκευάζονται από λωρίδα ελάσματος μήκους ίσου με το μήκος σωλήνα η οποία κυλινδρώνεται και επακολουθεί η συγκόλληση των ακμών. Η συγκόλληση γίνεται με την μέθοδο της ηλεκτρικής αντίστασης ή αυτογενώς ή εν θερμώ. Ανάλογα με το φινίρισμα και τις μετά τη

συγκόλληση κατεργασίες διακρίνονται διάφορες κατηγορίες-ποιότητες σωλήνων με ραφή.

ü Σωλήνες χωρίς ραφή

Κατασκευάζονται είτε εν θερμώ είτε εν ψυχρώ με διάφορες μεθόδους. Οι δυο όμως πιο διαδεδομένες είναι οι μέθοδοι **MANNESMAN** και η μέθοδος **EHRHARDT**.

Κατά την μέθοδο **MANNESMAN** το κυλινδρικό τεμάχιο από το οποίο θα κατασκευασθεί ο σωλήνας θερμαίνεται σε θερμοκρασία **700-800** Οc και διέρχεται μεταξύ κολουροκωνικών ελαστρων με μη παράλληλους άξονες. Απαιτούνται τουλάχιστον τρία έλαστρα. Στο κέντρο του διακένου των ελαστρων βρίσκεται ένα διατρητικό έμβολο και το κυλινδρικό τεμάχιο ωθείται με την περιστροφή των ελαστρων επάνω στο έμβολο και το μαλακό του κέντρο διατρυπάται. Όταν ολόκληρο το τεμάχιο περάσει από το έμβολο, έχει αποκτήσει την μορφή ενός σωλήνα με παχύ τοίχωμα. Ο σωλήνας αυτός περνά στην συνέχεια από άλλα έλαστρα με έμβολα κατάλληλου σχήματος και αποκτά το επιθυμητό πάχος και εξωτερική διάμετρο.

Οι σωλήνες που κατασκευάζονται με τη μέθοδο αυτή είναι γνωστοί ως κατασκευασμένοι εν θερμώ γιατί απαιτείται προηγούμενη θέρμανση του υλικού.

Όμως η μέθοδος αυτή λόγω μηχανικών δυσκολιών δεν μπορεί να εφαρμοσθεί για την κατασκευή μικρής διατομής και μικρού πάχους, για αυτούς χρησιμοποιείται ή μέθοδος κατασκευής εν ψυχρώ. Η μέθοδος είναι η ίδια με την εν θερμώ με τη διαφορά ότι ο σωλήνας παίρνει το τελικό μήκος, διάμετρο και πάχος με μια ή περισσότερες εφελκύσεις εν ψυχρώ σε μηχανήμα εφέλκυσης. Οι σωλήνες αυτοί είναι γνωστοί σαν τραβηχτοί εν ψυχρώ. Ο εφέλκυσμός σκληραίνει το υλικό, ιδίως τον χάλυβα , και για

αυτό πριν από κάθε εφελκυσμό ο σωλήνας υποβάλλεται σε αποσκλήρυνση αφού πρώτα εμβαπτιστεί σε διάλυμα οξέως για απομάκρυνση της επιφανειακής σκουριάς, ή λεπιών, πλυθεί με γλυκό νερό και εμβαπτισθεί με λάδι. Με τον εφελκυσμό εν ψυχρώ είναι δυνατή η κατασκευή μικρότερων διαμέτρων και παχών αλλά προκύπτουν σωλήνες με περισσότερο ανομοιόμορφες διαστάσεις.

Κατά την μέθοδο **EHRHARDT** ένα κυκλικό επίπεδο έλασμα με κατάλληλο πάχος και διάμετρο θερμαίνεται μέχρι να αποκτήσει ανοικτό χρώμα και τοποθετείται σε μια υδραυλική πρέσσα με έμβολο μέσα σε κύλινδρο. Το κύπελλο που σχηματίζεται έτσι αναθερμαίνεται και ξαναπρεσσάζεται σε μικρότερο κύλινδρο. Έτσι μακραίνει το κύπελλο ώσπου ένας κοντός κύλινδρος με πυθμένα. Η επιμήκυνση συνεχίζεται με τον ίδιο τρόπο μέσα από κυλίνδρους ή δακτυλίους με όλο και μικρότερη διάμετρο μέχρι να φτάσουμε στην επιθυμητή εξωτερική διάμετρο. Η επιμήκυνση μπορεί να συνεχιστεί με εφελκυσμό και όπου είναι απαραίτητο γίνεται αναθέρμανση.

Η μέθοδος αυτή δίνει ιδιαίτερα ομοιόμορφο σωλήνα και με αυτήν κατασκευάζονται κυρίως αυλοί μέχρι μήκους **9** μέτρων, σωλήνες μεγάλου πάχους, φιάλες πιεσμένου αέρα, κάννες πυροβόλων και άλλα χαλύβδινα κοίλα σώματα.

ü Σωλήνες χυτοί

Χυτοσίδηροι σωλήνες υπάρχουν από κοινό χυτοσίδηρο και από χυτοσίδηρο με σφαιροειδή γραφίτη. Διατίθενται στο εμπόριο σε ονομαστικές διαμέτρους από **20** έως **400** και σε κανονικά μήκη **6** μέτρων.

Η κατασκευή των χυτοσίδηρων σωλήνων γινόταν αρχικά σε οριζόντια χωμάτινα καλούπια και μεταγενέστερα σε κατακόρυφα. Σήμερα όμως, προτιμάται η μέθοδος της φυγοκέντρωσης που συνδυάζεται για ορισμένους σωλήνες με μια θερμική μετεξεργασία σε καμίνι.

Στους σωλήνες από κοινό χυτοσίδηρο ο γραφίτης βρίσκεται στη μεταλλική μάζα σε μορφή πλακιδίων. Οι σωλήνες αυτοί χαρακτηρίζονται από μεγάλη αντοχή σε διάβρωση καθώς και από καλή μηχανική αντοχή. Ως ένα βαθμό είναι ψαθυροί και επίσης μπορεί ύστερα από παρατεταμένη λειτουργία να σχηματιστεί ένας εσωτερικός φλοιός που στενεύει την διατομή τους, γεγονός που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη σε περίπτωση υπολογιστικού ελέγχου παλιών σωληνώσεων.

Στις μέρες μας όμως είναι συνηθέστερη η κατασκευή χυτοσίδηρων σωλήνων από χυτοσίδηρο με σφαιροειδή γραφίτη, υλικό που προκύπτει από ειδική μεταλλουργική επεξεργασία. Διατηρεί την αντίσταση σε διάβρωση που χαρακτηρίζει τον χυτοσίδηρο ενώ συγχρόνως παρουσιάζει μια ιδιαίτερα υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό και μια μεγάλη παραμορφωσιμότητα. Οι σωλήνες αυτοί μπορούν να παραμορφωθούν σε ψυχρή και θερμή κατάσταση και υπό ορισμένες συνθήκες επιδέχονται συγκόλληση, επεξεργασία όμως που δεν είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη για αυτούς.

Για να προστατευτούν από προσβολή οφειλόμενη στο νερό και στο έδαφος οι χυτοσίδηροι σωλήνες επενδύονται εσωτερικά και εξωτερικά σε πίσσα λιθανθράκων. Σε ειδικές περιπτώσεις όπου απαιτείται μια ενισχυμένη προστασία κατασκευάζονται χυτοσίδηροι σωλήνες με την διαδικασία της φυγοκέντρωσης οι οποίοι φέρουν εσωτερική επένδυση από τσιμεκονία.

5.3.2. Χαλκοσωλήνες

Οι χαλκοσωλήνες (Εικόνα 22) κατασκευάζονται από αποξειδωμένο χαλκό (Cu) με προσμίξεις φωσφόρου (P). Συχνά προσφέρονται με προστατευτικό πλαστικό περίβλημα σε ευθύγραμμη μήκη (δύσκαμπτοι) και σε κουλούρες (εύκαμπτοι).

Οι ενώσεις και οι συνδέσεις των χαλκοσωλήνων μεταξύ τους γίνονται με παρεμβολή ειδικών τεμαχίων (μούφες). Με ειδικά τεμάχια γίνεται και η διαμόρφωση των σωληνώσεων στις διακλαδώσεις, αλλαγές πορείας κ.λπ.

Οι χαλκοσωλήνες που διατίθενται στο εμπόριο διακρίνονται όπως και οι χαλυβδοσωλήνες σε ελαφρού και βαρέως τύπου ανάλογα με το πάχος των τοιχωμάτων τους.

Υπάρχουν διάφοροι βαθμοί σκληρότητας των χαλκοσωλήνων, από την οποία κιόλας εξαρτάται η αντοχή του σωλήνα . Όταν είναι γνωστή η σκληρότητα **H (HB)** , η εξωτερική διάμετρος **D (mm)** και το πάχος **t (mm)** τότε μπορούμε να υπολογίσουμε την μέγιστη πίεση λειτουργίας **p_{max} (bar)** για θερμοκρασία μέχρι **65 °C** από τον τύπο:

$$p_{\max} = 20 \cdot H \cdot t / D - t.$$

Για μεγαλύτερες θερμοκρασίες η αντοχή του χαλκοσωλήνα ελαττώνεται.

Η διάδοση της χρήσης του χαλκοσωλήνα οφείλεται στα πλεονεκτήματά που παρουσιάζει ο χαλκός. Συγκεκριμένα:

- Είναι τελείως λείος με σημαντικά μικρό συντελεστή τραχύτητας της τάξης του **K=0.0015 mm**, επομένως παρουσιάζει μικρότερη αντίσταση στην ροή γεγονός που επιτρέπει την χρησιμοποίηση μικρότερης διαμέτρου σωλήνα.
- Δεν οξειδώνεται και δεν προσβάλλεται από τα οικοδομικά υλικά.
- Εξασφαλίζει μεγάλη ταχύτητα εγκατάστασης ειδικά όταν γίνεται με την μέθοδο της τριχοειδούς συγκόλλησης.
- Είναι πολύ ελαφρύτερος του χαλυβδοσωλήνα.
- Έχει αρκετά υψηλή αντοχή στην πίεση.
- Στα εσωτερικά τοιχώματα των χαλκοσωλήνων σχηματίζεται ένα ελαφρότατο στρώμα οξειδίου του χαλκού που τον προφυλάσσει από οποιαδήποτε άλλη διάβρωση.
- Παρουσιάζει έντονη βακτηριοστατική ικανότητα, αυτό σημαίνει ότι ο χαλκός όχι μόνο δεν ευνοεί την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των

βακτηριδίων , ιδίως στα παραμένοντα εντός των σωλήνων ύδατα, αλλά απεναντίας εμποδίζει την ανάπτυξη τους.

Οι τύποι των χαλκοσωλήνων αναφέρονται ως εξής:

- Ημίσκληροι ευθύγραμμοι Στο εμπόριο διατίθενται σε διαμέτρους από τύπο Φ10 μέχρι και Φ22 σε διάφορα πάχη τοιχώματος από 0,7 - 0,8 - 0,9 - 1 - 1,2 - 1,5. Είναι εύκαμπτοι αλλά έχουν αντοχή όπως οι σκληροί σωλήνες με αποτέλεσμα να έχουν ευρεία εφαρμογή και να εξυπηρετούν στην ταχύτερη εκτέλεση των εργασιών.
- Μαλακοί σε κουλούρες (χωρίς μόνωση) Διατίθενται σε διαμέτρους από Φ11 μέχρι και Φ22 σε πάχη 0,75 - 1 - 1,5.
- Σκληροί ευθύγραμμοι Διατίθενται στο εμπόριο σε διαμέτρους από Φ28 μέχρι και Φ108 και σε πάχη 0,8 - 0,9 - 1 - 1,2 - 1,5 - και 2 - 2,5 στις μεγάλες διαμέτρους. Διατίθενται σε μήκη 3 και 4 μέτρων.
- Επενδεδυμένοι χαλκοσωλήνες Κατασκευάζονται από μαλακό χαλκό (έχουν υποστεί κατά την κατασκευή τους μια κατεργασία που ονομάζεται ανόπτηση) , είναι εύκαμπτοι και καλύπτονται από πλαστικό μανδύα που τις προστατεύει από φθορές και απορροφούν τον θόρυβο και τις συστολοδιαστολές. Η επένδυση εσωτερικά φέρει ραβδώσεις που δίνουν διάκενο αέρος μεταξύ μόνωσης και σωλήνα , για καλύτερη θερμική προστασία.

Χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιπτώσεις όπου υπάρχει άμεση επαφή με το έδαφος όπου τα λιπάσματα και τα χημικά συστατικά του εδάφους μπορούν να προκαλέσουν διάβρωση σε περίπτωση που τοποθετηθούν χωρίς επικάλυψη, ειδικά σε εδάφη με αμμωνία και θειάφι. Οι τυποποιημένες διαστάσεις για τους επενδεδυμένους χαλκοσωλήνες σε

κουλούρες είναι: **12, 15, 16, 18, 22** με πάχος **1mm** και **15, 16, 18** με πάχος **0,8mm**, σε μήκος **25** και **50** μέτρων. Οι τυποποιημένες διαστάσεις για τους επενδεδυμένους χαλκοσωλήνες σε ευθείες είναι: **15, 16, 18, 22** με πάχος τοιχώματος **1mm** και μήκος **4**μέτρων.



Εικόνα 19 Χαλκοσωλήνες Υδρευσης

http://www.ergon.com.gr/ydreysi_viega.php

Τα είδη των εξαρτημάτων για χρήση με χαλκοσωλήνα είναι τα εξής:

ü Συγκολλητά εξαρτήματα Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για χαλκοσωλήνα μπορεί να είναι σφυρήλατα ή χυτά από χαλκό , από ορείχαλκο ψευδάργυρο η από ορείχαλκο κασσίτερο. Παράγονται σε μεγάλη ποικιλία σχημάτων και σε μεγέθη από **1/8** έως **12** ίντσες.

Η κόλληση στην δράση του τριχοειδούς φαινομένου και για να εξασφαλιστεί υδατοστεγής συγκολλημένη σύνδεση το εξάρτημα και ο σωλήνας πρέπει να ταιριάζουν με πολύ μικρή ανοχή. Ο χαλκοσωλήνας και το εξάρτημα πρέπει να είναι εντελώς καθαρισμένα και να έχει τοποθετηθεί καθαριστικό κολλήσεως , το οποίο απομακρύνει οξείδια λεπτών στρωμάτων από τις μεταλλικές επιφάνειες , ώστε να εξασφαλιστεί τέλεια σύνδεση.

ü Βιδωτά εξαρτήματα Εξαρτήματα για χαλκοσωλήνα βιδωτού τύπου παράγονται από χυτό ορείχαλκοψευδάργυρο ή ορείχαλκο-κασσίτερου σε μεγέθη από **3mm** έως **76mm**. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε υπόγειες σωληνώσεις παροχής ή όπου τα δίκτυα πρέπει να καθαρίζονται συχνά.

Η σπειρωματική τους μορφή βοηθάει επίσης ώστε ο χαλκοσωλήνας να έχει δυνατότητα σύνδεσης με οποιονδήποτε άλλον σωλήνα διαφορετικού υλικού όπως χάλυβα , σφυρήλατου σιδήρου ή ακόμα και πλαστικού.

5.4. Πλαστικοί σωλήνες

Πλαστικοί σωλήνες (Εικόνα 23) είναι όλοι οι συνθετικοί σωλήνες που διατίθενται σήμερα στο εμπόριο, και οι οποίοι τα τελευταία χρόνια όλο και αυξάνουν την χρησιμοποίησή τους σε εγκαταστάσεις ύδρευσης. Οι πλαστικοί σωλήνες που χρησιμοποιούνται σε ευρύτερη κλίμακα παράγονται από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο (XPE), πολυπροπυλένιο (PP), χλωριωμένο PVC (CPVC) και διασταυρούμενο πολυαιθυλένιο (VPE) .

Σε κάθε περίπτωση, ο τρόπος επεξεργασίας της πρώτης ύλης, οι προσμίξεις, η δικτύωση, η θερμοκρασία παραγωγής και το σύστημα ψύξης, οι πιθανές διαδοχικές στρώσεις και «ενισχύσεις» που συνθέτουν τον τελικό σωλήνα, κ.ά. διαφοροποιούν σημαντικά τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά άρα και την ποιότητα και καταλληλότητα σωλήνων και εξαρτημάτων. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να εξετάζεται προσεκτικά το πρότυπο κατασκευής και τα όρια που θέτει για διάφορες εφαρμογές με έμφαση τις προδιαγραφές προστασίας της υγείας, την επιτρεπόμενη θερμοκρασία και πίεση του νερού. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στα πιστοποιητικά καταλληλότητας σε θέματα υγιεινής, όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε δίκτυα πόσιμου νερού.

Συχνά κατασκευάζονται πλαστικοί σωλήνες με διαδοχικές στρώσεις (πολυστρωματικοί) από διαφόρων συνθέσεων πλαστικά ή άλλα υλικά (όπως π.χ. με την παρεμβολή λεπτότατων φύλλων αλουμινίου).



Εικόνα 20 Σωλήνες

PVC <https://www.e-nero.gr/>

Αρκετοί κατασκευαστές διαθέτουν τους πλαστικούς σωλήνες με προστατευτικό ρυτιδωτό σωληνωτό μανδύα - περίβλημα, επίσης από πλαστικό υλικό. Η προστασία αυτή είναι αποτελεσματική τόσο έναντι μηχανικών καταπονήσεων (κατά τη μεταφορά ή τοποθέτηση) όσο και έναντι της ηλιακής ακτινοβολίας η οποία στις περισσότερες των περιπτώσεων προκαλεί ταχεία γήρανση των πλαστικών υλικών.

Ειδικότερα στην ενότητα πλαστικοί σωλήνες οι κατασκευαστές προσφέρουν μεγάλη ποικιλία σωλήνων και εξαρτημάτων. Η ποικιλία αυτή είναι μόνο εν μέρει πραγματική και σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται διαφορετικές ονομασίες για όμοιους σωλήνες (και εξαρτήματα), τόσο σχετικά με τη βασική πρώτη ύλη όσο και ως προς τη διαδικασία παραγωγής.

5.4.1. Σωλήνες από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο

Κατασκευάζονται από δικτυωμένο Πολυαιθυλένιο (C_2H_4) και μπορεί να είναι μόνο από Πολυαιθυλένιο ή από διαδοχικές στρώσεις (πολυστρωματικοί από διαφόρων συνθέσεων πλαστικά ή άλλα υλικά, όπως π.χ. λεπτό φύλλο αλουμινίου). Αρκετοί κατασκευαστές τους διαθέτουν με προστατευτικό ρυτιδωτό σωλήνα - περίβλημα επίσης από πλαστικό υλικό.

Η βασική σύνθεση του υλικού κατασκευής χαρακτηρίζεται με ποικιλία τρόπων από τους Κατασκευαστές σωλήνων (τόσο λόγω παραλλαγών της τεχνολογίας παραγωγής όσο και για λόγους εμπορικής διαφοροποίησης). Τα τελικά τεχνικά

χαρακτηριστικά του σωλήνα εξαρτώνται από την διαδικασία δικτύωσης και τον καταλυτικό πολυμερισμό του βασικού υλικού.



Εικόνα 21 Σωλήνες Μεταφοράς Νερού Πολυαιθυλενίου

<http://www.toptsis.gr/product/6204/>

Τα πλεονεκτήματα των πλαστικών σωλήνων (PE) συγκριτικά με τους αντίστοιχους συμβατικούς σωλήνες (χαλκοσωλήνες, σιδηροσωλήνες) αναφέρονται ως εξής:

- Χαρακτηρίζονται σαν απόλυτα υγιεινοί για πόσιμο νερό.
- Έχουν θεωρητικά απεριόριστη διάρκεια ζωής ιδιαίτερα για μεταφορά νερού χαμηλών θερμοκρασιών , μικρότερων των 80 °C.
- Είναι απόλυτα αδρανείς σε οξειδωτική και ηλεκτρολυτική διάβρωση.
- Δεν υπάρχουν συνδέσεις μέσα στους τοίχους ή στα δάπεδα άρα ελέγχονται πλήρως για περίπτωση διαρροών.
- Παρουσιάζουν ιδιαίτερη αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας και δεν ευνοούν την δημιουργία πάγου στο δίκτυο.

Û Προσφέρονται για μεγαλύτερη παροχή και αθόρυβη λειτουργία εξαιτίας των λείων τοιχωμάτων τους.

Û Οι επικρατέστερες μέθοδοι παραγωγής σωλήνων από **XPE** είναι τρεις. Από δικτύωση του **PE** με την βοήθεια οργανικών υπεροξειδίων. Από δικτύωση του **PE** με ακτινοβολία ηλεκτρονίων, με την οποία όμως μέθοδο είναι πιθανή η δημιουργία τριχοειδών οπών κατά την δικτύωση λόγω εισόδου των ηλεκτρονίων από τις ανομοιογένειες της μάζας του **XPE** που δημιουργούν οι ανόργανοι αποσταθεροποιητές. Και τελευταία η δικτύωση με σιλάνια, με αυτόν τον τρόπο γίνεται ενσωμάτωση των σιλανίων στο πολυαιθυλένιο και μετά αναμιγνύεται με τον κατάλληλο καταλύτη για να παραχθεί ο σωλήνας.

Από αυτές τις τρεις η δικτύωση με τη μέθοδο των οργανικών υπεροξειδίων είναι η πιο ικανοποιητική καθώς μας δίνει βαθμό δικτύωσης **80%** μέχρι **85%** έτσι ώστε να αποκτηθούν από τον σωλήνα οι προσδοκώμενες ιδιότητες ανταποκρινόμενος πλήρως στις γερμανικές προδιαγραφές κατά **DIN 16892** και **16893**.

5.4.1.1 Θερμική μνήμη –μετάδοση θερμότητας

Με τον όρο θερμική μνήμη εννοείται ότι οι σωλήνες από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο μετά την θέρμανση τους μέχρι την θερμοκρασία μαλακώματος (**135 °C**) επανέρχονται πάντα στην αρχική τους μορφή. Αυτό είναι πολύ ενδιαφέρον στην περίπτωση των λαθεμένων καμπύλων ή τσακισμάτων που μπορούν να διορθωθούν θερμαίνοντας τον σωλήνα και επαναφέροντας τον έτσι στην αρχική του κατάσταση.

Ο συντελεστής τους θερμικής αγωγιμότητας λ κυμαίνεται περίπου στα **0,4 kcal/hm ° C** πράγμα που σημαίνει ότι οι ενεργειακές απώλειες είναι πολύ μικρότερες από τις αντίστοιχες στους συμβατικούς μεταλλικούς σωλήνες. Η χαμηλή τιμή του λ στους σωλήνες πολυαιθυλενίου περιορίζει τον σχηματισμό συμπυκνωμάτων στην εξωτερική τους επιφάνεια σε αντίθεση με εκείνο που συμβαίνει στους μεταλλικούς σωλήνες. Από πλευράς θερμοκρασίας λειτουργίας επιβάλλεται να θεωρούμε πάντα σαν

οριακή τιμή τους +95 και αυτό παρόλο την ελαστικότητά τους δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη η αντοχή τους στην τάση που προκαλείται από την αύξηση του όγκου του νερού.

5.4.1.2 Αντοχή στην διάβρωση

Ένα από τα κυριότερα πλεονεκτήματα των πλαστικών σωλήνων είναι η αντοχή τους στις διάφορες αιτίες διάβρωσης.

- Ηλεκτροχημική διάβρωση (επαγωγικά ρεύματα): Οι πλαστικοί σωλήνες είναι κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού και για αυτό είναι ουδέτεροι στα επαγωγικά ρεύματα. Αυτό το φαινόμενο, χαρακτηριστικό των χώρων που παρουσιάζουν μεγάλα στατικά φορτία (επιστημονικά εργαστήρια , βιομηχανικές εγκαταστάσεις), και των περιοχών που είναι κοντά σε γραμμές υψηλής τάσης δημιουργεί αρκετά προβλήματα σε κτίρια με μεταλλικές σωλήνες ύδρευσης.
- Χημική διάβρωση: Λόγω της χημικής αδράνειας των πλαστικών σωλήνων με τα διαλυμένα συστατικά των μεταφερόμενων από αυτούς υγρών περιορίζεται σημαντικά ο σχηματισμός διαβρωτικών ουσιών που είναι το κυριότερο αίτιο της καταστροφής των μεταλλικών αγωγών.

5.4.2. Σωλήνες από πολυπροπυλένιο

Χρησιμοποιούνται δηλαδή κατά τον ίδιο τρόπο και στις ίδιες χρήσεις με τους σωλήνες δικτυωμένου πολυαιθυλενίου με την διαφορά ότι παρουσιάζουν κάποιες μικρές αποκλίσεις στις φυσικές τους ιδιότητες και στις καμπύλες γήρανσης. (Εικόνα 25)

Οι βασικές τους ιδιότητες αναφέρονται ως εξής:

- Λόγω της μορφής και της σκληρότητας του υλικού , ο τρόπος εγκατάστασης των σωληνώσεων από πολυπροπυλένιο γίνεται με την βοήθεια ειδικών πλαστικών εξαρτημάτων ή μεταλλικών (ορείχαλκος με πλαστικό) τυποποιημένων εξαρτημάτων.

Û Η συγκόλληση των σωλήνων με τα αντίστοιχα εξαρτήματα γίνεται με την βοήθεια ειδικών εργαλείων σε μια θερμοκρασία λειτουργίας περίπου στους **240 °C**.

Û Παρουσιάζουν και αυτοί ευπάθεια στην υπεριώδη ακτινοβολία .



Εικόνα 22 Σωλήνες Πολυπροπυλενίου

<http://www.doitsidisa.gr/c>

Η εμπειρία έδειξε ότι στον καθορισμό των ονομαστικών παχών μπορεί να εισέλθει η τάση $\sigma_{επι} = 5 \text{ N/mm}^2$ η οποία με την αύξηση των θερμοκρασιών η τάση αυτή μειώνεται .

Τα πλεονεκτήματα του πολυπροπυλενίου αναφέρονται ως εξής:

- Û Έχουν μέγιστη θερμοκρασία αντοχής από **90** έως **110** βαθμούς Κελσίου και ελάχιστη θερμοκρασία αντοχής από **-20** έως **100** βαθμούς Κελσίου.
- Û Έχουν μικρό βάρος (οκτώ φορές μικρότερο από του χαλκού και του σιδήρου) με αποτέλεσμα να μεταφέρονται ευκολότερα.
- Û Είναι οικονομικότεροι και τοποθετούνται ευκολότερα.
- Û Έχουν ευλυγισία και γι' αυτό μπορούν να εφαρμοστούν σε εγκαταστάσεις όπου οι απαιτήσεις ξεφεύγουν από τα ευθύγραμμα πρότυπα.
- Û Δεν προσβάλλονται εύκολα από χημικούς παράγοντες και μικροοργανισμούς.
- Û Παρουσιάζουν μικρές απώλειες πίεσης.
- Û Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Û Αντέχουν σε καταπονήσεις και δονήσεις.

5.4.3. Σωλήνες από χλωριωμένο πολυβινυλοχλώριο

Το χλωριωμένο πολυβινυλοχλώριο (**C-PVC**) είναι σύντμηση για χλωριωμένο πολυβινυλικό χλώριο και κατασκευάζεται προσθέτοντας άτομα χλωρίου στο μόρια του **PVC**, το δε τελικό προϊόν παρουσιάζει υψηλότερη πυκνότητα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεγαλύτερες πιέσεις λειτουργίας.

Ο τρόπος εγκατάστασης αυτού του σωλήνα διαφέρει από τους άλλους πλαστικούς καθ ότι η μέθοδος σύνδεσης τους γίνεται με ειδικά πλαστικά ή ορειχάλκινα εξαρτήματα και ψυχρή κόλληση τα οποία επιτρέπουν τον συνδυασμό σύνδεσης των σωλήνων από **C-PVC** με τους άλλους σωλήνες από χαλκό ή σίδηρο χωρίς προβλήματα ηλεκτρολυτικών ή γαλβανικών οξειδώσεων.

Η θερμική αγωγιμότητα λ (της τάξης του **0,14 W/m °C**) των σωλήνων είναι πολύ μικρότερη από την αντίστοιχη των χαλκοσωλήνων και των σιδηροσωλήνων και έτσι περιορίζονται σημαντικά οι θερμικές απώλειες των δικτύων . Τα άλλα χαρακτηριστικά των σωλήνων από χλωριωμένο πολυβινυλοχλώριο είναι : μέση πυκνότητα=**1,5 g/cm³** , συντελεστής διαστολής = **0,07 mm /m / °C** , μέτρο ελαστικότητας = **1930 MPa**, επιμήκυνση θραύσης= **50%**.

Εμπειρικά η περιφερειακή τάση που μπορεί να υπεισέλθει στον καθορισμό των ονομαστικών παχών είναι $\sigma=10 \text{ N/mm}$ σε θερμοκρασία **20 °C** και η οποία με την αύξηση της θερμοκρασίας μειώνεται.

6. Υδραυλικό πλήγμα

Το υδραυλικό πλήγμα (**waterhammer**), το οποίο ονομάζεται και πλήγμα κριού, ανήκει στα μη μόνιμα ροϊκά φαινόμενα, δηλαδή εξελίσσεται στον χρόνο. Η πρόκληση του υδραυλικού πλήγματος επιτυγχάνεται όταν υπάρχει απότομη μεταβολή της ταχύτητας ή/και της πίεσης σε κλειστούς αγωγούς και μεταφράζεται στη μετάδοση κυμάτων πίεσης με την ταχύτητα του ήχου του ρευστού.

Συνήθως το υδραυλικό πλήγμα προκαλείται από το γρήγορο κλείσιμο (ολικό ή μερικό) μίας βάνας, ενίοτε και από το άνοιγμά της, οπότε η ροή διακόπτεται/μειώνεται σε πολύ μικρό χρόνο. Επίσης εμφανίζεται σε δίκτυα κάποιας αντλίας (στον αγωγό κατάθλιψης), λόγω της απότομης διακοπής λειτουργίας της αντλίας, π.χ. λόγω διακοπής της ηλεκτροδότησής της. Επίσης, μπορεί να προκληθεί εάν σε ένα δίκτυο ένας στρόβιλος παρουσιάσει απώλεια στήριξης (**stall**). (<https://ydravlikos.gr/>)

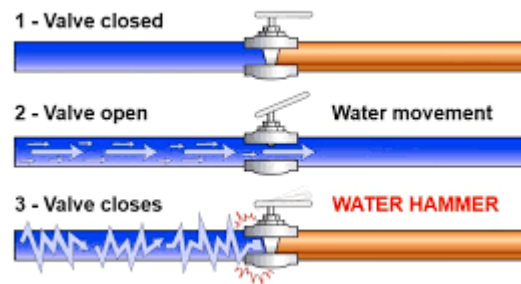
Το υδραυλικό πλήγμα οφείλεται στο απότομο σταμάτημα του αντλητικού συγκροτήματος ή στο απότομο κλείσιμο μίας δικλείδας ή στην εκκίνηση των αντλιών. **Το υδραυλικό πλήγμα μπορεί να προκαλέσει υπερπίεση.** Αυτή η υπερπίεση, μπορεί να υπερβεί την πίεση λειτουργίας στην οποία αντέχει το υλικό, από το οποίο είναι κατασκευασμένος ο αγωγός, ή οι συνδέσεις ή τα εξαρτήματα. Το αποτέλεσμα είναι θραύσεις, διαρροές ή ελάττωση της πίεσης, που όταν είναι χαμηλή μπορεί να δημιουργήσει σπηλαιώση και έκλυση αερίων. Η αναρρόφηση αυτών των αερίων μπορεί να αυξήσει επικίνδυνα την υπερπίεση την στιγμή της επιστροφής του κύματος. Το υδραυλικό πλήγμα μπορεί να αντιμετωπιστεί με αντιπληγματικές συσκευές όπως δεξαμενές αέρος (δοχεία διαστολής), δεξαμενές υπερχειλίσσης ή αντιπληγματικές βαλβίδες, ομαλή εκκίνηση και παύση των αντλιών.

Το υδραυλικό πλήγμα εμφανίζεται συχνότερα σε εφαρμογές ευθύνης Πολιτικού Μηχανικού, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι σπανίζει στις μηχανολογικές εφαρμογές. Το υδραυλικό πλήγμα μπορεί να εμφανιστεί σε οποιοδήποτε είδος ρευστού, τόσο υγρού όσο και αερίου.

Κατα τη δημιουργία του υδραυλικού πλήγματος αναπτύσσονται ισχυρές εναλασσόμενες υπερπίεσεις και υποπίεσεις (γύρω από την ονομαστική τιμή πίεσης του αγωγού πριν την εμφάνιση του υδραυλικού πλήγματος), οι οποίες κινούνται μέσα στον

αγωγό με τη μορφή κυμάτων και με την ταχύτητα του ήχου του ρευστού. Η τιμή της υπερπίεσης ή υποπίεσης μπορεί να είναι πολλαπλάσια της της ονομαστικής πίεσης, ενώ η ένταση του φαινομένου εξαρτάται κυρίως από το όσο μικρή ήταν η διάρκεια της μεταβολής (παροχής ή/και πίεσης) που προκάλεσε το υδραυλικό πλήγμα.

Το υδραυλικό πλήγμα (Εικόνα 26) είναι ένα ανεπιθύμητο γεγονός διότι κατά τη διάρκειά του ο αγωγός καταπονείται εναλασσόμενα σε εφελκυστικές και θλιπτικές τάσεις από τα κύματα των υπερπίεσεων και υποπίεσεων, αντίστοιχα. Εάν ο αγωγός δεν είναι εφοδιασμένος με αντιπληγματικές διατάξεις, μπορεί να σπάσει αμέσως, διαφορετικά υφίσταται καταπόνηση κόπωσης, η οποία επίσης μπορεί να οδηγήσει μετά την επανάληψη του φαινομένου για έναν αριθμό επαναλήψεων στη δημιουργία ρωγμών και τελικά στη θραύση.



Εικόνα 23 WaterHammer - Υδραυλικό Πλήγμα

<https://www.michanikos.gr>

Όσον αφορά τον υπολογισμό του υδραυλικού πλήγματος, χρησιμοποιείται ο εξής τύπος:

$$P = (0.070) (V) (L) / t + P1$$

Όπου, **P** = αύξηση στην πίεση

P1 = εσωτερική πίεση

V = ταχύτητα ροής **ft/sec**

t = χρόνος κλεισίματος της βαλβίδας **sec**

L = μήκος σωλήνα σε **feet**

Παράδειγμα υπολογισμού υδραυλικού πλήγματος κατά το κλείσιμο βαλβίδας σε σωλήνα μήκους **30** ποδιών:

L = 30 ft, V = 3.0 ft / sec, t = 30 ms χρόνος κλεισίματος βαλβίδας, **P1 = 50 psi** εσωτερική πίεση

Οπότε $P = 0.07 \times 3 \times 30 / 0.030 + P1$. Άρα $P = 210 \text{ psi} + P1$

Συνολική πίεση = $210 + 50 = 260 \text{ psi}$.

Όπως γίνεται εμφανές από τον παραπάνω υπολογισμό η πίεση φτάνει σε τιμή εξαπλάσια της αρχικής τιμής του συστήματος κάτι το οποίο είναι καταστροφικό για το σύστημα.

6.1 ΜΕΙΩΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Οι βαλβίδες μείωσης της πίεσης (Εικόνα 27) χρησιμοποιούνται για να προστατέψουν τα συστήματα παροχής νερού από υπερβολική πίεση. Η βαλβίδα τοποθετείται κοντά στο σημείο εισόδου όταν πρόκειται να προστατέψει όλο το σύστημα είτε σε κάποιον κλάδο του δικτύου ώστε να προστατευθούν διάφορα εξαρτήματα και συσκευές από υψηλές πιέσεις. Οι βαλβίδες μείωσης της πίεσης για παροχές νερού είναι τύπου διαφράγματος και η λειτουργία τους στηρίζεται στην αρχή ότι χαμηλή πίεση σε μεγάλη επιφάνεια (διάφραγμα) θα υπερिσχύσει της υψηλής πίεσεως σε μια μικρή επιφάνεια (δίσκος της βαλβίδας). Η βαλβίδα αποτελείται από ένα σώμα με την έδρα να κοιτάζει προς τα κάτω. Το στέλεχος με έναν παράκυκλο στο κάτω μέρος του εκτείνεται προς τα πάνω και συνδέεται με το διάφραγμα. Καθώς η πίεση στην πλευρά εξόδου φτάνει στην επιθυμητή τιμή, η πίεση ωθεί το διάφραγμα προς τα πάνω το οποίο με την σειρά του τραβάει τον παράκυκλο κόντρα 31 στην έδρα και κλείνει την βαλβίδα.



Εικόνα 24 Μειωτής Πίεσης.

<https://ydravlikos.gr/brass-form>

Ένα ελατήριο τοποθετείται από πάνω στο διάφραγμα για να υποβοηθεί στο άνοιγμα της βαλβίδας και για ομαλότερη λειτουργία. Η πίεση στην οποία η βαλβίδα

κλείνει μπορεί να αυξομειωθεί με μια ρυθμιστική βίδα που βρίσκεται στην κορυφή της βαλβίδας. Για την ορθότερη λειτουργία ενός μειωτή είναι χρήσιμο να ακολουθούνται τα παρακάτω τρία βήματα : **1)** Πριν την βαλβίδα τοποθετείται πάντα ένα φίλτρο ώστε να συγκρατούνται στερεά μικροσωματίδια. **2)** Τοποθέτηση μανομέτρων στην είσοδο και στην έξοδο της βαλβίδας ώστε να είναι δυνατός εύκολος έλεγχος των πιέσεων. **3)** Δημιουργία παράκαμψης (**by pass**). Δημιουργούμε με κατάλληλη διάταξη βανών διακοπής παράκαμψη ώστε να επιτρέπεται η μετάβαση του νερού ακόμα και όταν ο μειωτής είναι εκτός λειτουργίας.

6.1. Συσκευές προστασίας από υδραυλικό πλήγμα

Το υδραυλικό πλήγμα είναι φαινόμενο που συχνά αντιμετωπίζεται στα συστήματα ύδρευσης. Μπορεί να δημιουργηθεί από το γρήγορο άνοιγμα κλείσιμο των βαλβίδων, το απότομο ξεκίνημα σταμάτημα την γρήγορη μεταβολή της ταχύτητας των αντλιών, από θραύση των αγωγών άλλες συνθήκες. Στο συντελεστή ασφάλειας, που έχει υπολογιστεί για κάθε αγωγό, πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη και περιστασιακή έξαρση της πίεσης λειτουργίας λόγω του υδραυλικού πλήγματος. Μέθοδοι και συστήματα, που χρησιμοποιούνται για την παρεμπόδιση τον έλεγχο του υδραυλικού πλήγματος περιλαμβάνουν βαλβίδες ανακούφισης, αέρα, αεροθαλάμους, δεξαμενές πύργους ανακούφισης, συστήματα καταστολής,βαλβίδες που κλείνουν αργά και μηχανικά με ελατήριο ελεγχόμενες βαλβίδες.

Κάθε σύστημα παροχής νερού είναι μοναδικό σε σχέση με τις επιπτώσεις που δέχεται από το υδραυλικό πλήγμα. Η πιο αποτελεσματική λύση σε ένα δυνητικό **25** πρόβλημα υδραυλικού πλήγματος μπορεί να είναι μια μεμονωμένη συσκευή ή ένας συνδυασμός συσκευών προστασίας. Τα συγκριτικά πλεονεκτήματα των διαφόρων συσκευών πρέπει να συγκρίνονται και η καλύτερη λύση να αξιολογείται κατά τη φάση σκεδασμού ενός νέου έργου.

Ένας αριθμός συσκευών προστασίας που χρησιμοποιούνται συνήθως περιγράφονται παρακάτω:

Ü Βολάν: Μια αποτελεσματική συσκευή που είναι συνδεδεμένη με αντλίες για γενικά μικρότερα μήκη αγωγού. Βοηθούν ώστε να αμβλύνονται οι αιχμές

επιβραδύνοντας ομαλά την ταχύτητα της αντλίας κατά την διακοπή λειτουργίας της αντλίας. Ο σφόνδυλος ή βολάν συνδέεται με το στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα και περιστρέφεται κατά την λειτουργία του μεταφέροντας μέσω του συμπλέκτη τη ροπή στρέψης στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης. Περιλαμβάνει περιφερειακά μετωπική οδόντωση στην οποία συμπλέκεται η μίζα κατά την εκκίνηση του κινητήρα.

- ü Δοχεία αέρα: Ένα δοχείο πίεσης που περιέχει αέρα και νερό. Είναι μια πολύ αποτελεσματική συσκευή για τον έλεγχο τόσο των θετικών όσο και των αρνητικών μεταβολών της πίεσης και συχνά χρησιμοποιείται ως έσχατη λύση, λόγω του υψηλού κόστους κατασκευής.

- ü Πύργος αναπάλσεως: Μια κατασκευή με το ένα άκρο της ανοικτό προς την ατμόσφαιρα συνδεδεμένη με τον αγωγό με μία βαλβίδα ελέγχου. Επιτρέπει στο νερό να εισαρτεί στον αγωγό όταν ο αγωγός υποβάλλεται σε πιέσεις αναρρόφησης.

- ü Βαλβίδες αντεπιστροφής: Οι βαλβίδες αντεπιστροφής (Εικόνα 28) παίζουν σημαντικό ρόλο σε μια υδραυλική εγκατάσταση και η σωστή επιλογή τους αποτελεί ύψιστη ανάγκη για μια αποτελεσματική και ασφαλή λειτουργία. Εγκαθίστανται κυρίως σε καταθλιπτικούς αγωγούς και εξασφαλίζουν ότι η ροή πραγματοποιείται κατά μία μόνο, προδιαγεγραμμένη κατεύθυνση, με την παρεμβολή ενός κινητού δίσκου στη ροή, ο οποίος παρασύρεται και παραμένει ανοικτός όταν η ροή έχει την επιθυμητή κατεύθυνση, ενώ στην αντίθετη περίπτωση αναγκάζεται να κλείσει. Κατασκευάζονται από ορείχαλκο στα μικρότερα μεγέθη (3/8 έως 2 ίντσες) και

από χυτοσίδηρο στα μεγαλύτερα μεγέθη (2 ½ έως 6 ίντσες).



Εικόνα 25 Βαλβίδα αντεπιστροφής.

<http://due-line.gr/proionta/balvida-antepistrophhs/>

Χρησιμοποιείται όπου απαιτείται ρυθμιζόμενος χρόνος ανοίγματος και κλεισίματος. Κλείνει γρήγορα με δυνατότητα να προστατευτούν τις μηχανές αλλά και τα δίκτυα ανάλογα με τη ρύθμιση. Κατάλληλες και για δίκτυα κάτω των **400** μέτρων.

- ü **Βαλβίδες ελέγχου:** Συχνά τοποθετούνται σε αντλίες απόρριψης. Αυτές ανοίγουν και κλείνουν αργά για να μειώσουν το νερό κατά τη διακοπή της αντλίας και την εκκίνηση. Δεν είναι αποτελεσματικές κατά τη διάρκεια μιας απότομης διακοπής λειτουργίας της αντλίας.

- ü **Βαλβίδες επιβράδυνσης κύματος:** Βρίσκουν εφαρμογή σε αντλίες διανομής. Είναι βαλβίδες ελέγχου υδραυλικά ελεγχόμενες που ανοίγουν κατά το σταμάτημα και την εκκίνηση μιας αντλίας και κλείνουν όταν η πίεση αρχίζει να αυξάνει καθώς το αντίστροφο κύμα φτάνει στην αντλία. Το αργό κλείσιμο της βαλβίδας ελαχιστοποιεί τις πιέσεις που προέρχονται από το υδραυλικό πλήγμα.

6.2. Βαλβίδες προστασίας από υδραυλικό πλήγμα

Οι βαλβίδες αυτές έχουν σχεδιαστεί για να αποφεύγεται το φαινόμενο του υδραυλικού πλήγματος, που μερικές φορές μπορεί να είναι καταστροφικό, σε δίκτυα αγωγών. Ο σκοπός είναι να αποφευχθεί η αύξηση της πίεσης πάνω από μια προκαθορισμένη τιμή, χάρη στην ικανότητά της να απορρίπτει μια επαρκή ποσότητα νερού κατευθείαν στην ατμόσφαιρα.

Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά τους είναι τα εξής:

- Στερεός και συμπαγής σχεδιασμός, συμπεριλαμβανομένων του κώνου μείωσης μεταξύ της εισόδου και της φλάντζας.
- Αμελητέα αδράνεια των εσωτερικών κινητών εξαρτημάτων.
- Τέλεια έδρα στεγανοποίησης και αδιαπέραστη από σπηλαιώση χάρη στην ειδική επίπεδη φλάντζα της.
- Ακριβής και τέλεια ρύθμιση χωρίς εμφάνιση υστέρησης χάρη σε ένα βαμμένο και απόλυτα ισορροπημένο ελατήριο.
- Χαμηλές τιμές υπερπίεσης πάνω από το προκαθορισμένο σημείο ρωγμάτωσης, χάρη σε μια ευρεία επιλογή ελατηρίων.
- Σειρά **PN 25**

6.2.1. Αρχή λειτουργίας

Η βαλβίδα πρέπει να προκαθοριστεί σε πρώτη φάση, απλά ενεργώντας στο ελατήριο, για να ανοίξει όταν η πίεση ανέβει πάνω από μια ορισμένη τιμή η οποία θεωρείται κρίσιμης σημασίας για το σύστημα. Μόλις η δύναμη, που ασκείται από τη συμπίεση του ελατηρίου, είναι χαμηλότερη από την πίεση του νερού που ενεργεί επί του εμφρακτήρα ο τελευταίος ωθείται ανάντη επιτρέποντας την εκκένωση μιας ποσότητας νερού ανάλογη προς το ίδιο το υδραυλικό πλήγμα, για να κλείσει τελείως, όταν η παροδική φάση έχει περάσει. Το ελατήριο, το οποίο είναι κατάλληλου μεγέθους και σχεδίου, οδηγείται από μια ράβδο με σπείρωμα και δρα επί του άξονα μετατοπίσεων του εμφρακτήρα για να αντέξει την απορρόφηση των κραδασμών λόγω της υπερπίεσης από το υδραυλικό πλήγμα. Η στεγανότητα επιτυγχάνεται με μια ειδική επίπεδη φλάντζα,

τοποθετημένη στο παρέμβυσμα η οποία είναι κατασκευασμένη από πολυουρεθάνη ανθεκτική στις γρατζουνιές, και η έδρα στεγανοποίησης από ανοξείδωτο χάλυβα. Είσοδος της βαλβίδας και το παρέμβυσμα διαχωρίζονται από το άνω τμήμα, όπου βρίσκεται το ελατήριο, με τη βοήθεια μίας πλάκας χάλυβα, η οποία περιέχει επίσης το παξιμάδι ολίσθησης της κυρίας ατράκτου. Αυτός ο σχεδιασμός, μαζί με το τέλειο κεντράρισμα του κινητού μπλοκ, θα προστατεύει το άνω τμήμα από τους πίδακες νερού που προέρχονται από την λειτουργία της συσκευής. Η βαλβίδα είναι εφοδιασμένη με μανόμετρο και κρουνό αποστράγγισης, προκειμένου να διευκολυνθεί η διαδικασία ρύθμισης απευθείας στο πεδίο.

6.2.2. Κύριες εφαρμογές

Βαλβίδες προστασίας από το υδραυλικό πλήγμα συνήθως εγκαθίστανται:

- Στο κάτω μέρος των αντλιοστασίων για να αμβλύνονται ξαφνικές υπερπίεσεις σαν αποτέλεσμα της αντλίας εκκίνησης (σε περίπτωση που μία ή περισσότερες αντλίες είναι διαταγμένες παράλληλα). Αυτή είναι μια τέλεια λύση όταν το σύστημα δεν είναι εξοπλισμένο με ομαλή εκκίνηση ή άλλες συσκευές για την αποτροπή υδραυλικού πλήγματος κατά την έναρξη των εργασιών.
- Στο κάτω αλλά και στο άνω μέρος των κύριων γραμμών μεταφοράς, ή τμήματα του σωλήνα που δεν είναι σε θέση να αντέξουν κρίσιμες συνθήκες, όπως η ξαφνική και απροσδόκητη αύξηση της πίεσης, για να εγγυηθεί μια αξιόπιστη προστασία του συστήματος.
- Στο κάτω μέρος μιας βαλβίδας ανακούφισης πίεσης ως διάταξη ασφαλείας.
- Πριν από συσκευές με γρήγορο χρόνο κλεισίματος.
- Σε γενικές γραμμές, όποτε και όπου αναμένονται σκασίματα στο σωλήνα

6.2.3. Αποδόσεις

Χάρη στο μοναδικό σχεδιασμό της βαλβίδας η αδράνεια των εσωτερικών κινητών εξαρτημάτων είναι αμελητέα, ως εκ τούτου ο χρόνος αντίδρασης είναι εξαιρετικά μικρός, κάτι απαραίτητο ώστε να απορροφηθεί η υπερπίεση που προκαλείται από την μεταβολή.

Το σχήμα του σώματος, η γωνία εκκένωσης του παρεμβύσματος και η ιδιαίτερη μηχανική κατεργασία της επιφάνειας της έδρας σφράγισης είναι οι βασικοί παράγοντες που συμβάλλουν στην αύξηση του συντελεστή εκκένωσης. Λόγω αυτού, κατά τη διάρκεια των κύκλων λειτουργίας, η βαλβίδα εκκενώνει μεγάλες ποσότητες νερού, χωρίς καμία δόνηση, ή θόρυβο και με ομοιόμορφη κατανομή των εκροών κατά μήκος του προφίλ της έδρας. Αυτές οι βελτιώσεις, επιπροσθέτως με τα υλικά της βαλβίδας από τα οποία είναι φτιαγμένη, μας επέτρεψε να επιτύχουμε ένα σχέδιο ανθεκτικό σε φθορά και σπηλαιώση, και απολύτως σταθερή όσον αφορά προβλήματα που σχετίζονται με τη συχνότητα. Τα εσωτερικά εξαρτήματα είναι εύκολο να συντηρηθούν χωρίς να χρειάζεται να απομακρυνθεί η βαλβίδα από τη γραμμή. Η υψηλή ευαισθησία, της βαλβίδας η οποία αποτελεί ουσιώδες τεχνικό χαρακτηριστικό για να εξασφαλιστεί η μέγιστη ακρίβεια, γίνεται δυνατή από ένα επίπεδο παρέμβυσμα πολυουρεθάνης με αντίσταση στην παραμόρφωση και αντίσταση στη φθορά που εγγυάται τέλεια στεγανότητα ακόμα και με συνθήκες χαμηλής πίεσης και μια μεγάλη αντίσταση στην περίπτωση όπου το νερό δεν έχει φιλτραριστεί απόλυτα.

6.2.4. Συντήρηση

Η βαλβίδα **VRCA** δεν απαιτεί ιδιαίτερη συντήρηση διότι έχει σχεδιαστεί για να αντέχει για πολλές ώρες λειτουργίας. Όλα τα εσωτερικά εξαρτήματα μπορούν να αντικατασταθούν από το πάνω μέρος απλά με την αφαίρεση του καλύμματος. Το άνω μέρος, προστατευμένο από πίδακες νερού με μια διαχωριστική πλάκα, συνήθως δεν χρειάζεται καμία επιθεώρηση. Αυτό για το οποίο πρέπει να βεβαιωθούμε είναι η σωστή ολίσθηση του κινητού μπλοκ και η φθορά της επίπεδης φλάντζας και της έδρας στεγανοποίησης του. Ένας έλεγχος που διεξάγεται κάθε **6** μήνες είναι περισσότερο από αρκετός για να ελεγχτεί η καλή λειτουργία της βαλβίδας **VRCA**. Σε περίπτωση διαρροής, είναι σκόπιμο να περιστραφεί η ράβδος με το σπείρωμα αριστερόστροφα έτσι

ώστε να ανακουφίσει το ελατήριο, επιτρέποντας έτσι την εκκένωση μεγάλων ποσοτήτων νερού και αφήνοντας να διαφύγουν στερεά υπολείμματα που μπορεί να παγιδευτούν μεταξύ της έδρας και της φλάντζας.

7. Ανάλυση και Σχεδιασμός δικτύου

7.1. Εφαρμογή στην περιοχή Άνω Πόλη

Η περιοχή μελέτης εκτείνεται στο τμήμα της Άνω Πόλης της Πάτρας. Η προβλεπόμενη χρήση γης είναι κατοικίες. Η περιοχή υδρεύεται από τη Δεξαμενή Αλσυλίου και το ανάγλυφο της περιοχής παρουσιάζει μεγάλες υψομετρικές διαφορές. Ιδιαίτερες ευχαριστίες αποδίδονται στην κυρία Καραθανάση Ειρήνη, υπεύθυνη γραφείου μελετών και έργων υπηρεσίας ύδρευσης ΔΕΥΑΠ, για την παραχώρηση στοιχείων προκειμένου να πραγματοποιηθεί η μελέτη του δικτύου ύδρευσης στα πλαίσια της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας.

7.2. Βασικές παραδοχές της μελέτης

1. Ο χρονικός ορίζοντας σχεδιασμού του έργου είναι **40** έτη.
2. Για τον πληθυσμό σχεδίασης λήφθηκαν υπόψη οι υπάρχουσες Πολεοδομικές Μελέτες και οι πληροφορίες που δόθηκαν από την διεύθυνση Πολεοδομικών Εφαρμογών του Δήμου Πατρέων σχετικά με τις επεκτάσεις και τροποποιήσεις του Σχεδίου Πόλεως.
3. Για τις ειδικές παροχές κατανάλωσης νερού λήφθηκαν υπόψη η διεθνής βιβλιογραφία σε συνδυασμό με τις τοπικές υδατικές, κλιματολογικές και κοινωνικές συνθήκες καθώς και οι εκτιμήσεις της ανά κάτοικο μέσης ημερήσιας κατανάλωσης νερού τόσο στην Πάτρα όσο και σε άλλες ελληνικές πόλεις.
4. Η διάταξη των αγωγών του εσωτερικού δικτύου έγινε συνδυάζοντας την υφιστάμενη κατάσταση του δικτύου ύδρευσης, το τοπογραφικό ανάγλυφο, το πολεοδομικό σχέδιο και την υφιστάμενη κατάσταση των δρόμων. Οι αγωγοί του δικτύου σχηματίζουν βρόγχους (κυκλοφοριακό σύστημα).
5. Η τροφοδοσία γίνεται από τη δεξαμενή του Αλσυλίου.

7.3. Πυκνότητα πληθυσμού

Όπως προαναφέρθηκε στην περιοχή μελέτης, η προβλεπόμενη χρήση γης είναι η κατασκευή κατοικιών.

Η εκτίμηση της πυκνότητας πληθυσμού προσδιορίστηκε από τον τύπο:

$$\Pi = \frac{\Sigma\Delta * E * 10000}{\gamma * 0,8 + \delta}$$

όπου:

Π : ο πληθυσμός κορεσμού της ενότητας

E : το εμβαδόν της ενότητας σε εκτάρια

ΣΔ : συντελεστής δόμησης

γ : το ανά κάτοικο εμβαδόν δομημένης επιφάνειας κατοικίας σε m²

δ : το ανά κάτοικο εμβαδόν επιφάνειας κοινόχρηστων χώρων σε m²

Θεωρήθηκε ότι στην περιοχή της Άνω Πόλης ο συντελεστής δόμησης είναι **1,5**.

Επίσης γίνονται οι παραδοχές ότι ανά κάτοικο αντιστοιχούν **30 m²**δομημένης επιφάνειας κατοικίας και **30 m²**επιφάνειας κοινόχρηστων χώρων.

Από τα παραπάνω προκύπτει πυκνότητα **278** κατοίκων ανά εκτάριο για την Άνω Πόλη.

7.4. Παροχές σχεδιασμού

Για τις περιοχές κατοικίας θεωρήθηκε μέση ημερήσια κατανάλωση **180** λιτ/κάτοικο. Στις παροχές αυτές έχει γίνει προσαύξηση **15%** για να ληφθούν υπόψη οι απώλειες του δικτύου.

Για την εκτίμηση της μέγιστης ημερήσιας παροχής θα γίνει προσαύξηση **50%** της μέσης ημερήσιας και για την εκτίμηση της μέγιστης ωριαίας προσαύξηση **50%** της μέγιστης ημερήσιας. Έτσι οι παροχές σχεδίασης διαμορφώνονται ως εξής:

Πίνακας 2. Παροχές σχεδίασης

Χρήση γης	Μέση ειδική κατανάλωση λιτ/κατ/ημέρα	Προσαύξηση 15% λόγω απωλειών δικτύου ύδρευσης	Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση λιτ/κατ/ημέρα	Μέγιστη ωριαία κατανάλωση λιτ/κατ/ημέρα
Κατοικίες	180	207	310,5	465,75

Η παροχή πυρκαγιάς (παροχή πυρόσβεσης, Π.Π.) λαμβάνεται 5 λιτ/δλ (l/s).

Κατά την επίλυση λήφθηκαν δύο σημεία με πυρκαγιά σε κόμβους που βρίσκονται στα πλέον απομακρυσμένα σημεία από τα σημεία τροφοδοσίας του δικτύου (J-173, J-94).

7.5. Σχεδιασμός Δικτύου Ύδρευσης-Τρόπος υδροδότησης-Ζώνες Πιέσεως

Το δίκτυο ύδρευσης της υπό μελέτη περιοχής αποτελείται από τους κύριους τροφοδοτικούς αγωγούς (διαμέτρων **225** και **160 mm.**), οι οποίοι τροφοδοτούν μικρότερους αγωγούς (διαμέτρου **110 mm.**). Σε κάθε δρόμο θα κατασκευασθούν αγωγοί και στις δύο πλευρές, εκτός από τους στενούς δρόμους (πλάτος μικρότερο των **6m**), όπου θα περάσει ένας αγωγός. Οι αγωγοί σχηματίζουν κλειστά κυκλώματα βρόγχων, έτσι ώστε να υπάρχουν εναλλακτικοί τρόποι υδροδότησης των καταναλωτών σε περιπτώσεις βλαβών.

7.6. Επίλυση του Δικτύου

Το δίκτυο θα επιλυθεί για δύο εναλλακτικά σενάρια

- Για μέγιστη ωριαία παροχή ($Q_{max}^{\omega\rho\rho\rho\rho\rho\rho}$)
- Για μέγιστη ημερήσια και παροχή πυρκαγιάς ($Q_{max}^{\eta\mu\epsilon\rho\eta\rho\rho\rho\rho} + \text{Π.Π.}$)

Για την επίλυση θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα **EPANET**, το οποίο προσομοιώνει την λειτουργία των υπό πίεση δικτύων ύδρευσης. Τα δεδομένα του προγράμματος είναι:

- Για τους σωλήνες, τα μήκη, η διάμετρος, η τραχύτητα και ο τύπος απωλειών. Τα μήκη των σωλήνων προσαυξήθηκαν κατά **10%**, ώστε να ληφθούν υπόψη και οι τοπικές απώλειες. (δηλαδή, θεωρήθηκαν τοπικές απώλειες ίσες με **10%** των γραμμικών απωλειών)
- Για τους κόμβους τα υψόμετρα εδάφους και οι ζητήσεις.

Για τον υπολογισμό των ζητήσεων χωρίστηκαν οι επιφάνειες των οικοδομικών τετραγώνων σε μικρότερες επιφάνειες που αντιστοιχούν στους καταναλωτές που εξυπηρετούνται από τους σωλήνες που διέρχονται παραπλεύρως. Κατόπιν αυτά τα εμβαδά πολλαπλασιάστηκαν με την αντίστοιχη πυκνότητα πληθυσμού, ώστε να εκτιμηθεί ο μελλοντικός πληθυσμός και στην συνέχεια με την αντίστοιχη ειδική κατανάλωση για να εκτιμηθεί η μέση κατανάλωση. Οι καταναλώσεις αυτές μοιράστηκαν στους ακραίους κόμβους κάθε σωλήνα.

Στον Πιν1. που δίδεται στο Παράρτημα Α είναι σημειωμένα τα εμβαδά των επιφανειών που αντιστοιχούν σε κάθε κόμβο και η αντίστοιχη μέση ζήτηση.

Οι ζητήσεις των κόμβων προσαυξήθηκαν κατά **15%**, ώστε να ληφθούν υπόψη οι απώλειες λόγω διαρροών του δικτύου.

7.7. Τύπος Γραμμικών Απωλειών

Για τον υπολογισμό των γραμμικών απωλειών χρησιμοποιήθηκε ο τύπος του **HazenWilliams**, ο οποίος έχει την ακόλουθη μορφή:

$$Q = k * C * A * R^{0.63} * S^{0.54}$$

Όπου: **Q**: η παροχή του σωλήνα (**m³/s**)

C: Συντελεστής τραχύτητας (**150** για αγωγούς **PE**)

A: Εμβαδόν βρεχόμενης διατομής (**m²**)

R: η υδραυλική ακτίνα (**m**)

S: η κλίση της γραμμής ενέργειας (**m/m**)

k: σταθερά (**0.85** στο σύστημα **SI**)

Στο Παράρτημα **I**, υπάρχουν οι πίνακες ,με τα δεδομένα και αποτέλεσμα της επίλυσης του δικτύου και για τα δύο σενάρια.

- Μέγιστης ωριαίας κατανάλωσης
- Μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης και πυρκαγιάς.

(Παροχή πυρκαγιάς **5** λτ/δλ στους κόμβους **J-173** και **J-94**).

8. Συμπεράσματα - Παρατηρήσεις επί των αποτελεσμάτων

Στην παρούσα Πτυχιακή Εργασία παρουσιάστηκαν στοιχεία ανάλυσης και σχεδιασμού των δικτύων ύδρευσης και αποκτήθηκε γενικότερη εμπειρία στο σχεδιασμό αστικών δικτύων ύδρευσης. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε ανάλυση και σχεδιασμός τμήματος του δικτύου ύδρευσης στην περιοχή Άνω Πόλη, της πόλης των Πατρών. Το δίκτυο μελετήθηκε λαμβάνοντας υπόψη δύο σενάρια: (α) Για Μέγιστη Ωριαία Παροχή ($Q_{\max}^{\omega\rho\iota\alpha\iota\alpha}$) και (β) Για μέγιστη Ημερήσια Παροχή και Παροχή Πυρκαγιάς ($Q_{\max}^{\eta\mu\epsilon\rho\eta\sigma\iota\alpha} + \text{Π.Π.}$).

Στα αποτελέσματα των κόμβων μπορεί να δει κανείς την διαθέσιμη πίεση (**Pressure**) στους κόμβους του δικτύου. Παρ' ότι έγινε προσπάθεια να κρατηθούν οι πιέσεις στο διάστημα 3,5 έως 5,5 ατμ. αυτό ήταν εξαιρετικά δύσκολο λόγω του έντονου αναγλύφου. Έτσι για το σενάριο της Μέγιστης Ωριαίας Παροχής η διαθέσιμη πίεση στους κόμβους κυμαίνεται από 3,4 έως 6,8 ατμ. ενώ για το σενάριο της Μέσης Ημερήσιας Παροχής και Πυρκαγιάς από 3,1 έως 6,7 ατμ.

Ωστόσο, οι ταχύτητες και στα δύο σενάρια βρίσκονται μέσα σε αποδεκτά όρια.

Στο Παράρτημα, που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση και τα αντίστοιχα σχέδια.

8.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Παράρτημα 2

Βιβλιογραφία

Κεφάλαιο 1.

- Κανακούδης, Β. (2008). Διαχείριση Δικτύων Ύδρευσης – Μέθοδοι, Τεχνολογίες, Εργαλεία. Σε Β. Κανακούδης, Ν. Δαλέζιος, Α. Αγγελάκης (Eds.), Απώλειες Νερού σε Δίκτυα Υδροδότησης – Προβλήματα και Προκλήσεις. Λάρισα: Ε.Δ.Ε.Υ.Α.
- ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ, Σχεδιασμός και Διαχείριση, ΤΟΜΟΣ 2: Εγγειοβελτιωτικά έργα, Γ. Τσακίρης, Αθήνα 2006
- Γεωργική υδραυλική, Αρδύσεις 1, Τεύχος 1, Α. Πουλοβασίλης, Αθήνα 2007
- Pollack, Gerald. "Water Science". University of Washington, Pollack Laboratory. Retrieved 2011-02-05. "Water has three phases – gas, liquid, and solid; but recent findings from our laboratory imply the presence of a surprisingly extensive fourth phase that occurs at interfaces."
- Ebbing, Darrell D.. Steven D. Gammon. Γενική Χημεία. Νικόλαος Δ. Κλούρας (μετάφραση) (έκτη έκδοση). Αθήνα 2011: Τραυλός, σελ. 539-540. ISBN 960-7990-66-8
- «United Nations». *Un.org*. 2005-03-22.
- Henniker, J. C. (1949). "The Depth of the Surface Zone of a Liquid". *Reviews of Modern Physics (Reviews of Modern Physics)* 21 (2): 322–341. doi:10.1103/RevModPhys.21.322.
- Εγκυκλοπαίδεια Επιστήμη και Ζωή , Αθήνα 1980.

Κεφάλαιο 2.

- Παντοκράτορας Α. 1997, Υδρεύσεις Πόλεων, Τόμος Ι, Θεωρία, Ξάνθη, ΔΠΘ
- Παντοκράτορας Α. 1997, Υδρεύσεις Πόλεων, Τόμος Ι Ι, Παραδείγματα, Ξάνθη, ΔΠΘ
- Σπηλιώτης Μ. 2004, Υδρεύσεις Οικισμών, Αθήνα, ΕΜΠ
- Τσακίρης Γ. 2006, Υδραυλικά Έργα Σχεδιασμός & Διαχείριση, Τόμος ΙΙ, Συμμετρία, Αθήνα
- Κάργας Δ. 2003, Ύδρευση-Αποχέτευση, Έκδοση Β', Αθήνα, ΟΕΔΒ

- Οικιακές Εγκαταστάσεις Υγιεινής (Κ. **Schultz** - Εκδότης Μ. Γκιούρδας) , Δεκέμβριος **1992**
- Ασημακόπουλος Α. Καραμουσαντάς Δ. Νικολόπουλος Γ., **2003**, Υδραυλικές Εγκαταστάσεις, Εκδοση Β', Αθήνα, ΟΕΔΒ

Κεφάλαιο 3.

- Ασημακόπουλος Α. Καραμουσαντάς Δ. Νικολόπουλος Γ., **2003**, Υδραυλικές Εγκαταστάσεις, Εκδοση Β', Αθήνα, ΟΕΔΒ
- Σπηλιώτης Μ. **2004**, Υδρεύσεις Οικισμών, Αθήνα, ΕΜΠ
- Κάργας Δ. **2003**, Υδρευση-Αποχέτευση, Εκδοση Β', Αθήνα, ΟΕΔΒ

Κεφάλαιο 4.

- Αραβαντινός Α. (**1997**): Πολεοδομικός σχεδιασμός - Για μια βιώσιμη ανάπτυξη του αστικού χώρου, Αθηνά, εκδόσεις Συμμετρία
- Παπαδάκης Ι. **1977**
- Δ. Κουτσογιάννης&Α. Ευστρατιάδης, Δεξαμενές, **Lecture Notes on Urban Hydraulic Works - Water Supply** Φεβρουάριος **2015**
- Υδροδυναμικές μηχανές, αντλίες - υδροστρόβιλοι, υδροδυναμικές μεταδόσεις Παπαντώνης, Δημήτριος Ε. **2009**
- Υδραυλικά και Πνευματικά Συστήματα, Κωστόπουλος Ν. Θεόδωρος, Δεκέμβριος **2009**

Κεφάλαιο 5.

- Αντλίες και σωληνώσεις, Ιωάννη Μ. Μαυρούδη, Αθήνα **1994**
- Τεχνική Σωληνώσεων, Γιάννης Αυγερινός
- Υδρεύσεις, Μ. Αφτιάς, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα Ιούλιος **1992**

Κεφάλαιο 6.

- **Charts for water hammer in pipelines resulting from valve closure from full opening only Bryan W. Karney And Eugen Ruus 1985**

- **Anti Water hammer valve VRCA Bermad Water Technologies ,2013**
- Υδραυλικό πλήγμα Συγγραφείς: Δημήτρης Τολίκας , **2000**

Κεφάλαιο 7.

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΠΑΤΡΑΣ

ΑΡΟΗΣ-ΠΑΦΩΝΑ -ΣΑΜΑΚΙΑ

ΥΔΡΕΥΣΗ -ΠΥΡΟΣΒΕΣΗ

ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Αριθμός τεύχους: **6**

Συντακτης : ΕΙΡΗΝΗ ΚΑΡΑΘΑΝΑΣΗ Πολιτικός Μηχανικός

Ημερομηνία: Σεπτέμβριος **2007**

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ (Links)

- <http://www.unwater.org/>
- http://www.academia.edu/27093935/ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ_ΠΛΗΓΜΑ_-_Μπριλακης
- www.filippoib2.wikispaces.com/Τοπογραφικά
- <http://www.parliament.gr>
- www.cyprus.gov.cy/
- <http://5dim-pyrgou.ilei.sch.gr/>
- <http://forum.math.uoa.gr/>
- <http://www.wikipedia.com>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Πίνακας εκτίμησης ζήτησης κόμβων από επιφάνεια επιρροής

ΚΟΜΒΟΙ	ΕΜΒΑΔΑ σε m ²						ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΤΟΙΚΩΝ	ΖΗΤΗΣΗ (L/S)	
	J	E1	E2	E3	E4	ΗΜΙΑΘΡΟΙΣΜΑ			ΕΚΤΑΡΙΑ
							278	180	
1	194	673				433,5	0,043	12	0,029
2	194	0	0	667		430,5	0,043	12	0,029
3	0	667	268	667		801	0,08	22	0,053
4	0	0	268	667		467,5	0,047	13	0,031
5	259	1241				750	0,075	21	0,05
6		673	468			570,5	0,057	16	0,038
7	1001	722				861,5	0,086	24	0,057
8	1001			722		861,5	0,086	24	0,057
9	1016			522		769	0,077	21	0,051
10		722	1016			869	0,087	24	0,058
11	775	607				691	0,069	19	0,046
12	775			502		638,5	0,064	18	0,043
13			1055	502		778,5	0,078	22	0,052
14		607	1055			831	0,083	23	0,055
15	935	598				766,5	0,077	21	0,051
16	935			512		723,5	0,072	20	0,048
17			1007	512		759,5	0,076	21	0,051
18		598	1007			802,5	0,08	22	0,053
19	906	609				757,5	0,076	21	0,05
20	906			541		723,5	0,072	20	0,048
21			3554	541		2047,5	0,205	57	0,136
22		609	3554			2081,5	0,208	58	0,139
23			3176	1416		2296	0,23	64	0,153
24	1997			1416		1706,5	0,171	47	0,114
25	1067	681				874	0,087	24	0,058
26	1067			602		834,5	0,083	23	0,056
27			1252	602		927	0,093	26	0,062
28		681	1252			966,5	0,097	27	0,064
29						0	0	0	0
30	1036	652				844	0,084	23	0,056
31	1039	572				805,5	0,081	22	0,054
32	1039			472		755,5	0,076	21	0,05

33			800	472	636	0,064	18	0,042
34		572	800		686	0,069	19	0,046
35	818	544		437	899,5	0,09	25	0,06
36	818				409	0,041	11	0,027
37			1339	437	888	0,089	25	0,059
38		544		1339	941,5	0,094	26	0,063
39	854	478			666	0,067	19	0,044
40	854			529	691,5	0,069	19	0,046
41			1225	529	877	0,088	24	0,058
42		478	1225		851,5	0,085	24	0,057
43	722	528			625	0,063	17	0,042
44	722			391	556,5	0,056	15	0,037
45			1021	391	706	0,071	20	0,047
46		528	1021		774,5	0,077	22	0,052
47	997	368			682,5	0,068	19	0,045
48	997			503	750	0,075	21	0,05
49			660	503	581,5	0,058	16	0,039
50		368	660		514	0,051	14	0,034
51	980	571			775,5	0,078	22	0,052
52	980			412	696	0,07	19	0,046
53			775	412	593,5	0,059	16	0,04
54		571	775		673	0,067	19	0,045
55	1426	570			998	0,1	28	0,066
56	1426			1085	1255,5	0,126	35	0,084
57			1228	1085	1156,5	0,116	32	0,077
58		570	1228		899	0,09	25	0,06
59	997			415	706	0,071	20	0,047
60			1715	415	1065	0,107	30	0,071
61		153	1715		934	0,093	26	0,062
62	890	153			521,5	0,052	14	0,035
63	890	997			943,5	0,094	26	0,063
64	948			1490	1219	0,122	34	0,081
65	635			1490	1062,5	0,106	30	0,071
66	635	1227			931	0,093	26	0,062
67	156	1227			691,5	0,069	19	0,046
68					0	0	0	0
69	156	948			552	0,055	15	0,037
70	1191			1341	1266	0,127	35	0,084
71			256	1341	798,5	0,08	22	0,053
72					0	0	0	0
73		1139	256		697,5	0,07	19	0,046
74		896	1139		1017,5	0,102	28	0,068
75	1191	896			1043,5	0,104	29	0,07

76			429	883	656	0,066	18	0,044
77	607			883	745	0,075	21	0,05
78	607	625			616	0,062	17	0,041
79		625	429		527	0,053	15	0,035
80	664			1582	1123	0,112	31	0,075
81			1538	1582	1560	0,156	43	0,104
82	1114	1474			1294	0,129	36	0,086
83	1114			1676	1395	0,14	39	0,093
84		1474	942		1208	0,121	34	0,08
85			942	1676	1309	0,131	36	0,087
86	842	1329			1085,5	0,109	30	0,072
87	842			1564	1203	0,12	33	0,08
88		1329	906		1117,5	0,112	31	0,074
89			906	1564	1235	0,124	34	0,082
90	854	1560			1207	0,121	34	0,08
91	854			1580	1217	0,122	34	0,081
92			844	1580	1212	0,121	34	0,081
93		1560	844		1202	0,12	33	0,08
94	2826	750	0		1788	0,179	50	0,119
95		0	490	1938	1214	0,121	34	0,081
96			1938	1140	1539	0,154	43	0,103
97	2826	0		1140	1983	0,198	55	0,132
98	861				430,5	0,043	12	0,029
99	861			1519	1190	0,119	33	0,079
100			625	1519	1072	0,107	30	0,071
101		1264	625		944,5	0,094	26	0,063
102					0	0	0	0
103	740	773			756,5	0,076	21	0,05
104	740			900	820	0,082	23	0,055
105			363	83	223	0,022	6	0,015
106			363		181,5	0,018	5	0,012
107		1974			987	0,099	27	0,066
108				1602	801	0,08	22	0,053
109			1236	1602	1419	0,142	39	0,095
110		1974	1236		1605	0,161	45	0,107
111	937	592			764,5	0,076	21	0,051
112	937	419			678	0,068	19	0,045
113		419			209,5	0,021	6	0,014
114	592	784	925	419	1360	0,136	38	0,091
115	592	784			688	0,069	19	0,046
116	8229				4114,5	0,411	114	0,274
117		61	103		82	0,008	2	0,005
118			103		51,5	0,005	1	0,003

119			103	96	99,5	0,01	3	0,007
120				96	48	0,005	1	0,003
121		61		96	78,5	0,008	2	0,005
122	292	286			289	0,029	8	0,019
123		286	206		246	0,025	7	0,016
124	292			298	295	0,03	8	0,02
125			206	298	252	0,025	7	0,017
126				298	149	0,015	4	0,01
127	916	874			895	0,09	25	0,06
128	916			1186	1051	0,105	29	0,07
129			1140	1186	1163	0,116	32	0,077
130		874	1140		1007	0,101	28	0,067
131	0	756	782		769	0,077	21	0,051
132	590	756			673	0,067	19	0,045
133	590			92	341	0,034	9	0,023
134	0		782	92	437	0,044	12	0,029
135		179	480		329,5	0,033	9	0,022
136			480	256	368	0,037	10	0,025
137	226			256	241	0,024	7	0,016
138	226	179			202,5	0,02	6	0,013
139		226			113	0,011	3	0,008
140	116	263			189,5	0,019	5	0,013
141		542	995		768,5	0,077	21	0,051
142		0	995	264	629,5	0,063	18	0,042
143	246	807	0	0	526,5	0,053	15	0,035
144			65	496	280,5	0,028	8	0,019
145			0	145	72,5	0,007	2	0,005
146					0	0	0	0
147			0	496	248	0,025	7	0,017
148		494	712		603	0,06	17	0,04
149	0	496	1199	0	847,5	0,085	24	0,056
150	693	494			593,5	0,059	16	0,04
151	693			364	528,5	0,053	15	0,035
152			712	364	538	0,054	15	0,036
153	1199	542			870,5	0,087	24	0,058
154					0	0	0	0
155	1180	1727	560		1733,5	0,173	48	0,115
156	1180				590	0,059	16	0,039
157	652	1310			981	0,098	27	0,065
158	652				326	0,033	9	0,022
159	1310	475			892,5	0,089	25	0,059
160	1727				863,5	0,086	24	0,058
161	749	1056			902,5	0,09	25	0,06

162	1072	749			910,5	0,091	25	0,061
163	1072			575	823,5	0,082	23	0,055
164	1056	575			815,5	0,082	23	0,054
165	475				237,5	0,024	7	0,016
166					0	0	0	0
167			243	395	319	0,032	9	0,021
168		3392	3392		3392	0,339	94	0,226
169			3392	3392	3392	0,339	94	0,226
170	3392	3392			3392	0,339	94	0,226
171	3392			3392	3392	0,339	94	0,226
172					0	0	0	0
173					0	0	0	0
174					0	0	0	0
175					0	0	0	0
176					0	0	0	0
177	784	925			854,5	0,085	24	0,057
178			925		462,5	0,046	13	0,031
179	678	353			515,5	0,052	14	0,034
180	678			776	727	0,073	20	0,048
181		353	642		497,5	0,05	14	0,033
182			642	255	448,5	0,045	12	0,03
183			255	583	419	0,042	12	0,028
184			583	776	679,5	0,068	19	0,045
185	826	1295			1060,5	0,106	29	0,071
186	826			1340	1083	0,108	30	0,072
187			853	1340	1096,5	0,11	30	0,073
188		1295	853		1074	0,107	30	0,072
189	1450	705			1077,5	0,108	30	0,072
190	1450			779	1114,5	0,111	31	0,074
191		705	1626		1165,5	0,117	32	0,078
192			1626	779	1202,5	0,12	33	0,08
193	759	1533			1146	0,115	32	0,076
194	759			1430	1094,5	0,109	30	0,073
195			712	1430	1071	0,107	30	0,071
196		1533	712		1122,5	0,112	31	0,075
197	521	1303			912	0,091	25	0,061
198	521	849	2437	2255	3031	0,303	84	0,202
199	2437					0	0	0
200	2255	1227			1741	0,174	48	0,116
201	1303	826			1064,5	0,106	30	0,071
202	826	200			513	0,051	14	0,034
203	226	891			558,5	0,056	16	0,037
204	842	1227			0	0	0	0

205	200	849			524,5	0,052	15	0,035
206	226	849			537,5	0,054	15	0,036
207						0	0	0
208	1171			463	817	0,082	23	0,054
209			1030	463	746,5	0,075	21	0,05
210	1171	381			776	0,078	22	0,052
211		381	1030		705,5	0,071	20	0,047
212			1030	463	746,5	0,075	21	0,05
213	1129	489			809	0,081	22	0,054
214	1129	423			776	0,078	22	0,052
215		423	1077		750	0,075	21	0,05
216	862	419			640,5	0,064	18	0,043
217		419	795		607	0,061	17	0,04
218			795	551	673	0,067	19	0,045
219	862			551	706,5	0,071	20	0,047
220	261	376			318,5	0,032	9	0,021
221	261	262			261,5	0,026	7	0,017
222	376	170			273	0,027	8	0,018
223	262	170			216	0,022	6	0,014
224	289	360			324,5	0,032	9	0,022
225	289			690	489,5	0,049	14	0,033
226		360	354		357	0,036	10	0,024
227			354	690	522	0,052	15	0,035
228	800	816			808	0,081	22	0,054
229	728	816	716		1130	0,113	31	0,075
230	770	800			785	0,079	22	0,052
231	770	728			749	0,075	21	0,05
232	1991	804			1397,5	0,14	39	0,093
233	804	253	210		633,5	0,063	18	0,042
234	804	253	210		633,5	0,063	18	0,042
235	1991	1547			1769	0,177	49	0,118
236	790	832			811	0,081	23	0,054
237	619	790			704,5	0,07	20	0,047
238	619	613			616	0,062	17	0,041
239	210	230			220	0,022	6	0,015
240	613	1547			1080	0,108	30	0,072
241	230	253			241,5	0,024	7	0,016
242	1991	1547			1769	0,177	49	0,118
243		796	837		816,5	0,082	23	0,054
244	837	359			598	0,06	17	0,04
245			359	585	472	0,047	13	0,031
246	1565			585	1075	0,108	30	0,072
247	1565	796			1180,5	0,118	33	0,079

248		609	1764		1186,5	0,119	33	0,079
249					0	0	0	0
250					0	0	0	0
251	1373	609			991	0,099	28	0,066
252					0	0	0	0
253	1373	589			981	0,098	27	0,065
254	1764				882	0,088	25	0,059
255	1093	1054			1073,5	0,107	30	0,071
256	1054	370			712	0,071	20	0,047
257	1022				511	0,051	14	0,034
258	1707	224			965,5	0,097	27	0,064
259	2073	370			1221,5	0,122	34	0,081
260	2073	1093			1583	0,158	44	0,105
261			1193	2147	1670	0,167	46	0,111
262		1936	1193		1564,5	0,156	43	0,104
263					0	0	0	0
264	1157	1022			1089,5	0,109	30	0,073
265	1157	1707			1432	0,143	40	0,095
266	1768			2147	1957,5	0,196	54	0,13
267	1768	1936			1852	0,185	51	0,123
268	1648	2172			1910	0,191	53	0,127
269	1648	2697			2172,5	0,217	60	0,145
270	2697	1234			1965,5	0,197	55	0,131
271	1234	2172			1703	0,17	47	0,113
272	201	383			292	0,029	8	0,019
273	201	429			315	0,032	9	0,021
274					0	0	0	0
275	429	210			319,5	0,032	9	0,021
276	383	210			296,5	0,03	8	0,02
277	594	1513			1053,5	0,105	29	0,07
278	1080	594			837	0,084	23	0,056
279	0				0	0	0	0
280	1080	503			791,5	0,079	22	0,053
281	1513	503			1008	0,101	28	0,067
282	976	508			742	0,074	21	0,049
283	1011	508			759,5	0,076	21	0,051
284	560	1011			785,5	0,079	22	0,052
285	976	560			768	0,077	21	0,051
286	261	816			538,5	0,054	15	0,036
287	786	261			523,5	0,052	15	0,035
288	786	375			580,5	0,058	16	0,039
289	896	464			680	0,068	19	0,045
290	375	816			595,5	0,06	17	0,04

291	464	878			671	0,067	19	0,045
292	896	432			664	0,066	18	0,044
293	878	432			655	0,066	18	0,044
294	636	377			506,5	0,051	14	0,034
295	473	377			425	0,043	12	0,028
296	342	473			407,5	0,041	11	0,027
297	342	636			489	0,049	14	0,033
298	769	485			627	0,063	17	0,042
299	513	769			641	0,064	18	0,043
300	777	513			645	0,065	18	0,043
301	777	485			631	0,063	18	0,042
302	0				0	0	0	0
303	803	418			610,5	0,061	17	0,041
304	707	418			562,5	0,056	16	0,037
305	803	404			603,5	0,06	17	0,04
306	404	707			555,5	0,056	15	0,037
307	0				0	0	0	0
308	0				0	0	0	0
309	0				0	0	0	0
310	0				0	0	0	0
311	0				0	0	0	0
312	773				386,5	0,039	11	0,026
313	0				0	0	0	0
314	0				0	0	0	0
315	0				0	0	0	0
316	0				0	0	0	0
317	0				0	0	0	0
318	0				0	0	0	0
319	0				0	0	0	0
320	0				0	0	0	0
321	0				0	0	0	0
322	0				0	0	0	0
323	0				0	0	0	0
324	0				0	0	0	0
325	0				0	0	0	0
326	0				0	0	0	0
327	0				0	0	0	0
328	0				0	0	0	0
329	0				0	0	0	0
330	0				0	0	0	0
331	0				0	0	0	0
332	0				0	0	0	0
333					0	0	0	0

334					0	0	0	0
335					0	0	0	0
336					0	0	0	0
337					0	0	0	0
338					0	0	0	0
339					0	0	0	0
340					0	0	0	0
341					0	0	0	0
342					0	0	0	0
343					0	0	0	0
344					0	0	0	0
345					0	0	0	0
346					0	0	0	0
347					0	0	0	0
348					0	0	0	0
349					0	0	0	0

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Αποτελέσματα κόμβων

Network Table - Nodes

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-1	30	0.06	77.32	47.32
Junc J-2	34	0.06	77.32	43.32
Junc J-3	34	0.12	77.32	43.32
Junc J-6	25	0.08	77.31	52.31
Junc J-7	34	0.12	77.32	43.32
Junc J-8	32	0.12	77.32	45.32
Junc J-9	30	0.11	77.32	47.32
Junc J-10	30	0.12	77.32	47.32
Junc J-11	32	0.10	77.32	45.32
Junc J-12	34	0.09	77.33	43.33
Junc J-13	30	0.11	77.33	47.33
Junc J-14	30	0.12	77.32	47.32
Junc J-15	34	0.11	77.34	43.34
Junc J-16	40	0.10	77.35	37.35
Junc J-17	38	0.11	77.34	39.34
Junc J-18	30	0.12	77.33	47.33
Junc J-19	38	0.11	77.35	39.35
Junc J-20	39	0.10	77.38	38.38
Junc J-21	37	0.29	77.37	40.37
Junc J-22	32	0.30	77.34	45.34
Junc J-25	39	0.12	77.44	38.44
Junc J-26	42	0.12	77.49	35.49
Junc J-27	40	0.13	77.41	37.41
Junc J-28	36	0.14	77.38	41.38
Junc J-31	42	0.12	77.92	35.92
Junc J-32	48	0.11	77.70	29.70
Junc J-33	48	0.09	77.46	29.46
Junc J-34	40	0.10	77.41	37.41

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-35	44	0.10	77.68	33.68
Junc J-36	45	0.06	77.57	32.57
Junc J-37	44	0.13	77.46	33.46
Junc J-38	47	0.13	77.46	30.46
Junc J-39	45	0.09	77.56	32.56
Junc J-40	47	0.10	77.47	30.47
Junc J-41	45	0.13	77.44	32.44
Junc J-42	44	0.12	77.45	33.45
Junc J-43	48	0.09	77.47	29.47
Junc J-44	48	0.08	77.45	29.45
Junc J-45	42	0.10	77.43	35.43
Junc J-46	44	0.11	77.44	33.44
Junc J-47	47	0.10	77.44	30.44
Junc J-48	44	0.11	77.43	33.43
Junc J-49	38	0.08	77.43	39.43
Junc J-50	42	0.07	77.43	35.43
Junc J-51	44	0.11	77.43	33.43
Junc J-52	41	0.10	77.41	36.41
Junc J-53	35	0.09	77.41	42.41
Junc J-54	38	0.10	77.42	39.42
Junc J-55	41	0.14	77.41	36.41
Junc J-56	37	0.18	77.40	40.40
Junc J-57	36	0.17	77.40	41.40
Junc J-58	35	0.13	77.40	42.40
Junc J-59	36	0.10	77.40	41.40
Junc J-60	36	0.15	77.39	41.39
Junc J-61	34	0.13	77.39	43.39
Junc J-62	34	0.08	77.39	43.39
Junc J-63	36	0.13	77.40	41.40

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-64	36	0.17	77.39	41.39
Junc J-65	35	0.15	77.39	42.39
Junc J-66	34	0.13	77.39	43.39
Junc J-67	34	0.10	77.39	43.39
Junc J-68	34	0.00	77.39	43.39
Junc J-69	34	0.08	77.39	43.39
Junc J-70	34	0.18	77.39	43.39
Junc J-71	34	0.11	77.39	43.39
Junc J-72	34	0.00	77.39	43.39
Junc J-73	34	0.10	77.39	43.39
Junc J-74	33	0.14	77.39	44.39
Junc J-75	34	0.15	77.39	43.39
Junc J-76	33	0.09	77.39	44.39
Junc J-77	34	0.11	77.39	43.39
Junc J-78	34	0.09	77.39	43.39
Junc J-79	32	0.08	77.38	45.38
Junc J-23	32	0.33	77.38	45.38
Junc J-24	34	0.24	77.39	43.39
Junc J-30	39	0.12	77.38	38.38
Junc J-94	18	0.32	77.30	59.30
Junc J-95	16	0.17	77.30	61.30
Junc J-96	24	0.22	77.30	53.30
Junc J-97	23	0.28	77.30	54.30
Junc J-98	23	0.06	77.30	54.30
Junc J-99	24	0.17	77.31	53.31
Junc J-100	27	0.15	77.31	50.31
Junc J-101	24	0.13	77.30	53.30
Junc J-103	24	0.11	77.31	53.31
Junc J-104	26	0.12	77.32	51.32

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-105	23	0.03	77.32	54.32
Junc J-106	27	0.03	77.31	50.31
Junc J-107	25	0.14	77.32	52.32
Junc J-108	26	0.12	77.32	51.32
Junc J-109	23	0.20	77.32	54.32
Junc J-110	23	0.23	77.32	54.32
Junc J-116	22	0.59	77.32	55.32
Junc J-117	22	0.01	77.32	55.32
Junc J-118	23	0.00	77.32	54.32
Junc J-120	22	0.01	77.32	55.32
Junc J-121	22	0.01	77.32	55.32
Junc J-122	22	0.04	77.33	55.33
Junc J-123	24	0.03	77.33	53.33
Junc J-124	23	0.04	77.33	54.33
Junc J-125	25	0.03	77.33	52.33
Junc J-127	23	0.13	77.33	54.33
Junc J-128	25	0.15	77.33	52.33
Junc J-129	24	0.17	77.33	53.33
Junc J-130	27	0.14	77.33	50.33
Junc J-131	24	0.11	77.33	53.33
Junc J-132	25	0.10	77.33	52.33
Junc J-133	25	0.05	77.33	52.33
Junc J-134	25	0.06	77.33	52.33
Junc J-135	25	0.05	77.34	52.34
Junc J-136	26	0.05	77.34	51.34
Junc J-137	26	0.03	77.34	51.34
Junc J-138	26	0.03	77.34	51.34
Junc J-140	31	0.03	77.35	46.35
Junc J-141	31	0.11	77.36	46.36

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-142	27	0.09	77.36	50.36
Junc J-143	28	0.08	77.37	49.37
Junc J-144	28	0.04	77.37	49.37
Junc J-145	28	0.01	77.37	49.37
Junc J-147	28	0.03	77.37	49.37
Junc J-148	28	0.09	77.37	49.37
Junc J-149	32	0.12	77.37	45.37
Junc J-150	32	0.09	77.37	45.37
Junc J-151	31	0.08	77.37	46.37
Junc J-152	29	0.08	77.37	48.37
Junc J-153	34	0.12	77.37	43.37
Junc J-154	30	0.00	77.38	47.38
Junc J-155	30	0.25	77.38	47.38
Junc J-156	30	0.08	77.38	47.38
Junc J-157	34	0.14	77.38	43.38
Junc J-158	32	0.05	77.38	45.38
Junc J-159	29	0.13	77.37	48.37
Junc J-160	30	0.12	77.38	47.38
Junc J-161	22	0.13	77.31	55.31
Junc J-162	17	0.13	77.31	60.31
Junc J-163	21	0.12	77.31	56.31
Junc J-164	24	0.12	77.31	53.31
Junc J-165	29	0.03	77.37	48.37
Junc J-167	13	0.05	77.31	64.31
Junc J-168	15	0.48	77.31	62.31
Junc J-169	17	0.48	77.31	60.31
Junc J-170	24	0.48	77.31	53.31
Junc J-171	25	0.48	77.31	52.31
Junc J-172	31	0.00	77.32	46.32

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-173	26	0.00	77.32	51.32
Junc J-80	33	0.16	77.32	44.32
Junc J-81	21	0.22	77.31	56.31
Junc J-82	32	0.19	77.32	45.32
Junc J-83	28	0.20	77.32	49.32
Junc J-84	21	0.17	77.31	56.31
Junc J-85	24	0.19	77.32	53.32
Junc J-86	28	0.16	77.32	49.32
Junc J-87	29	0.17	77.33	48.33
Junc J-88	24	0.16	77.32	53.32
Junc J-89	27	0.18	77.32	50.32
Junc J-90	29	0.17	77.33	48.33
Junc J-91	32	0.17	77.34	45.34
Junc J-92	31	0.17	77.33	46.33
Junc J-93	28	0.17	77.32	49.32
Junc J-111	32	0.11	77.34	45.34
Junc J-112	36	0.10	77.37	41.37
Junc J-113	35	0.03	77.37	42.37
Junc J-114	35	0.19	77.35	42.35
Junc J-177	31	0.12	77.33	46.33
Junc J-178	33	0.07	77.33	44.33
Junc J-179	36	0.07	77.38	41.38
Junc J-180	40	0.10	77.40	37.40
Junc J-181	35	0.07	77.37	42.37
Junc J-182	37	0.06	77.37	40.37
Junc J-183	35	0.06	77.37	42.37
Junc J-184	37	0.10	77.37	40.37
Junc J-185	40	0.15	77.40	37.40
Junc J-186	48	0.16	77.45	29.45

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-187	39	0.16	77.38	38.38
Junc J-188	37	0.15	77.38	40.38
Junc J-189	48	0.15	77.45	29.45
Junc J-190	44	0.16	77.45	33.45
Junc J-191	39	0.17	77.38	38.38
Junc J-192	44	0.17	77.38	33.38
Junc J-193	44	0.16	77.45	33.45
Junc J-194	45	0.16	77.44	32.44
Junc J-195	44	0.15	77.39	33.39
Junc J-196	46	0.16	77.38	31.38
Junc J-197	45	0.13	77.44	32.44
Junc J-198	42	0.43	77.43	35.43
Junc J-199	32	0.00	77.43	45.43
Junc J-200	38	0.25	77.40	39.40
Junc J-201	39	0.15	77.39	38.39
Junc J-202	37	0.07	77.39	40.39
Junc J-203	36	0.08	77.39	41.39
Junc J-204	34	0.00	77.39	43.39
Junc J-205	41	0.08	77.39	36.39
Junc J-206	38	0.08	77.39	39.39
Junc J-207	40	0.00	77.39	37.39
Junc J-208	40	0.12	77.38	37.38
Junc J-209	31	0.11	77.37	46.37
Junc J-210	40	0.11	77.38	37.38
Junc J-211	32	0.10	77.37	45.37
Junc J-212	32	0.11	77.37	45.37
Junc J-213	40	0.12	77.38	37.38
Junc J-214	39	0.11	77.38	38.38
Junc J-215	34	0.11	77.37	43.37

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-216	21	0.09	77.31	56.31
Junc J-217	24	0.09	77.31	53.31
Junc J-218	26	0.00	77.32	51.32
Junc J-219	24	0.10	77.32	53.32
Junc J-220	24	0.05	77.32	53.32
Junc J-221	26	0.04	77.32	51.32
Junc J-222	24	0.04	77.32	53.32
Junc J-223	26	0.03	77.32	51.32
Junc J-224	24	0.05	77.32	53.32
Junc J-225	26	0.07	77.32	51.32
Junc J-226	24	0.05	77.31	53.31
Junc J-227	25	0.08	77.32	52.32
Junc J-228	25	0.12	77.32	52.32
Junc J-229	25	0.16	77.32	52.32
Junc J-230	26	0.11	77.32	51.32
Junc J-231	27	0.11	77.32	50.32
Junc J-232	27	0.20	77.32	50.32
Junc J-233	25	0.09	77.32	52.32
Junc J-234	25	0.09	77.32	52.32
Junc J-235	28	0.25	77.33	49.33
Junc J-236	22	0.12	77.32	55.32
Junc J-237	23	0.10	77.32	54.32
Junc J-238	24	0.09	77.32	53.32
Junc J-239	25	0.03	77.32	52.32
Junc J-240	25	0.15	77.32	52.32
Junc J-241	25	0.03	77.32	52.32
Junc J-242	26	0.25	77.32	51.32
Junc J-243	25	0.12	77.33	52.33
Junc J-244	25	0.09	77.33	52.33

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-245	26	0.07	77.34	51.34
Junc J-246	26	0.15	77.34	51.34
Junc J-247	25	0.17	77.34	52.34
Junc J-248	25	0.17	77.34	52.34
Junc J-251	29	0.14	77.35	48.35
Junc J-253	30	0.14	77.35	47.35
Junc J-254	26	0.13	77.34	51.34
Junc J-255	25	0.15	77.33	52.33
Junc J-256	26	0.10	77.34	51.34
Junc J-257	26	0.07	77.34	51.34
Junc J-258	26	0.14	77.34	51.34
Junc J-259	26	0.15	77.34	51.34
Junc J-260	23	0.23	77.33	54.33
Junc J-261	23	0.24	77.33	54.33
Junc J-262	23	0.22	77.32	54.32
Junc J-264	29	0.16	77.34	48.34
Junc J-265	29	0.20	77.33	48.33
Junc J-266	29	0.28	77.33	48.33
Junc J-267	28	0.27	77.33	49.33
Junc J-268	29	0.27	77.35	48.35
Junc J-269	30	0.31	77.35	47.35
Junc J-270	39	0.28	77.37	38.37
Junc J-271	37	0.24	77.37	40.37
Junc J-272	35	0.04	77.37	42.37
Junc J-273	37	0.05	77.37	40.37
Junc J-275	33	0.05	77.35	44.35
Junc J-276	33	0.04	77.35	44.35
Junc J-277	29	0.15	77.33	48.33
Junc J-278	32	0.12	77.34	45.34

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-280	33	0.11	77.35	44.35
Junc J-281	29	0.14	77.34	48.34
Junc J-282	32	0.10	77.33	45.33
Junc J-283	29	0.11	77.33	48.33
Junc J-284	29	0.11	77.33	48.33
Junc J-285	30	0.11	77.33	47.33
Junc J-286	25	0.08	77.32	52.32
Junc J-287	26	0.08	77.32	51.32
Junc J-288	28	0.08	77.32	49.32
Junc J-289	28	0.10	77.32	49.32
Junc J-290	27	0.09	77.32	50.32
Junc J-291	27	0.10	77.32	50.32
Junc J-292	30	0.09	77.33	47.33
Junc J-293	28	0.09	77.33	49.33
Junc J-294	33	0.07	77.33	44.33
Junc J-295	32	0.06	77.33	45.33
Junc J-296	36	0.06	77.33	41.33
Junc J-297	31	0.07	77.33	46.33
Junc J-298	35	0.09	77.33	42.33
Junc J-299	28	0.09	77.32	49.32
Junc J-300	28	0.09	77.32	49.32
Junc J-302	31	0.00	77.33	46.33
Junc J-303	27	0.09	77.32	50.32
Junc J-304	28	0.08	77.32	49.32
Junc J-305	24	0.09	77.32	53.32
Junc J-306	26	0.08	77.32	51.32
Junc J-309	23	0.00	77.32	54.32
Junc J-4	26	0.00	77.34	51.34
Junc J-5	26	0.00	77.34	51.34

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-29	30	0.00	77.35	47.35
Junc J-102	30	0.00	77.35	47.35
Resvr R-1	81	-34.91	81.00	0.00

Network Table - Links

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-1	30	191.8	130	0.03
Pipe P-2	75	93.8	130	0.05
Pipe P-6	85	93.8	130	0.06
Pipe P-7	7	93.8	130	0.17
Pipe P-8	85	191.8	130	0.06
Pipe P-9	73	93.8	130	0.04
Pipe P-10	85	93.8	130	0.06
Pipe P-11	75	93.8	130	0.06
Pipe P-13	80	191.8	130	0.13
Pipe P-14	73	93.8	130	0.06
Pipe P-15	75	93.8	130	0.07
Pipe P-16	73	191.8	130	0.05
Pipe P-17	7	191.8	130	0.14
Pipe P-18	82	191.8	130	0.16
Pipe P-19	73	93.8	130	0.08
Pipe P-20	82	93.8	130	0.09
Pipe P-21	72	93.8	130	0.06
Pipe P-22	7	191.8	130	0.18
Pipe P-23	82	191.8	130	0.21
Pipe P-24	72	93.8	130	0.05
Pipe P-25	82	93.8	130	0.14
Pipe P-26	72	93.8	130	0.08
Pipe P-30	94	191.8	130	0.28
Pipe P-31	74	93.8	130	0.25
Pipe P-32	94	93.8	130	0.14
Pipe P-33	74	93.8	130	0.22
Pipe P-37	76	191.8	130	0.69
Pipe P-38	74	93.8	130	0.47

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-39	80	93.8	130	0.18
Pipe P-40	74	93.8	130	0.70
Pipe P-41	7	191.8	130	0.58
Pipe P-42	82	191.8	130	0.47
Pipe P-43	74	93.8	130	0.31
Pipe P-44	87	93.8	130	0.04
Pipe P-45	74	93.8	130	0.45
Pipe P-46	5	191.8	130	0.39
Pipe P-47	85	191.8	100	0.31
Pipe P-48	72	93.8	130	0.17
Pipe P-49	80	93.8	130	0.11
Pipe P-50	71	93.8	130	0.31
Pipe P-51	5	191.8	130	0.27
Pipe P-52	67	191.8	130	0.23
Pipe P-53	73	93.8	130	0.09
Pipe P-54	64	93.8	130	0.06
Pipe P-55	73	93.8	130	0.16
Pipe P-56	4	191.8	130	0.20
Pipe P-57	70	191.8	130	0.18
Pipe P-58	76	93.8	130	0.03
Pipe P-59	68	93.8	130	0.08
Pipe P-60	75	93.8	130	0.08
Pipe P-61	5	191.8	130	0.17
Pipe P-62	70	191.8	130	0.16
Pipe P-63	75	191.8	130	0.12
Pipe P-64	68	93.8	130	0.12
Pipe P-65	75	93.8	130	0.03
Pipe P-66	6	93.8	130	0.16
Pipe P-67	100	93.8	130	0.07

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-68	80	93.8	130	0.04
Pipe P-69	124	93.8	130	0.05
Pipe P-70	75	93.8	130	0.06
Pipe P-71	7	93.8	130	0.07
Pipe P-72	20	93.8	130	0.11
Pipe P-73	147	93.8	130	0.01
Pipe P-74	15	93.8	130	0.07
Pipe P-75	97	93.8	130	0.08
Pipe P-76	127	93.8	130	0.05
Pipe P-77	7	93.8	130	0.08
Pipe P-78	140	93.8	130	0.01
Pipe P-79	7	93.8	130	0.06
Pipe P-80	7	93.8	130	0.06
Pipe P-81	122	93.8	130	0.03
Pipe P-82	40	93.8	130	0.02
Pipe P-83	80	93.8	130	0.04
Pipe P-84	125	93.8	130	0.03
Pipe P-85	65	93.8	130	0.03
Pipe P-86	16	93.8	130	0.01
Pipe P-87	15	191.8	130	0.00
Pipe P-88	113	93.8	130	0.01
Pipe P-89	75	93.8	130	0.04
Pipe P-90	7	93.8	130	0.07
Pipe P-91	75	93.8	130	0.05
Pipe P-92	58	93.8	130	0.05
Pipe P-29	77	93.8	130	0.04
Pipe P-35	67	191.8	130	0.08
Pipe P-36	80	93.8	130	0.04
Pipe P-93	106	93.8	130	0.04

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-94	120	93.8	130	0.01
Pipe P-95	115	93.8	130	0.04
Pipe P-96	117	93.8	130	0.00
Pipe P-97	7	93.8	130	0.04
Pipe P-98	80	93.8	130	0.09
Pipe P-99	102	93.8	130	0.01
Pipe P-100	78	93.8	130	0.09
Pipe P-101	7	93.8	130	0.07
Pipe P-102	7	93.8	130	0.04
Pipe P-103	107	93.8	10	0.00
Pipe P-104	10	93.8	130	0.12
Pipe P-105	72	93.8	130	0.05
Pipe P-106	82	93.8	130	0.01
Pipe P-107	50	93.8	130	0.08
Pipe P-108	7	93.8	130	0.10
Pipe P-109	100	93.8	130	0.03
Pipe P-110	64	93.8	130	0.05
Pipe P-111	67	93.8	130	0.01
Pipe P-112	60	93.8	130	0.06
Pipe P-116	70	93.8	130	0.04
Pipe P-117	77	93.8	130	0.04
Pipe P-118	40	93.8	130	0.01
Pipe P-119	15	93.8	130	0.03
Pipe P-122	25	93.8	130	0.03
Pipe P-123	7	93.8	130	0.04
Pipe P-124	55	93.8	130	0.01
Pipe P-125	55	93.8	130	0.04
Pipe P-128	30	93.8	130	0.05
Pipe P-129	7	93.8	130	0.05

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-130	93	93.8	130	0.04
Pipe P-131	83	93.8	130	0.02
Pipe P-132	93	93.8	130	0.04
Pipe P-133	84	93.8	130	0.01
Pipe P-134	7	93.8	130	0.04
Pipe P-135	96	93.8	130	0.04
Pipe P-136	10	93.8	130	0.00
Pipe P-137	127	93.8	130	0.04
Pipe P-138	5	93.8	130	0.05
Pipe P-139	80	93.8	130	0.02
Pipe P-140	60	93.8	130	0.02
Pipe P-141	50	93.8	130	0.03
Pipe P-142	50	93.8	130	0.03
Pipe P-143	40	93.8	130	0.04
Pipe P-145	165	93.8	130	0.07
Pipe P-147	7	93.8	130	0.18
Pipe P-148	80	93.8	130	0.06
Pipe P-149	45	93.8	130	0.07
Pipe P-150	20	93.8	130	0.09
Pipe P-151	45	93.8	130	0.00
Pipe P-152	10	93.8	130	0.09
Pipe P-153	5	93.8	130	0.07
Pipe P-154	85	93.8	130	0.04
Pipe P-155	47	93.8	130	0.00
Pipe P-156	84	93.8	130	0.03
Pipe P-157	75	93.8	130	0.03
Pipe P-158	42	93.8	130	0.13
Pipe P-159	85	93.8	130	0.05
Pipe P-160	90	93.8	130	0.03

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-161	67	93.8	130	0.08
Pipe P-162	5	93.8	130	0.08
Pipe P-163	25	93.8	130	0.05
Pipe P-164	140	191.8	130	0.05
Pipe P-165	37	93.8	130	0.10
Pipe P-166	47	93.8	130	0.03
Pipe P-167	95	93.8	130	0.01
Pipe P-168	20	93.8	130	0.03
Pipe P-169	85	93.8	130	0.04
Pipe P-170	65	93.8	130	0.02
Pipe P-171	105	93.8	130	0.04
Pipe P-172	65	93.8	130	0.00
Pipe P-173	105	93.8	130	0.04
Pipe P-175	10	93.8	130	0.03
Pipe P-176	58	93.8	130	0.02
Pipe P-177	130	93.8	130	0.01
Pipe P-178	30	93.8	130	0.01
Pipe P-179	155	93.8	130	0.02
Pipe P-180	250	93.8	130	0.04
Pipe P-182	22	191.8	130	0.00
Pipe P-114	50	93.8	130	0.07
Pipe P-115	115	93.8	130	0.02
Pipe P-183	105	93.8	130	0.04
Pipe P-184	85	93.8	130	0.06
Pipe P-185	115	93.8	130	0.02
Pipe P-186	92	93.8	130	0.06
Pipe P-187	115	93.8	130	0.02
Pipe P-188	10	93.8	130	0.04
Pipe P-189	7	93.8	130	0.03

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-190	5	93.8	130	0.06
Pipe P-191	5	191.8	130	0.04
Pipe P-192	75	93.8	130	0.06
Pipe P-193	110	93.8	130	0.05
Pipe P-194	70	93.8	130	0.04
Pipe P-195	110	191.8	130	0.03
Pipe P-197	5	93.8	130	0.06
Pipe P-199	5	93.8	130	0.05
Pipe P-200	5	93.8	130	0.10
Pipe P-201	5	93.8	130	0.06
Pipe P-202	80	93.8	130	0.09
Pipe P-203	110	93.8	130	0.08
Pipe P-204	75	93.8	130	0.06
Pipe P-205	110	93.8	130	0.05
Pipe P-206	5	93.8	130	0.05
Pipe P-207	5	93.8	130	0.07
Pipe P-208	80	93.8	130	0.14
Pipe P-209	5	93.8	130	0.07
Pipe P-210	45	93.8	130	0.08
Pipe P-211	30	93.8	130	0.16
Pipe P-212	60	93.8	130	0.14
Pipe P-213	55	93.8	130	0.05
Pipe P-216	5	93.8	130	0.08
Pipe P-219	5	93.8	130	0.14
Pipe P-220	50	93.8	130	0.09
Pipe P-221	45	93.8	130	0.00
Pipe P-222	55	93.8	130	0.01
Pipe P-223	47	93.8	130	0.09
Pipe P-224	100	93.8	130	0.13

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-225	95	93.8	130	0.13
Pipe P-226	5	93.8	130	0.28
Pipe P-227	50	191.8	130	0.16
Pipe P-228	80	93.8	130	0.18
Pipe P-229	5	93.8	130	0.33
Pipe P-230	100	93.8	130	0.21
Pipe P-231	84	93.8	130	0.04
Pipe P-233	5	93.8	130	0.33
Pipe P-234	87	93.8	130	0.02
Pipe P-235	5	93.8	130	0.27
Pipe P-236	97	93.8	130	0.20
Pipe P-237	87	93.8	130	0.06
Pipe P-238	5	93.8	130	0.04
Pipe P-239	100	93.8	130	0.21
Pipe P-240	5	93.8	130	0.26
Pipe P-241	80	93.8	130	0.10
Pipe P-242	5	93.8	130	0.17
Pipe P-243	93	93.8	130	0.18
Pipe P-244	82	93.8	130	0.03
Pipe P-245	5	93.8	130	0.05
Pipe P-246	93	93.8	130	0.20
Pipe P-247	5	93.8	130	0.17
Pipe P-248	95	93.8	130	0.17
Pipe P-249	65	93.8	130	0.00
Pipe P-250	25	93.8	130	0.01
Pipe P-251	6	93.8	130	0.02
Pipe P-252	30	93.8	130	0.01
Pipe P-253	65	93.8	130	0.05
Pipe P-254	90	93.8	130	0.00

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-255	130	93.8	130	0.11
Pipe P-258	5	191.8	130	0.12
Pipe P-259	5	93.8	130	0.07
Pipe P-260	100	191.8	130	0.12
Pipe P-261	5	93.8	130	0.00
Pipe P-262	135	93.8	130	0.04
Pipe P-263	15	191.8	130	0.12
Pipe P-264	5	93.8	130	0.01
Pipe P-265	7	93.8	130	0.06
Pipe P-266	10	93.8	130	0.04
Pipe P-267	75	93.8	130	0.08
Pipe P-268	83	191.8	130	0.06
Pipe P-269	73	93.8	130	0.08
Pipe P-270	5	93.8	130	0.05
Pipe P-271	72	93.8	130	0.08
Pipe P-272	5	191.8	130	0.05
Pipe P-273	84	191.8	130	0.09
Pipe P-274	73	93.8	130	0.07
Pipe P-275	88	93.8	130	0.05
Pipe P-276	6	191.8	130	0.08
Pipe P-277	5	93.8	130	0.06
Pipe P-278	7	93.8	130	0.05
Pipe P-279	65	93.8	130	0.00
Pipe P-280	80	93.8	130	0.07
Pipe P-281	80	93.8	130	0.07
Pipe P-282	62	93.8	130	0.01
Pipe P-283	6	93.8	130	0.03
Pipe P-284	46	93.8	130	0.06
Pipe P-285	87	93.8	130	0.06

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-286	43	93.8	130	0.03
Pipe P-287	87	93.8	130	0.04
Pipe P-288	6	93.8	130	0.02
Pipe P-289	6	93.8	130	0.04
Pipe P-290	42	93.8	130	0.03
Pipe P-291	60	93.8	130	0.00
Pipe P-292	58	93.8	130	0.01
Pipe P-293	40	93.8	130	0.02
Pipe P-294	6	93.8	130	0.02
Pipe P-295	5	93.8	130	0.08
Pipe P-296	25	191.8	130	0.02
Pipe P-297	2	191.8	130	0.01
Pipe P-298	40	191.8	130	0.01
Pipe P-299	5	93.8	130	0.06
Pipe P-301	65	93.8	130	0.05
Pipe P-302	5	93.8	130	0.06
Pipe P-303	14	191.8	130	0.01
Pipe P-304	100	93.8	130	0.04
Pipe P-305	67	191.8	130	0.04
Pipe P-306	83	93.8	130	0.02
Pipe P-307	5	191.8	130	0.05
Pipe P-308	82	191.8	130	0.03
Pipe P-309	73	191.8	130	0.08
Pipe P-310	4	93.8	130	0.05
Pipe P-311	40	93.8	130	0.02
Pipe P-312	35	93.8	130	0.04
Pipe P-313	74	191.8	130	0.06
Pipe P-314	167	93.8	130	0.02
Pipe P-315	70	191.8	130	0.07

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-316	40	191.8	130	0.07
Pipe P-317	64	191.8	130	0.08
Pipe P-318	87	93.8	130	0.05
Pipe P-319	92	93.8	130	0.04
Pipe P-320	7	93.8	130	0.06
Pipe P-322	90	93.8	130	0.04
Pipe P-323	80	191.8	130	0.10
Pipe P-324	90	191.8	130	0.03
Pipe P-325	83	93.8	130	0.07
Pipe P-326	6	191.8	130	0.09
Pipe P-327	77	191.8	130	0.10
Pipe P-328	6	191.8	130	0.11
Pipe P-329	93	191.8	130	0.12
Pipe P-330	6	191.8	130	0.13
Pipe P-331	83	93.8	130	0.07
Pipe P-332	45	93.8	130	0.03
Pipe P-333	44	93.8	130	0.01
Pipe P-334	7	93.8	130	0.06
Pipe P-335	87	93.8	130	0.05
Pipe P-336	92	191.8	130	0.07
Pipe P-337	175	93.8	130	0.04
Pipe P-338	10	191.8	130	0.06
Pipe P-339	175	93.8	130	0.04
Pipe P-343	65	191.8	130	0.06
Pipe P-344	85	93.8	130	0.02
Pipe P-345	155	191.8	130	0.15
Pipe P-346	93	93.8	130	0.02
Pipe P-347	160	191.8	130	0.15
Pipe P-348	43	93.8	130	0.08

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-351	63	93.8	130	0.14
Pipe P-352	40	93.8	130	0.03
Pipe P-354	90	93.8	130	0.08
Pipe P-355	80	93.8	130	0.03
Pipe P-358	77	93.8	130	0.05
Pipe P-359	80	93.8	130	0.06
Pipe P-360	80	93.8	130	0.02
Pipe P-361	5	93.8	130	0.08
Pipe P-363	80	93.8	130	0.06
Pipe P-364	70	93.8	130	0.03
Pipe P-365	53	191.8	130	0.00
Pipe P-366	70	93.8	130	0.03
Pipe P-367	68	93.8	130	0.02
Pipe P-368	70	93.8	130	0.03
Pipe P-369	5	93.8	130	0.03
Pipe P-370	65	93.8	130	0.02
Pipe P-371	5	93.8	130	0.04
Pipe P-372	75	93.8	130	0.05
Pipe P-373	75	93.8	130	0.05
Pipe P-374	70	93.8	130	0.03
Pipe P-377	60	93.8	130	0.01
Pipe P-378	55	93.8	130	0.07
Pipe P-379	60	93.8	130	0.04
Pipe P-383	75	93.8	130	0.05
Pipe P-384	5	93.8	130	0.04
Pipe P-387	62	191.8	130	0.01
Pipe P-388	70	93.8	130	0.04
Pipe P-389	62	93.8	130	0.03
Pipe P-390	4	93.8	130	0.05

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-391	62	93.8	130	0.03
Pipe P-426	60	93.8	130	0.04
Pipe P-427	60	93.8	130	0.05
Pipe P-12	80	93.8	130	0.03
Pipe P-34	7	191.8	130	0.00
Pipe P-196	7	93.8	130	0.07
Pipe P-198	7	93.8	130	0.07
Pipe P-321	94	93.8	130	0.07
Pipe P-356	10	93.8	130	0.11
Pipe P-357	5	191.8	130	0.07
Pipe P-399	110	93.8	130	0.08
Pipe P-214	150	150	150	1.98
Pipe P-181	5	191.8	100	0.07
Pipe P-215	5	93.8	130	0.08
Pipe P-218	5	93.8	130	0.02
Pipe P-256	5	93.8	130	0.02
Pipe P-300	7	93.8	130	0.01
Pipe P-113	7	191.8	130	0.11
Pipe P-400	5	191.8	130	0.12
Pipe P-404	7	191.8	130	0.18
Pipe P-406	5	191.8	130	0.12
Pipe P-407	5	93.8	130	0.04
Pipe P-408	5	191.8	130	0.07
Pipe P-409	5	191.8	130	0.01
Pipe P-410	5	191.8	130	0.02
Pipe P-403	5	191.8	130	0.01
Pipe P-412	7	93.8	130	0.08
Pipe P-413	5	93.8	130	0.08
Pipe P-416	5	93.8	130	0.10

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-417	5	93.8	130	0.01
Pipe P-418	5	93.8	130	0.12
Pipe P-419	5	93.8	130	0.08
Pipe P-420	5	93.8	130	0.07
Pipe P-421	5	93.8	130	0.07
Pipe P-422	5	93.8	130	0.06
Pipe P-423	5	93.8	130	0.06
Pipe P-424	5	93.8	130	0.08
Pipe P-425	5	93.8	130	0.20
Pipe P-428	5	93.8	130	0.01
Pipe P-429	5	93.8	130	0.21
Pipe P-430	5	93.8	130	0.17
Pipe P-431	5	93.8	130	0.11
Pipe P-432	5	93.8	130	0.12
Pipe P-433	5	93.8	130	0.08
Pipe P-434	5	93.8	130	0.08
Pipe P-435	7	93.8	130	0.07
Pipe P-436	5	93.8	130	0.09
Pipe P-437	5	93.8	130	0.07
Pipe P-438	5	93.8	130	0.06
Pipe P-440	5	93.8	130	0.04
Pipe P-441	5	93.8	130	0.00
Pipe P-442	5	93.8	130	0.00
Pipe P-443	5	93.8	130	0.00
Pipe P-444	5	93.8	130	0.03
Pipe P-445	5	93.8	130	0.03
Pipe P-446	5	93.8	130	0.05
Pipe P-447	5	93.8	130	0.06
Pipe P-448	7	93.8	130	0.07

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-449	7	93.8	130	0.06
Pipe P-450	5	93.8	130	0.09
Pipe P-451	63	93.8	130	0.15
Pipe P-452	7	93.8	130	0.13
Pipe P-453	5	93.8	130	0.11
Pipe P-454	7	93.8	130	0.18
Pipe P-455	5	93.8	130	0.20
Pipe P-456	7	93.8	130	0.17
Pipe P-457	7	93.8	130	0.16
Pipe P-458	7	93.8	130	0.14
Pipe P-459	7	93.8	130	0.13
Pipe P-460	5	93.8	130	0.00
Pipe P-461	10	93.8	130	0.03
Pipe P-462	15	93.8	130	0.02
Pipe P-463	10	93.8	130	0.03
Pipe P-464	15	93.8	130	0.04
Pipe P-465	5	93.8	130	0.06
Pipe P-466	10	93.8	130	0.05
Pipe P-467	5	93.8	130	0.07
Pipe P-468	10	93.8	130	0.03
Pipe P-469	5	93.8	130	0.10
Pipe P-470	7	191.8	130	0.09
Pipe P-474	5	93.8	130	0.05
Pipe P-475	10	93.8	130	0.05
Pipe P-476	15	93.8	130	0.07
Pipe P-477	5	93.8	130	0.04
Pipe P-478	5	93.8	130	0.04
Pipe P-479	5	93.8	130	0.03
Pipe P-480	5	93.8	130	0.02

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-481	20	93.8	130	0.03
Pipe P-482	10	93.8	130	0.03
Pipe P-3	180	93.8	130	0.02
Pipe P-4	5	93.8	130	0.01
Pipe P-144	7	191.8	130	0.06
Pipe P-146	5	93.8	130	0.01
Pipe P-174	10	93.8	130	0.02
Pipe P-340	5	93.8	130	0.03
Pipe P-341	100	93.8	130	0.04
Pipe P-342	100	93.8	130	0.01
Pipe P-349	5	93.8	130	0.04
Pipe P-350	5	93.8	130	0.01
Pipe P-353	5	93.8	130	0.11
Pipe P-393	5	93.8	130	0.05
Pipe P-394	7	93.8	130	0.05
Pipe P-395	5	93.8	130	0.05
Pipe P-396	5	93.8	130	0.06
Pipe P-397	5	93.8	130	0.02
Pipe P-398	5	93.8	130	0.02
Pipe P-401	5	93.8	130	0.06
Pipe P-402	5	93.8	130	0.02
Pipe P-405	5	93.8	130	0.01
Pipe P-483	5	93.8	130	0.03
Pipe P-484	5	93.8	130	0.02
Pipe P-485	5	93.8	130	0.12
Pipe P-486	70	93.8	130	0.03
Pipe P-487	5	93.8	130	0.05
Pipe P-488	5	93.8	130	0.06
Pipe P-489	5	93.8	130	0.02

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-490	5	93.8	130	0.02
Pipe P-491	5	93.8	130	0.04
Pipe P-492	5	93.8	130	0.06
Pipe P-493	5	93.8	130	0.04
Pipe P-494	5	93.8	130	0.06
Pipe P-495	10	93.8	130	0.16
Pipe P-496	5	93.8	130	0.08
Pipe P-497	5	93.8	130	0.05
Pipe P-498	5	93.8	130	0.06
Pipe P-499	10	93.8	130	0.06
Pipe P-500	20	93.8	130	0.16
Pipe P-217	5	93.8	130	0.02
Pipe P-257	5	93.8	130	0.03
Pipe P-362	10	93.8	130	0.03
Pipe P-375	5	93.8	130	0.04
Pipe P-376	5	93.8	130	0.93
Pipe P-380	17	93.8	130	1.43
Pipe P-381	100	191.8	130	0.20
Pipe P-382	77	93.8	130	0.06
Pipe P-386	45	93.8	130	0.00
Pipe P-392	10	93.8	130	0.05
Pipe P-411	85	93.8	130	0.05
Pipe P-439	50	93.8	130	0.02
Pipe P-471	6	191.8	130	0.14
Pipe P-472	40	93.8	130	0.06
Pipe P-473	5	93.8	130	0.01
Pipe P-5	5	93.8	130	0.07
Pipe P-28	5	93.8	130	0.01
Pipe P-120	60	93.8	130	0.08

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-121	5	93.8	130	0.09
Pipe P-126	20	93.8	130	0.11
Pipe P-127	5	93.8	130	0.01
Pipe P-232	5	93.8	130	0.02

Network Table - Nodes

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-1	30	0.04	77.54	47.54
Junc J-2	34	0.04	77.54	43.54
Junc J-3	34	0.08	77.56	43.56
Junc J-6	25	0.05	77.55	52.55
Junc J-7	34	0.08	77.57	43.57
Junc J-8	32	0.08	77.58	45.58
Junc J-9	30	0.07	77.58	47.58
Junc J-10	30	0.08	77.56	47.56
Junc J-11	32	0.07	77.59	45.59
Junc J-12	34	0.06	77.60	43.60
Junc J-13	30	0.07	77.60	47.60
Junc J-14	30	0.08	77.59	47.59
Junc J-15	34	0.07	77.60	43.60
Junc J-16	40	0.07	77.62	37.62
Junc J-17	38	0.07	77.62	39.62
Junc J-18	30	0.08	77.60	47.60
Junc J-19	38	0.07	77.63	39.63
Junc J-20	39	0.07	77.66	38.66
Junc J-21	37	0.20	77.66	40.66
Junc J-22	32	0.20	77.62	45.62
Junc J-25	39	0.08	77.72	38.72
Junc J-26	42	0.08	77.77	35.77
Junc J-27	40	0.09	77.71	37.71
Junc J-28	36	0.09	77.66	41.66
Junc J-31	42	0.08	78.18	36.18
Junc J-32	48	0.07	77.98	29.98
Junc J-33	48	0.06	77.77	29.77
Junc J-34	40	0.06	77.71	37.71

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-35	44	0.06	77.97	33.97
Junc J-36	45	0.04	77.87	32.87
Junc J-37	44	0.08	77.77	33.77
Junc J-38	47	0.09	77.77	30.77
Junc J-39	45	0.06	77.87	32.87
Junc J-40	47	0.07	77.79	30.79
Junc J-41	45	0.08	77.76	32.76
Junc J-42	44	0.08	77.77	33.77
Junc J-43	48	0.06	77.78	29.78
Junc J-44	48	0.05	77.76	29.76
Junc J-45	42	0.07	77.75	35.75
Junc J-46	44	0.07	77.75	33.75
Junc J-47	47	0.06	77.76	30.76
Junc J-48	44	0.07	77.75	33.75
Junc J-49	38	0.06	77.75	39.75
Junc J-50	42	0.05	77.75	35.75
Junc J-51	44	0.07	77.75	33.75
Junc J-52	41	0.07	77.74	36.74
Junc J-53	35	0.06	77.73	42.73
Junc J-54	38	0.06	77.75	39.75
Junc J-55	41	0.09	77.73	36.73
Junc J-56	37	0.12	77.73	40.73
Junc J-57	36	0.11	77.72	41.72
Junc J-58	35	0.09	77.73	42.73
Junc J-59	36	0.07	77.72	41.72
Junc J-60	36	0.10	77.72	41.72
Junc J-61	34	0.09	77.72	43.72
Junc J-62	34	0.05	77.72	43.72
Junc J-63	36	0.09	77.73	41.73

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-64	36	0.12	77.72	41.72
Junc J-65	35	0.10	77.71	42.71
Junc J-66	34	0.09	77.71	43.71
Junc J-67	34	0.07	77.71	43.71
Junc J-68	34	0.00	77.71	43.71
Junc J-69	34	0.05	77.72	43.72
Junc J-70	34	0.12	77.71	43.71
Junc J-71	34	0.08	77.71	43.71
Junc J-72	34	0.00	77.71	43.71
Junc J-73	34	0.07	77.71	43.71
Junc J-74	33	0.10	77.71	44.71
Junc J-75	34	0.10	77.71	43.71
Junc J-76	33	0.06	77.71	44.71
Junc J-77	34	0.07	77.71	43.71
Junc J-78	34	0.06	77.71	43.71
Junc J-79	32	0.05	77.71	45.71
Junc J-23	32	0.22	77.71	45.71
Junc J-24	34	0.16	77.71	43.71
Junc J-30	39	0.08	77.70	38.70
Junc J-94	18	5.00	76.97	58.97
Junc J-95	16	0.12	77.13	61.13
Junc J-96	24	0.15	77.29	53.29
Junc J-97	23	0.19	77.28	54.28
Junc J-98	23	0.04	77.29	54.29
Junc J-99	24	0.11	77.49	53.49
Junc J-100	27	0.10	77.49	50.49
Junc J-101	24	0.09	77.30	53.30
Junc J-103	24	0.07	77.52	53.52
Junc J-104	26	0.08	77.57	51.57

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-105	23	0.02	77.57	54.57
Junc J-106	27	0.02	77.50	50.50
Junc J-107	25	0.09	77.57	52.57
Junc J-108	26	0.08	77.59	51.59
Junc J-109	23	0.13	77.59	54.59
Junc J-110	23	0.15	77.57	54.57
Junc J-116	22	0.39	77.59	55.59
Junc J-117	22	0.01	77.60	55.60
Junc J-118	23	0.00	77.60	54.60
Junc J-120	22	0.01	77.60	55.60
Junc J-121	22	0.01	77.60	55.60
Junc J-122	22	0.03	77.60	55.60
Junc J-123	24	0.02	77.60	53.60
Junc J-124	23	0.03	77.61	54.61
Junc J-125	25	0.02	77.61	52.61
Junc J-127	23	0.09	77.61	54.61
Junc J-128	25	0.10	77.62	52.62
Junc J-129	24	0.11	77.62	53.62
Junc J-130	27	0.10	77.61	50.61
Junc J-131	24	0.07	77.62	53.62
Junc J-132	25	0.06	77.62	52.62
Junc J-133	25	0.03	77.62	52.62
Junc J-134	25	0.04	77.62	52.62
Junc J-135	25	0.03	77.63	52.63
Junc J-136	26	0.04	77.63	51.63
Junc J-137	26	0.02	77.63	51.63
Junc J-138	26	0.02	77.63	51.63
Junc J-140	31	0.02	77.65	46.65
Junc J-141	31	0.07	77.66	46.66

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-142	27	0.06	77.67	50.67
Junc J-143	28	0.05	77.68	49.68
Junc J-144	28	0.03	77.68	49.68
Junc J-145	28	0.01	77.68	49.68
Junc J-147	28	0.02	77.68	49.68
Junc J-148	28	0.06	77.69	49.69
Junc J-149	32	0.08	77.69	45.69
Junc J-150	32	0.06	77.69	45.69
Junc J-151	31	0.05	77.69	46.69
Junc J-152	29	0.05	77.69	48.69
Junc J-153	34	0.08	77.68	43.68
Junc J-154	30	0.00	77.70	47.70
Junc J-155	30	0.16	77.70	47.70
Junc J-156	30	0.06	77.69	47.69
Junc J-157	34	0.09	77.70	43.70
Junc J-158	32	0.03	77.70	45.70
Junc J-159	29	0.08	77.69	48.69
Junc J-160	30	0.08	77.70	47.70
Junc J-161	22	0.09	77.56	55.56
Junc J-162	17	0.09	77.56	60.56
Junc J-163	21	0.08	77.57	56.57
Junc J-164	24	0.08	77.57	53.57
Junc J-165	29	0.02	77.69	48.69
Junc J-167	13	0.03	77.55	64.55
Junc J-168	15	0.32	77.55	62.55
Junc J-169	17	0.32	77.56	60.56
Junc J-170	24	0.32	77.55	53.55
Junc J-171	25	0.32	77.55	52.55
Junc J-172	31	0.00	77.54	46.54

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-173	26	5.21	77.53	51.53
Junc J-80	33	0.11	77.56	44.56
Junc J-81	21	0.15	77.57	56.57
Junc J-82	32	0.12	77.56	45.56
Junc J-83	28	0.13	77.58	49.58
Junc J-84	21	0.11	77.57	56.57
Junc J-85	24	0.13	77.58	53.58
Junc J-86	28	0.10	77.59	49.59
Junc J-87	29	0.11	77.60	48.60
Junc J-88	24	0.11	77.59	53.59
Junc J-89	27	0.12	77.59	50.59
Junc J-90	29	0.11	77.60	48.60
Junc J-91	32	0.12	77.62	45.62
Junc J-92	31	0.11	77.61	46.61
Junc J-93	28	0.11	77.59	49.59
Junc J-111	32	0.07	77.62	45.62
Junc J-112	36	0.06	77.66	41.66
Junc J-113	35	0.02	77.65	42.65
Junc J-114	35	0.13	77.64	42.64
Junc J-177	31	0.08	77.61	46.61
Junc J-178	33	0.04	77.61	44.61
Junc J-179	36	0.05	77.66	41.66
Junc J-180	40	0.07	77.70	37.70
Junc J-181	35	0.05	77.65	42.65
Junc J-182	37	0.04	77.66	40.66
Junc J-183	35	0.04	77.66	42.66
Junc J-184	37	0.06	77.67	40.67
Junc J-185	40	0.10	77.70	37.70
Junc J-186	48	0.10	77.76	29.76

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-187	39	0.10	77.69	38.69
Junc J-188	37	0.10	77.67	40.67
Junc J-189	48	0.10	77.76	29.76
Junc J-190	44	0.11	77.76	33.76
Junc J-191	39	0.11	77.69	38.69
Junc J-192	44	0.11	77.70	33.70
Junc J-193	44	0.11	77.76	33.76
Junc J-194	45	0.10	77.75	32.75
Junc J-195	44	0.10	77.70	33.70
Junc J-196	46	0.11	77.70	31.70
Junc J-197	45	0.09	77.75	32.75
Junc J-198	42	0.29	77.75	35.75
Junc J-199	32	0.00	77.75	45.75
Junc J-200	38	0.17	77.73	39.73
Junc J-201	39	0.10	77.70	38.70
Junc J-202	37	0.05	77.71	40.71
Junc J-203	36	0.05	77.71	41.71
Junc J-204	34	0.00	77.72	43.72
Junc J-205	41	0.05	77.71	36.71
Junc J-206	38	0.05	77.71	39.71
Junc J-207	40	0.00	77.71	37.71
Junc J-208	40	0.08	77.70	37.70
Junc J-209	31	0.07	77.69	46.69
Junc J-210	40	0.07	77.70	37.70
Junc J-211	32	0.07	77.69	45.69
Junc J-212	32	0.07	77.69	45.69
Junc J-213	40	0.08	77.69	37.69
Junc J-214	39	0.07	77.68	38.68
Junc J-215	34	0.07	77.68	43.68

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-216	21	0.06	77.57	56.57
Junc J-217	24	0.06	77.57	53.57
Junc J-218	26	0.00	77.58	51.58
Junc J-219	24	0.07	77.58	53.58
Junc J-220	24	0.03	77.58	53.58
Junc J-221	26	0.03	77.58	51.58
Junc J-222	24	0.03	77.58	53.58
Junc J-223	26	0.02	77.58	51.58
Junc J-224	24	0.03	77.58	53.58
Junc J-225	26	0.05	77.58	51.58
Junc J-226	24	0.03	77.53	53.53
Junc J-227	25	0.05	77.57	52.57
Junc J-228	25	0.08	77.57	52.57
Junc J-229	25	0.11	77.59	52.59
Junc J-230	26	0.08	77.59	51.59
Junc J-231	27	0.07	77.59	50.59
Junc J-232	27	0.13	77.59	50.59
Junc J-233	25	0.06	77.59	52.59
Junc J-234	25	0.06	77.59	52.59
Junc J-235	28	0.17	77.60	49.60
Junc J-236	22	0.08	77.60	55.60
Junc J-237	23	0.07	77.59	54.59
Junc J-238	24	0.06	77.59	53.59
Junc J-239	25	0.02	77.59	52.59
Junc J-240	25	0.10	77.59	52.59
Junc J-241	25	0.02	77.59	52.59
Junc J-242	26	0.17	77.59	51.59
Junc J-243	25	0.08	77.62	52.62
Junc J-244	25	0.06	77.62	52.62

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-245	26	0.04	77.63	51.63
Junc J-246	26	0.10	77.63	51.63
Junc J-247	25	0.11	77.63	52.63
Junc J-248	25	0.11	77.63	52.63
Junc J-251	29	0.09	77.64	48.64
Junc J-253	30	0.09	77.64	47.64
Junc J-254	26	0.08	77.63	51.63
Junc J-255	25	0.10	77.62	52.62
Junc J-256	26	0.07	77.63	51.63
Junc J-257	26	0.05	77.63	51.63
Junc J-258	26	0.09	77.63	51.63
Junc J-259	26	0.10	77.63	51.63
Junc J-260	23	0.15	77.61	54.61
Junc J-261	23	0.16	77.61	54.61
Junc J-262	23	0.15	77.60	54.60
Junc J-264	29	0.10	77.64	48.64
Junc J-265	29	0.14	77.62	48.62
Junc J-266	29	0.19	77.62	48.62
Junc J-267	28	0.18	77.60	49.60
Junc J-268	29	0.18	77.64	48.64
Junc J-269	30	0.21	77.64	47.64
Junc J-270	39	0.19	77.68	38.68
Junc J-271	37	0.16	77.67	40.67
Junc J-272	35	0.03	77.66	42.66
Junc J-273	37	0.03	77.67	40.67
Junc J-275	33	0.03	77.64	44.64
Junc J-276	33	0.03	77.64	44.64
Junc J-277	29	0.10	77.62	48.62
Junc J-278	32	0.08	77.62	45.62

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-280	33	0.08	77.64	44.64
Junc J-281	29	0.10	77.64	48.64
Junc J-282	32	0.07	77.62	45.62
Junc J-283	29	0.07	77.62	48.62
Junc J-284	29	0.08	77.60	48.60
Junc J-285	30	0.07	77.60	47.60
Junc J-286	25	0.05	77.59	52.59
Junc J-287	26	0.05	77.59	51.59
Junc J-288	28	0.06	77.59	49.59
Junc J-289	28	0.06	77.59	49.59
Junc J-290	27	0.06	77.59	50.59
Junc J-291	27	0.06	77.59	50.59
Junc J-292	30	0.06	77.60	47.60
Junc J-293	28	0.06	77.60	49.60
Junc J-294	33	0.05	77.61	44.61
Junc J-295	32	0.04	77.61	45.61
Junc J-296	36	0.04	77.61	41.61
Junc J-297	31	0.05	77.61	46.61
Junc J-298	35	0.06	77.60	42.60
Junc J-299	28	0.06	77.59	49.59
Junc J-300	28	0.06	77.59	49.59
Junc J-302	31	0.00	77.61	46.61
Junc J-303	27	0.06	77.59	50.59
Junc J-304	28	0.05	77.59	49.59
Junc J-305	24	0.06	77.59	53.59
Junc J-306	26	0.05	77.59	51.59
Junc J-309	23	0.00	77.57	54.57
Junc J-4	26	0.00	77.63	51.63
Junc J-5	26	0.00	77.63	51.63

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc J-29	30	0.00	77.64	47.64
Junc J-102	30	0.00	77.64	47.64
Resvr R-1	81	-33.27	81.00	0.00

Network Table - Links

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-1	30	191.8	130	0.15
Pipe P-2	75	93.8	130	0.12
Pipe P-6	85	93.8	130	0.09
Pipe P-7	7	93.8	130	0.52
Pipe P-8	85	191.8	130	0.14
Pipe P-9	73	93.8	130	0.02
Pipe P-10	85	93.8	130	0.11
Pipe P-11	75	93.8	130	0.07
Pipe P-13	80	191.8	130	0.16
Pipe P-14	73	93.8	130	0.05
Pipe P-15	75	93.8	130	0.10
Pipe P-16	73	191.8	130	0.01
Pipe P-17	7	191.8	130	0.18
Pipe P-18	82	191.8	130	0.19
Pipe P-19	73	93.8	130	0.06
Pipe P-20	82	93.8	130	0.12
Pipe P-21	72	93.8	130	0.05
Pipe P-22	7	191.8	130	0.21
Pipe P-23	82	191.8	130	0.23
Pipe P-24	72	93.8	130	0.01
Pipe P-25	82	93.8	130	0.16
Pipe P-26	72	93.8	130	0.07
Pipe P-30	94	191.8	130	0.28
Pipe P-31	74	93.8	130	0.22
Pipe P-32	94	93.8	130	0.16
Pipe P-33	74	93.8	130	0.21
Pipe P-37	76	191.8	130	0.65
Pipe P-38	74	93.8	130	0.45

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-39	80	93.8	130	0.21
Pipe P-40	74	93.8	130	0.68
Pipe P-41	7	191.8	130	0.54
Pipe P-42	82	191.8	130	0.44
Pipe P-43	74	93.8	130	0.30
Pipe P-44	87	93.8	130	0.02
Pipe P-45	74	93.8	130	0.43
Pipe P-46	5	191.8	130	0.36
Pipe P-47	85	191.8	100	0.29
Pipe P-48	72	93.8	130	0.16
Pipe P-49	80	93.8	130	0.08
Pipe P-50	71	93.8	130	0.30
Pipe P-51	5	191.8	130	0.25
Pipe P-52	67	191.8	130	0.21
Pipe P-53	73	93.8	130	0.09
Pipe P-54	64	93.8	130	0.04
Pipe P-55	73	93.8	130	0.15
Pipe P-56	4	191.8	130	0.19
Pipe P-57	70	191.8	130	0.17
Pipe P-58	76	93.8	130	0.03
Pipe P-59	68	93.8	130	0.07
Pipe P-60	75	93.8	130	0.08
Pipe P-61	5	191.8	130	0.16
Pipe P-62	70	191.8	130	0.15
Pipe P-63	75	191.8	130	0.11
Pipe P-64	68	93.8	130	0.12
Pipe P-65	75	93.8	130	0.03
Pipe P-66	6	93.8	130	0.14
Pipe P-67	100	93.8	130	0.06

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-68	80	93.8	130	0.05
Pipe P-69	124	93.8	130	0.05
Pipe P-70	75	93.8	130	0.06
Pipe P-71	7	93.8	130	0.08
Pipe P-72	20	93.8	130	0.11
Pipe P-73	147	93.8	130	0.02
Pipe P-74	15	93.8	130	0.05
Pipe P-75	97	93.8	130	0.08
Pipe P-76	127	93.8	130	0.05
Pipe P-77	7	93.8	130	0.08
Pipe P-78	140	93.8	130	0.02
Pipe P-79	7	93.8	130	0.07
Pipe P-80	7	93.8	130	0.07
Pipe P-81	122	93.8	130	0.02
Pipe P-82	40	93.8	130	0.03
Pipe P-83	80	93.8	130	0.04
Pipe P-84	125	93.8	130	0.01
Pipe P-85	65	93.8	130	0.03
Pipe P-86	16	93.8	130	0.02
Pipe P-87	15	191.8	130	0.00
Pipe P-88	113	93.8	130	0.01
Pipe P-89	75	93.8	130	0.04
Pipe P-90	7	93.8	130	0.03
Pipe P-91	75	93.8	130	0.04
Pipe P-92	58	93.8	130	0.06
Pipe P-29	77	93.8	130	0.03
Pipe P-35	67	191.8	130	0.10
Pipe P-36	80	93.8	130	0.03
Pipe P-93	106	93.8	130	0.31

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-94	120	93.8	130	0.29
Pipe P-95	115	93.8	130	0.43
Pipe P-96	117	93.8	130	0.05
Pipe P-97	7	93.8	130	0.21
Pipe P-98	80	93.8	130	0.41
Pipe P-99	102	93.8	130	0.03
Pipe P-100	78	93.8	130	0.40
Pipe P-101	7	93.8	130	0.38
Pipe P-102	7	93.8	130	0.21
Pipe P-103	107	93.8	10	0.01
Pipe P-104	10	93.8	130	0.46
Pipe P-105	72	93.8	130	0.19
Pipe P-106	82	93.8	130	0.01
Pipe P-107	50	93.8	130	0.28
Pipe P-108	7	93.8	130	0.38
Pipe P-109	100	93.8	130	0.10
Pipe P-110	64	93.8	130	0.14
Pipe P-111	67	93.8	130	0.01
Pipe P-112	60	93.8	130	0.15
Pipe P-116	70	93.8	130	0.07
Pipe P-117	77	93.8	130	0.07
Pipe P-118	40	93.8	130	0.02
Pipe P-119	15	93.8	130	0.06
Pipe P-122	25	93.8	130	0.05
Pipe P-123	7	93.8	130	0.08
Pipe P-124	55	93.8	130	0.01
Pipe P-125	55	93.8	130	0.07
Pipe P-128	30	93.8	130	0.08
Pipe P-129	7	93.8	130	0.08

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-130	93	93.8	130	0.07
Pipe P-131	83	93.8	130	0.02
Pipe P-132	93	93.8	130	0.07
Pipe P-133	84	93.8	130	0.01
Pipe P-134	7	93.8	130	0.06
Pipe P-135	96	93.8	130	0.06
Pipe P-136	10	93.8	130	0.02
Pipe P-137	127	93.8	130	0.05
Pipe P-138	5	93.8	130	0.06
Pipe P-139	80	93.8	130	0.02
Pipe P-140	60	93.8	130	0.04
Pipe P-141	50	93.8	130	0.04
Pipe P-142	50	93.8	130	0.04
Pipe P-143	40	93.8	130	0.04
Pipe P-145	165	93.8	130	0.08
Pipe P-147	7	93.8	130	0.25
Pipe P-148	80	93.8	130	0.09
Pipe P-149	45	93.8	130	0.10
Pipe P-150	20	93.8	130	0.11
Pipe P-151	45	93.8	130	0.00
Pipe P-152	10	93.8	130	0.11
Pipe P-153	5	93.8	130	0.08
Pipe P-154	85	93.8	130	0.06
Pipe P-155	47	93.8	130	0.02
Pipe P-156	84	93.8	130	0.05
Pipe P-157	75	93.8	130	0.03
Pipe P-158	42	93.8	130	0.17
Pipe P-159	85	93.8	130	0.07
Pipe P-160	90	93.8	130	0.03

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-161	67	93.8	130	0.09
Pipe P-162	5	93.8	130	0.09
Pipe P-163	25	93.8	130	0.06
Pipe P-164	140	191.8	130	0.07
Pipe P-165	37	93.8	130	0.08
Pipe P-166	47	93.8	130	0.02
Pipe P-167	95	93.8	130	0.00
Pipe P-168	20	93.8	130	0.05
Pipe P-169	85	93.8	130	0.05
Pipe P-170	65	93.8	130	0.04
Pipe P-171	105	93.8	130	0.06
Pipe P-172	65	93.8	130	0.02
Pipe P-173	105	93.8	130	0.05
Pipe P-175	10	93.8	130	0.05
Pipe P-176	58	93.8	130	0.08
Pipe P-177	130	93.8	130	0.03
Pipe P-178	30	93.8	130	0.08
Pipe P-179	155	93.8	130	0.02
Pipe P-180	250	93.8	130	0.05
Pipe P-182	22	191.8	130	0.18
Pipe P-114	50	93.8	130	0.09
Pipe P-115	115	93.8	130	0.03
Pipe P-183	105	93.8	130	0.06
Pipe P-184	85	93.8	130	0.11
Pipe P-185	115	93.8	130	0.00
Pipe P-186	92	93.8	130	0.10
Pipe P-187	115	93.8	130	0.03
Pipe P-188	10	93.8	130	0.01
Pipe P-189	7	93.8	130	0.00

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-190	5	93.8	130	0.09
Pipe P-191	5	191.8	130	0.01
Pipe P-192	75	93.8	130	0.10
Pipe P-193	110	93.8	130	0.04
Pipe P-194	70	93.8	130	0.08
Pipe P-195	110	191.8	130	0.00
Pipe P-197	5	93.8	130	0.05
Pipe P-199	5	93.8	130	0.06
Pipe P-200	5	93.8	130	0.01
Pipe P-201	5	93.8	130	0.05
Pipe P-202	80	93.8	130	0.12
Pipe P-203	110	93.8	130	0.07
Pipe P-204	75	93.8	130	0.09
Pipe P-205	110	93.8	130	0.04
Pipe P-206	5	93.8	130	0.08
Pipe P-207	5	93.8	130	0.06
Pipe P-208	80	93.8	130	0.16
Pipe P-209	5	93.8	130	0.03
Pipe P-210	45	93.8	130	0.06
Pipe P-211	30	93.8	130	0.17
Pipe P-212	60	93.8	130	0.15
Pipe P-213	55	93.8	130	0.08
Pipe P-216	5	93.8	130	0.07
Pipe P-219	5	93.8	130	0.12
Pipe P-220	50	93.8	130	0.07
Pipe P-221	45	93.8	130	0.05
Pipe P-222	55	93.8	130	0.05
Pipe P-223	47	93.8	130	0.11
Pipe P-224	100	93.8	130	0.13

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-225	95	93.8	130	0.16
Pipe P-226	5	93.8	130	0.26
Pipe P-227	50	191.8	130	0.16
Pipe P-228	80	93.8	130	0.21
Pipe P-229	5	93.8	130	0.32
Pipe P-230	100	93.8	130	0.21
Pipe P-231	84	93.8	130	0.09
Pipe P-233	5	93.8	130	0.31
Pipe P-234	87	93.8	130	0.03
Pipe P-235	5	93.8	130	0.26
Pipe P-236	97	93.8	130	0.20
Pipe P-237	87	93.8	130	0.09
Pipe P-238	5	93.8	130	0.08
Pipe P-239	100	93.8	130	0.21
Pipe P-240	5	93.8	130	0.26
Pipe P-241	80	93.8	130	0.07
Pipe P-242	5	93.8	130	0.17
Pipe P-243	93	93.8	130	0.18
Pipe P-244	82	93.8	130	0.06
Pipe P-245	5	93.8	130	0.07
Pipe P-246	93	93.8	130	0.20
Pipe P-247	5	93.8	130	0.16
Pipe P-248	95	93.8	130	0.17
Pipe P-249	65	93.8	130	0.03
Pipe P-250	25	93.8	130	0.00
Pipe P-251	6	93.8	130	0.03
Pipe P-252	30	93.8	130	0.01
Pipe P-253	65	93.8	130	0.02
Pipe P-254	90	93.8	130	0.00

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-255	130	93.8	130	0.10
Pipe P-258	5	191.8	130	0.12
Pipe P-259	5	93.8	130	0.07
Pipe P-260	100	191.8	130	0.12
Pipe P-261	5	93.8	130	0.02
Pipe P-262	135	93.8	130	0.06
Pipe P-263	15	191.8	130	0.13
Pipe P-264	5	93.8	130	0.04
Pipe P-265	7	93.8	130	0.06
Pipe P-266	10	93.8	130	0.03
Pipe P-267	75	93.8	130	0.09
Pipe P-268	83	191.8	130	0.10
Pipe P-269	73	93.8	130	0.07
Pipe P-270	5	93.8	130	0.07
Pipe P-271	72	93.8	130	0.07
Pipe P-272	5	191.8	130	0.08
Pipe P-273	84	191.8	130	0.14
Pipe P-274	73	93.8	130	0.05
Pipe P-275	88	93.8	130	0.07
Pipe P-276	6	191.8	130	0.12
Pipe P-277	5	93.8	130	0.08
Pipe P-278	7	93.8	130	0.08
Pipe P-279	65	93.8	130	0.02
Pipe P-280	80	93.8	130	0.11
Pipe P-281	80	93.8	130	0.11
Pipe P-282	62	93.8	130	0.02
Pipe P-283	6	93.8	130	0.06
Pipe P-284	46	93.8	130	0.21
Pipe P-285	87	93.8	130	0.18

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-286	43	93.8	130	0.08
Pipe P-287	87	93.8	130	0.11
Pipe P-288	6	93.8	130	0.05
Pipe P-289	6	93.8	130	0.11
Pipe P-290	42	93.8	130	0.07
Pipe P-291	60	93.8	130	0.00
Pipe P-292	58	93.8	130	0.04
Pipe P-293	40	93.8	130	0.05
Pipe P-294	6	93.8	130	0.04
Pipe P-295	5	93.8	130	0.18
Pipe P-296	25	191.8	130	0.06
Pipe P-297	2	191.8	130	0.05
Pipe P-298	40	191.8	130	0.04
Pipe P-299	5	93.8	130	0.13
Pipe P-301	65	93.8	130	0.14
Pipe P-302	5	93.8	130	0.13
Pipe P-303	14	191.8	130	0.01
Pipe P-304	100	93.8	130	0.10
Pipe P-305	67	191.8	130	0.11
Pipe P-306	83	93.8	130	0.03
Pipe P-307	5	191.8	130	0.11
Pipe P-308	82	191.8	130	0.02
Pipe P-309	73	191.8	130	0.13
Pipe P-310	4	93.8	130	0.03
Pipe P-311	40	93.8	130	0.01
Pipe P-312	35	93.8	130	0.02
Pipe P-313	74	191.8	130	0.11
Pipe P-314	167	93.8	130	0.02
Pipe P-315	70	191.8	130	0.10

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-316	40	191.8	130	0.09
Pipe P-317	64	191.8	130	0.10
Pipe P-318	87	93.8	130	0.08
Pipe P-319	92	93.8	130	0.04
Pipe P-320	7	93.8	130	0.07
Pipe P-322	90	93.8	130	0.04
Pipe P-323	80	191.8	130	0.12
Pipe P-324	90	191.8	130	0.06
Pipe P-325	83	93.8	130	0.08
Pipe P-326	6	191.8	130	0.14
Pipe P-327	77	191.8	130	0.15
Pipe P-328	6	191.8	130	0.16
Pipe P-329	93	191.8	130	0.17
Pipe P-330	6	191.8	130	0.18
Pipe P-331	83	93.8	130	0.07
Pipe P-332	45	93.8	130	0.02
Pipe P-333	44	93.8	130	0.00
Pipe P-334	7	93.8	130	0.07
Pipe P-335	87	93.8	130	0.08
Pipe P-336	92	191.8	130	0.11
Pipe P-337	175	93.8	130	0.05
Pipe P-338	10	191.8	130	0.11
Pipe P-339	175	93.8	130	0.05
Pipe P-343	65	191.8	130	0.11
Pipe P-344	85	93.8	130	0.09
Pipe P-345	155	191.8	130	0.17
Pipe P-346	93	93.8	130	0.04
Pipe P-347	160	191.8	130	0.18
Pipe P-348	43	93.8	130	0.10

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-351	63	93.8	130	0.15
Pipe P-352	40	93.8	130	0.05
Pipe P-354	90	93.8	130	0.11
Pipe P-355	80	93.8	130	0.01
Pipe P-358	77	93.8	130	0.06
Pipe P-359	80	93.8	130	0.09
Pipe P-360	80	93.8	130	0.00
Pipe P-361	5	93.8	130	0.12
Pipe P-363	80	93.8	130	0.09
Pipe P-364	70	93.8	130	0.03
Pipe P-365	53	191.8	130	0.03
Pipe P-366	70	93.8	130	0.07
Pipe P-367	68	93.8	130	0.02
Pipe P-368	70	93.8	130	0.07
Pipe P-369	5	93.8	130	0.07
Pipe P-370	65	93.8	130	0.02
Pipe P-371	5	93.8	130	0.08
Pipe P-372	75	93.8	130	0.09
Pipe P-373	75	93.8	130	0.08
Pipe P-374	70	93.8	130	0.03
Pipe P-377	60	93.8	130	0.01
Pipe P-378	55	93.8	130	0.09
Pipe P-379	60	93.8	130	0.04
Pipe P-383	75	93.8	130	0.09
Pipe P-384	5	93.8	130	0.08
Pipe P-387	62	191.8	130	0.02
Pipe P-388	70	93.8	130	0.08
Pipe P-389	62	93.8	130	0.03
Pipe P-390	4	93.8	130	0.09

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-391	62	93.8	130	0.03
Pipe P-426	60	93.8	130	0.04
Pipe P-427	60	93.8	130	0.07
Pipe P-12	80	93.8	130	0.05
Pipe P-34	7	191.8	130	0.03
Pipe P-196	7	93.8	130	0.11
Pipe P-198	7	93.8	130	0.11
Pipe P-321	94	93.8	130	0.09
Pipe P-356	10	93.8	130	0.11
Pipe P-357	5	191.8	130	0.15
Pipe P-399	110	93.8	130	0.08
Pipe P-214	150	150	150	1.88
Pipe P-181	5	191.8	100	0.09
Pipe P-215	5	93.8	130	0.08
Pipe P-218	5	93.8	130	0.03
Pipe P-256	5	93.8	130	0.05
Pipe P-300	7	93.8	130	0.01
Pipe P-113	7	191.8	130	0.11
Pipe P-400	5	191.8	130	0.17
Pipe P-404	7	191.8	130	0.19
Pipe P-406	5	191.8	130	0.14
Pipe P-407	5	93.8	130	0.04
Pipe P-408	5	191.8	130	0.11
Pipe P-409	5	191.8	130	0.05
Pipe P-410	5	191.8	130	0.01
Pipe P-403	5	191.8	130	0.17
Pipe P-412	7	93.8	130	0.06
Pipe P-413	5	93.8	130	0.07
Pipe P-416	5	93.8	130	0.10

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-449	7	93.8	130	0.05
Pipe P-450	5	93.8	130	0.12
Pipe P-451	63	93.8	130	0.17
Pipe P-452	7	93.8	130	0.13
Pipe P-453	5	93.8	130	0.14
Pipe P-454	7	93.8	130	0.18
Pipe P-455	5	93.8	130	0.20
Pipe P-456	7	93.8	130	0.17
Pipe P-457	7	93.8	130	0.17
Pipe P-458	7	93.8	130	0.15
Pipe P-459	7	93.8	130	0.14
Pipe P-460	5	93.8	130	0.01
Pipe P-461	10	93.8	130	0.03
Pipe P-462	15	93.8	130	0.04
Pipe P-463	10	93.8	130	0.01
Pipe P-464	15	93.8	130	0.06
Pipe P-465	5	93.8	130	0.09
Pipe P-466	10	93.8	130	0.04
Pipe P-467	5	93.8	130	0.07
Pipe P-468	10	93.8	130	0.05
Pipe P-469	5	93.8	130	0.11
Pipe P-470	7	191.8	130	0.11
Pipe P-474	5	93.8	130	0.07
Pipe P-475	10	93.8	130	0.07
Pipe P-476	15	93.8	130	0.09
Pipe P-477	5	93.8	130	0.04
Pipe P-478	5	93.8	130	0.04
Pipe P-479	5	93.8	130	0.03
Pipe P-480	5	93.8	130	0.02

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-481	20	93.8	130	0.06
Pipe P-482	10	93.8	130	0.07
Pipe P-3	180	93.8	130	0.02
Pipe P-4	5	93.8	130	0.01
Pipe P-144	7	191.8	130	0.12
Pipe P-146	5	93.8	130	0.03
Pipe P-174	10	93.8	130	0.03
Pipe P-340	5	93.8	130	0.02
Pipe P-341	100	93.8	130	0.12
Pipe P-342	100	93.8	130	0.02
Pipe P-349	5	93.8	130	0.14
Pipe P-350	5	93.8	130	0.02
Pipe P-353	5	93.8	130	0.38
Pipe P-393	5	93.8	130	0.17
Pipe P-394	7	93.8	130	0.15
Pipe P-395	5	93.8	130	0.12
Pipe P-396	5	93.8	130	0.14
Pipe P-397	5	93.8	130	0.02
Pipe P-398	5	93.8	130	0.02
Pipe P-401	5	93.8	130	0.09
Pipe P-402	5	93.8	130	0.03
Pipe P-405	5	93.8	130	0.01
Pipe P-483	5	93.8	130	0.04
Pipe P-484	5	93.8	130	0.02
Pipe P-485	5	93.8	130	0.15
Pipe P-486	70	93.8	130	0.07
Pipe P-487	5	93.8	130	0.09
Pipe P-488	5	93.8	130	0.10
Pipe P-489	5	93.8	130	0.02

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-490	5	93.8	130	0.02
Pipe P-491	5	93.8	130	0.04
Pipe P-492	5	93.8	130	0.09
Pipe P-493	5	93.8	130	0.04
Pipe P-494	5	93.8	130	0.09
Pipe P-495	10	93.8	130	0.21
Pipe P-496	5	93.8	130	0.12
Pipe P-497	5	93.8	130	0.08
Pipe P-498	5	93.8	130	0.09
Pipe P-499	10	93.8	130	0.11
Pipe P-500	20	93.8	130	0.20
Pipe P-217	5	93.8	130	0.02
Pipe P-257	5	93.8	130	0.03
Pipe P-362	10	93.8	130	0.04
Pipe P-375	5	93.8	130	0.14
Pipe P-376	5	93.8	130	0.94
Pipe P-380	17	93.8	130	1.40
Pipe P-381	100	191.8	130	0.20
Pipe P-382	77	93.8	130	0.09
Pipe P-386	45	93.8	130	0.01
Pipe P-392	10	93.8	130	0.03
Pipe P-411	85	93.8	130	0.08
Pipe P-439	50	93.8	130	0.03
Pipe P-471	6	191.8	130	0.18
Pipe P-472	40	93.8	130	0.07
Pipe P-473	5	93.8	130	0.01
Pipe P-5	5	93.8	130	0.08
Pipe P-28	5	93.8	130	0.01
Pipe P-120	60	93.8	130	0.09

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-121	5	93.8	130	0.12
Pipe P-126	20	93.8	130	0.16
Pipe P-127	5	93.8	130	0.04
Pipe P-232	5	93.8	130	0.04

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Velocity m/s
Pipe P-417	5	93.8	130	0.00
Pipe P-418	5	93.8	130	0.12
Pipe P-419	5	93.8	130	0.06
Pipe P-420	5	93.8	130	0.05
Pipe P-421	5	93.8	130	0.05
Pipe P-422	5	93.8	130	0.02
Pipe P-423	5	93.8	130	0.09
Pipe P-424	5	93.8	130	0.11
Pipe P-425	5	93.8	130	0.22
Pipe P-428	5	93.8	130	0.03
Pipe P-429	5	93.8	130	0.24
Pipe P-430	5	93.8	130	0.20
Pipe P-431	5	93.8	130	0.13
Pipe P-432	5	93.8	130	0.14
Pipe P-433	5	93.8	130	0.11
Pipe P-434	5	93.8	130	0.11
Pipe P-435	7	93.8	130	0.11
Pipe P-436	5	93.8	130	0.13
Pipe P-437	5	93.8	130	0.15
Pipe P-438	5	93.8	130	0.14
Pipe P-440	5	93.8	130	0.09
Pipe P-441	5	93.8	130	0.03
Pipe P-442	5	93.8	130	0.04
Pipe P-443	5	93.8	130	0.01
Pipe P-444	5	93.8	130	0.03
Pipe P-445	5	93.8	130	0.03
Pipe P-446	5	93.8	130	0.05
Pipe P-447	5	93.8	130	0.06
Pipe P-448	7	93.8	130	0.07

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

Σχέδιο

