

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Στοιχεία Υδραυλικού Σχεδιασμού Δικτύων
Αποχέτευσης, με Εφαρμογή σε Τμήμα της Πόλεως του
Αγρινίου**

**Δήμητρα Σωτηροπούλου
Ευσταθία Καλύβα**

Εποπτεύων καθηγητής: Νικόλαος Φουρνιώτης

Πάτρα, 2015

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε. των ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας υπό την επίβλεψη του κ. Φουρνιώτη.

Καταρχάς, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας κ. Νικόλαο Φουρνιώτη για την βοήθεια του στους προβληματισμούς μας κατά τη διάρκεια της εργασίας μας. Επίσης για την υπομονή και την προθυμία του κατάφερνε πάντα να μας εξηγεί οποιαδήποτε απορία μας μέχρι την κατανόησή τους.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους γονείς μας για όλα όσα εκαναν μέχρι τώρα αλλά και για όσα θα συνεχίσουν να κάνουν για εμας!

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών: Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές

Δήμητρα Σωτηροπούλου

Ευσταθία Καλύβα

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

Περίληψη

Η πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό τη μελέτη των μεθόδων ανάλυσης και σχεδιασμού ενός δικτύου αποχέτευσης ομβρίων. Η εφαρμογή γίνεται σε ένα τμήμα αστικής περιοχής και συγκεκριμένα της πόλεως του Αγρινίου, για δίκτυο όμβριων υδάτων.

Η ανάλυση και ο σχεδιασμός πραγματοποιήθηκε με εφαρμογή του προγράμματος WORKS2015. Για τον υπολογισμό των παροχών και την ανάλυση του δικτύου χρησιμοποιήθηκε η Ορθολογική μέθοδος. Για τον υπολογισμό της έντασης βροχόπτωσης χρησιμοποιήθηκαν όμβριες καμπύλες από την περιοχή του Αγρινίου. Επίσης, ελήφθησαν υπόψη οι σχεδιαστικοί περιορισμοί που προβλέπει το κεφάλαιο Δ του Προεδρικού Διατάγματος της Ελληνικής Δημοκρατίας, Π.Δ. 696/1974.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	11
1.1 Εισαγωγή – Ιστορικά Στοιχεία.....	11
1.2 Ορισμοί.....	12
1.3 Διαχρονική αξία και χρησιμότητα των δικτύων.....	12
1.4 Απαραίτητες πληροφορίες για μια ολοκληρωμένη μελέτη αποχετευτικού συστήματος.....	13
Κεφάλαιο 2: Κατηγορίες δικτύων αποχέτευσης.....	15
2.1 Κατηγορίες δικτύων αποχέτευσης.....	15
2.1.1 Πλεονεκτήματα παντοροϊκού συστήματος.....	15
2.1.2 Μειονεκτήματα παντοροϊκού συστήματος.....	15
2.1.3 Πλεονεκτήματα χωριστικού συστήματος.....	16
2.1.4 Μειονεκτήματα χωριστικού συστήματος.....	16
2.2 Τύποι δικτύων υπονόμων.....	16
2.3 Δίκτυο όμβριων.....	17
Κεφάλαιο 3: Στοιχεία για τη μελέτη ύδρευσης.....	19
3.1 Μελέτες δικτύων ύδρευσης.....	19
3.2 Πληθυσμιακά δεδομένα.....	19
3.3 Δείκτες κατανάλωσης.....	20
3.4 Διακύμανση κατανάλωσης.....	20
3.4.1 Υπολογισμός της μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης.....	20
3.4.2 Υπολογισμός ωριαίας διακύμανσης.....	21
3.4.3 Πρόβλεψη των καταναλώσεων – Απώλειες.....	21
3.5 Περίοδος σχεδιασμού.....	22
Κεφάλαιο 4: Στοιχεία Σχεδιασμού Δικτύων Αποχέτευσης.....	23
4.1 Εκτίμηση Παροχών Όμβριων.....	23
4.2 Εκτίμηση παροχών ακαθάρτων.....	23
Κεφάλαιο 5: Στοιχεία Υδρολογικού σχεδιασμού δικτύων Αποχέτευσης.....	25
5.1 Ορθολογική Μέθοδος.....	25
5.2 Συντελεστής Απορροής.....	25
5.3 Περίοδος επαναφοράς.....	26
5.4 Όμβρια καμπύλη.....	27
5.5 Χρόνος συγκέντρωσης της λεκάνης απορροής.....	28
Κεφάλαιο 6: Υδραυλική των Υπονόμων.....	30
6.1 Συνθήκες Ροής.....	30
6.1.1 Εξίσωση Chezy.....	30
6.1.2 Darcy – Weisbach.....	30
6.1.3 Υπολογισμός κατά Manning – Kutter.....	31
6.1.4 Υπολογισμός κατά Prandtl – von Karman – Colebrook.....	33
6.2 Ομοιόμορφη Ροή.....	33
6.3 Κυκλικό Αγωγοί με ομοιόμορφη ροή.....	33
Κεφάλαιο 7: Κατασκευαστικά στοιχεία δικτύου αποχέτευσης ακαθάρτων.....	35
7.1 Φρεάτια.....	35
7.1.1 Φρεάτια επίσκεψης ακαθάρτων και ομβρίων.....	35
7.1.2 Φρεάτια συμβολής.....	36
7.1.3 Φρεάτια καθαρισμού.....	37
7.1.4 Φρεάτια πώσης.....	37
7.2 Αγωγοί (σωλήνες) δικτύου αποχέτευσης.....	38
7.2.1 Σωλήνες από σκυρόδεμα.....	39

7.2.2 Σωλήνες από αμιαντοσίμεντο.....	40
7.2.3 Πλαστικοί σωλήνες.....	40
7.2.4 Σωλήνες από PEHD.....	41
7.2.5 Σωλήνες από GFK.....	42
7.2.6 Αργιλοπυριπτικοί σωλήνες.....	42
7.2.7 Σωλήνες από άλλα υλικά.....	42
7.2.8 Αγωγοί χυτοί επί τόπου.....	43
7.3 Διατομές.....	43
7.4 Συντελεστής τραχύτητας αγωγών.....	44
7.4.1 Τιμές του συντελεστή φυσική τραχύτητας K.....	44
7.4.2 Τιμές του συντελεστή K _b για αγωγούς αποχέτευσης.....	45
7.4.3 Τιμές του συντελεστή K _b για αγωγούς ύδρευσης.....	45
Κεφάλαιο 8: Σχεδιασμός δικτύου αποχέτευσης – Εφαρμογή των Π.Δ.....	46
8.1 Κλίσεις αγωγών.....	46
8.2 Ποσοστά πλήρωσης.....	46
8.3 Υπολογισμός παροχών.....	47
8.3.1 Κατανάλωση ύδατος – Παροχές ακαθάρτων.....	47
8.3.2 Διαχείριση της υδροδότησης.....	47
8.3.3 Κυριότερα μεγέθη παροχής ακαθάρτων.....	48
8.3.3.1 Μέση ημερήσια παροχή Q _{ακ} (ανά κάτοικο q _{ακ}).....	48
8.3.3.2 Μέγιστη ημερήσια παροχή (ανά κάτοικο).....	48
8.3.3.3 Μέγιστη ωριαία παροχή ακαθάρτων (ή παροχή αιχμής).....	48
8.4 Μέγιστες και ελάχιστες ταχύτητες.....	49
8.4.1 Ελάχιστες ταχύτητες ροής.....	49
8.4.2 Μέγιστες ταχύτητες ροής.....	49
Κεφάλαιο 9: Μελέτη – εφαρμογή στην πόλη του Αγρινίου.....	50
9.1 Εισαγωγικά στοιχεία – Ιστορικά στοιχεία.....	50
9.2 Η πόλη του Αγρινίου και οι απορροές της ευρύτερης περιοχής.....	51
9.2.1 Η υδρολογική διαίρεση της Ελλάδας.....	51
9.2.2 Λεκάνη απορροής ποταμού Αχελώου.....	52
9.2.3 Λεκάνη απορροής ποταμού Ευήνου.....	53
9.2.4 Λεκάνη απορροής ποταμού Μόρνου.....	53
9.2.5 Λεκάνη απορροής Λευκάδας.....	54
9.3 Εφαρμογή στο Πολεοδομικό Συγκρότημα του Αγρινίου.....	54
9.3.1 Δεδομένα.....	54
9.3.1.1 Το ρυμοτομικό σχέδιο της περιοχής.....	55
9.3.1.2 Μηκοτομές των οδών.....	55
9.4 Εφαρμογή στην επίλυση τμήματος δικτύου αποχέτευσης στο Αγρίνιο.....	55
9.4.1 Υπολογισμός – Εκτίμηση παροχής.....	56
9.4.1.1 Συντελεστής απορροής C.....	56
9.4.1.2 Ένταση βροχόπτωσης.....	56
9.4.1.3 Χρόνος συρροής.....	57
9.4.1.4 Απορροφητικότητα φρεατίων υδροσυλλογής.....	58
9.4.2 Υπολογισμός υδραυλικών στοιχείων.....	58
9.4.2.1 Συντελεστής τραχύτητας.....	59
9.4.2.2 Μέγιστες ταχύτητες ροής.....	59
9.5 Περιοχή Μελέτης.....	60
9.6 Παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	86
9.7 Συμπεράσματα.....	87
Κεφάλαιο 10: Βιβλιογραφία.....	88
10.1 Βιβλιογραφία.....	88
10.2 Διαδίκτυο.....	89

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Άποψη τμήματος δικτύου αποχέτευσης ομβρίων στη φάση της κατασκευής [Διαδίκτυο 1].....	18
Εικόνα 2: Δίκτυο ακαθάρτων [Διαδίκτυο 2].....	18
Εικόνα 3: Διαγραμμα ροής με ελευθερη επιφάνεια σε κυκλικούς αγωγούς [Διαδίκτυο 3].....	32
Εικόνα 4: Διασταύρωση δρόμων με τη θέση των στομιών εισόδου υπονόμου ομβρίων υδάτων. Τα βέλη δείχνουν την κατεύθυνση της απορροής στους δρόμους.....	35
Εικόνα 5: Φρεάτια επίσκεψης (οι διαστάσεις δίδονται σε mm) [Διαδίκτυο 4].....	36
Εικόνα 6: Φρεάτια επίσκεψης (οι διαστάσεις δίδονται σε mm) [Διαδίκτυο 4].....	36
Εικόνα 7: Άποψη φρεατίου συμβολής [Διαδίκτυο 5].....	37
Εικόνα 8: Σκαρίφημα φρεατίου πτώσης.....	38
Εικόνα 9: τυπική διατομή σωλήνα από σκυρόδεμα [Διαδίκτυο 6].....	39
Εικόνα 10: τυπική διατομή σωλήνα από αμιαντοσίμεντο [Διαδίκτυο 7].....	40
Εικόνα 11: τυπικές διατομές πλαστικών σωλήνων [Διαδίκτυο 8].....	41
Εικόνα 12: τυπικές διατομές σωλήνων από PEHD[Διαδίκτυο 9].....	42
Εικόνα 13: τυπικές διατομές σωλήνων χάλυβα [Διαδίκτυο 10].....	43
Εικόνα 14: τυπικές διατομές σωλήνων χυτοσιδήρου [Διαδίκτυο 11].....	43
Εικόνα 15: Ορισμός μεγεθών σε κυκλικό αγωγό.....	47
Εικόνα 16: Οι λεκάνες απορροής της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (Υπουργείο Γεωργίας).....	51
Εικόνα 17: Υδρολογική διαίρεση της Ελλάδας [Υπ.Γεωργίας – Διαδίκτυο 12].....	52
Εικόνα 18: Ποταμοί Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (Υπουργείο Γεωργίας).....	53
Εικόνα 19: Λίμνες Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (Υπουργείο Γεωργίας).....	54
Εικόνα 20: Παρουσίαση περιοχής μελέτης (Google Earth, 2015).....	61
Εικόνα 21: Τοποθέτηση (χάραξη) αγωγών και φρεατίων στην περιοχή μελέτης.....	61
Εικόνα 22: Καρτέλα προγράμματος.....	62
Εικόνα 23: Επιλογή μονάδων.....	63
Εικόνα 24: Προσθήκη νέας προδιαγραφής: Δεδομένα διατομής.....	64
Εικόνα 25: Προσθήκη νέας προδιαγραφής: Κατασκευή.....	65
Εικόνα 26: Καθορισμός υλικού κατασκευής αγωγού.....	66
Εικόνα 27: Προδιαγραφές αγωγών.....	66
Εικόνα 28: Ιδιότητες ρευστού.....	67
Εικόνα 29: Βάση δεδομένων ιδιοτήτων ρευστών.....	68
Εικόνα 30: Όμβριες καμπύλες.....	69
Εικόνα 31: Επιφάνειες Απορροής.....	70
Εικόνα 32: Εικονιζόμενες επιφάνειες απορροής.....	72
Εικόνα 33: Εικονιζόμενες επιφάνειες απορροής.....	72
Εικόνα 34: Τοποθέτηση φρεατίων με εφαρμογή του κώδικα.....	73
Εικόνα 35: Τοποθέτηση φρεατίων με εφαρμογή του κώδικα.....	74
Εικόνα 36: Γενική οριζοντιογραφία του δικτύου αποχέτευσης όπως διαμορφώθηκε στο πρόγραμμα.....	75
Εικόνα 37: Ιδιότητες μηκοτομής.....	76
Εικόνα 38: Μηκοτομές: Σύνδεσμοι.....	76
Εικόνα 39: Μηκοτομές: Κόμβοι.....	77
Εικόνα 40: Ιδιότητες Αγωγού.....	78
Εικόνα 41: Μηκοτομή συλλεκτήρα.....	79

Εικόνα 42: Μηκοτομή κλάδου 1.....	79
Εικόνα 43: Μηκοτομή κλάδου 2.....	79
Εικόνα 44: Μηκοτομή κλάδου 3.....	80
Εικόνα 45: Μηκοτομή κλάδου 4.....	80
Εικόνα 46: Μηκοτομή κλάδου 5.....	80
Εικόνα 47: Φόρμα εισροών.....	81
Εικόνα 48: Πληροφοριακό μήνυμα.....	81
Εικόνα 49: Αποτελέσματα συλλεκτήρα.....	82
Εικόνα 50: Αποτελέσματα κλάδου 1.....	82
Εικόνα 51: Αποτελέσματα κλάδου 2.....	82
Εικόνα 52: Αποτελέσματα κλάδου 3.....	83
Εικόνα 53: Αποτελέσματα κλάδου 4.....	83
Εικόνα 54: Αποτελέσματα κλάδου 5.....	83
Εικόνα 55: Νέες διατομές αγωγών.....	84
Εικόνα 56: Αποτελέσματα συλλεκτήρα (με τις διορθωμένες διατομές).....	85
Εικόνα 57: Αποτελέσματα κλάδου 1 (με τις διορθωμένες διατομές).....	85
Εικόνα 58: Αποτελέσματα κλάδου 2 (με τις διορθωμένες διατομές).....	85

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Ελληνικές προδιαγραφές (Π.Δ. 696/1974) για την εκτίμηση του συντελεστή απορροής, c	25
Πίνακας 2: Αμερικάνικες προδιαγραφές για την εκτίμηση του συντελεστή απορροής, c	26
Πίνακας 3: Τιμές χρόνου εισόδου από Ελληνικές (Π.Δ.696,1974) και ξένες προδιαγραφές. .28	
Πίνακας 4: Τιμές του συντελεστή K για σωλήνες και διάφορα υλικά (τεύχος 1 από ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΜΗΧΑΝΙΚΗ του Ηρακλή Χατζηαγγέλου).....	44
Πίνακας 5: Τιμές του συντελεστή K_b (mm) για αγωγούς αποχέτευσης (τεύχος 1 από ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΜΗΧΑΝΙΚΗ του Ηρακλή Χατζηαγγέλου).....	45
Πίνακας 6: Τιμές του συντελεστή K_b (mm) για αγωγούς ύδρευσης (τεύχος 1 από ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΜΗΧΑΝΙΚΗ του Ηρακλή Χατζηαγγέλου).....	45
Πίνακας 7: Μέγιστα επιτρεπόμενα ποσοστά πλήρωσης για αγωγούς αποχετεύσεων βάση ΠΔ 696/74.....	46
Πίνακας 8: Συντελεστές υπολογισμού παροχών αιχμής και ελαχίστων παροχών για τη διαστασιολόγηση των δικτύων αποχέτευσης (Ιωσηφίδης, 2010).....	49
Πίνακας 9: Σχέσεις έντασης διάρκειας βροχόπτωσης για την περιοχή Αγρινίου (Αναστασίου, 1997).....	57
Πίνακας 10: Δεδομένα από το Google Earth.....	60
Πίνακας 11: Επιφάνεια και συντελεστές απορροής για την περιοχή μελέτης.....	71
Πίνακας 12: Αποτελέσματα: Συλλεκτήρας.....	86
Πίνακας 13: Αποτελέσματα: Κλάδος 1.....	86
Πίνακας 14: Αποτελέσματα: Κλάδος 2.....	86
Πίνακας 15: Αποτελέσματα: Κλάδος 3.....	86
Πίνακας 16: Αποτελέσματα: Κλάδος 4.....	86
Πίνακας 17: Αποτελέσματα: Κλάδος 5.....	87

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή – Ιστορικά Στοιχεία

Η τεχνική της αποχέτευσης ήταν γνωστή σε πολλούς αρχαίους πολιτισμούς αν και στο Μεσαίωνα παραμελήθηκε. Αφού οι χώροι υγιεινής υποβαθμίστηκαν και η κατανάλωση νερού για τις ανάγκες καθαριότητας περιορίστηκαν, το αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης ήταν η έξαρση των επιδημιών στις Μεσαιωνικές κοινωνίες. Εξαιτίας όμως, της συγκέντρωσης του πληθυσμού στις πόλεις η κατάσταση αυτή συνεχίστηκε για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Αργότερα, και συγκεκριμένα τα νεότερα χρόνια με την εξέλιξη της οικοδομικής και την κατασκευή πολυώροφων κτιρίων δεν υπήρξε η ανάλογη εξέλιξη στους χώρους υγιεινής και των αποχετεύσεων. Έτσι τα λύματα αφήνονταν ελεύθερα στους δρόμους και στις αυλές των σπιτιών.

Στα μέσα του 19ου αιώνα ξεκινάει η κατασκευή συστημάτων αποχέτευσης με κάποιες εξαιρέσεις, όπως για παράδειγμα στη Γερμανία που το πρώτο αποχετευτικό δίκτυο κατασκευάστηκε το 1842 στο Αμβούργο (Marz 1970). Η κατασκευή συστημάτων αποχέτευσης ξεκίνησε περισσότερο για την απομάκρυνση των ομβρίων παρά των οικιακών λυμάτων. Μάλιστα σε αρκετές πόλεις που είχαν δίκτυο ομβρίων απαγορευόταν η παροχέτευση λυμάτων στους αγωγούς.

Όσον αφορά τον ελληνικό χώρο, γενικά υπήρξε καθυστέρηση στην κατασκευή αποχετευτικών συστημάτων. Μέχρι και το 1980 το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού της Αθήνας και της περιφέρειάς της χρησιμοποιούσαν βόθρους. Σήμερα στην Ελλάδα έχει γενικευθεί η χρήση σύγχρονων συστημάτων αποχέτευσης σε όλα τα σπίτια, αγροτικά και αστικά καθώς και η κατασκευή σύγχρονων χωριστικών δικτύων στις πόλεις και στις κωμοπόλεις. Μετά την κατασκευή των δικτύων αποχέτευσης στις αστικές περιοχές, η ρύπανση μεταφέρθηκε έξω από τις πόλεις και έτσι αναβαθμίστηκε η ποιότητα ζωής των κατοίκων. Αναπτύχθηκαν τεχνολογίες επεξεργασίας και διάθεσης των λυμάτων όπου είχαν και την ανάλογη κατασκευή εγκαταστάσεων, για την αντιμετώπιση της ρύπανσης και γενικότερα την ορθή διαχείριση και διάθεση του ρυπαντικού φορτίου που προκύπτει από τα δίκτυα αποχέτευσης αστικών λυμάτων και ομβρίων υδάτων.

1.2 Ορισμοί

Με τον όρο όμβρια ύδατα εννοούμε τα νερά της βροχόπτωσης , τα νερά που προέρχονται από το λιώσιμο των χιονιών και εκείνα που απορρέουν από τις στέγες των σπιτιών. Αστικά υγρά ή ακάθαρτα ή λύματα είναι τα νερά που αποβάλλονται από τις βιοτεχνίες, σχολεία, κατοικίες, τα οποία είναι συνήθως αναμεμιγμένα με στερεές ουσίες και αποτελούν μια από τις σπουδαιότερες πηγές ρύπανσης. Αστικές αποχετεύσεις είναι τα έργα συλλογής και μεταφοράς των λυμάτων και των όμβριων υδάτων μιας περιοχής μέχρι το σημείο διάθεσής τους.

Διηθήσεις είναι τα νερά που μπαίνουν στο αποχετευτικό δίκτυο από το έδαφος. Αυτά τα νερά εισρέουν αναπόφευκτα στο δίκτυο γι' αυτό λέμε ότι είναι μια κατηγορία παρασιτικών υδάτων.

Αποχετευτικό δίκτυο είναι το σύνολο των αγωγών κατάλληλα εξοπλισμένο έτσι ώστε να διευκολύνουν τη μεταφορά των λυμάτων. Το αποχετευτικό δίκτυο χωρίζεται σε δύο κατηγορίες . Το χωριστικό και το παντοροϊκό τα οποία και θα αναλύσουμε στις επόμενες ενότητες. Οι αποχετευτικοί αγωγοί ή υπόνομοι διακρίνονται α) παντοροϊκούς, β) ακαθάρτων γ) ομβρίων. Ο κεντρικός αγωγός ή κύριος συλλεκτήρας συγκεντρώνει τις αποχετεύσεις των άλλων αγωγών και ανάλογα με τη θέση τους στο δίκτυο διακρίνονται σε πρωτεύοντες, δευτερεύοντες και τριτεύοντες. Αξίζει να αναφερθεί ότι στα δίκτυα ομβρίων είναι δυνατόν να μην κατασκευάζονται κύριοι συλλεκτήρες, αφού στη θέση τους χρησιμοποιούνται τα υδατορεύματα της περιοχής, όταν αυτά υπάρχουν. Αποδέκτης των λυμάτων ή των ομβρίων είναι ένα φυσικό υδάτινο σύστημα, όπως η θάλασσα, η λίμνη, τα υδατορεύματα στο οποίο γίνεται η εκβολή των δικτύων των ακαθάρτων ή των λυμάτων εφόσον αυτά προηγουμένως υποστούν κατάλληλη επεξεργασία, ειδικά για την περίπτωση των αστικών λυμάτων όπου το ρυπαντικό φορτίο είναι μεγαλύτερο. Στη περίπτωση χωριστικού δικτύου μπορεί ο αποδέκτης να είναι διαφορετικός σε κάθε δίκτυο ενώ στο δίκτυο ακαθάρτων αποδέκτης μπορεί να είναι ακόμη και το έδαφος με πρόβλεψη και κατάλληλη μελέτη για την αποφυγή ρύπανσης (Κουτσογιάννης, 2011).

1.3 Διαχρονική αξία και χρησιμότητα των δικτύων

Η χρησιμότητα και η διαχρονική αξία του αποχετευτικού δικτύου είναι αυτονόητη γιατί με την εφαρμογή του αποφεύγουμε (Κουτσογιάννης, 2011):

- Τη ρύπανση του εδάφους και των αρδευόμενων φυτών , τα οποία μπορεί να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις από την παρουσία χημικών ενώσεων και

στοιχείων στα λύματα.

- Την εμφάνιση οσμών εξαιτίας των βόθρων.
- Τη ρύπανση του περιβάλλοντος και της φυσικής πανίδας και χλωρίδας της περιοχής .
- Τους κινδύνους για τη δημόσια υγεία.

Αντίστοιχα, σε περιοχές που λείπει ένα δίκτυο αποχέτευσης ομβρίων σε κάθε καταιγίδα πλημμυρίζουν οι δρόμοι, τα σπίτια, τα αυτοκίνητα και κάποιες φορές είναι δυνατό να οδηγηθούμε ακόμα και σε απώλειες ανθρώπινων ζώων.

Σε μια μεγάλη πόλη το δίκτυο ομβρίων ή το παντοροϊκό δίκτυο είναι πολύπλοκο σύστημα υπονόμων που συνήθως ακολουθεί το οδικό δίκτυο της πόλης σε όλη σχεδόν την έκτασή της. Ένα τέτοιο σύστημα προσφέρει υπόγειες διαδρομές προσπέλασης διαφόρων σημείων της πόλης.

Άρα μπορούμε να πούμε ότι τα έργα αποχέτευσης μαζί με τα έργα ύδρευσης και οδοποιίας αποτελούν τα κυριότερα έργα υποδομής μιας σωστά λειτουργούσας σύγχρονης πόλης.

1.4 Απαραίτητες πληροφορίες για μια ολοκληρωμένη μελέτη αποχετευτικού συστήματος

Στην Ελλάδα για μια μελέτη λαμβάνονται οι σχετικές προδιαγραφές του Προεδρικού Διατάγματος 696/74. Συνήθως οι μελέτες αποτελούνται από τρία στάδια: την προκαταρκτική μελέτη, την προμελέτη και την οριστική μελέτη. Στην οριστική μελέτη δίνονται τα πλήρη κατασκευαστικά σχέδια (μηκοτομές, οριζοντιογραφίες κ.α) τα οποία είναι απαραίτητα για την κατασκευή και τη συντήρησή τους.

Οι πληροφορίες οι οποίες είναι απαραίτητες για τη σύνταξη των μελετών είναι:

1. Τα τοπογραφικά δεδομένα τα οποία περιλαμβάνουν χάρτες, μηκοτομές, τοπογραφικά διαγράμματα.
2. Γεωτεχνικά και υδρογεωλογικά δεδομένα, που είναι οι γεωλογικοί χάρτες και το είδος του εδάφους όπου πρόκειται να κατασκευαστεί το έργο.
3. Υδρολογικά δεδομένα, τα οποία περιλαμβάνουν τα βροχομετρικά δεδομένα παροχής και στερεοπαροχής των υδατορευμάτων της περιοχής.
4. Χωροταξιακά δεδομένα, τα οποία είναι τα στατιστικά στοιχεία εξέλιξης του πληθυσμού, ρυθμιστικά σχέδια, όροι δόμησης και κόστος γης.

5. Δεδομένα χρήσης νερού, που συμπεριλαμβάνουν τα λειτουργικά δεδομένα δικτύου ύδρευσης, ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων.
6. Δεδομένα ποιότητας νερού, προκειμένου να επιλεγεί ο αποδέκτης και να καθοριστούν οι όροι διάθεσης των λυμάτων.
7. Οικονομικά δεδομένα, όλες οι αναλυτικές τιμές υλικών, εργασιών των έργων αποχέτευσης, δαπάνη ενέργειας.

Κεφάλαιο 2: Κατηγορίες δικτύων αποχέτευσης

2.1 Κατηγορίες δικτύων αποχέτευσης

Όπως προαναφέραμε το αποχετευτικό δίκτυο χωρίζεται σε δυο κατηγορίες, τα παντοροϊκά και τα χωριστικά. Τα παντοροϊκά δίκτυα αποτελούν συνήθως τα παλαιότερα δίκτυα αποχέτευσης που κατασκευάστηκαν σε Ευρωπαϊκές και Αμερικανικές πόλεις και αποτελούνται από διατομές αγωγών οι οποίοι είναι σχεδιασμένοι να παραλαμβάνουν τόσο τα ακάθαρτα όσο και τα όμβρια ύδατα κάθε περιοχής. Τα παντοροϊκά δίκτυα χρησιμοποιούνται κυρίως όταν δεν απαιτείται επεξεργασία λυμάτων. Τα παντοροϊκά δίκτυα καταλήγουν σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων, βέβαια σε περιόδους βροχοπτώσεων μεταφέρονται μεγαλύτερες παροχές από αυτές που συνήθως μεταφέρονται σε ξηρή περίοδο καιρού, με αποτέλεσμα η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων να δέχεται μεγαλύτερο όγκο λυμάτων, που όμως λόγω της αυξημένης ποσότητας των ομβρίων έχει συνήθως μικρότερη ποσότητα ρυπαντικού φορτίου.

Η δεύτερη κατηγορία δικτύων, που αναφέρεται στα χωριστικά δίκτυα, είναι αυτή που έχει επικρατήσει τα τελευταία χρόνια τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό για λόγους πρακτικής, τους οποίους θα αναφέρουμε στη συνέχεια. Τα χωριστικά δίκτυα αποτελούνται από δύο ξεχωριστά δίκτυα. Το δίκτυο όμβριων και το δίκτυο ακαθάρτων. Δηλαδή έχουμε δυο τουλάχιστον αγωγούς σε κάθε δρόμο, από τους οποίους ο ένας παραλαμβάνει τα ακάθαρτα και ο άλλος τα όμβρια (Κουτσογιάννης, 2011).

2.1.1 Πλεονεκτήματα παντοροϊκού συστήματος

Μερικά από τα πλεονεκτήματα του παντοροϊκού δικτύου είναι το μικρότερο αρχικό κόστος κατασκευής του και η απλότητά του αφού έχει έναν αγωγό σε κάθε δρόμο (Κουτσογιάννης, 2011).

2.1.2 Μειονεκτήματα παντοροϊκού συστήματος

Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων έχουν σχεδιαστεί για να εξυπηρετούν ένα μικρό ποσοστό παροχής βροχής, Έτσι όταν τα λύματα και τα όμβρια ξεπεράσουν το ανώτατο όριο, επιτρέπεται η υπερχειλίση προς τους φυσικούς αποδέκτες χωρίς επεξεργασία και αυτό έχει ως συνέπεια τη μεγαλύτερη ρύπανση των υδάτινων σωμάτων. Επίσης, τα όμβρια δημιουργούν προβλήματα στη λειτουργία της εγκατάστασης επεξεργασίας όταν οδηγούνται σ' αυτή και αυξάνουν το κόστος επεξεργασίας λόγω των μεγαλύτερων εισρεόμενων παροχών. Στα μειονεκτήματα του παντοροϊκού συστήματος θα

έπρεπε να προστεθούν ακόμα, οι κίνδυνοι πλημμυρίσματος υπογείων σε περίπτωση μεγάλων βροχοπτώσεων, οι δυσάρεστες οσμές στην ξηρή περίοδο από τα ανοιχτά φρεάτια συλλογής όμβριων, καθώς και το αυξημένο κόστος αντλήσεων σε περίπτωση που υπάρχουν αντλιοστάσια μέσα στο δίκτυο. Άρα μπορούμε να πούμε ότι η επιλογή λύσης παντοροϊκού δικτύου είναι: α) σε μικρές επεκτάσεις παλιών παντοροϊκών δικτύων, β) σε περιπτώσεις που τα όμβρια απαιτούν επεξεργασία πριν τη διάθεσή τους και γ) σε οικισμούς με πολύ στενούς δρόμους που δεν επιτρέπουν την κατασκευή δύο παράλληλων αγωγών αποχέτευσης (Κουτσογιάννης, 2011).

2.1.3 Πλεονεκτήματα χωριστικού συστήματος

Το χωριστικό σύστημα επιτρέπει την πλήρη ανεξαρτησία των αγωγών ακαθάρτων, όπου λειτουργεί συγκεντρωτικά, δηλαδή τα ακάθαρτα όλης της πόλης συγκεντρώνονται στον κύριο συλλεκτήρα, ο οποίος τα οδηγεί στην εγκατάσταση επεξεργασίας πριν φτάσουν και διατεθούν στον τελικό αποδέκτη. Αντίθετα το δίκτυο όμβριων σχεδιάζεται αποκεντρωτικά, δηλαδή οι αγωγοί όμβριων καταλήγουν σε διαφορετικά σημεία του αποδέκτη ή και σε διαφορετικούς αποδέκτες. Με αυτό το σχεδιασμό μειώνονται οι διατομές άρα και το κόστος των αγωγών και αποφεύγονται οι αντλήσεις.

Άλλο ένα πλεονέκτημα του χωριστικού συστήματος είναι ότι υπάρχει δυνατότητα σταδιακής κατασκευής των έργων αποχέτευσης. Συνήθως κατασκευάζεται πρώτα το δίκτυο ακαθάρτων που είναι μικρής διατομής και επομένως φθηνότερο και τα όμβρια αφήνονται κάποια χρόνια ελεύθερα στους δρόμους και τα φυσικά υδατορεύματα της πόλης (Κουτσογιάννης, 2011).

2.1.4 Μειονεκτήματα χωριστικού συστήματος

Ένα σημαντικό μειονέκτημα του χωριστικού συστήματος είναι ότι απαιτεί προσεκτική επιτήρηση για να αποφεύγονται εσφαλμένες συνδέσεις, που δημιουργούν προβλήματα και στα δύο δίκτυα (Κουτσογιάννης, 2011).

2.2 Τύποι δικτύων υπονόμων

Τα δίκτυα υπονόμων τα χωρίζουμε στους εξής βασικούς τύπους (Χατζηαγγέλου, 2002):

1. το ακτινωτό
2. το εγκάρσιο
3. το παράλληλο

2.3 Δίκτυο όμβριων

Η κατασκευή ενός δικτύου όμβριων σε έναν οικισμό μπορεί να φέρει θετικά αλλά και αρνητικά αποτελέσματα. Ένα τέτοιο δίκτυο διοχετεύει όλο τον όγκο του νερού στο κατάντη αντιπλημμυρικό έργο με μεγάλη ταχύτητα με αποτέλεσμα την επιβάρυνσή του, δηλαδή μειώνει το χρόνο συγκέντρωσης και αυξάνει την πλημμυριακή αιχμή του έργου. Βέβαια από πλευρά αναγκών ενός οικισμού δημιουργείται πρώτα το δίκτυο ακαθάρτων και μετά το δίκτυο όμβριων. Τα δίκτυα όμβριων είναι αποκεντρωτικού τύπου και έχουν στόχο την ταχύτερη έξοδο σε κάποιον τελικό αποδέκτη, Υπάρχουν διαφορετικοί τελικοί αποδέκτες αφού τα δίκτυα όμβριων χωρίζονται σε επιμέρους τμήματα. Οι διατομές στα δίκτυα όμβριων είναι σχετικά μεγάλες για την αποχέτευση στις έντονες βροχοπτώσεις σε αντίθεση με τα δίκτυα ακαθάρτων που είναι μικρές (εικόνες 1 και 2).

Τα δίκτυα όμβριων είναι ανοιχτά προς το περιβάλλον ενώ τα δίκτυα ακαθάρτων είναι κλειστά.

Τα δίκτυα όμβριων είναι διακοπτόμενης ροής, αντίθετα με το δίκτυο ακαθάρτων που είναι συνεχούς ροής (Τσακίρης, 2004).



Εικόνα 1: Άποψη τμήματος δικτύου αποχέτευσης ομβρίων στη φάση της κατασκευής [Διαδίκτυο 1]



Εικόνα 2: Δίκτυο ακαθάρτων [Διαδίκτυο 2]

Κεφάλαιο 3: Στοιχεία για τη μελέτη ύδρευσης

Αν και η πτυχιακή εργασία εστιάζει σε στοιχεία σχεδιασμού δικτύων αποχέτευσης, ωστόσο θεωρούμε ότι βασικές γνώσεις και στοιχεία για το σχεδιασμό του δικτύου ύδρευσης μπορούν να αποτελέσουν βασική παράμετρο για τον ορθό σχεδιασμό ενός δικτύου αποχέτευσης. Επομένως στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται στοιχεία που αφορούν τη μελέτη ύδρευσης δικτύου. Καταρχάς, η χάραξη του δικτύου ύδρευσης (που στις περισσότερες φορές προϋπάρχει του δικτύου αποχέτευσης), βοηθάει στο σχεδιασμό και την χωροθέτηση των αγωγών αποχέτευσης, ενώ η εκτίμηση των παροχών κατανάλωσης σ' έναν οικισμό μας δίνει μια αίσθηση των ποσοτήτων των αστικών λυμάτων.

3.1 Μελέτες δικτύων ύδρευσης

Η συνολική κατανάλωση ύδατος σ' έναν οικισμό μπορεί να περιλαμβάνει οικιακές, εμπορικές, βιομηχανικές, κτηνοτροφικές και τις απώλειες. Ανάλογα με την κατηγορία χρήσης παρουσιάζουν διακυμάνσεις που εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες όπως η ηλικία του δικτύου, η ποιότητα κατασκευής των οικιακών εγκαταστάσεων, το επίπεδο συντήρησης του δικτύου κ.α. Στα έργα ύδρευσης περιλαμβάνονται:

- τα έργα συλλογής – υδροληψίας
- τα έργα διανομής

3.2 Πληθυσμιακά δεδομένα

Ο μελετητής θα πρέπει να αξιοποιήσει οποιαδήποτε διαθέσιμη πληροφορία σχετικά με την εξέλιξη του πληθυσμού κατά το τέλος της περιόδου σχεδιασμού. Εκτός από τα ιστορικά, απογραφικά δεδομένα ο μελετητής θα πρέπει να αναζητήσει πληροφορίες στις απογραφές των μαθητών των σχολείων, στις καταναλώσεις ρεύματος / νερού, στις εγγραφές / διαγραφές στα δημοτολόγια κ.ά. Επίσης πρέπει να γίνει ξεχωριστή εκτίμηση του πλήθους των μη-μόνιμων κατοίκων που σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας (π.χ. τουριστικές περιοχές) είναι πολλαπλάσιο εκείνου των μόνιμων κατοίκων. Σε συνδυασμό με τις γνωστές μεθόδους πρόβλεψης του πληθυσμού στο τέλος της περιόδου σχεδιασμού με βάση τα απογραφικά στοιχεία προηγούμενων περιόδων, ο μελετητής θα πρέπει να αναζητήσει τα στοιχεία αυτά που θα προκαλέσουν μια πιθανή μεταβολή του πληθυσμού στο μέλλον (π.χ. κατασκευή νέων αναπτυξιακών έργων).

3.3 Δείκτες κατανάλωσης

Συνήθως οι διάφορες συνιστώσες της υδατικής κατανάλωσης εκφράζονται με το δείκτη της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης ανά κάτοικο (L/ημ/κατ). Στον ελληνικό χώρο οι τυπικές τιμές της οικιακής κατανάλωσης κυμαίνονται από 150 L/ημ/κατ για μικρούς οικισμούς, μέχρι 250 L/ημ/κατ, με μέση τιμή τα 200 L/ημ/κατ. Ειδικά για τουριστικές εγκαταστάσεις και νοσοκομεία η κατά κεφαλή κατανάλωση θεωρείται αυξημένη στα όρια των 300 – 600 L/ημ/κατ. Στην Αθήνα η μέση ετήσια κατανάλωση σχεδιασμού για το έτος 2026 έχει τυποποιηθεί από την ΕΥΔΑΠ ως εξής:

- 235 L/ημ/κατ για περιοχές μέσης και κατώτερης εισοδηματικής τάξης
- 310 L/ημ/κατ για περιοχές ανώτερης εισοδηματικής τάξης
- 380 L/ημ/κατ για ημιαστικοπαραθεριστικές περιοχές (παραλιακοί Δήμοι) και υψηλής εισοδηματικής τάξης (Βόρεια προάστια).

Ο μελετητής θα πρέπει να υπολογίζει και τις βιομηχανικές καταναλώσεις καθώς και τη δημόσια ή δημοτική κατανάλωση (π.χ. κατανάλωση σχολείων, άρδευση πάρκων). Και οι δύο καταναλώσεις εκφράζονται για λόγους ομοιομορφίας σε L/ημ/κατ. Η βιομηχανική κατανάλωση εξαρτάται από το είδος και την έκταση των βιομηχανιών και μπορεί να αποκτήσει ένα ευρύ φάσμα τιμών, ενώ η δημόσια κατανάλωση κυμαίνεται από 10 μέχρι 50 L/ημ/κατ. Επιπλέον μέριμνα θα πρέπει να ληφθεί για τις ανάγκες ύδατος για πυρόσβεση.

3.4 Διακύμανση κατανάλωσης

Η κατανάλωση υδρευτικού νερού, διατηρείται χρονικά σταθερή, αλλά παρουσιάζει τόσο κατά τη διάρκεια του έτους όσο και της ημέρας διακυμάνσεις, των οποίων το εύρος εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες, που επικρατούν σε κάθε οικισμό. Οι εποχιακές διακυμάνσεις προσδιορίζουν τη μέγιστη ημερήσια και τη μέγιστη μηνιαία κατανάλωση, ενώ η επαλληλία των χρήσεων διαμορφώνει τη μέγιστη ωριαία κατανάλωση.

3.4.1 Υπολογισμός της μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης

Ο προσδιορισμός του συντελεστή λ_1 της μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης αποτελεί κρίσιμη επιλογή, καθοριστική για το σχεδιασμό της δυναμικότητας ενός εξωτερικού υδραγωγείου. Οι τιμές του λ_1 κυμαίνονται ως εξής:

1. μεγάλα έως μεσαία αστικά κέντρα έως 1,8
2. μικροί οικισμοί 2,0 έως 2,5

3. συνοικίες με σημαντική ανάπτυξη κήπων 2,0 έως 3,0

Σε περιοχές με θερινό τουρισμό ο λ_1 μπορεί να ξεπερνά κατά πολύ τις προηγούμενες τιμές, ενώ μπορεί να επηρεάζεται από κλιματικά συμβάντα χαμηλής συχνότητας όπως καύσωνες, ξηρασίες κτλ.

3.4.2 Υπολογισμός ωριαίας διακύμανσης

Γενικά το εύρος της ωριαίας διακύμανσης μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το μέγεθος του υδρευόμενου οικισμού. Ο συντελεστής λ_2 μέγιστης ωριαίας διακύμανσης κυμαίνεται ως εξής:

1. σημαντικά αστικά κέντρα περίπου στο 1,5
2. μικροί οικισμοί μπορεί να ξεπερνά το 3,0

Χρησιμοποιώντας τους συντελεστές λ_1 και λ_2 υπολογίζεται η μέγιστη ωριαία κατανάλωση κατά την ημέρα αιχμής, που αποτελεί την παροχή σχεδιασμού των αγωγών ενός εσωτερικού δικτύου ύδρευσης.

3.4.3 Πρόβλεψη των καταναλώσεων – Απώλειες

Η αναλυτική μέθοδος προσομοίωσης των καταναλώσεων, συνίσταται στη χωριστή ανάλυση των επιμέρους παραγόντων που διαμορφώνουν τη ζήτηση, όπως η δημογραφική εξέλιξη, η ανάπτυξη των διαφόρων χρήσεων, των απωλειών κτλ. Διακρίνεται σε τέσσερα στάδια: την ανάλυση της προηγούμενης και της παρούσας κατάστασης, τη μελέτη των αναμενόμενων εξελίξεων, τις υποθέσεις για τις καταναλώσεις των διαφόρων συνιστωσών και τη διατύπωση εναλλακτικών σεναρίων.

Βασικά στοιχεία της ανάλυσης της προηγούμενης και υφιστάμενης κατάστασης είναι:

1. Τα στοιχεία κατανάλωσης: συνολική κατανάλωση, συνολική τιμολογημένη κατανάλωση, κατανάλωση κατά κατηγορία χρηστών, κατανάλωση των μεγάλων καταναλωτών, χωροταξική κατανομή των καταναλωτών και χρονική κατανομή των καταναλώσεων.
2. Τα στοιχεία παραγωγής: παραγωγή στα διυλιστήρια, μεταβολές στις παροχές που φτάνουν στις δεξαμενές.
3. Τα δημογραφικά και κοινωνικοοικονομικά στοιχεία: απογραφικά στοιχεία πληθυσμού, φυσική κίνηση του πληθυσμού, εσωτερική και εξωτερική μετανάστευση, απασχόληση και εισόδημα, οικιστική εξέλιξη, πολεοδομικός σχεδιασμός και οικοδομική δραστηριότητα, βιομηχανικές ζώνες, τουριστική δραστηριότητα και γεωργική δραστηριότητα.

Η επεξεργασία των στοιχείων αυτών επιτρέπει τον προσδιορισμό: της μέσης οικιακής κατανάλωσης ανά κάτοικο και ανά ημέρα, των επαγγελματικών και βιομηχανικών καταναλώσεων, των δημοσίων και ιδιωτικών καταναλώσεων, των αγροτικών καταναλώσεων, των απωλειών του συστήματος, τους συντελεστές μηνιαίας, ημερήσιας και ωριαίας αιχμής και την ημερήσια διακύμανση των καταναλώσεων.

Η μελέτη των αναμενόμενων μακροπρόθεσμων εξελίξεων πραγματοποιείται με προβολές της πληθυσμιακής εξέλιξης, προβλέψεις πολεοδομικής επέκτασης και προβολές εξέλιξης στη γεωργία, τη βιομηχανία / βιοτεχνία, τον τουρισμό και τις άλλες υπηρεσίες. Επισημαίνεται ότι, για μακρές περιόδους πρέπει να αποφεύγεται η χρήση σταθερών ποσοστών αύξησης του πληθυσμού με απλή εφαρμογή του τύπου του ανατοκισμού.

Οι πραγματικές απώλειες ενός δικτύου ύδρευσης συνήθως οφείλονται σε θραύση αγωγών, μη στεγανές συνδέσεις σωληνώσεων ή ειδικών τεμαχίων, διαρροές δεξαμενών κτλ. Οι συνολικές απώλειες δικτύου σε ελληνικές πόλεις είναι κατά κανόνα αρκετά υψηλές και κυμαίνονται μεταξύ 30 – 40%. Αξίζει να σημειωθεί ότι διεθνώς, απώλειες μέχρι 15% χαρακτηρίζουν δίκτυα σε καλή κατάσταση.

3.5 Περίοδος σχεδιασμού

Οι αγωγοί ύδρευσης σχεδιάζονται με παροχетеυτικότητα επαρκή για την κάλυψη των μελλοντικών αναγκών της περιοχής μελέτης για μια δεδομένη περίοδο σχεδιασμού. Οι παροχές σχεδιασμού αφορούν στο τέλος αυτής της περιόδου. Η περίοδος σχεδιασμού σύμφωνα με το ΠΔ 696/74 θεωρείται ίση με 40 έτη. Διεθνώς η περίοδος σχεδιασμού αυξάνεται ανάλογα με τη διάμετρο του αγωγού ενώ διαφοροποιείται και ανάλογα με το υλικό αυτού.

Κεφάλαιο 4: Στοιχεία Σχεδιασμού Δικτύων Αποχέτευσης

4.1 Εκτίμηση Παροχών Όμβριων

Για τον υπολογισμό της παροχής του νερού της βροχής σε ένα δίκτυο όμβριων τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται είναι το μέγεθος της επιφάνειας της απορροής, ο συντελεστής της επιφάνειας και η ποσότητα της βροχής ανά μονάδα χρόνου (ένταση βροχόπτωσης).

Οι βασικότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των παροχών στα δίκτυα όμβριων είναι (Τσόγκας, 1998):

- Η μέθοδος Fantoli, η οποία βασίζεται σε εμπειρικές μεθόδους και τα αποτελέσματά της δεν είναι αξιόπιστα.
- Η μέθοδος Mc.Maths, η οποία είναι απλή αλλά πάλι δεν δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα.
- Η μέθοδος Caquot, τα αποτελέσματά της οποίας είναι πιο αξιόπιστα από τις δύο προηγούμενες.
- Η μέθοδος του μοναδιαίου υδρογραφήματος η οποία είναι γενική και αποδίδει καλά κυρίως σε φυσικές λεκάνες απορροής.
- Η Ορθολογική μέθοδος, η οποία είναι η πιο απλή και τα αποτελέσματά της κρίνονται ικανοποιητικής ακρίβειας.

4.2 Εκτίμηση παροχών ακαθάρτων

Η ποσότητα των ακαθάρτων που προέρχεται από έναν οικισμό εξαρτάται κυρίως (α) από τον αριθμό των κατοίκων και (β) την ποσότητα νερού που χρησιμοποιούν. Το σύνολο αυτής της ποσότητας δεν μπαίνει στους αποχετευτικούς αγωγούς, γιατί ένα μεγάλο μέρος χάνεται από διαρροές στο δίκτυο ύδρευσης και στο πότισμα των κήπων. Η απορροή αυτή αποτελεί το 80% της καταναλισκόμενης ποσότητας νερού. Υπάρχει όμως περίπτωση, λόγω εισροής υπόγειου νερού στους αγωγούς, να αυξηθεί η παροχή και έτσι να ξεπερνά την καταναλισκόμενη ποσότητα νερού.

Για τις ελληνικές πόλεις η οικιακή κατανάλωση νερού υπολογίζεται 150-200 λίτρα ανά κάτοικο την ημέρα. Έτσι αν ξέρουμε την πυκνότητα του πληθυσμού κατά ζώνη μπορούμε να υπολογίσουμε την καταναλισκόμενη ποσότητα νερού ανά ζώνη. Αφαιρώντας την απορροή (80%) μπορούμε να υπολογίσουμε την παροχή στους αγωγούς ακαθάρτων.

Εφαρμόζοντας πρακτικά τα παραπάνω και θεωρώντας ότι θέλουμε να

βρούμε τη συνολική παροχή στο δίκτυο ακαθάρτων μια πόλης 40.000 κατοίκων σε l/s με δεδομένη την κατανάλωση νερού ανά κάτοικο την ημέρα σε 200 lit. Η παροχή θα είναι: $Q = \frac{40.000 \times 200 \times 0,8}{86.400} = 74 \text{ l/s}$

Κεφάλαιο 5: Στοιχεία Υδρολογικού σχεδιασμού δικτύων Αποχέτευσης

5.1 Ορθολογική Μέθοδος

Όπως αναφέραμε στη προηγούμενη ενότητα η Ορθολογική μέθοδος είναι η πιο απλή μέθοδος εκτίμησης της παροχής ομβρίων και έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους. Αυτή η μέθοδος είναι κατάλληλη μόνο για την εκτίμηση της μέγιστης παροχής, αλλά κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες βροχόπτωσης, μπορεί να δώσει ικανοποιητικά στοιχεία στις συνθήκες σχεδιασμού.

Η ορθολογική μέθοδος εξετάζει χωριστά την επίδραση της επιφάνειας που αποχετεύεται, την ένταση της βροχής και άλλων διαφόρων παραμέτρων που περιγράφονται από τον συντελεστή απορροής.

Η παροχή με βάση την Ορθολογική μέθοδο υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q = CiA \quad , \text{ όπου:}$$

Q: η παροχή αιχμής πλημμύρας

C: ο αδιάστατος συντελεστής απορροής

i: η μέση ένταση της βροχής

A: η έκταση της λεκάνης απορροής ή της επιφάνειας που αποχετεύεται (Κουτσογιάννης, 2011).

5.2 Συντελεστής Απορροής

Ο Συντελεστής Απορροής (C), στην ορθολογική μέθοδο θεωρείται σταθερός, αλλά στην πραγματικότητα μεταβάλλεται και εξαρτάται από την ένταση της βροχής, την κλίση του εδάφους και την υγρασία του εδάφους. Γι' αυτό το λόγο επιλέγεται από πίνακες.

Οι ελληνικές προδιαγραφές (Π.Δ. 696/1974) συνιστούν τις τιμές του πίνακα 1:

Πίνακας 1: Ελληνικές προδιαγραφές (Π.Δ. 696/1974) για την εκτίμηση του συντελεστή απορροής, c

Περιγραφή Περιοχής	Συντελεστής Απορροής
Ορεινή	0,60
Λοφώδης	0,50
Πεδινή	0,30

Οι τιμές που προτείνουν οι αμερικάνικες προδιαγραφές (η U.S. Army Corps of Engineers) παρατίθενται στον πίνακα 2:

Πίνακας 2: Αμερικάνικες προδιαγραφές για την εκτίμηση του συντελεστή απορροής, c

Περιοχή	Συντελεστής Απορροής
Διαπερατά εδάφη (Αμμώδη)	0,10 – 0,20
Εδάφη μέσης διαπερατότητας	0,30 – 0,40
Εδάφη μικρής διαπερατότητας	0,40 – 0,50
Αστικές περιοχές	0,70 – 0,90
Βιομηχανικές περιοχές	0,50 – 0,90
Άλση	0,10 – 0,25
Οδοστρώματα (σκυροδέματα, ασφαλτικά)	0,70 – 0,95
Στέγες σπιτιών	0,75 – 0,95

5.3 Περίοδος επαναφοράς

Κατά την σχεδίαση ενός δικτύου αποχέτευσης όμβριων σημαντικό ρόλο παίζει και η περίοδος επαναφοράς, όπου περιγράφει το βαθμό προστασίας που παρέχει ένα έργο σε περίπτωση πλημμύρας. Όσο μεγαλύτερη είναι η περίοδος επαναφοράς τόσο μεγαλύτερη είναι η προστασία που παρέχει το δίκτυο. Η περίοδος επαναφοράς συμβολίζεται με το γράμμα (T) και μετριέται σε χρόνια. Για παράδειγμα, εάν ένα έργο όμβριων κατασκευαστεί με περίοδο επαναφοράς $T=5$ έτη, σημαίνει ότι μια φορά στα 5 χρόνια θα αδυνατεί να αποχετεύει την παροχή μιας καταιγίδας και θα πλημμυρίζει προκαλώντας ζημιές.

Βέβαια, όσο αυξάνεται και η περίοδος επαναφοράς αυξάνεται και το κόστος κατασκευής του έργου, αλλά αντίστοιχα θα οδηγήσει και στη μείωση των ενδεχόμενων καταστροφών από την αστοχία του δικτύου. Η κατάλληλη επιλογή της περιόδου επαναφοράς μπορεί να προέλθει υπολογίζοντας το άθροισμα των ζημιών, που θα προκαλέσει σε περίπτωση αστοχίας και το κόστος επανόρθωσής τους. Λόγω όμως δυσκολίας του υπολογισμού αυτού χρησιμοποιούνται κάποιες τυπικές τιμές επαναφοράς.

Οι τυπικές τιμές του διαστήματος επαναφοράς που έχει επικρατήσει στην Ελλάδα έχει ως εξής:

- Για αγωγούς σε οικιστικές περιοχές $T=2$ έως 15 έτη, με πιο συχνή τιμή τα 5 έτη.
- Για αγωγούς σε εμπορικές περιοχές και κεντρικούς συλλεκτήρες όμβριων $T=10$ έως 15 έτη.
- Για αντιπλημμυρικά έργα διευθέτησης υδατορευμάτων η περίοδος επαναφοράς μπορεί να ξεπεράσει τα 50 έτη (Κουτσογιάννης, 2011).

Κάποιοι επιπλέον παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της περιόδου επαναφοράς είναι οι εξής:

- Σε αγωγούς που ελέγχεται η επάρκειά τους χρησιμοποιούνται μικρές τιμές π.χ. $T=2$ έτη
- Σε αγωγούς που δεν είναι εύκολη η ενίσχυσή τους χρησιμοποιούνται μεγαλύτερες τιμές.
- Σε αγωγούς που τοποθετούνται κάτω από κύριες οδικές αρτηρίες ή κόμβους και ιδιαίτερα όταν είναι σε όρυγμα, όπου υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος, τα διαστήματα επαναφοράς είναι μεγαλύτερα.
- Σε κεντρικούς συλλεκτήρες δίνονται μεγαλύτερες τιμές περιόδου επαναφοράς σε σχέση με τους δευτερεύοντες αγωγούς.
- Σε αντιπλημμυρικά έργα, όπως η διευθέτηση υδατορρευμάτων που διέρχονται μέσα από αστικές περιοχές επιλέγονται από $T=1000$ έως 10000 έτη γιατί η τυχόν αστοχία μπορεί να προκαλέσει απώλειες ανθρώπινων ζώων και άλλες υλικές καταστροφές (Κουτσογιάννης, 1993).

5.4 Όμβρια καμπύλη

Με τον όρο όμβριες καμπύλες χαρακτηρίζονται οι καμπύλες έντασης (i) και της διάρκειας της βροχής (t) για διάφορες περιόδους επαναφοράς (T). Η κατάρτιση των καμπυλών αυτών είναι σημαντική προϋπόθεση για την ορθολογική εκτίμηση των παροχών των όμβριων της περιοχής της μελέτης. Η επεξεργασία των δεδομένων για την κατάρτιση των καμπυλών γίνεται βάσει στατιστικών μεθοδολογιών ανάλυσης.

Οι όμβριες καμπύλες για δεδομένη περίοδο επαναφοράς, περιγράφονται από τις εξής σχέσεις:

- υπερβολικής μορφής: $i = \frac{C}{t+b}$
- εκθετικής μορφής: $i = \frac{C}{t^n}$
- μικτές: $i = \frac{C}{(t+b)^n}$

όπου:

- i : η ένταση της βροχής
- t : η ένταση της διάρκειας της βροχής

- c, b, n : αριθμητικές σταθερές που ισχύουν για το συγκεκριμένο τόπο και τη συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς (T) (Κουτσογιάννης, 1993).

5.5 Χρόνος συγκέντρωσης της λεκάνης απορροής

Η κρίσιμη ένταση της βροχής υπολογίζεται από τις όμβριες καμπύλες αφού επιλεγεί η περίοδος επαναφοράς και καθοριστεί η διάρκεια βροχής. Στην Ορθολογική μέθοδο η διάρκεια βροχής θεωρείται ίση με το χρόνο συγκέντρωσης της λεκάνης. Ο χρόνος συγκέντρωσης είναι ίσος με τη διάρκεια που χρειάζεται να φτάσει μια σταγόνα στο πιο απομακρυσμένο σημείο της λεκάνης στην έξοδό της.

Στα δίκτυα ομβρίων ο χρόνος συγκέντρωσης (t_c) μπορεί να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες, το χρόνο εισόδου t_e και το χρόνο ροής t_p . Ο χρόνος εισόδου είναι ο χρόνος που χρειάζεται μέχρι η απορροή να οδηγηθεί στο δίκτυο από τη λεκάνη που αποχετεύεται και ο χρόνος ροής του κατά μήκους αγωγού όμβριων μέχρι την υπό έλεγχο θέση.

Ο χρόνος εισόδου είναι διαφορετικός ανάλογα με την κλίση του εδάφους, το μήκος της διαδρομής μέχρι την είσοδο στο δίκτυο καθώς επίσης και από την ένταση της βροχής. Προφανώς όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση βροχής τόσο μικρότερος είναι ο χρόνος εισόδου. Οι πιο συνηθισμένες τιμές για χρόνο εισόδου είναι 5 έως 15 min.

Στον παρακάτω Πίνακα 3 δίνονται οι τιμές που συστήνονται από Ελληνικές (Π.Δ.696,1974) και ξένες προδιαγραφές ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της περιοχής (Κουτσογιάννης 1999).

Πίνακας 3: Τιμές χρόνου εισόδου από Ελληνικές (Π.Δ.696,1974) και ξένες προδιαγραφές

Περιγραφή περιοχής	Χρόνος εισόδου (min)
Ελληνικές προδιαγραφές, γενικά	10
Συστάσεις αμερικάνικων ενώσεων WPCF ASCE Πυκνοδομημένες περιοχές με άμεσες ιδιωτικές συνδέσεις στους αγωγούς	5
Ανεπτυγμένες περιοχές με ήπιες κλίσεις	10 - 15
Οικιστικές περιοχές με ήπιες κλίσεις και διεσπαρμένα φρεάτια υδροσυλλογής	20 - 30

Σύμφωνα με τις ελληνικές προδιαγραφές (Π.Δ. 969,1974) η εκτίμηση του χρόνου συγκέντρωσης μπορεί να βρεθεί από τη σχέση του Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{\Delta z}}$$

όπου t_c : ο χρόνος συγκέντρωσης της λεκάνης (h)

A: η επιφάνεια της λεκάνης απορροής σε km².

L: το μήκος της κύριας μισγάγγειας σε km.

Δz : η υψομετρική διαφορά του μέσου υψομέτρου της λεκάνης από το υψόμετρο της εξόδου της σε m.

Αυτή η σχέση είναι η πιο διαδεδομένη στην ελληνική πρακτική.

Κεφάλαιο 6: Υδραυλική των Υπονόμων

6.1 Συνθήκες Ροής

6.1.1 Εξίσωση Chezy

Το νερό που κινείται προς τα κατάντη μέσα σ' έναν αγωγό είναι λόγω βαρύτητας. Η ταχύτητά του θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε το διαθέσιμο φορτίο να καταναλώνεται στην υπερνίκηση της τριβής.

Το μέγεθος της τριβής που πρέπει να υπερνικηθεί είναι ανάλογο προς την τραχύτητα της επιφάνειας του αγωγού, το εμβαδόν της επαφής υγρού – αγωγού, το τετράγωνο της ταχύτητας και την πυκνότητα του υγρού. Η επιφάνεια επαφής είναι το γινόμενο της βρεχόμενης περιμέτρου επί το μήκος του.

Βάση όλων αυτών, η σχέση που μπορούμε να βρούμε τη ταχύτητα, εκφράζεται από την εξίσωση του Chezy:

$$V = C\sqrt{Rs} \quad (6.1.2)$$

V: η ταχύτητα

C: ο συντελεστής C καθορίζεται από την εφαρμογή του τύπου του

BAZIN: $C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$ με τιμή του συντελεστή $\gamma = 0.46$.

R: η υδραυλική ακτίνα

s: η κλίση της επιφάνειας του υγρού

6.1.2 Darcy – Weisbach

Γενικά ισχύει εξίσωση συνέχειας:

$$Q = FU \quad (1)$$

όπου Q = παροχή (m³/sec)

F = διατομή (m²)

U = μέση ταχύτητα ροής στη διατομή (m/sec)

Darcy – Weisbach

α) Γραμμικές απώλειες

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

β) Τοπικές απώλειες

$$h_r = k \frac{u^2}{2g} \quad (3)$$

όπου h: γραμμικές απώλειες (m)

h_r : τοπικές απώλειες (m)

f: συντελεστής γραμμικών απωλειών

k: συντελεστής τοπικών απωλειών

L: μήκος αγωγού (m)

D: διάμετρος αγωγού (m)

Για την περίπτωση κυκλικής διατομής λαμβάνουμε από την εξίσωση

$$u^2 = \frac{Q^2}{F^2} = \frac{16Q^2}{\pi^2 D^4} \Rightarrow \frac{u^2}{2g} = 0,0827 \frac{Q^2}{D^4} \quad (4).$$

Με την εξίσωση (4), η (2) γίνεται:

$$h = 0,0827 \lambda \frac{L}{D^5} Q^2 \quad (5)$$

6.1.3 Υπολογισμός κατά Manning – Kutter

Στην εξίσωση Kutter εισάγεται ένα νέο μέγεθος το n. Η τιμή του n εξαρτάται από την τραχύτητα της επιφάνειας του αγωγού και επηρεάζει αντιστρόφως ανάλογα την ταχύτητα.

$$C = \frac{\left(23 + \frac{0,00155}{s}\right) + \frac{1}{n}}{1 + \left(\frac{n}{\sqrt{R}}\right) \left(23 + \frac{0,00155}{s}\right)} \quad (6.1.3)$$

Η εξίσωση του Manning προκύπτει από τη σχέση του Chezy αν τεθεί

$$C = \left(\frac{1}{n}\right) R^{\frac{1}{6}} \quad (6.1.4)$$

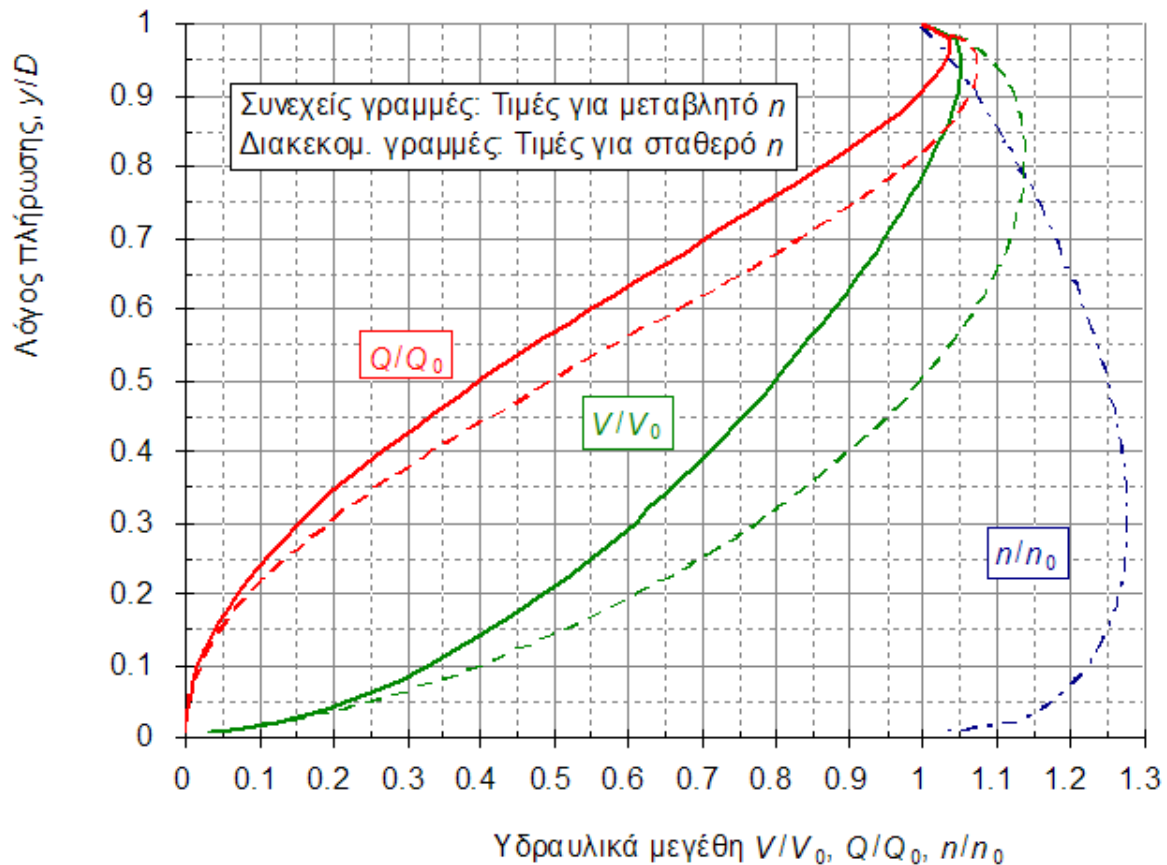
όπου n, ο συντελεστής τραχυτητας κατά Manning, η σχέση (6.1.2) γίνεται:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} s^{\frac{1}{2}} \quad (6.1.5)$$

Η εξίσωση του Manning δίνει εξίσου ικανοποιητικά αποτελέσματα με αυτά που δίνει η εξίσωση του Chezy με την έκφραση του C κατά Kutter.

Το n στην εξίσωση Manning δεν είναι σταθερό και αντικαθιστά το C της

εξίσωσης Kutter το οποίο μεταβάλλεται με την υδραυλική ακτίνα, άρα και με το βάθος ροής. Η μεταβολή του n σαν συνάρτηση του βάθους ροής φαίνεται στην εικόνα 3.



Εικόνα 3: Διαγραμμα ροής με ελευθερη επιφάνεια σε κυκλικούς αγωγούς [Διαδίκτυο 3]

Γενικά, εφαρμόζονται οι παρακάτω συντελεστές τραχύτητας (n) σύμφωνα με τον Κ.Μ.Ε.

- Επιφάνειες από σκυρόδεμα ορθογωνικών οχετών $n = 0.016$
- Οχετοί:
 1. Για έλεγχο πληρότητας $n = 0.018$
 2. Για έλεγχο μέγιστης ταχύτητας $n = 0.012$
- Σωληνωτοί αγωγοί από τσιμεντοσωλήνες (ελεύθερη ροή) $n = 0.016$
- Αβαθείς πλευρικές τάφροι επενδεδυμένες (τριγωνικές, τραπεζοειδής, ρεϊθρα οδών) $n = 0.018$

6.1.4 Υπολογισμός κατά Prandtl – von Karman – Colebrook

Χρησιμοποιείται βάση του αριθμού Reynolds $R_e = \frac{uD}{\nu}$, όπου ν είναι κινηματικό ιξώδες (m^2/sec), ο οποίος δίνει τη φύση της ροής, έτσι έχουμε :

$R_e < 2320 \rightarrow$ στρωτή ροή

$R_e > 2320 \rightarrow$ τυρβώδη ροή

6.2 Ομοιόμορφη Ροή

Με τον όρο ομοιόμορφη ροή καλείται η ροή που εισέρχεται σε έναν αγωγό με σταθερό ρυθμό δηλαδή το βάθος και η μέση ταχύτητα έχουν σταθερή τιμή σε όλο το μήκος του αγωγού, $\frac{\partial \vec{v}}{\partial s} = 0$, σε μία ορισμένη χρονική στιγμή.

Η μόνιμη ομοιόμορφη ροή, θεωρείται η ιδανική κατάσταση λειτουργίας των κλάδων των υπονόμων. Αυτό επιτυγχάνεται με ήπιες κλίσεις των αγωγών, έτσι ώστε να μπορούν να μεταφέρουν υποκρίσιμες ροές.

Στις συνήθεις μελέτες μπορεί να θεωρηθεί μόνιμη ροή. Ομοιόμορφη ροή αναμένεται σε ευθύγραμμους κλάδους υπονόμων, προκαλείται αύξηση ή μείωση της ταχύτητας από εμπόδια και αλλαγές διατομές των αγωγών, γι' αυτό υπάρχουν περιπτώσεις που θα πρέπει να γίνεται λεπτομερής ανάλυση κατά τη διάρκεια των υδραυλικών υπολογισμών.

6.3 Κυκλική Διατομή με ομοιόμορφη ροή

Η κυκλική διατομή εφαρμόζεται σε τυπικά δίκτυα ομβρίων και ακαθάρτων όταν χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένοι σωλήνες. Για την διαστασιολόγηση και τον έλεγχο των αγωγών κυκλικής διατομής, με ελεύθερη επιφάνεια, χρησιμοποιείται ο τύπος του Manning.

Για αγωγούς που δεν ρέουν πλήρης είναι απαραίτητος ο καθορισμός της ταχύτητας και του βάθους ροής. Η εικόνα 3 μας επιτρέπει το γρήγορο υπολογισμό των υδραυλικών στοιχείων κυκλικών διατομών που δεν ρέουν πλήρης. Τα διαγράμματα αυτά όμως, δίνουν προσεγγιστικά αποτελέσματα ιδιαίτερα για μεγάλες ταχύτητες, επομένως πρέπει να προσθέσουμε ένα συντελεστή ασφαλείας. Αν το βάθος ροής είναι μικρότερο του 78% η ταχύτητα μειώνεται, ενώ για μεγαλύτερα βάθη από το 78% στην αρχή αυξάνεται και μετά μειώνεται.

Σε μικτούς αγωγούς υπονόμων οι συνθήκες ροής πρέπει να καθορίζονται όταν δεν ρέουν πλήρης. Τα βάθος ροής πρέπει να είναι γνωστό για τον σχεδιασμό συνδέσεων υπονόμων. Οι μεγάλοι υπόνομοι πρέπει να συνδέονται

με τέτοιο τρόπο ώστε να μην προκαλούνται αναρροφήσεις προς τα πίσω.

$$Q = \frac{1}{n} \left[\frac{D^2}{8} (\varphi - \sin \varphi) \right]^{\frac{5}{3}} \left(\frac{D\varphi}{2} \right)^{-\frac{2}{3}} S_o^{\frac{1}{2}} \quad (6.2.1)$$

Αν θέσουμε όπου $\varphi = 2\pi$, προκύπτει η παροχή για πλήρη ροή και είναι η εξής :

$$Q = \frac{1}{n} \frac{2\pi D^2}{8} \left(\frac{D}{4} \right)^{\frac{2}{3}} S_o^{\frac{1}{2}} \quad (6.2.2)$$

Άρα ο λόγος $\frac{Q}{Q_o}$ προκύπτει ως εξής:

$$\frac{Q}{Q_o} = \frac{1}{2\pi} \varphi \left(1 - \frac{\sin \varphi}{\varphi} \right)^{\frac{5}{3}} \quad (6.2.3)$$

Από το διάγραμμα της εικόνας 3 μπορεί να υπολογισθεί για κάθε τιμή του βάθους y τόσο η παροχή όσο και η ταχύτητα της μη πλήρους ροής.

Κεφάλαιο 7: Κατασκευαστικά στοιχεία δικτύου αποχέτευσης ακαθάρτων

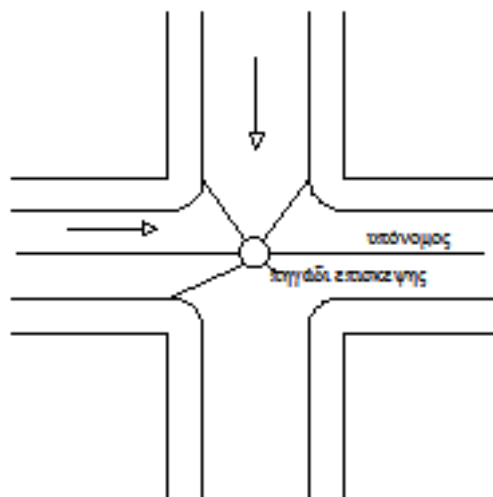
Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μια περιγραφή των βασικών τεχνικών έργων και των βασικών κατασκευαστικών στοιχείων που συναντάμε στα δίκτυα αποχέτευσης.

7.1 Φρεάτια

7.1.1 Φρεάτια επίσκεψης ακαθάρτων και ομβρίων

Τοποθετούνται ανάλογα σε θέσεις αλλαγής διαμέτρου, είτε αλλαγή κλίσης είτε αλλαγή κατεύθυνσης. Γενικά, σε μεγάλα μήκη αγωγών τοποθετούνται ανά διαστήματα για καθαρισμό των αγωγών (εικόνα 4).

Τα φρεάτια επίσκεψης ωφελούν στον καθαρισμό, αερισμό του δικτύου και των αγωγών καθώς και για παρακολούθηση της ροής (εικόνες 5 και 6).



Εικόνα 4: Διασταύρωση δρόμων με τη θέση των στομιών εισόδου υπονόμου ομβρίων υδάτων. Τα βέλη δείχνουν την κατεύθυνση της απορροής στους δρόμους.

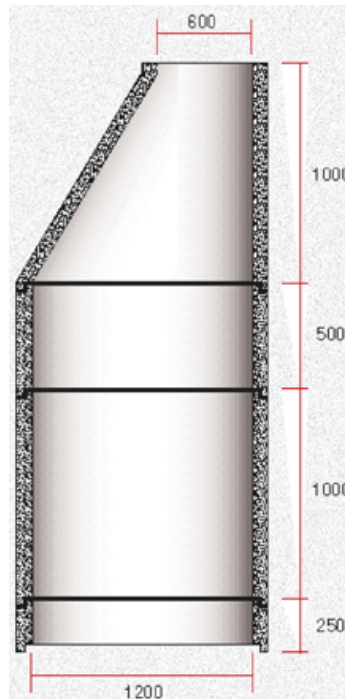
Σε αγωγούς βαρύτητας η απόσταση στην οποία τοποθετούνται τα φρεάτια επίσκεψης δεν πρέπει να ξεπερνά τα 100m, συνήθως μεταξύ 70 και 80m. Σε καταθλιπτικούς αγωγούς τα φρεάτια τοποθετούνται, εφ' όσον ο αγωγός εκτονώνει σε αγωγό βαρύτητας στο δίκτυο αποχέτευσης, στα χαμηλά σημεία για εκκένωση του αγωγού και στα υψηλά για εισαγωγή ή εξαγωγή αέρα. Τα φρεάτια πρέπει να έχουν στον πυθμένα κλίση προς ένα βαθύ σημείο όπου πρέπει να προβλέπεται φρεάτιο εκκένωσης με χρήση φορητής αντλίας σε περιπτώσεις βλάβης, αναγκαστικής εκκένωσης κλπ.

Τα φρεάτια επίσκεψης αποτελούνται από τα εξής επιμέρους τμήματα (Χατζηαγγέλου, 2002 και Ιωσηφίδης 2010):

- πυθμένα φρεατίου
- κύριο τμήμα φρεατίου
- λαιμό φρεατίου
- σκέπαστρο φρεατίου



Εικόνα 5: Φρεάτια επίσκεψης (οι διαστάσεις δίδονται σε mm) [Διαδίκτυο 4]



Εικόνα 6: Φρεάτια επίσκεψης (οι διαστάσεις δίδονται σε mm) [Διαδίκτυο 4]

7.1.2 Φρεάτια συμβολής

Τα φρεάτια συμβολής (εικόνα 7), κατασκευάζονται σε σημείο συνάντησης περισσότερων αγωγών, αλλαγή κατεύθυνσης για αγωγούς μεγάλης ή μικρής διατομής. Στην εικόνα 7 δίδεται μια τυπική κατασκευή φρεατίου συμβολής όπου συνδυάζονται προκατασκευασμένα στοιχεία με στοιχεία φρεατίων και αγωγών από πλαστικό.



Εικόνα 7: Αποψη φρεατίου συμβολής [Διαδίκτυο 5]

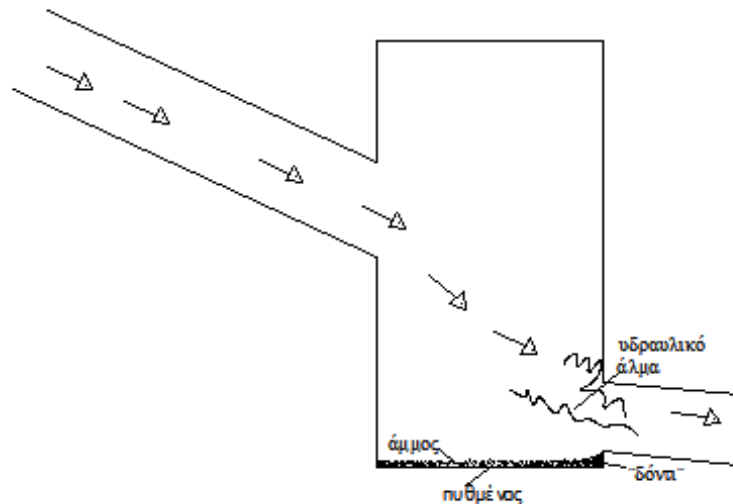
7.1.3 Φρεάτια καθαρισμού

Τοποθετούνται, συνήθως, στην αρχή των δικτύων όπου οι παροχές είναι μικρές ή όταν οι κλίσεις του αγωγού είναι μικρότερη από την ελάχιστη επιτρεπόμενη. Ο καθαρισμός επιτυγχάνεται με τη δημιουργία ενός κύματος νερού στο κατάντη τμήμα του αγωγού το οποίο συμπαρασύρει τις αποθέσεις των φερτών υλικών. Ο όγκος του φρεατίου πρέπει να είναι τουλάχιστον 3m^3 για να είναι δυνατή η δημιουργία κύματος ικανοποιητικής διάρκειας. Αυτή η μέθοδος καθαρισμού μπορεί να εφαρμοστεί και στα απλά φρεάτια επίσκεψης (Χατζηαγγέλου, 2002 και Ιωσηφίδης 2010).

7.1.4 Φρεάτια πτώσης

Όταν η κλίση του εδάφους είναι η μεγαλύτερη από την μέγιστη επιτρεπόμενη του αγωγού ή πρέπει να περάσει κάτω από ένα εμπόδιο ή υπάρχουν υψομετρικές διαφορές μηκοτομικά τότε χρησιμοποιούνται φρεάτια πτώσης. Η διάμετρος του σωλήνα πτώσης πρέπει να είναι τουλάχιστον 25 εκατοστά και συνήθως χρησιμοποιούνται αργιλοπυριτικοί. Η είσοδος του φρεατίου κατασκευάζεται στην άκρη με το μεγαλύτερο βάθος (Χατζηαγγέλου, 2002).

Στην εικόνα 8 βλέπουμε ένα φρεάτιο πτώσης όπου στον πυθμένα του έχει κατασκευαστεί ένα "δόντι", για να συγκεντρώνει την φερτή άμμο. Κατά την πτώση των ομβρίων είναι δυνατό να προκαλείται υδραυλικό άλμα.



Εικόνα 8: Σκαρίφημα φρεατίου πτώσης

7.2 Αγωγοί (σωλήνες) δικτύου αποχέτευσης

Υπάρχουν πολλά είδη υλικών που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για τους αγωγούς καθώς όμως αυτά εξελίσσονται στην πάροδο του χρόνου, για την επιλογή τους έχουν τεθεί συγκεκριμένα κριτήρια (Χατζηαγγέλου 2002 και Ιωσηφίδης 2010):

1. Διάρκεια ζωής και εμπειρία από χρήση συγκεκριμένου υλικού
2. Αντοχή σε μηχανική ή χημική διάβρωση
3. Φυσική αντοχή
4. Κόστος του υλικού και τοποθέτησης
5. Ευκολία στον χειρισμό και στην τοποθέτηση
6. Τύπος και συχνότητα αρμών, στεγανότητα και ευκολία επίτευξης τους
7. Διαθεσιμότητα των διατομών που απαιτούνται
8. Διαθεσιμότητα και ευκολία τοποθέτησης ειδικών τεμαχίων
9. Υδραυλικά χαρακτηριστικά

Θεωρώντας τα παραπάνω κριτήρια κατά κανόνα στη χώρα μας χρησιμοποιούνται:

7.2.1 Σωλήνες από σκυρόδεμα

Χρησιμοποιούνται κυρίως στην κατασκευή αγωγών όμβριων. Στους αγωγούς ακαθάρτων χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια καθώς η βελτίωση των μεθόδων παραγωγής τσιμέντου και σκυροδέματος βοήθησε στη χρήση τους. Παράγονται μαζικά βιομηχανικά οπλισμένοι για μεγάλες διαμέτρους από 400mm έως 1200mm και άοπλοι για μικρότερες διαμέτρους.

Τα πλεονεκτήματα αυτών των αγωγών είναι η οικονομία στην προμήθεια του υλικού, το κόστος, η ευκολία στην κατασκευή τους (κατασκευή μεγάλων μηκών) και η δυνατότητα δημιουργίας μεγάλου εύρους αντοχής.

Στα μειονεκτήματα αυτών περιλαμβάνονται το μεγάλο βάρος των σωλήνων, το μεγάλο πλήθος των αρμών καθώς και στη μικρή αντοχή του σκυροδέματος στη διάβρωση από διάφορες χημικές ουσίες όπως είναι το θείο (S), το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) οι οποίες βρίσκονται στα λύματα. Επίσης, η στεγανότητα των τοιχωμάτων των σωλήνων επιτυγχάνεται πολύ δύσκολα και η αντοχή στη μηχανική φθορά από το «σύρσιμο» της άμμου που προκαλείται από τη ροή είναι μικρή (Χατζηαγγέλου, 2002).



Εικόνα 9: τυπική διατομή σωλήνα από σκυρόδεμα [Διαδίκτυο 6]

7.2.2 Σωλήνες από αμιαντοσίμεντο

Παράγεται με ανάμειξη τσιμέντου και των ινών αμιάντου, οι οποίες δίνουν εφελκυστική αντοχή στο υλικό. Έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για υπονόμους και στην Ελλάδα τις δεκαετίες του '70 και του '80 σε τυποποιημένα μήκη των 5,0m και σε διάμετρο από 200mm έως 1000mm.

Τα πλεονεκτήματά τους είναι το μικρό βάρος σε αντίθεση με τους σωλήνες από σκυρόδεμα, με αποτέλεσμα την πιο εύκολη τοποθέτησή τους, μεγάλο εύρος αντοχής και διαμέτρων καθώς και το κόστος τους.

Μειονεκτήματα των σωλήνων αυτών είναι η χημική διάβρωση του υλικού. Επίσης, έχει διαπιστωθεί πως η χρήση ινών αμιάντου είναι πολύ επικίνδυνες για την υγεία καθώς έχει διαπιστωθεί ότι ο αμιάντος είναι ένα υλικό που προκαλεί όγκους στον άνθρωπο και στα ζώα (Χατζηαγγέλου 2002).



Εικόνα 10: τυπική διατομή σωλήνα από αμιαντοσίμεντο [Διαδίκτυο 7]

7.2.3 Πλαστικοί σωλήνες

Κατασκευάζονται και στη χώρα μας από το 1970. Στα δίκτυα ακαθάρτων χρησιμοποιούνται κυρίως σωλήνες από πολυβινυλοχλωρίδιο (UPVC) σε διάφορες κλάσεις αντοχής με διαμέτρους από 200mm έως 1200mm.

Τα πλεονεκτήματα των σωλήνων αυτών είναι το μικρό βάρος, είναι άθραυστοι, έχουν ικανοποιητική στεγανότητα, η αντοχή τους σε χημική διάβρωση είναι μεγάλη και η χρησιμοποίησή τους είναι πολύ εύκολη.

Τα μειονεκτήματα των πλαστικών σωλήνων είναι η ευαισθησία του υλικού σε μηχανική καταπόνηση και στην ηλιακή ακτινοβολία καθώς τα τοιχώματά τους είναι λεπτά και έτσι είναι δυνατή η παραμόρφωση των αγωγών (Χατζηαγγέλου 2002).



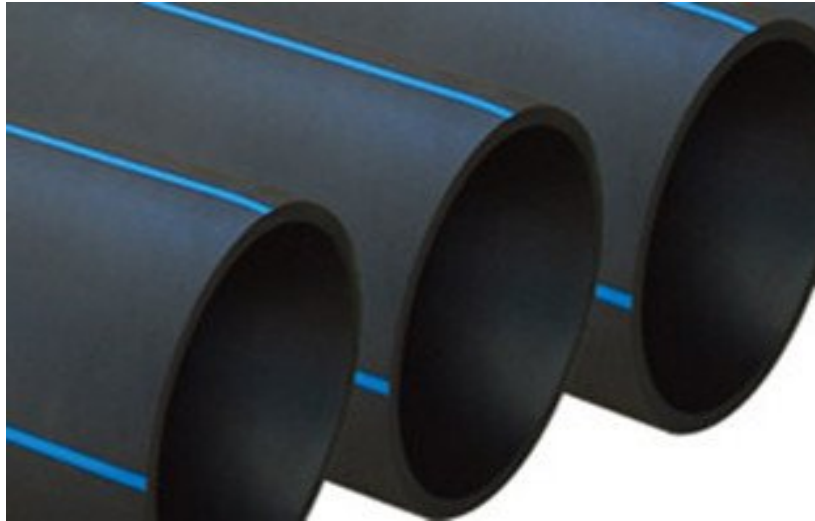
Εικόνα 11: τυπικές διατομές πλαστικών σωλήνων [Διαδίκτυο 8]

7.2.4 Σωλήνες από PEHD

Αποτελούν υποκατηγορία των πλαστικών σωλήνων. Αποτελούνται από σκληρό πολυαιθυλένιο και χρησιμοποιούνται μόνο για την κατασκευή καταθλιπτικών αγωγών στα δίκτυα αποχέτευσης ακαθάρτων. Επίσης, όλο και περισσότερο χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένα φρεάτια από PEHD.

Πλεονεκτήματα της χρήσης αυτών των σωλήνων είναι η καλύτερη αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις.

Μικρό μειονέκτημα είναι η ελαφρώς ακριβότερη τιμή από τους αγωγούς PVC.



Εικόνα 12: τυπικές διατομές σωλήνων από PEHD[Διαδίκτυο 9]

7.2.5 Σωλήνες από GFK

Χρησιμοποιούνται κυρίως για αποχέτευση όμβριων. Τα τελευταία χρόνια κερδίζουν έδαφος καθώς είναι εύκολοι στην τοποθέτησή τους, όμως δε γνωρίζουμε ακριβώς τη συμπεριφορά τους σε μηχανικές καταπονήσεις.

7.2.6 Αργιλοπυριτικοί σωλήνες

Στο παρελθόν η εφαρμογή τους ήταν μεγάλη. Πλεονεκτήματα αυτών η ξεχωριστή αντοχή σε χημική διάβρωση και φυσική αντοχή. Σαν κύριο μειονέκτημά τους είναι το υψηλό κόστος και το εύθραυστο κατά τη μεταφορά και τοποθέτησή τους.

7.2.7 Σωλήνες από άλλα υλικά

Η επιλογή σωλήνων από χυτοσίδηρο ή χάλυβα είναι σχετικά μια εύκολη και αποτελεσματική λύση. Στις εμφανείς σωληνώσεις η χρησιμοποίηση του χάλυβα συμβάλει θετικά στο ότι δεν παθαίνει φθορές, ούτε αλλοιώσεις από την ηλιακή ακτινοβολία. Στη χώρα μας ο συνήθης τύπος που χρησιμοποιείται είναι σωλήνας ελικοειδούς ραφής και η ένωση μεταξύ τους γίνεται με συγκόλληση. Όμως η χημική διαβρωσιμότητα τους είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά δε τους καθιστά κατάλληλους προς χρήση και χρειάζονται μεγάλη προστασία από αντιδιαβρωτικό υλικό, ενώ το υψηλό κόστος τους δε βοηθά στη χρήση τους για συνηθισμένες σωληνώσεις.



Εικόνα 13: τυπικές διατομές σωλήνων χάλυβα [Διαδίκτυο 10]

Εικόνα 14: τυπικές διατομές σωλήνων χυτοσιδήρου [Διαδίκτυο 11]

7.2.8 Αγωγοί χυτοί επί τόπου

Είναι η συχνότερη λύση στους αγωγούς όμβριων, που οι παροχές είναι αρκετά μεγάλες. Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγονται οι απαιτήσεις στην ποσότητα των ειδικευμένων εργατών και στο χρόνο- κόστος κατασκευής του έργου. Επίσης, η ποιότητα του σκυροδέματος είναι σχετικά χαμηλή.

7.3 Διατομές

Οι βασικές διατομές ταξινομούνται σε:

- Κυκλική: είναι η πλέον ευνοϊκή καθώς όταν ο αγωγός είναι πλήρης η περίμετρος της βρεχόμενης επιφάνειας είναι μικρότερη από τις άλλες κι έτσι η μεταφορά του νερού γίνεται με μικρότερες απώλειες τριβών.
- Ωοειδής: παρόλο που χρησιμοποιούνται ελάχιστα το μεγάλο βάθος τους βοηθά στην αποφυγή των φερτών υλικών στον πυθμένα των σωλήνων.
- Στοματοειδής: όπως οι ωοειδείς δε χρησιμοποιούνται ευρέως, όμως με αυτές τις διατομές επιτυγχάνεται η μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων λυμάτων.
- Αυλακωτές: χρησιμοποιούνται κυρίως στα παντοροϊκά δίκτυα για να είναι πιο εύκολη η επίσκεψη των αγωγών όταν δε βρέχει.

Μαζί με τα λύματα συμπαρασύρονται διάφορα υλικά μεγάλου μεγέθους, τα οποία είναι πολύ πιθανό να φράξουν τους σωλήνες αν η διατομή τους είναι πολύ μικρή. Γι' αυτό το λόγο έχουν οριστεί οι παρακάτω ελάχιστες διατομές:

Ιδιωτικές συνδέσεις	Φ15 εκ.
Συνδέσεις φρεατίων περισυλλογής	Φ15 εκ.
Αγωγοί λυμάτων	Φ20 εκ.
Αγωγοί όμβριων	Φ25 εκ.
Αγωγοί παντοροϊκοί	Φ25 εκ.

Οι μικρότερες διατομές που μπορούν να συρθούν εργάτες είναι η κυκλική Φ80 εκατοστών και η ωσειδής 60x90 εκατοστών όμως οι τελευταίες δεν επιτρέπεται η χρήση τους από τις ελληνικές προδιαγραφές.

7.4 Συντελεστής τραχύτητας αγωγών

7.4.1 Τιμές του συντελεστή φυσική τραχύτητας K

Πίνακας 4: Τιμές του συντελεστή K για σωλήνες και διάφορα υλικά (τεύχος 1 από ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΜΗΧΑΝΙΚΗ του Ηρακλή Χατζηαγγέλου)

Υλικό σωλήνα	K (mm)
Σωλήνες από PVC και PE	0,010
Κοινοί χαλυβδοσωλήνες (συγκολλητοί)	0,045
Σωλήνες αμιαντοτσιμέντου	0,05
Χυτοσίδηροι και χαλυβδοσωλήνες ασφαλτωμένοι	0,10
Χυτοσίδηροι σωλήνες	0,25
Εύλινοι σωλήνες	0,18-0,19
Σωλήνες από σκυρόδεμα	0,3-3,00
Χαλυβδοσωλήνες (ηλωτοί)	0,9- 9,00

7.4.2 Τιμές του συντελεστή K_b για αγωγούς αποχέτευσης

Οι τιμές του συντελεστή K_b είναι μεγαλύτερες από τις τιμές της φυσικής τραχύτητας K και εξαρτώνται από τον τύπο του αγωγού και την ποιότητα της κατασκευής.

Πίνακας 5: Τιμές του συντελεστή K_b (mm) για αγωγούς αποχέτευσης (τεύχος 1 από ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΜΗΧΑΝΙΚΗ του Ηρακλή Χατζηαγγέλου)

Τύπος αγωγού	Ποιότητα κατασκευής
	Κατηγορία I
Συνηθισμένοι αγωγοί	1,5
Ευθύγραμμοι αγωγοί	1,0

7.4.3 Τιμές του συντελεστή K_b για αγωγούς ύδρευσης

Στην ενότητα αυτή αναφέρονται, κυρίως για λόγους πληρότητας, χαρακτηριστικές τιμές του συντελεστή K_b για αγωγούς ύδρευσης.

Πίνακας 6: Τιμές του συντελεστή K_b (mm) για αγωγούς ύδρευσης (τεύχος 1 από ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΜΗΧΑΝΙΚΗ του Ηρακλή Χατζηαγγέλου)

Αγωγοί ύδρευσης	K_b
Νέοι αγωγοί από μονωμένο χάλυβα, αμιαντοτσιμέντο, PVC	0,1
Παλιοί κύριοι αγωγοί από διάφορα υλικά	0,2
Αγωγοί δικτύων με πρόσθετες απώλειες ενέργειας	0,4
Κίνδυνος επικάλυψης αλάτων στα τοιχώματα των αγωγών	10-15%
Σε πολύ παλιά δίκτυα έχουν παρατηρήσει απώλειες έως	3,00

Κεφάλαιο 8: Σχεδιασμός δικτύου αποχέτευσης – Εφαρμογή των Π.Δ.

Η εκπόνηση των μελετών υδραυλικών έργων διέπεται από σχετικές προδιαγραφές. Αρκετά από αυτά που θα αναλύσουμε παρακάτω περιγράφονται σε κάποιο βαθμό από το ΠΔ 696/1974. Γενικά είναι κοινή εκτίμηση ότι το ΠΔ 696/1974 αποτελεί μια γενική οδηγία, δημοσιευμένη πριν από 40 χρόνια χωρίς να ενσωματώνει τη συσσωρευμένη εμπειρία από τις τόσες μελέτες που έχουν εκπονηθεί από τότε μέχρι και σήμερα.

8.1 Κλίσεις αγωγών

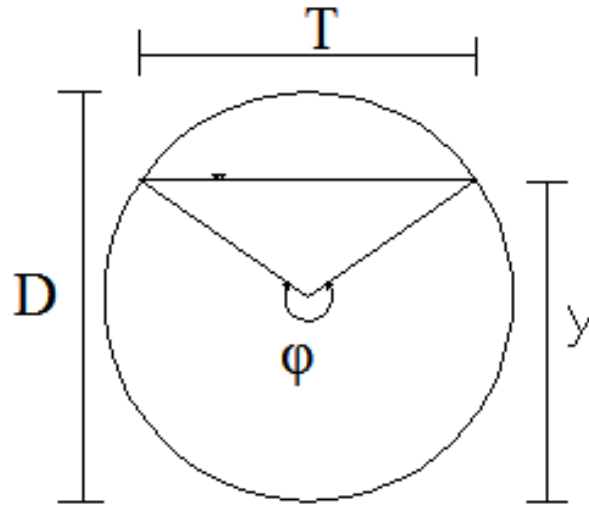
Σύμφωνα με το ΠΔ/696/74 οι ελάχιστες κλίσεις των αγωγών υπολογίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε η ταχύτητα που αντιστοιχεί στο 10% της παροχετευτικότητας του αγωγού (Q/Q_0) να είναι μεγαλύτερη από τα 0,3 m/sec για αγωγούς ακαθάρτων και τα 0,6m/sec για αγωγούς όμβριων. Αυτό σημαίνει ότι οι αντίστοιχες ταχύτητες πλήρωσης είναι $V_0=0,56$ m/sec για αγωγούς ακαθάρτων και 1,11 m/sec για αγωγούς όμβριων. Έχουν οριστεί αυτές οι προδιαγραφές για την ελαχιστοποίηση του κόστους κατασκευής. Έτσι οι αγωγοί τοποθετούνται με την ίδια κλίση όπως και η κλίση του οδοστρώματος ώστε να ελαχιστοποιηθεί το βάθος του σκάμματος για την τοποθέτηση των αγωγών ώστε να επιτυγχάνονται συνθήκες αυτοκαθαρισμού των αγωγών.

8.2 Ποσοστά πλήρωσης

Παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα τα μέγιστα ποσοστά πλήρωσης για κυκλικούς αγωγούς καθώς έχουν καθοριστεί για την αποφυγή ασταθειών ροής, την αποφυγή κινδύνων λειτουργίας των αγωγών υπό πίεση και εξασφαλίζεται ο επαρκής αερισμός των λυμάτων.

Πίνακας 7: Μέγιστα επιτρεπόμενα ποσοστά πλήρωσης για αγωγούς αποχετεύσεων βάση ΠΔ 696/74

Κατηγορία Αγωγών	Μέγιστος λόγος πλήρωσης y/D
Αγωγοί ακαθάρτων με διάμετρο $D=20\text{cm}$ έως 40cm	0.50
Αγωγοί ακαθάρτων με διάμετρο $D=50\text{cm}$ έως 60cm	0.60
Αγωγοί ακαθάρτων με διάμετρο $D>60\text{cm}$	0.70
Αγωγοί όμβριων	0.70
Παλιοί αγωγοί αποχέτευσης	0.80



Εικόνα 15: Ορισμός μεγεθών σε κυκλικό αγωγό

8.3 Υπολογισμός παροχών

8.3.1 Κατανάλωση ύδατος – Παροχές ακαθάρτων

Υπολογίζοντας την κατανάλωση ύδατος μπορούμε να έχουμε την παροχή. Υπάρχουν παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση και διακρίνονται σε (Ιωσιφίδης 2010):

- κόστος νερού
- ποιότητα νερού
- κλίμα
- επίπεδο ζωής
- η ύπαρξη ή όχι δικτύου αποχέτευσης
- πόσο εμπορική ή τουριστική είναι μια περιοχή
- η διαθέσιμη ποσότητα νερού για ύδρευση

8.3.2 Διαχείριση της υδροδότησης

Η κατανάλωση ύδατος εκφράζεται με τη μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο δηλαδή $l/d/$ κάτοικο και συγκεκριμένα στην Ελλάδα η τιμή αυτή κυμαίνεται από $150 l/d$ κάτοικο έως $250 l/d$ κάτοικο. Σε περιοχές με λίγους κατοίκους η τιμή αυτή είναι πιο μικρή, ενώ σε μεγάλες πόλεις αυξάνεται.

Παράλληλα με τους παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση

ύδατος παρουσιάζονται μεταβολές που επηρεάζουν την παροχή ακαθάρτων, όπως:

- Διακυμάνσεις στη διάρκεια της ημέρας: Συγκεκριμένες ωριαίες μεταβολές που οφείλονται κυρίως στον καθημερινό τρόπο ζωής.
- Διακυμάνσεις στη διάρκεια της εβδομάδας: ανάλογα με την εποχή αλλά και τις καθημερινές συνήθειες έχει παρατηρηθεί αύξηση της κατανάλωσης τις πρώτες ημέρες της εβδομάδες και μείωση συνήθως Κυριακές και αργίες.
- Διακυμάνσεις στη διάρκεια του έτους: Οφείλονται συνήθως στις κλιματικές αλλαγές για παράδειγμα το καλοκαίρι η κατανάλωση του νερού είναι μεγαλύτερη και συνεπάγεται μεγαλύτερη παροχή ακαθάρτων.
- Υπερετήσιες διακυμάνσεις: Οφείλονται στην αύξηση στην εξέλιξη καθώς και στο επίπεδο διαβίωσης του πληθυσμού κυρίως σε αστικά κέντρα.

Για μια μελέτη αποχέτευσης μας ενδιαφέρουν οι μέγιστες και οι ελάχιστες παροχές. Οι μεν για ασφαλέστερη διαστασιολόγηση και υδραυλικό έλεγχο των αγωγών και η δε για την αποφυγή αποθέσεων στους αγωγούς.

8.3.3 Κυριότερα μεγέθη παροχής ακαθάρτων

8.3.3.1 Μέση ημερήσια παροχή Q_{ak} (ανά κάτοικο q_{ak})

Πρόκειται για τον ετήσιο όγκο των ακαθάρτων, διηρημένο με τη διάρκεια ενός έτους. Προκύπτει από τον ετήσιο όγκο κατανάλωσης ύδατος πολλαπλασιασμένο με ένα συντελεστή που εκφράζει το ποσοστό ύδατος που καταλήγει στην αποχέτευση και κατά κανόνα θεωρείται ίσο με 0,80 (δηλαδή το 80% της κατανάλωσης νερού καταλήγει στο δίκτυο αποχέτευσης) (*Ιωσηφίδης 2010*).

8.3.3.2 Μέγιστη ημερήσια παροχή $Q_{max}^{\eta\mu}$ (ανά κάτοικο $q_{max}^{\eta\mu}$)

Πρόκειται για τη μέση παροχή της ημέρας με τη μεγαλύτερη κατανάλωση. Προκύπτει από τη μέση ημερήσια παροχή ακαθάρτων πολλαπλασιασμένη με το συντελεστή ημερήσιας αιχμής f_d : $Q_{max}^{\eta\mu} = Q_{ak} f_d$

8.3.3.3 Μέγιστη ωριαία παροχή ακαθάρτων (ή παροχή αιχμής)

Υπολογίζεται στη βάση της μέγιστης ημερήσιας, ως η παροχή της ώρας με τη μεγαλύτερη κατανάλωση. Υπολογίζεται από τη σχέση $Q_{αιχμής} = Q_{max}^{\eta\mu} f_h$ όπου f_h συντελεστής ωριαίας αιχμής ο οποίος υπολογίζεται:

$$f_h = 1,5 + 2,5 \sqrt{Q_{max}^{\eta\mu}} (l/s) \leq 3$$

Πίνακας 8: Συντελεστές υπολογισμού παροχών αιχμής και ελαχίστων παροχών για τη διαστασιολόγηση των δικτύων αποχέτευσης (Ιωσηφίδης, 2010).

Μέγεθος οικισμού (κάτοικοι)	Ημερήσια παροχή λυμάτων	Συντελεστής αιχμής	Συντελεστής υπολογισμού παροχής ανά ημέρα $f_{\text{μέσο}}$
1	2	3	4
ως 5000	150	1/8 (3,0)	1/12
5000 – 10000	180	1/10 (2,4)	1/12-1/14
10000-50000	220	1/12 (2,0)	1/14-1/18
50000-250000	250	1/14 (1.71)	1/18-1/20
> 250000	300	1/16 (1.5)	1/20-1/22

8.4 Μέγιστες και ελάχιστες ταχύτητες

8.4.1 Ελάχιστες ταχύτητες ροής.

Ο λόγος που υιοθετούμε τις ελάχιστες ταχύτητες ροής είναι για την αποτροπή δημιουργίας αποθέσεων φερτών υλικών στον πυθμένα των αγωγών. Τυπικές τιμές της ελάχιστης ταχύτητας ροής σε αγωγούς αποχέτευσης είναι από 0,45 έως 0,80m/sec.

Συγκεκριμένα στις ελληνικές προδιαγραφές:

1. αγωγοί ακαθάρτων $V_{\min} > 0,6\text{m/sec}$.
2. αγωγοί ομβρίων $V_{\min} > 0,6\text{m/sec}$.

8.4.2 Μέγιστες ταχύτητες ροής.

Τα όρια των μεγίστων ταχυτήτων τίθενται για την αποφυγή διάβρωσης στους αγωγούς και τα φρεάτια. Το ΠΔ 696/74 καθορίζει ως μέγιστη ταχύτητα και για τα δυο δίκτυα είναι 6m/sec. Ωστόσο η μελετητική εμπειρία δείχνει ότι θα πρέπει να είναι μικρότερη των 3m/sec (Τσακίρης, 2004).

Συγκεκριμένα προτείνεται:

1. αγωγοί ακαθάρτων $V_{\max} \leq 3\text{m/sec}$
2. αγωγοί ομβρίων $V_{\max} \leq 6\text{m/sec}$

Κεφάλαιο 9: Μελέτη – εφαρμογή στην πόλη του Αγρινίου

9.1 Εισαγωγικά στοιχεία – Ιστορικά στοιχεία

Σύμφωνα με τη μυθολογία η πόλη οφείλει το όνομα της στον ιδρυτή της τον Άγριο, ο οποίος ήταν απόγονος του γενάρχη Αιτωλού και του γιου του Πλευρώνα. Το Αγρίνιο βρίσκεται πολύ κοντά στον ποταμό Αχελώο που ήταν το φυσικό σύνορο ανάμεσα στην Αιτωλία και την Ακαρνανία και συχνά πέρασε στην κυριαρχία της μιας ή της άλλης πλευράς κατά την αρχαιότητα. Φέρεται επίσης να ήταν το κέντρο του φύλου των Αγραίων οι οποίοι ζούσαν στην περιοχή αυτή και στα βόρεια της Αιτωλίας.

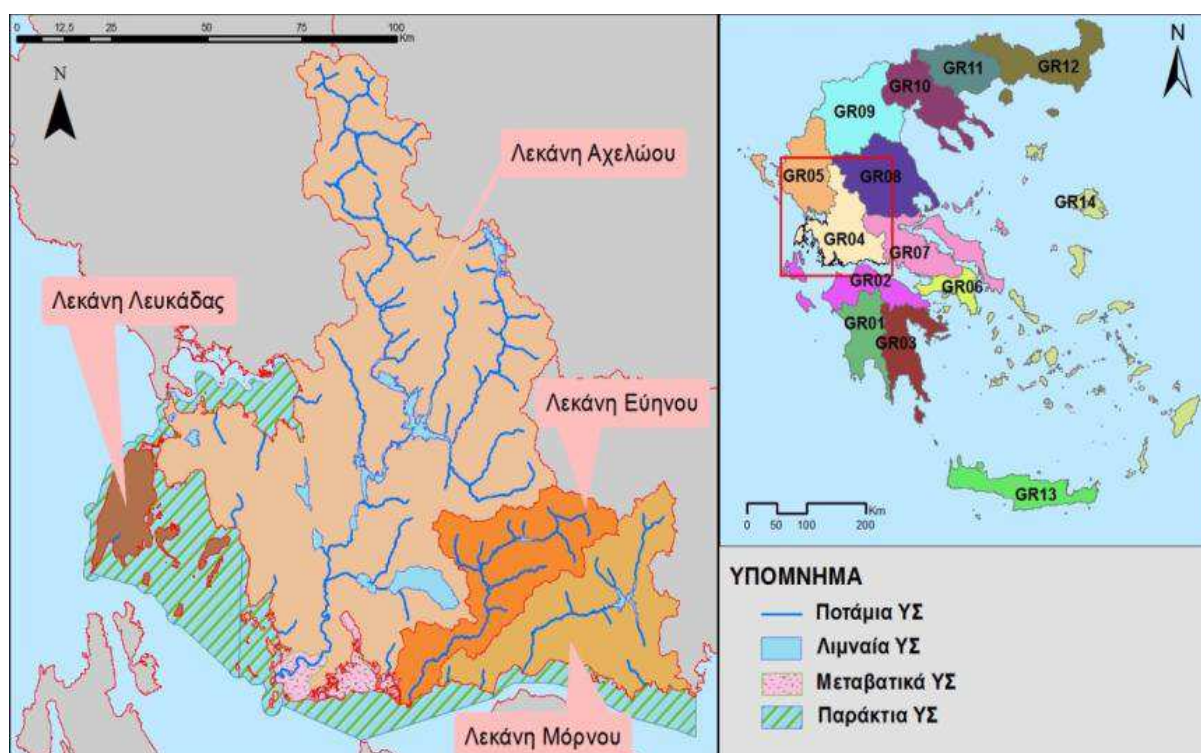
Το 314 π.Χ. οι πηγές αναφέρουν ότι το αρχαίο Αγρίνιο καταστράφηκε από τον Κάσσανδρο της Μακεδονίας και έπεσε στην αφάνεια για πολλούς αιώνες ώσπου ξαναεμφανίζεται την εποχή της Τουρκοκρατίας με το όνομα Βραχώρι. Το Βραχώρι ήταν διοικητικό κέντρο και κύριος τόπος κατοικίας των Τούρκων της περιοχής και από τον 18ο έγινε έδρα του Σαντζακίου του Κάρλελι όντας το κέντρο ολόκληρης της σημερινής Αιτωλοακαρνανίας. Απελευθερώθηκε από τους Τούρκους στις 11 Ιουνίου του 1821 και αποτέλεσε τμήμα του νέου Ελληνικού κράτους. Μετά την απελευθέρωση η πόλη πήρε ξανά το αρχαίο της όνομα, Αγρίνιο.

Με την είσοδο του 20ου αιώνα η πόλη έγινε σημαντικότατο κέντρο παραγωγής και επεξεργασίας του καπνού και αναπτύχθηκε γρήγορα. Πολλοί επιχειρηματίες δραστηριοποιήθηκαν στον τομέα αυτό. Μετά τη Μικρασιατική Καταστροφή πολλοί πρόσφυγες βρήκαν καταφύγιο στην πόλη και εγκαταστάθηκαν στην περιοχή του Αγίου Κωνσταντίνου η οποία αποτελεί σήμερα ζωτικό κομμάτι της πόλης. Η θέση του Αγρινίου στο κέντρο όχι μόνο της Αιτωλοακαρνανίας αλλά ολόκληρης της δυτικής Ελλάδας και οι ευκαιρίες που παρέχει οδήγησαν πολύ κόσμο σε αυτό, κυρίως από τα χωριά του νομού, την Ευρυτανία και την Ήπειρο με αποτέλεσμα ο πληθυσμός της να αυξάνεται με μεγάλο ρυθμό ακόμα και μέχρι το τέλος του 20ου αιώνα.

Το Αγρίνιο βρίσκεται στο νομό Αιτωλοακαρνανίας και είναι η μεγαλύτερη πόλη με έναν πληθυσμό τουλάχιστον 100.000 κατοίκων από τους περίπου 230.000 του νομού. Είναι μια σύγχρονη πόλη που γνώρισε ραγδαία αύξηση του πληθυσμού της τις τελευταίες δεκαετίες και αποτελεί το ένα από τα τρία μεγάλα αστικά κέντρα στο δυτικό τμήμα της χώρας μαζί με την Πάτρα και τα Ιωάννινα.

9.2 Η πόλη του Αγρινίου και οι απορροές της ευρύτερης περιοχής

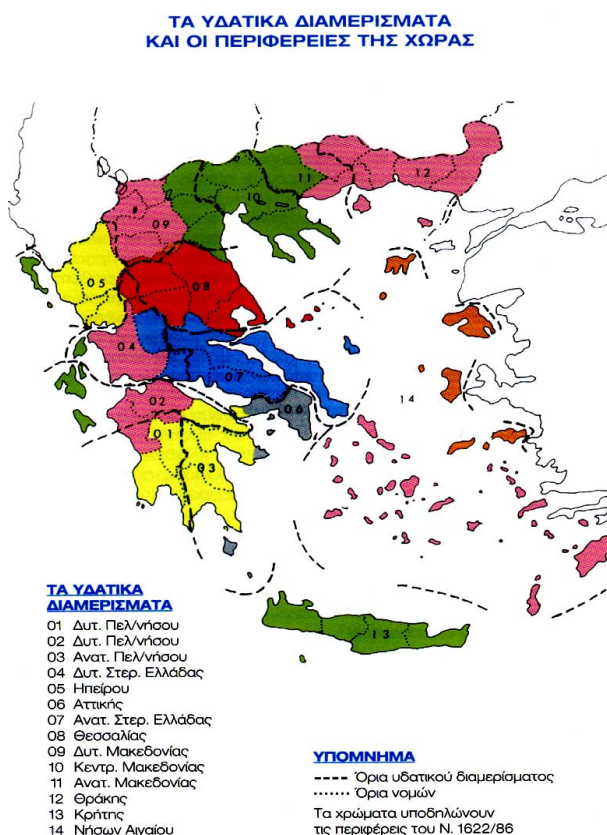
Το Αγρίνιο βρίσκεται στο κέντρο γεωγραφικά του μεγαλύτερου νομού της χώρας, της Αιτωλοακαρνανίας. Στα νότια της πόλης υπάρχουν οι δύο λίμνες Τριχωνίδα (η μεγαλύτερη της χώρας) και Λυσιμαχεία οι οποίες αποτελούν ενιαίο οικοσύστημα και είναι πλούσιες σε χλωρίδα και πανίδα, αλλά και σε φυσική ομορφιά. Κοντά στην πόλη βρίσκεται και η λίμνη Οζερός, ενώ στον γειτονικό Αχελώο έχουν δημιουργηθεί και τρεις τεχνητές λίμνες, οι Στράτου, Καστρακίου και Κρεμαστών. Στα νότια και δυτικά του Αγρινίου απλώνεται ο μεγάλος κάμπος του, το Μέγα Αιτωλικό Πεδίο της αρχαιότητας, ενώ στα βόρεια βρίσκεται το Παναιτωλικό Όρος.



Εικόνα 16: Οι λεκάνες απορροής της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (Υπουργείο Γεωργίας)

9.2.1 Η υδρολογική διαίρεση της Ελλάδας

Εκτός από τη διοικητική διαίρεση της Ελλάδας υπάρχει και η υδρολογική διαίρεσή της, σύμφωνα με το Ν 1739/87 για τη διαίρεση των υδάτινων πόρων. Δηλαδή, ανάλογα με το πως συγκεντρώνονται τα νερά της βροχής, η χώρα αποτελείται από 14 υδατικά διαμερίσματα.



Εικόνα 17: Υδρολογική διαίρεση της Ελλάδας [Υπ.Γεωργίας – Διαδίκτυο 12]

Όπως είδαμε στην εικόνα 17, η Αιτωλοακαρνανία μαζί με τη Λευκάδα, την Ευρυτανία και τμήματα των νομών Καρδίτσας, Τρικάλων και Φωκίδας αποτελούν το διαμέρισμα 4, της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας.

Στο διαμέρισμα 4, υπάρχουν 3 λεκάνες απορροής στους τρεις κύριους ποταμούς: α) τον Αχελώο, β) τον Εύηνο και γ) τον Μόρνο. Σημαντικό χώρο καταλαμβάνουν και οι λεκάνες απορροής των παραποτάμων τους.

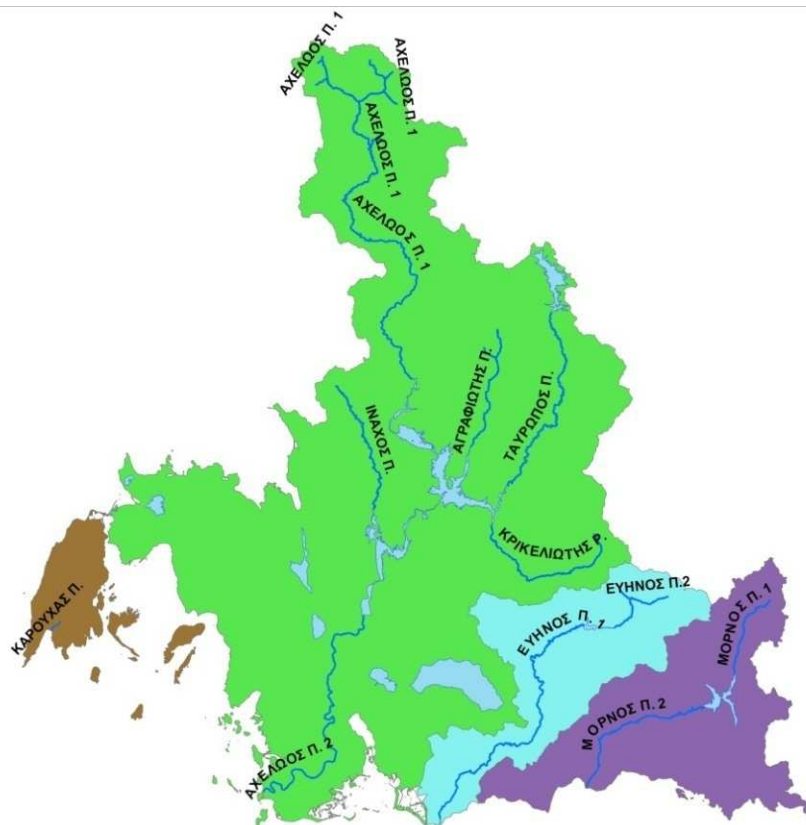
9.2.2 Λεκάνη απορροής ποταμού Αχελώου

Η σημαντικότερη από τις 3 λεκάνες απορροής είναι του Αχελώου που έχει επιφάνεια 4762 km² και περιλαμβάνει τους κύριους ποταμούς:

- Αχελώο με μήκος 220 km
- Αγραφιώτη με μήκος 33 km
- Ταυρωπό με μήκος 52 km
- Ίναχο με μήκος 35 km
- Κρικελιώτη με μήκος 37 km

Η μέση κλίση των ορεινών λεκανών των ποταμών κυμαίνεται απο 18 έως 30 %.

Η Λ.ΑΠ. του Αχελώου περιλαμβάνει επίσης τις φυσικές λίμνες Τριγωνίδα, Λυσιμαχία, Οζερό, Βουλκαρία, Αμβρακία, Σαλτινή και τις τεχνητές λίμνες Κρεμαστών, Ταυρωπού, Καστρακίου και Στράτου.



Εικόνα 18: Ποταμοί Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (Υπουργείο Γεωργίας)

9.2.3 Λεκάνη απορροής ποταμού Ευήνου

Η Λ.ΑΠ. Ευήνου έχει επιφάνεια 1163km², περιλαμβάνει κυρίως τον ποταμό Εύηνο με μήκος 93km και την τεχνητή λίμνη Ευήνου. Η κλίση στο ορεινό τμήμα της λεκάνης είναι 24%.

9.2.4 Λεκάνη απορροής ποταμού Μόρνου

Η Λ.ΑΠ. Μόρνου έχει επιφάνεια 1438 km², περιλαμβάνει τον ποταμό Μορνο με μήκος 60 km και την τεχνητή λίμνη Μόρνου. Η μέση κλίση της λεκάνης απορροής είναι 21,5%.

9.2.5 Λεκάνη απορροής Λευκάδας

Η Λ.ΑΠ. Λευκάδας έχει επιφάνεια 365 km² , και δεν υπάρχουν κύριοι ποταμοί ούτε λίμνες.



Εικόνα 19: Λίμνες Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (Υπουργείο Γεωργίας)

9.3 Εφαρμογή στο Πολεοδομικό Συγκρότημα του Αγρινίου

Η περιοχή για την οποία πρόκειται να σχεδιαστεί το δίκτυο αποχέτευσης όμβριων υδάτων βρίσκεται στο πολεοδομικό συγκρότημα της πόλεως του Αγρινίου.

9.3.1 Δεδομένα

Η περιοχή στην παρούσα φάση διαμορφώνεται με έναν απόλυτα φυσικό τρόπο σαν μια πλαγιά με ήπια κλίση. Υπό αυτές τις συνθήκες θα ήταν δυνατή η μόρφωση ενός δικτύου αποχέτευσης όμβριων υδάτων που να μπορεί να επιτελεί με ασφάλεια και αξιοπιστία το σκοπό για τον οποίο δημιουργήθηκε.

Βασικά στοιχεία για τη χάραξη ενός δικτύου αποτελούν το ρυμοτομικό σχέδιο και τα τελικά υψόμετρα της περιοχής. Απαραίτητη είναι προηγουμένως η χάραξη και η μελέτη των οδών (κυρίως για τη γνώση των υψομέτρων) κάτω

από τους οποίους θα διέρχονται οι αγωγοί ενός δικτύου.

9.3.1.1 Το ρυμοτομικό σχέδιο της περιοχής

Στο ρυμοτομικό σχέδιο παρουσιάζεται πως θα αναπτυχθεί πολεοδομικά στο μέλλον η περιοχή. Στο σχέδιο φαίνεται η ακριβής διαμόρφωση των οικοδομικών τετραγώνων και η τελική διαμόρφωση των οδών. Βασική προϋπόθεση για τη χάραξη του δικτύου όμβριων υδάτων είναι, όσο το δυνατόν, να μην διέρχονται μέσα από ιδιοκτησίες κατοίκων κλάδοι του δικτύου και να περιορίζονται στο χώρο του δημοσίου, δηλαδή κάτω από το κατάστρωμα των οδών. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις και εφόσον δεν μπορεί να γίνει κάτι διαφορετικό μπορεί να δικαιολογηθεί η διέλευση μέσα από νησίδες, μικρά πάρκα και πλατείες που πρόκειται να διαμορφωθούν στην περιοχή.

9.3.1.2 Μηκοτομές των οδών

Βασικό εργαλείο για τη χάραξη των κλάδων του δικτύου είναι τα υψόμετρα των οδών τα οποία μας τα δίνουν με ακρίβεια οι μηκοτομές. Με βάση τα υψόμετρα αυτά σχεδιάζονται οι κλάδοι του δικτύου. Στην πραγματικότητα θα πρέπει να θεωρούνται ως στάθμες της επιφάνειας του εδάφους όχι αυτές που υπάρχουν σήμερα, αλλά εκείνες που πρόκειται να διαμορφωθούν μετά την εφαρμογή των μελετών οδοποιίας.

9.4 Εφαρμογή στην επίλυση τμήματος δικτύου αποχέτευσης στο Αγρίνιο

Για την ανάλυση και το σχεδιασμό του δικτύου αποχέτευσης όμβριων υδάτων χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα τα οποία είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές που προβλέπει το Προεδρικό Διάταγμα 696/'74, Κεφάλαιο Δ' "Τεχνικά Προδιαγραφαι Μελετών Αποχετεύσεως (ακαθάρτων και ομβρίων υδάτων) Πόλεων και Οικισμών".

9.4.1 Υπολογισμός – Εκτίμηση παροχής

Για τον υπολογισμό παροχής χρησιμοποιήθηκε η ορθολογική μέθοδος, με δεδομένο ότι έχουμε μικρές λεκάνες απορροής (μικρότερες από 5.0 km²), όπως ορίζεται στην Παρ. 1.13.1.1(4γ) του Κ.Μ.Ε. (Κανονισμού Μελετών Έργων)

9.4.1.1 Συντελεστής απορροής C

Οι συντελεστές απορροής C εκτιμώνται κατά περίπτωση με βάση τα αναφερόμενα στο Π.Δ. 696/74 και τα διάφορα συγγράμματα υδρολογίας και υδραυλικών έργων, για αστικές περιοχές ως εξής:

- Περιοχές πυκνοκατοικημένες με επενδεδυμένους δρόμους: 0.70 – 0.95
- Περιοχές πυκνοκατοικημένες με ανεπένδυτους δρόμους: 0.60 – 0.80
- Περιοχές αραιοκατοικημένες με πρασιές και κήπους: 0.30 – 0.60
- Πάρκα, ανοικτοί χώροι αναψυχής: 0.10 – 0.30

Οι εξωτερικές λεκάνες οι οποίες επηρεάζουν άμεσα το έργο βρίσκονται στην επέκταση του σχεδίου πόλης και σήμερα είναι σχετικά αδόμητες.

Θεωρούμε ότι η μελλοντική δόμηση θα είναι κάτι ανάμεσα από την δεύτερη και την τρίτη παραπάνω περίπτωση. Λαμβάνεται γενικά συντελεστής απορροής $C = 0.60$.

Για την περίπτωση των καταστρωμάτων των οδών τα οποία στραγγίζουν στα στόμια εισόδου, χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της παροχής συντελεστής απορροής $C = 0.90$.

9.4.1.2 Ένταση βροχόπτωσης

Για τον υπολογισμό της έντασης βροχόπτωσης χρησιμοποιούμε τις σχέσεις έντασης – διάρκειας – περιόδου επαναφοράς που προέκυψαν από τα βροχομετρικά δεδομένα του σταθμού Αγρινίου της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ). Συγκεκριμένα οι σχέσεις αυτές καταρτίστηκαν από τον Μ. Αναστασίου (1997), στα πλαίσια Διπλωματικής Εργασίας που εκπονήθηκε στο εργαστήριο Υδραυλικής Μηχανικής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών, υπό την επίβλεψη του καθηγητή Α. Κ. Δημητρακόπουλου.

Οι εξισώσεις έντασης – διάρκειας βροχόπτωσης για περιόδους επαναφοράς T 2, 5, 10 και 15 χρόνων φαίνονται στον πίνακα 9.

Πίνακας 9: Σχέσεις έντασης διάρκειας βροχόπτωσης για την περιοχή Αγρινίου (Αναστασίου, 1997).

Γενική μορφή: $i = \frac{A}{(B + t^n)^m}$, όπου t σε min και i σε mm/hr.				
Περίοδος Επαναφοράς T (yrs)	A	B	n	m
2	900.181	7.456	1	0.7973
5	710.467	4.841	1	0.6733
10	624.243	3.090	1	0.5894
15	589.111	2.151	1	0.5439

Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε :

- T = 5 χρόνια για δευτερεύοντες κλάδους του δικτύου.
- T = 10 χρόνια για κύριους κλάδους που λειτουργούν ως συλλεκτήριοι του δικτύου.
- T = 15 χρόνια για τον κεντρικό συλλεκτήριο, στον οποίο στραγγίζουν οι κύριοι κλάδοι του δικτύου.

9.4.1.3 Χρόνος συρροής

Όσον αφορά το χρόνο συρροής αυτός μπορεί να υπολογιστεί από το Π.Δ. 696/74, είτε από τον τύπο του GIANDOTTI είτε από τον τύπο του KIRPICH.

Ωστόσο για λόγους πρακτικούς και βάσει του Κ.Μ.Ε., ο χρόνος συρροής t μπορεί να υπολογίζεται ως εξής:

Όταν η λεκάνη απορροής αποτελείται αποκλειστικά από κατάστρωμα οδού θεωρούμε t = 5 min.

Όταν η λεκάνη απορροής αποτελείται από τμήμα οδοστρώματος και εξωτερική λεκάνη μικρής σχετικά έκτασης που απορρέει επιφανειακά χρησιμοποιείται t = 10 min.

Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε ως χρόνος εισόδου t = 10 min, εφόσον σε κάθε στόμιο εισόδου (Inlet) του δικτύου στράγγιζε τμήμα οδοστρώματος καθώς και μικρή λεκάνη απορροής.

9.4.1.4 Απορροφητικότητα φρεατίων υδροσυλλογής

Στην ανάλυση δεν χρησιμοποιήθηκαν φρεάτια υδροσυλλογής αλλά στόμια στα οποία μπορεί να στραγγίζουν ένα ή περισσότερα φρεάτια. Ο αριθμός των φρεατίων υδροσυλλογής που αντιστοιχεί σε κάθε στόμιο του δικτύου εξαρτάται από την απορροφητικότητα του φρεατίου υδροσυλλογής.

Βάσει του Κ.Μ.Ε. η απορροφητικότητα των φρεατίων τύπου σχάρας δίνεται από τον τύπο:

$$Q_1 = 83 \cdot L \cdot W \cdot S^{1/2} \cdot H_{av}^{1.75}$$

Όπου:

Q_1 = Η παροχή εκροής στο φρεάτιο σε m^3/sec

L = Το μήκος του καθαρού ανοίγματος σε m

W = Το πλάτος του καθαρού ανοίγματος της σχάρας σε m

S = Η κατά μήκος κλίση του ρείθρου σχάρας

$H_{av} = H - (W \cdot J/2)$ όπου:

H = Το μέγιστο βάθος ροής αμέσως ανάντη του φρεατίου (m)

J = Η εγκάρσια κλίση του φρεατίου

9.4.2 Υπολογισμός υδραυλικών στοιχείων

Σύμφωνα με το Π.Δ. 696/74, ο υπολογισμός των αγωγών με ελεύθερη ροή γίνεται με εφαρμογή της εξίσωσης Manning.

$$Q = V \cdot A$$

$$V = (1/n) \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

όπου :

Q = Η παροχή σε m^3/sec .

A = Η υγρά διατομή σε m^2 .

V = Η ταχύτητα ροής σε m/sec .

n = Ο συντελεστής τραχύτητας του αγωγού (συντελεστής Manning).

R = Η υδραυλική ακτίνα σε m , όπου : $R = A/P$

P = Η βρεχόμενη περίμετρος σε m .

S = Η κλίση της γραμμής ενέργειας σε απόλυτο αριθμητικό μέγεθος (π.χ. $S = 0.01$). Για ομοιόμορφη ροή η κλίση S είναι ίση με την κλίση πυθμένα.

9.4.2.1 Συντελεστής τραχύτητας

Για την κατασκευή του δικτύου θα χρησιμοποιηθούν σωληνωτοί αγωγοί από τσιμεντοσωλήνες (ελεύθερη ροή) και επομένως, για την ανάλυση επιλέχθηκε συντελεστής τραχύτητας $n = 0.016$.

9.4.2.2 Μέγιστες ταχύτητες ροής

Βάσει του άρθρου 1.13.2.3 του Κ.Μ.Ε. σε επενδεδυμένες τάφρους, αγωγούς και οχετούς οι επιτρεπόμενες ταχύτητες ροής για διάφορες ποιότητες σκυροδέματος αγωγού είναι:

- Σκυρόδεμα κατηγορίας B₁₀ $V_{\max} = 5.0$ m/sec
- Σκυρόδεμα κατηγορίας B₁₅ $V_{\max} = 6.0$ m/sec
- Σκυρόδεμα κατηγορίας B₂₅ (ανθεκτικό σε επιφανειακή φθορά) $V_{\max} = 8.0$ m/sec

Όπως συνίσταται και στον Κ.Μ.Ε. (άρθρο 1.13.2.3(2)) οι ταχύτητες στους ανοιχτούς αγωγούς σκόπιο είναι να μην υπερβαίνουν τα 8.0 m/sec.

Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε ως ελάχιστη ταχύτητα εκείνη που ορίζεται ως αυτοκαθαρισμού του δικτύου, 0.6 m/sec (Π.Δ. 696/74), και ως μέγιστη αυτή των 6.0 m/sec για σκυρόδεμα κατηγορίας B₁₅.

Τα παραπάνω αποτέλεσαν τα σχεδιαστικά όρια προκειμένου η ανάλυση και ο σχεδιασμός του δικτύου αποχέτευσης ομβρίων υδάτων να είναι συμβατά τόσο με το Π.Δ. 696/74 όσο και με τον Κανονισμό Μελετών Έργων (Κ.Μ.Ε).

9.5 Περιοχή Μελέτης

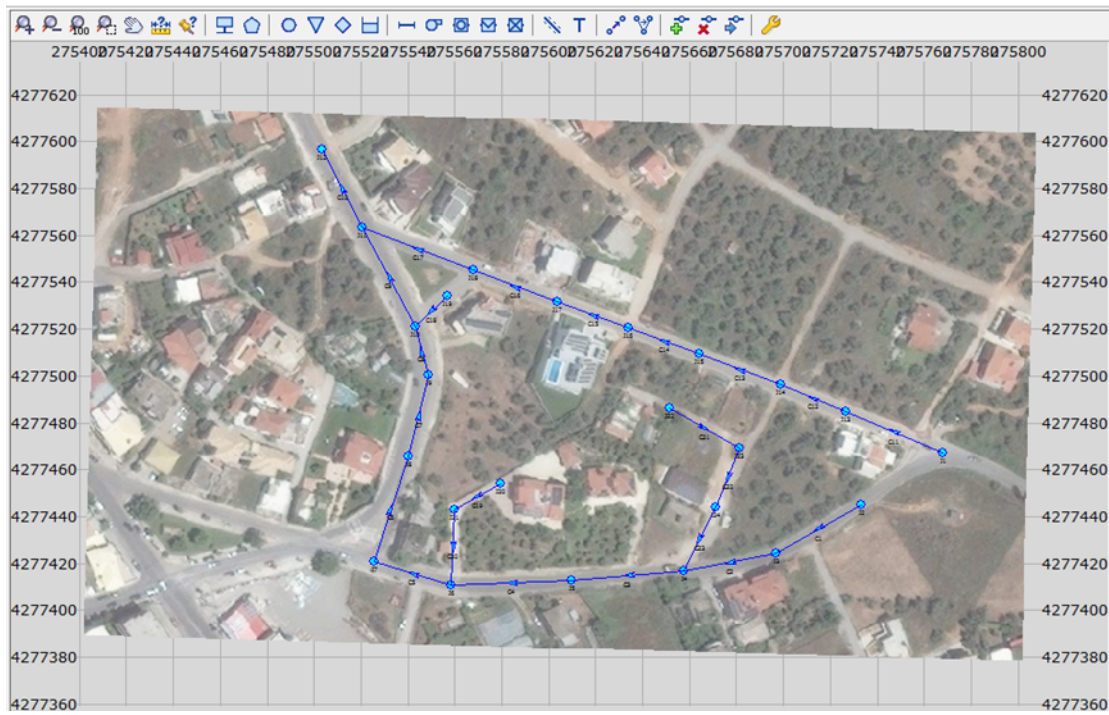
Για την επίλυση του δικτύου αποχέτευσης θα χρησιμοποιήσουμε το πρόγραμμα WORKS2015 της εταιρείας technologismiki. Η εφαρμογή αυτή πραγματοποιείται σε επικλινή περιοχή του Αγρινίου. Ξεκινάμε με τα παρακάτω δεδομένα τα οποία προέρχονται από το Google Earth (2015).

Πίνακας 10: Δεδομένα από το Google Earth

Φρεάτιο	Υψόμετρο εδάφους (m)	Αγωγός	Μήκος (m)
J1	110.00	C1	33
J2	109.00	C2	41
J3	108.00	C3	46
J4	107.00	C4	49
J5	106.00	C5	45
J6	105.00	C6	47
J7	104.00	C7	42
J8	103.00	C8	15
J9	102.00	C9	48
J10	101.00	C10	33
J11	100.00	C11	35
J12	99.00	C12	36
J13	108.00	C13	35
J14	107.00	C14	36
J15	105.00	C15	33
J16	104.00	C16	41
J17	102.00	C17	49
J18	101.00	C18	20
J19	102.00	C19	19
J20	107.00	C20	33
J21	106.00	C21	30
J22	109.00	C22	24
J23	108.00	C23	33
J24	107.50		

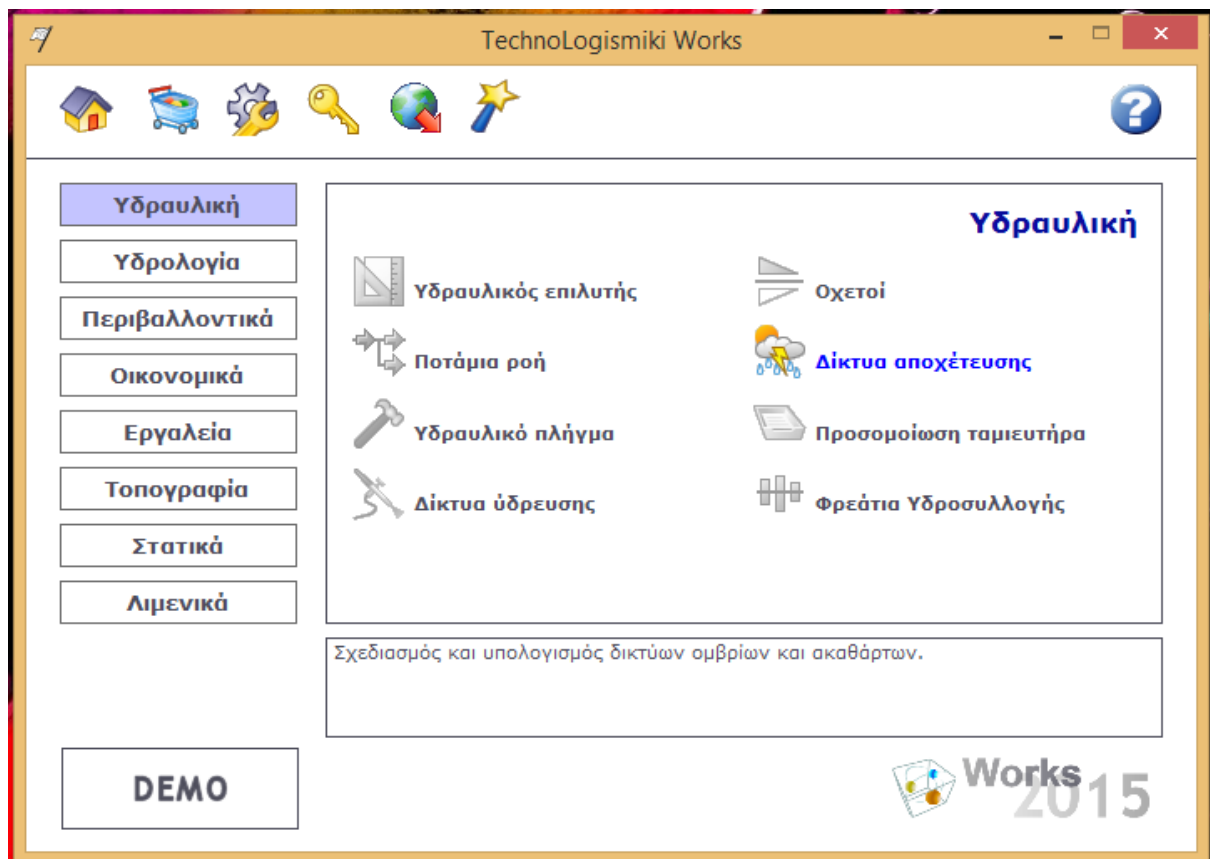


Εικόνα 20: Παρουσίαση περιοχής μελέτης (Google Earth, 2015).



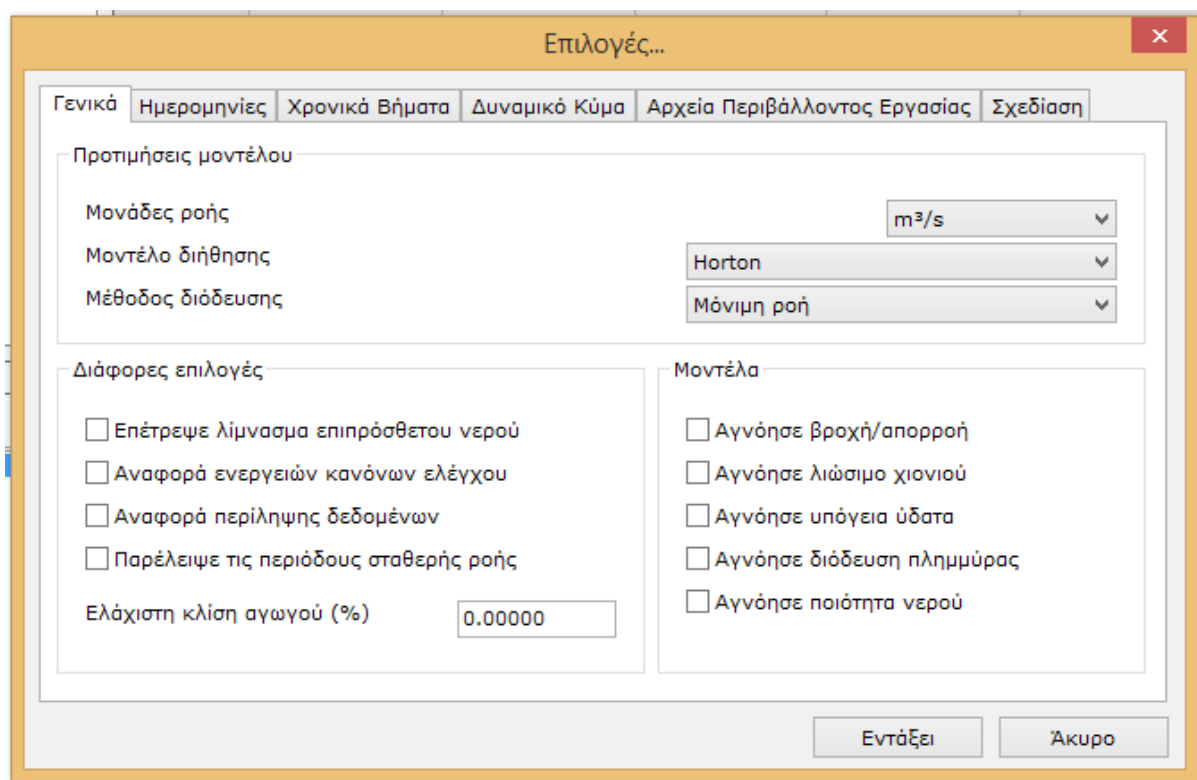
Εικόνα 21: Τοποθέτηση (χάραξη) αγωγών και φρεατίων στην περιοχή μελέτης.

Θα χρησιμοποιήσουμε το πρόγραμμα **δίκτυα αποχέτευσης** (εικόνα 22). Από το μενού **Αρχείο** επιλέγουμε **Νέα Μελέτη** έτσι ώστε να σβηστούν τυχόν υπάρχοντα στοιχεία από προηγούμενες μελέτες.



Εικόνα 22: Καρτέλα προγράμματος

Στη συνέχεια από το μενού *Δεδομένα > Γενικά Δεδομένα > Γενικά* επιλέγουμε τις σωστές μονάδες μέτρησης και επιλέγουμε ως μονάδες μέτρησης τα κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m^3/sec) (εικόνα 23).



Εικόνα 23: Επιλογή μονάδων

Έπειτα πρέπει να φτιάξουμε μια πρώτη διατομή σαν πιθανή στη βιβλιοθήκη του προγράμματος. Επιλέγουμε από το μενού *Δεδομένα > Προδιαγραφές αγωγών > Προσθήκη*.

Προσθήκη νέας προδιαγραφής...

Δεδομένα διατομής Κατασκευή

Δεδομένα διατομής

Τύπος: Κυκλική

Όνομασία διατομής: D30

Σχόλια: ...

Υλικό: Σκυρόδεμα

Διαθέσιμη ποσότητα: Απεριόριστη 0

Διάμετρος (m): 0.30 U

Γεωμετρία 2 (m): 0 U

Γεωμετρία 3 (H/V): 0 U

Γεωμετρία 4 (H/V): 0 U

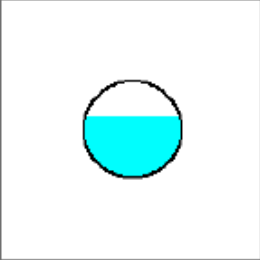
Πλήθος: 1

Πρισματική διατομή: (Χωρίς στοιχεία)

Καμπύλη σχήματος: (Χωρίς καμπύλη σχήματος)

Χρώμα: Εξ' ορισμού Συγκεκριμένο
Συγκεκριμένο χρώμα: [Black] ...

Εντάξει Άκυρο



Εικόνα 24: Προσθήκη νέας προδιαγραφής: Δεδομένα διατομής

Στην καρτέλα **Δεδομένα διατομής** εισάγουμε τα πρώτα δεδομένα, ότι ο αγωγός είναι κυκλικός με διάμετρο 0,30 m και το όνομα της διατομής είναι D30 (εικόνα 24). Στη καρτέλα **Κατασκευή** εισάγουμε το πάχος του αγωγού, το συντελεστή τριβής κατά Manning, την μέγιστη ταχύτητα 6m/sec και το μέγιστο ποσοστό πλήρωσης 0,70 (εικόνα 25).

Προσθήκη νέας προδιαγραφής...

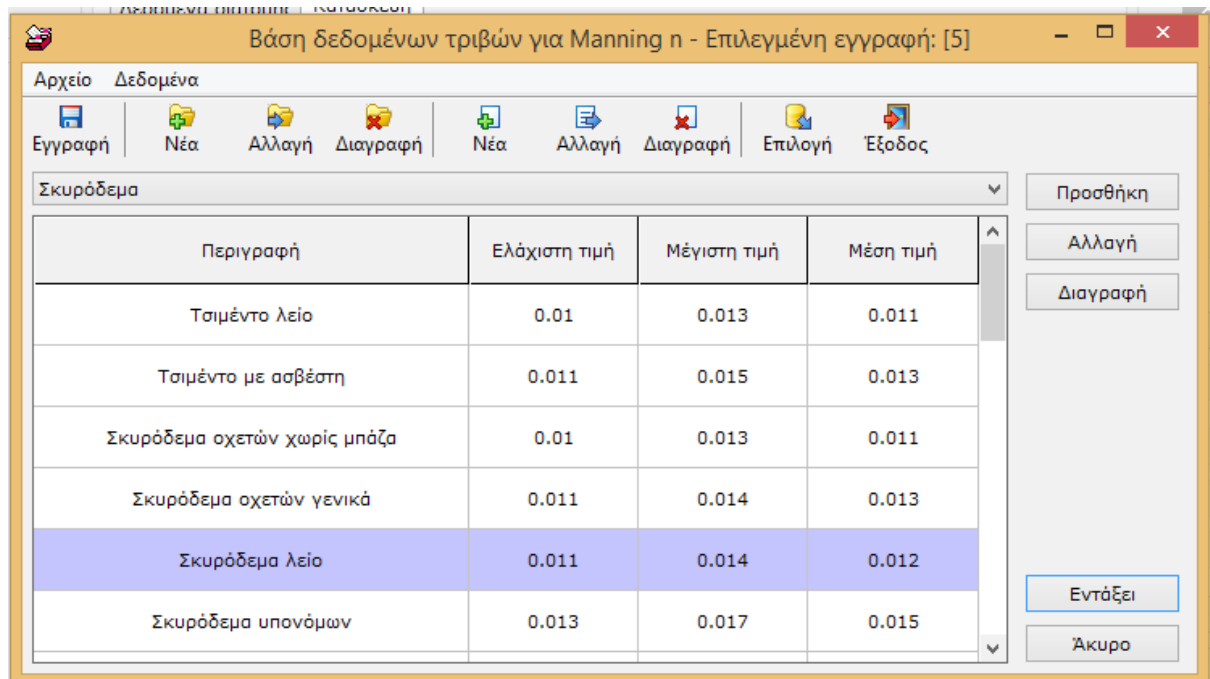
Δεδομένα διατομής Κατασκευή

Κατασκευή

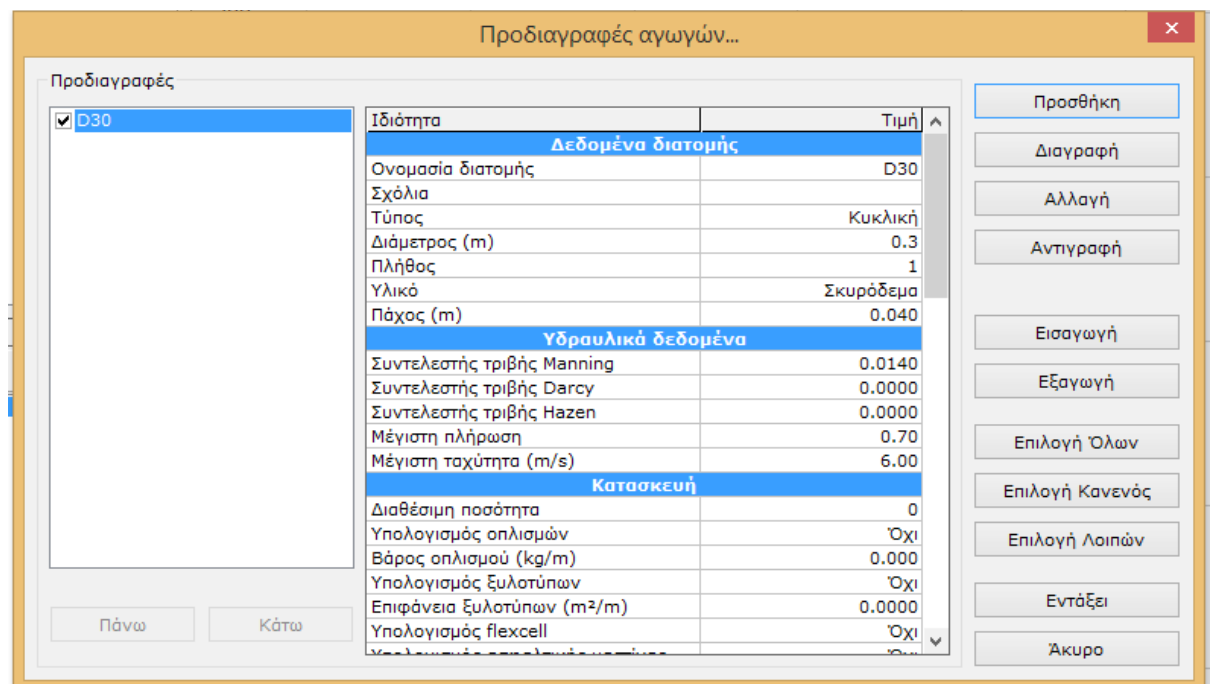
Πάχος άνω τοιχώματος (m)	0.04	U
Πάχος κάτω τοιχώματος (m)	0.000	U
Πάχος αριστερού τοιχώματος (m)	0.000	U
Πάχος δεξιού τοιχώματος (m)	0.000	U
Συντελεστής τριβής Manning	0.0140	...
Συντελεστής τριβής Darcy	0.0000	...
Συντελεστής τριβής Hazen	0.0000	...
Μέγιστη ταχύτητα (m/s)	6	U
Μέγιστη πλήρωση	0.70	
<input type="checkbox"/> Υπολογισμός flexcell		
Σύνδεσμοι κάθε (m)	0.000	U
<input type="checkbox"/> Υπολογισμός οπλισμών		
Βάρος οπλισμού (kg/m)	0	
<input type="checkbox"/> Υπολογισμός Ξυλοτύπων		
Επιφάνεια Ξυλοτύπων (m ² /m)	0	U
<input type="checkbox"/> Υπολογισμός ασφαλτικής μαστίχας		

Εντάξει Άκυρο

Εικόνα 25: Προσθήκη νέας προδιαγραφής: Κατασκευή

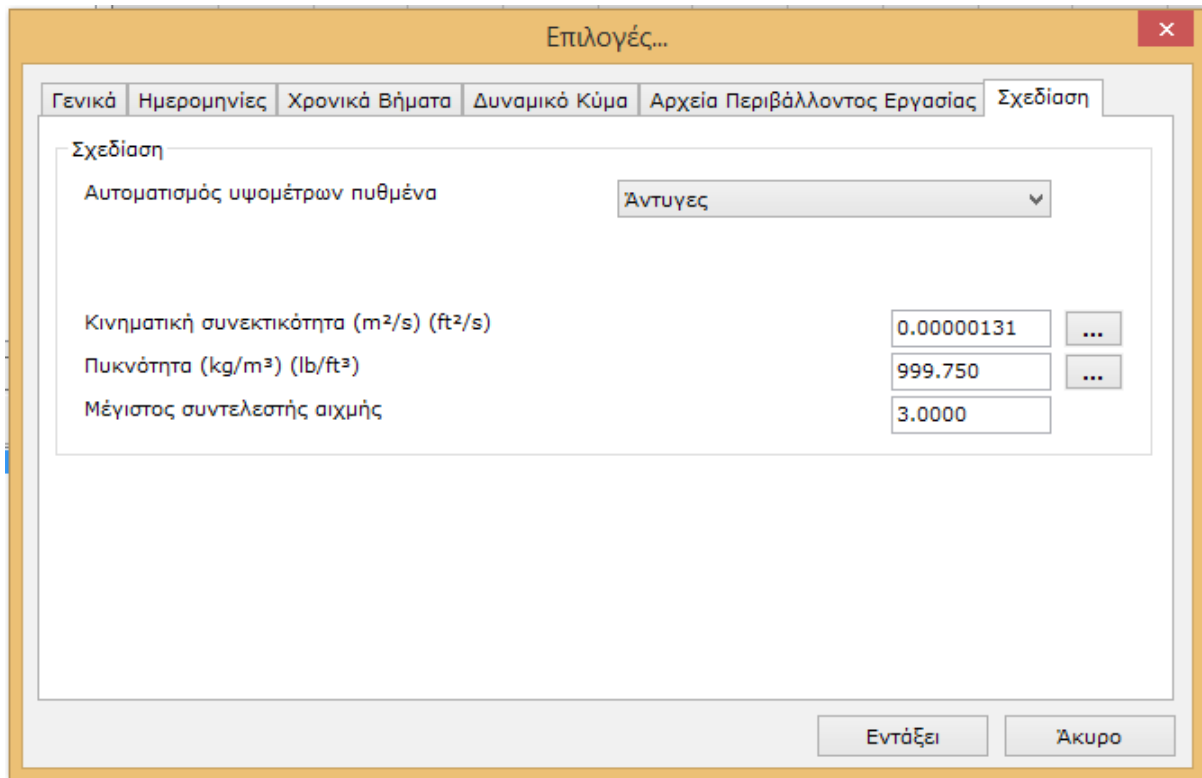


Εικόνα 26: Καθορισμός υλικού κατασκευής αγωγού.



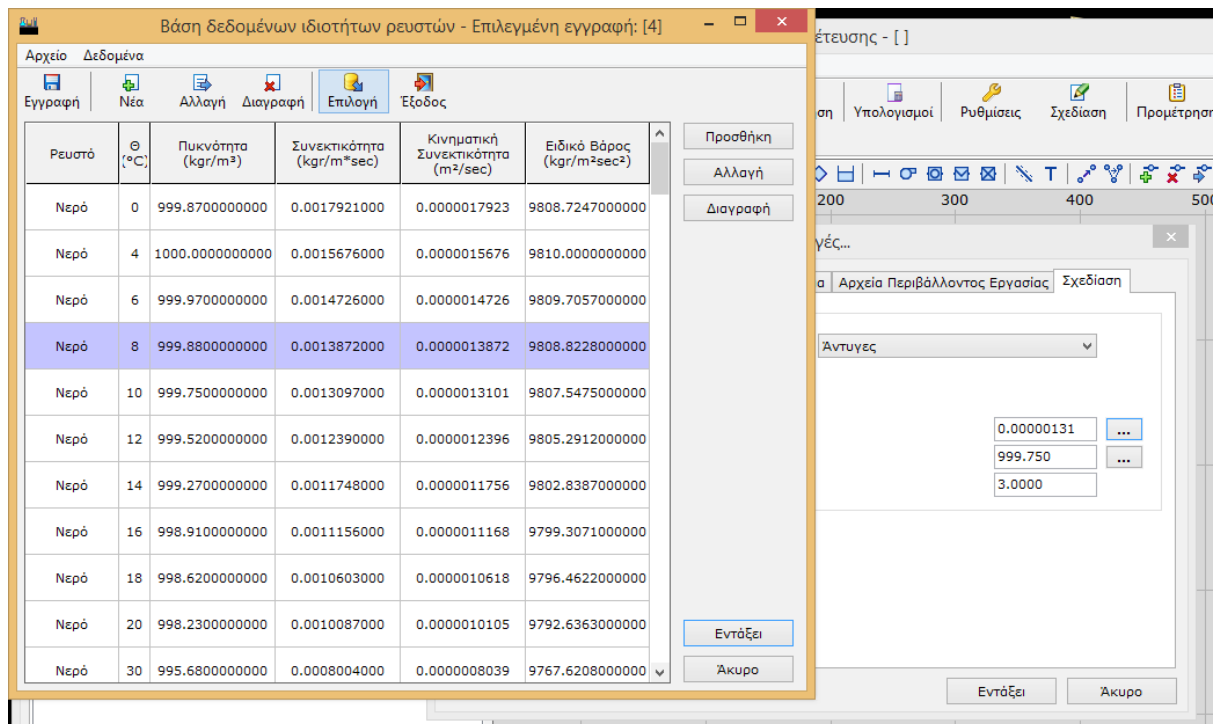
Εικόνα 27: Προδιαγραφές αγωγών.

Για να ορίσουμε τις ιδιότητες του ρευστού επιλέγουμε από το μενού *Δεδομένα > Γενικά Δεδομένα > Σχεδίαση* (εικόνα 28).



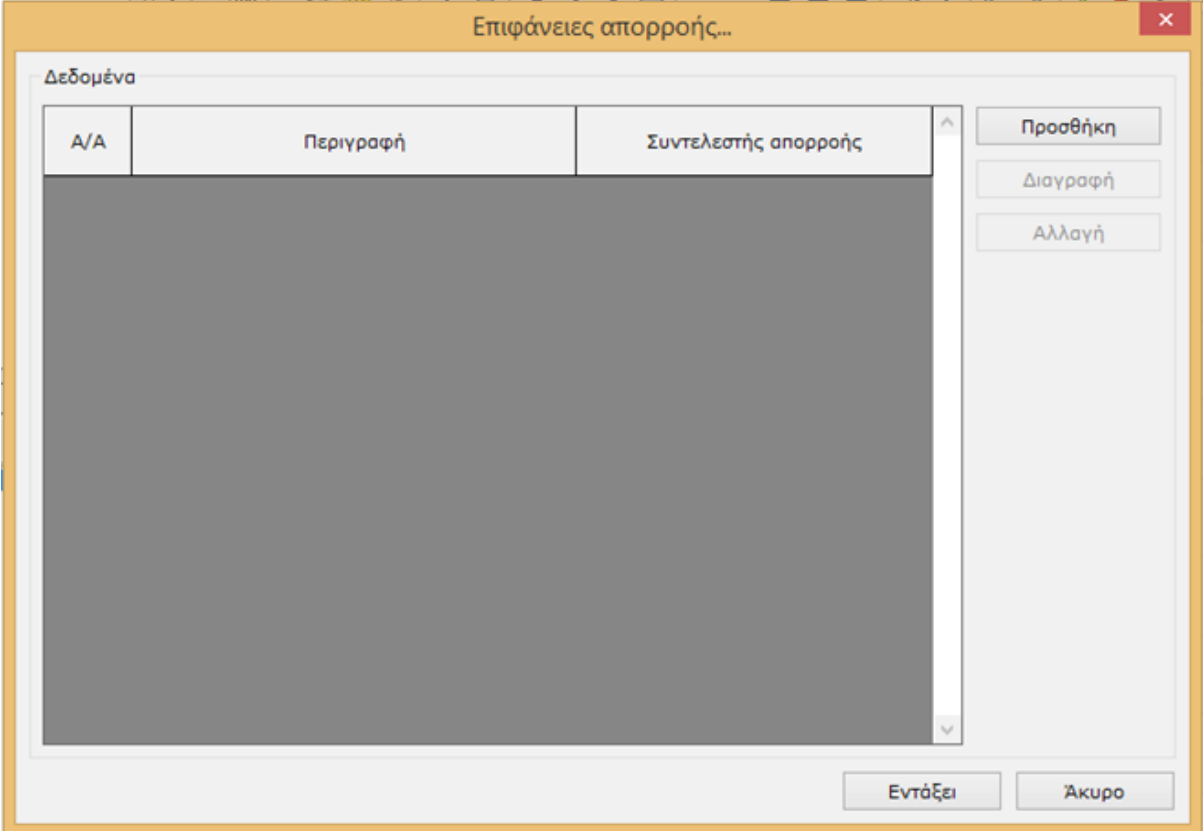
Εικόνα 28: Ιδιότητες ρευστού

Πατώντας τα αντίστοιχα πλήκτρα με τις τρεις τελίτσες ανοίγουμε τη βάση δεδομένων για να επιλέξουμε το νερό στους 8°C (εικόνα 29).



Εικόνα 29: Βάση δεδομένων ιδιοτήτων ρευστών

Στη συνέχεια από το μενού *Δεδομένα > Επιφάνειες Απορροής* ορίζουμε όλες τις επιφάνειες που παροχετεύονται και αποστραγγίζονται από το εκάστοτε δίκτυο ομβρίων και τους συντελεστές απορροής και τους εισάγουμε στην παρακάτω φόρμα (εικόνα 31):



A/A	Περιγραφή	Συντελεστής απορροής
-----	-----------	----------------------

Εικόνα 31: Επιφάνειες Απορροής

Παρακάτω παρουσιάζουμε τον πίνακα με τις επιφάνειες απορροής και τους αντίστοιχους συντελεστές απορροής. Όπως αναφέραμε βάσει του Π.Δ. 696/74 λαμβάνεται γενικά συντελεστής απορροής $C=0.60$ για κατοικημένες περιοχές και $C=0.90$ για τα καταστρώματα των οδών. Προσθέτοντας μία ακόμα στήλη της επιφάνειας που θα μας χρειαστεί αργότερα όταν θα τοποθετήσουμε τις εισροές στο εκάστοτε φρεάτιο:

Πίνακας 11: Επιφάνεια και συντελεστές απορροής για την περιοχή μελέτης.

Επιφάνεια Απορροής	Συντελεστής Απορροής	Επιφάνεια (ha)	Επιφάνεια Απορροής	Συντελεστής Απορροής	Επιφάνεια (ha)
Π1	0,60	0,0126	Π47	0,60	0,0252
Π2	0,60	0,0140	Π48	0,60	0,0070
Π3	0,90	0,0090	Π49	0,60	0,0260
Π4	0,60	0,0168	Π50	0,90	0,0420
Π5	0,60	0,0150	Π51	0,60	0,0312
Π6	0,90	0,0120	Π52	0,90	0,0270
Π7	0,60	0,0150	Π53	0,60	0,0115
Π8	0,90	0,0096	Π54	0,60	0,0091
Π9	0,60	0,0208	Π55	0,90	0,0198
Π10	0,90	0,0096	Π56	0,60	0,0280
Π11	0,60	0,0120	Π57	0,60	0,0105
Π12	0,60	0,0190	Π58	0,90	0,0246
Π13	0,90	0,0132	Π59	0,60	0,0345
Π14	0,60	0,0294	Π60	0,90	0,0322
Π15	0,60	0,02415	Π61	0,60	0,0598
Π16	0,90	0,0186	Π62	0,60	0,03525
Π17	0,60	0,0165	Π63	0,90	0,0343
Π18	0,60	0,0150	Π64	0,90	0,0099
Π19	0,90	0,0210	Π65	0,60	0,01485
Π20	0,60	0,0150	Π66	0,60	0,00825
Π21	0,90	0,0216	Π67	0,90	0,0130
Π22	0,60	0,01705	Π68	0,60	0,0447
Π23	0,90	0,0210	Π69	0,90	0,0360
Π24	0,90	0,0100	Π70	0,60	0,0451
Π25	0,60	0,0192	Π71	0,90	0,0328
Π26	0,90	0,0216	Π72	0,90	0,0384
Π27	0,90	0,0115	Π73	0,60	0,0078
Π28	0,90	0,0120	Π74	0,90	0,0564
Π29	0,60	0,0280	Π75	0,60	0,0112
Π30	0,60	0,0315	Π76	0,60	0,0210
Π31	0,90	0,0198	Π77	0,90	0,0057
Π32	0,60	0,02665	Π2'	0,60	0,0165
Π33	0,60	0,02145	Π4'	0,60	0,0156
Π34	0,90	0,0656	Π5'	0,60	0,0135
Π35	0,60	0,0099	Π7'	0,90	0,0288
Π36	0,60	0,0330	Π11'	0,60	0,0344
Π37	0,90	0,0245	Π14'	0,60	0,02535
Π38	0,90	0,0480	Π17'	0,60	0,0186
Π39	0,60	0,03185	Π33'	0,60	0,0224
Π40	0,60	0,0198	Π35'	0,60	0,0075
Π41	0,60	0,0105	Π49'	0,60	0,0264
Π42	0,90	0,0330	Π51'	0,60	0,0187
Π43	0,90	0,0135	Π65'	0,60	0,01755
Π44	0,60	0,0072	Π73'	0,60	0,0060
Π45	0,90	0,0150	Π65''	0,60	0,0195
Π46	0,90	0,0120			



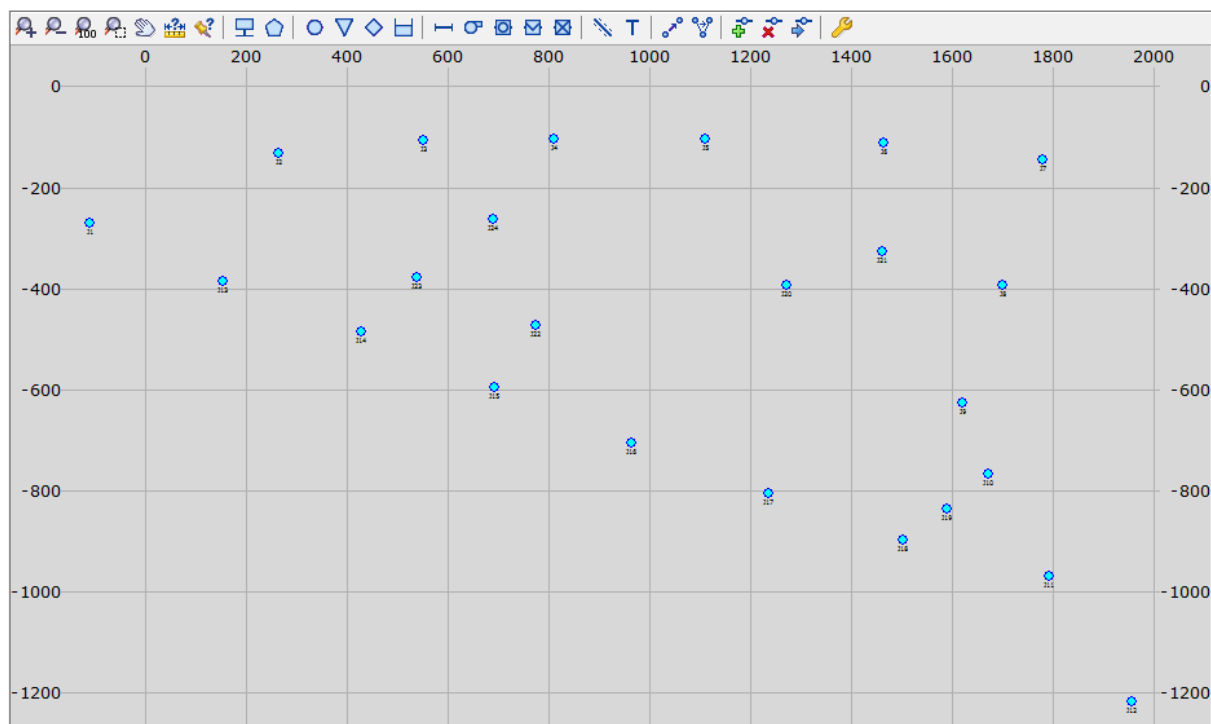
Εικόνα 32: Εικονιζόμενες επιφάνειες απορροής



Εικόνα 33: Εικονιζόμενες επιφάνειες απορροής

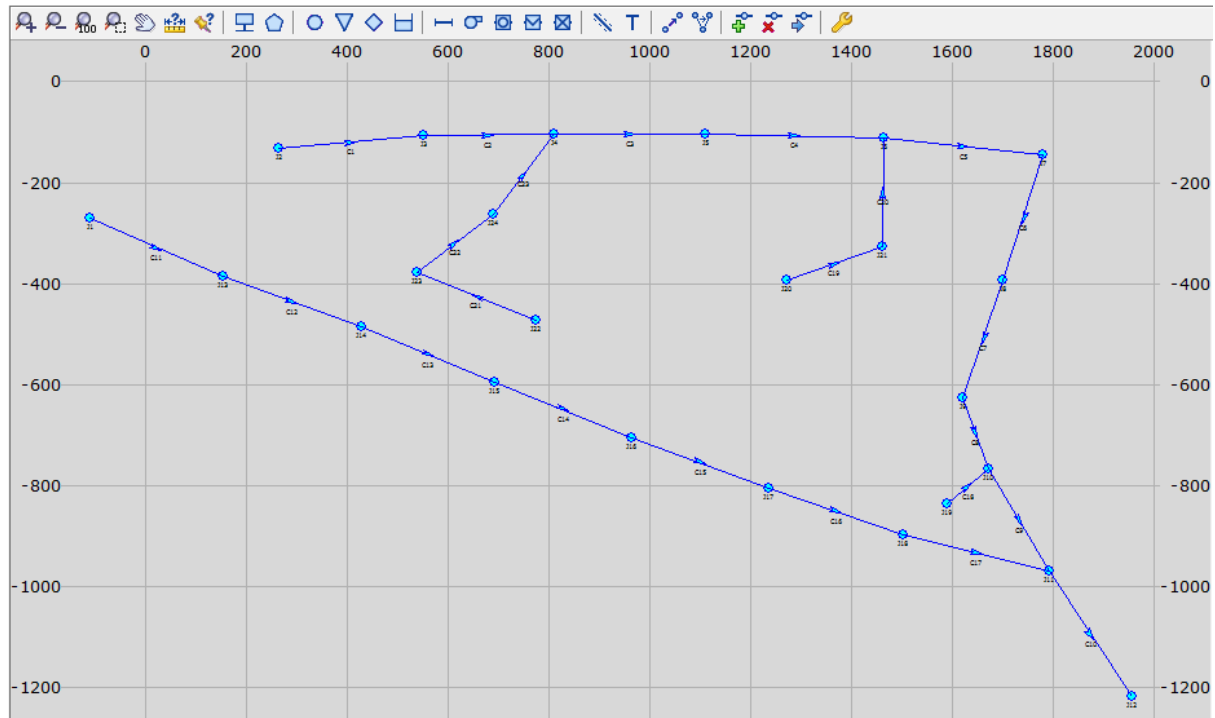
Στο σημείο αυτό έχει ολοκληρωθεί η εισαγωγή των γενικών δεδομένων και αρχίζει η εισαγωγή των στοιχείων για τους κλάδους του δικτύου με σκοπό τη χάραξη και τη διαστασιολόγησή τους.

Επιλέγουμε από το μενού *Αντικείμενα > Προσθήκη > Φρεάτιο* και κάνουμε διαδοχικά κλικ πάνω στην οριζοντιογραφία έχοντας πατημένο το CTRL, ώστε να ορίσουμε περίπου τη σχετική θέση των φρεατίων. Πατώντας το πλήκτρο πλήρους μεγέθυνσης από την μπάρα εργαλείων εμφανίζεται η παρακάτω εικόνα (34):



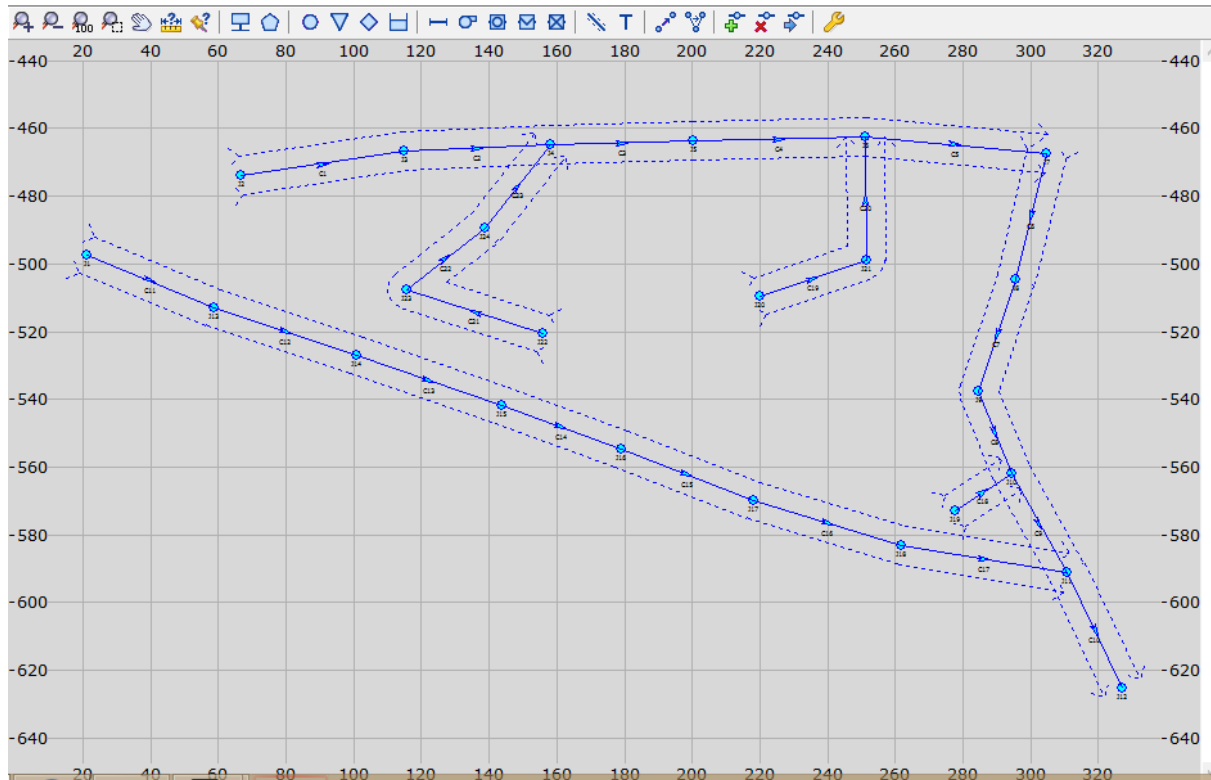
Εικόνα 34: Τοποθέτηση φρεατίων με εφαρμογή του κώδικα.

Στη συνέχεια επιλέγουμε από το μενού *Αντικείμενα > Προσθήκη > Αγωγός* και κάνουμε διαδοχικά κλικ από φρεάτιο σε φρεάτιο ώστε να ορίσουμε όλους τους αγωγούς του δικτύου και επιλέγοντας σύμφωνα με τη φορά της ροής (εικόνα 35):



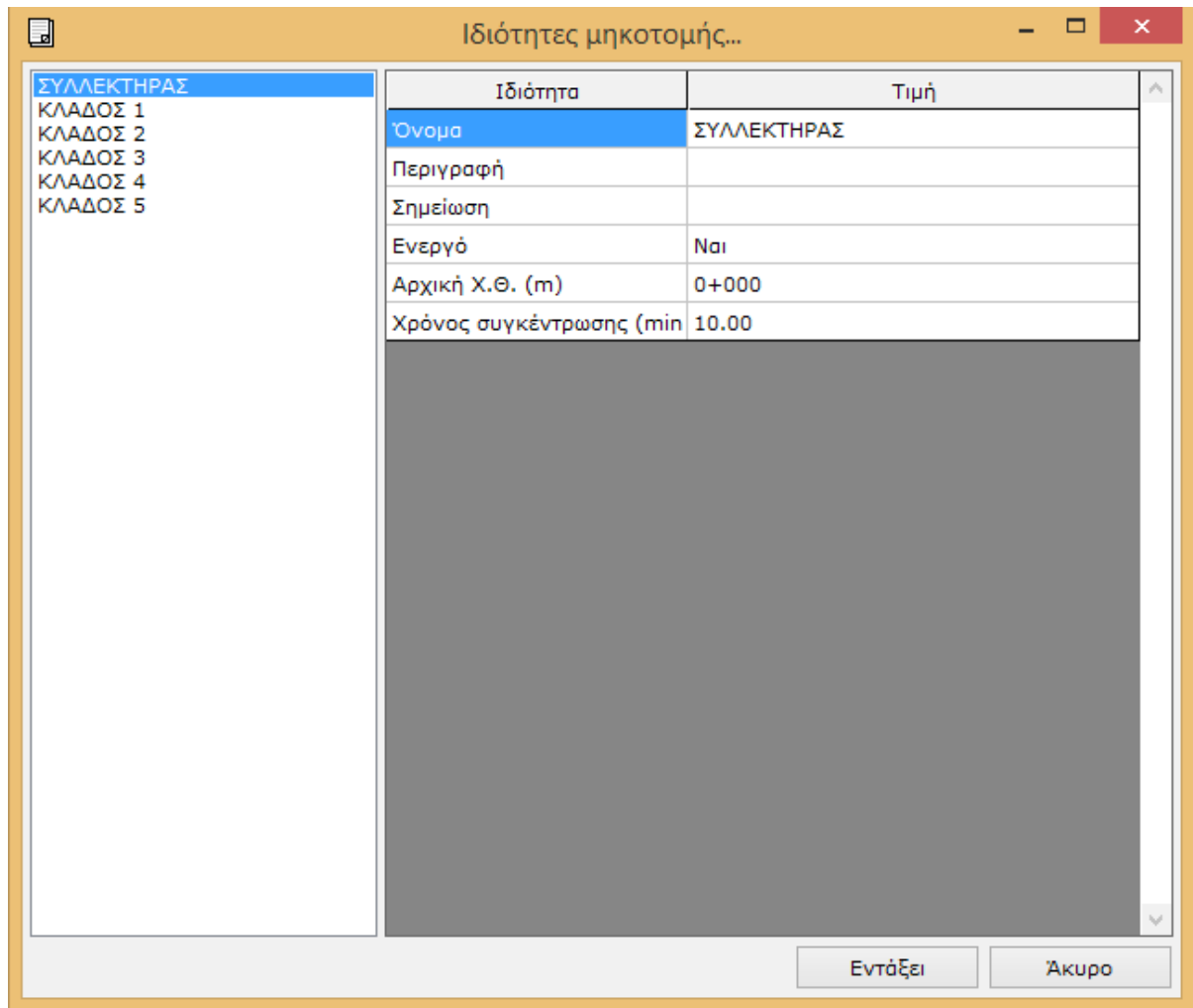
Εικόνα 35: Τοποθέτηση φρεατίων με εφαρμογή του κώδικα.

Θα ορίσουμε έξι τμήματα μηκοτομών με ονομασίες ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑΣ, ΚΛΑΔΟΣ 1, 2, 3, 4 & 5 αντίστοιχα. Από το μενού επιλέγουμε **Αντικείμενα > Προσθήκη > Μηκοτομή** και κάνουμε κλικ στο ανάντη φρεάτιο του συλλεκτήρα και το επόμενο κλικ απευθείας στο τελικό φρεάτιο, πατώντας ENTER ολοκληρώνεται ο ορισμός της μηκοτομής. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία για να ορίσουμε και τις υπόλοιπες μηκοτομές των κλάδων (εικόνα 36):



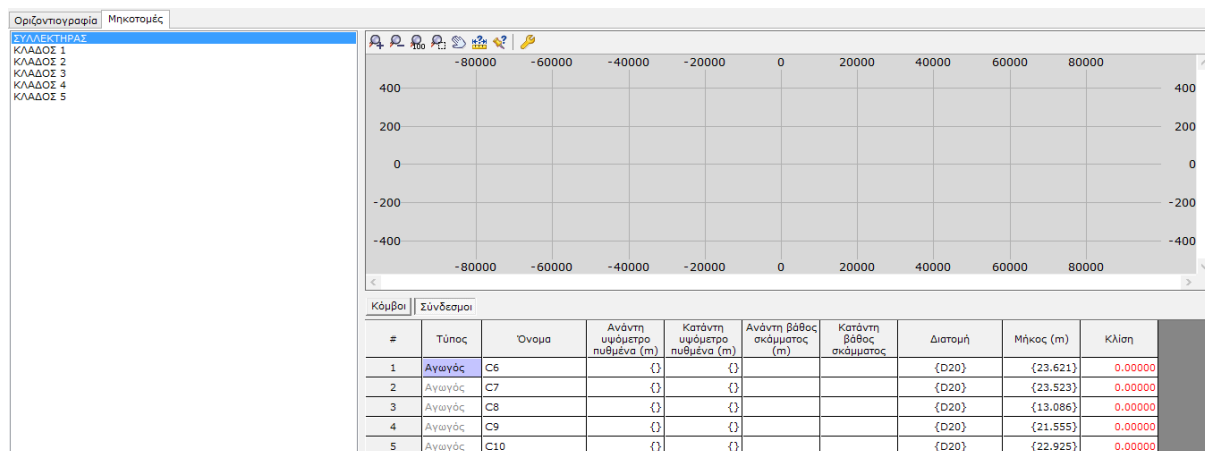
Εικόνα 36: Γενική οριζοντιογραφία του δικτύου αποχέτευσης όπως διαμορφώθηκε στο πρόγραμμα.

Για να μετονομάσουμε τις μηκοτομές, κάνουμε διπλό κλικ στις διακεκομμένες γραμμές, οπότε εμφανίζεται η φόρμα ιδιοτήτων των μηκοτομών. Το πρόγραμμα είχε δώσει από μόνο του ονόματα PR1, PR2, PR3, PR4, PR4, PR5, PR6 και αλλάξαμε τις ονομασίες (εικόνα 37):



Εικόνα 37: Ιδιότητες μηκοτομής

Επιλέγουμε την καρτέλα **Μηκοτομές** και εμφανίζεται η φόρμα που θα εισάγουμε τα μήκη των αγωγών, επιλέγουμε **Σύνδεσμοι** (εικόνα 38):



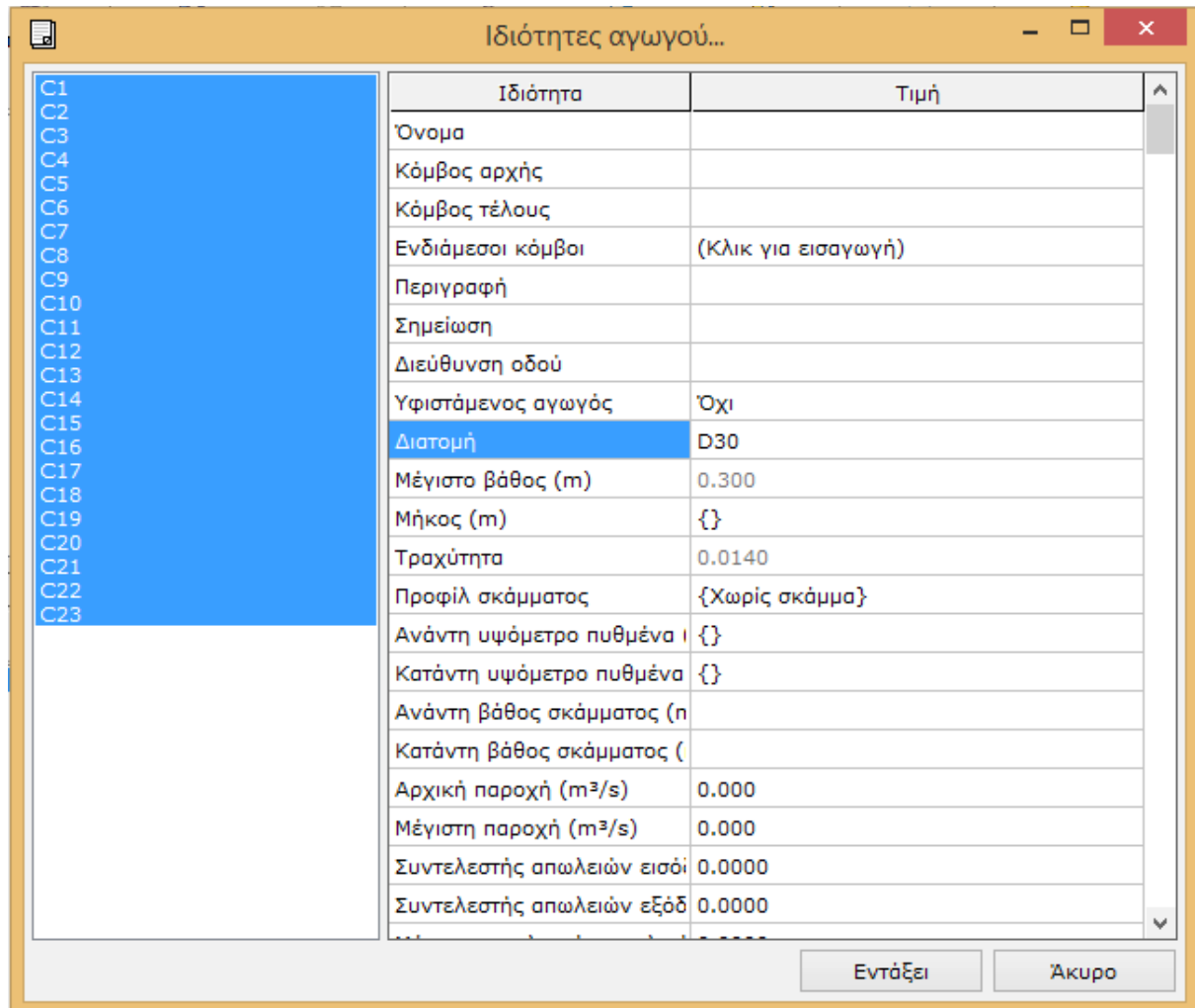
Εικόνα 38: Μηκοτομές: Σύνδεσμοι

Στη στήλη **Μήκος** βλέπουμε κάποιες τιμές μέσα σε αγκύλη, οι οποίες έχουν προκύψει από την τυχαία τοποθέτηση των φρεατίων. Κάνουμε κλικ και διορθώνουμε τις τιμές με βάση τα δεδομένα της μελέτης μας. Επιλέγουμε τους υπόλοιπους κλάδους και συμπληρώνουμε. Στη συνέχεια επιλέγουμε την καρτέλα **Κόμβοι** και περνάμε τα υψόμετρα εδάφους τα οποία είναι γνωστά και τα υψόμετρα πυθμένα που τα καθορίσαμε 2m κάτω από το κάθε υψόμετρο εδάφους (εικόνα 39).

#	Τύπος	Όνομα	Τετμημένη Χ	Τεταγμένη Υ	Χ.Θ.	Υψόμετρο εδάφους (m)	Υψόμετρο πυθμένα (m)
1	Φρεάτιο	37	208.636	-502.337	0+000	{}	{}
2	Φρεάτιο	38	199.148	-523.968	0+000	{}	{}
3	Φρεάτιο	39	191.937	-546.359	0+000	{}	{}
4	Φρεάτιο	110	195.732	-558.883	0+000	{}	{}
5	Φρεάτιο	111	205.22	-578.238	0+000	{}	{}
6	Φρεάτιο	112	212.81	-599.87	0+000	{}	{}

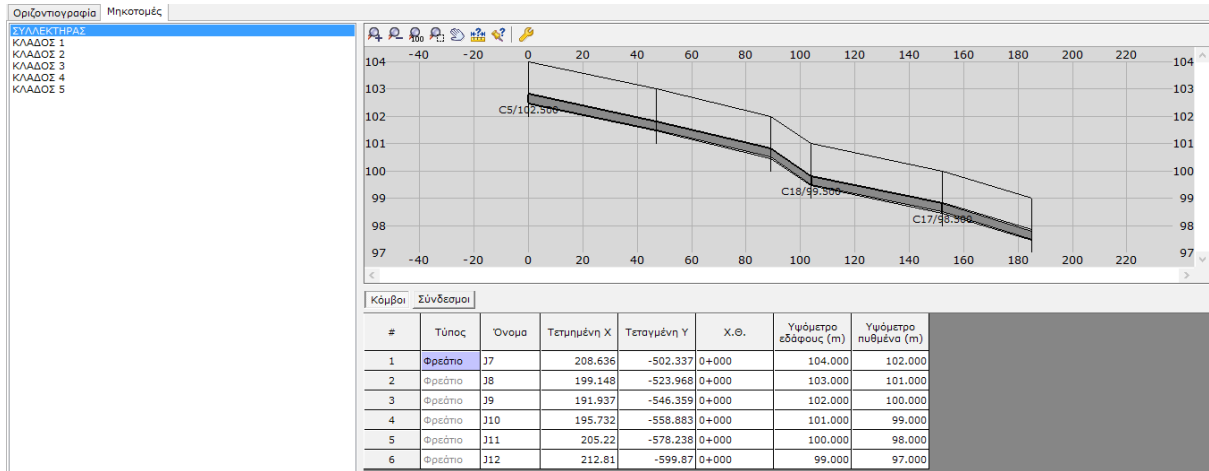
Εικόνα 39: Μηκοτομές: Κόμβοι

Για να σχεδιαστούν οι μηκοτομές όμως, πρέπει να τοποθετήσουμε τους αγωγούς σε κάποιο βάθος. Το ανάντη υψόμετρο πυθμένα του κάθε αγωγού θα είναι 0,50m αυξημένο από το υψόμετρο πυθμένα. Το κατάντη υψόμετρο πυθμένα υπολογίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα. Αφού έχουμε συμπληρώσει όλες τις στήλες επιστρέφουμε στην οριζοντιογραφία και επιλέγουμε όλα τα αντικείμενα. Στη συνέχεια επιλέγουμε από το μενού **Αντικείμενα > Ιδιότητες > Αγωγός** και επιλέγουμε ως διατομή τη D30 που είχαμε ορίσει τη βιβλιοθήκη (εικόνα 40):

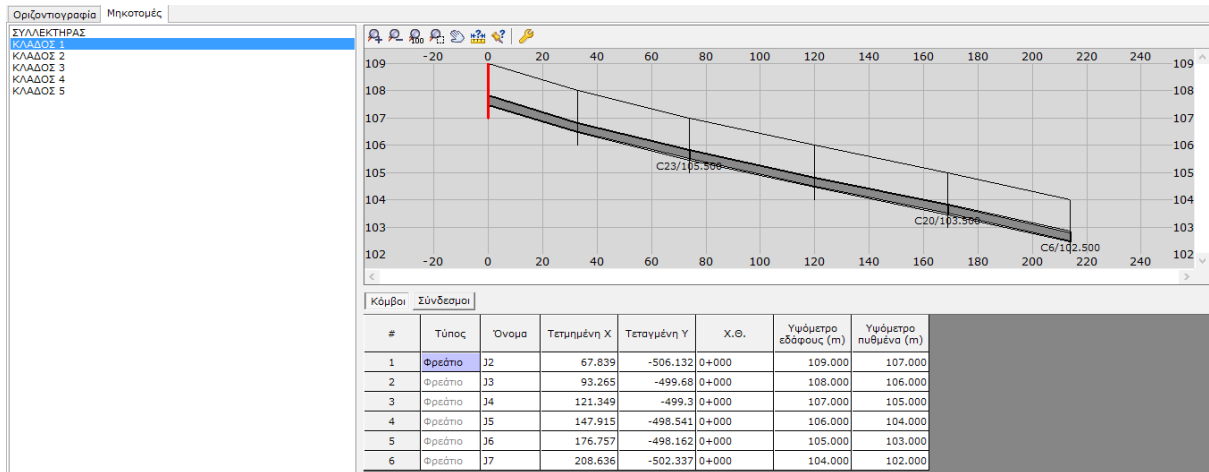


Εικόνα 40: Ιδιότητες Αγωγού

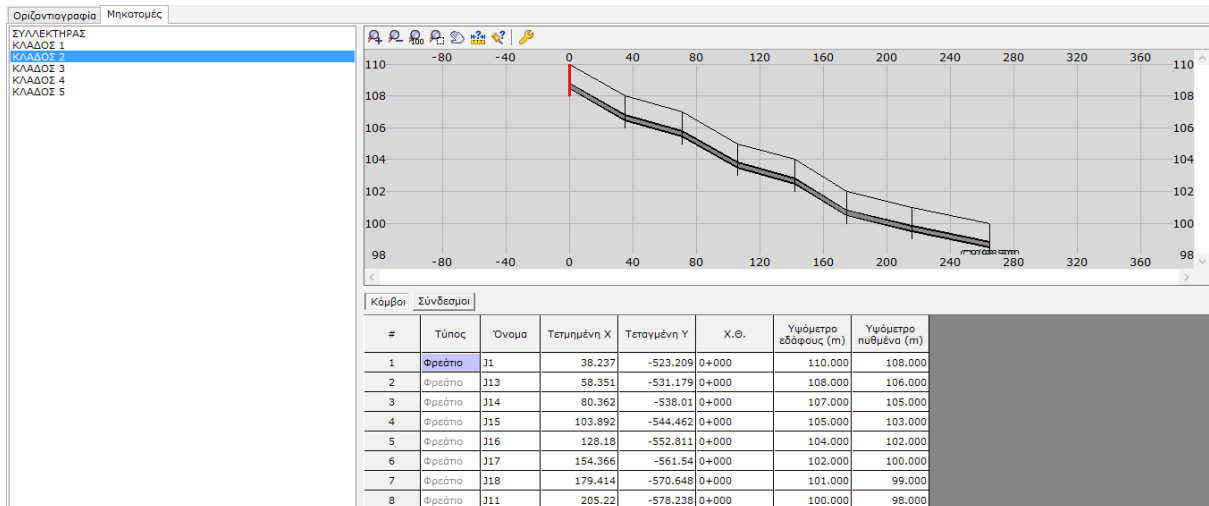
Αφού έχουμε βάλει όλα τα στοιχεία επιστρέφουμε στην καρτέλα **Μηκοτομές** και βλέπουμε τις μηκοτομές του Συλλεκτήρα και των Κλάδων 1, 2, 3, 4 και 5 (εικόνες 41, 42, 43, 44, 45 και 46, αντίστοιχα):



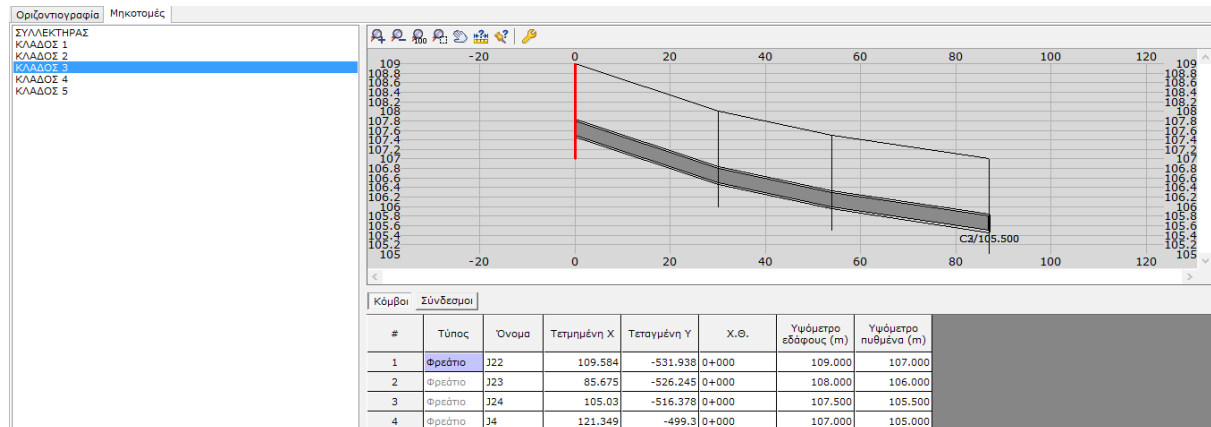
Εικόνα 41: Μηκοτομή συλλεκτήρα



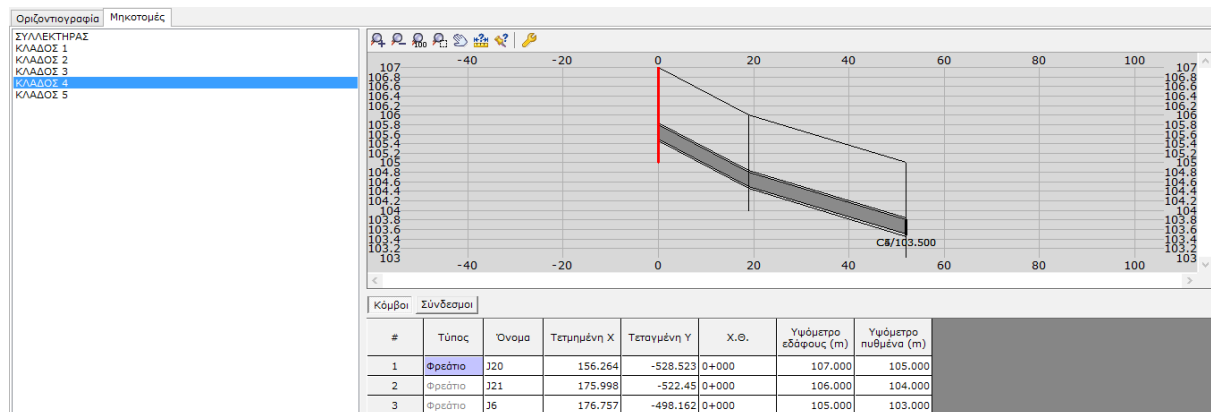
Εικόνα 42: Μηκοτομή κλάδου 1



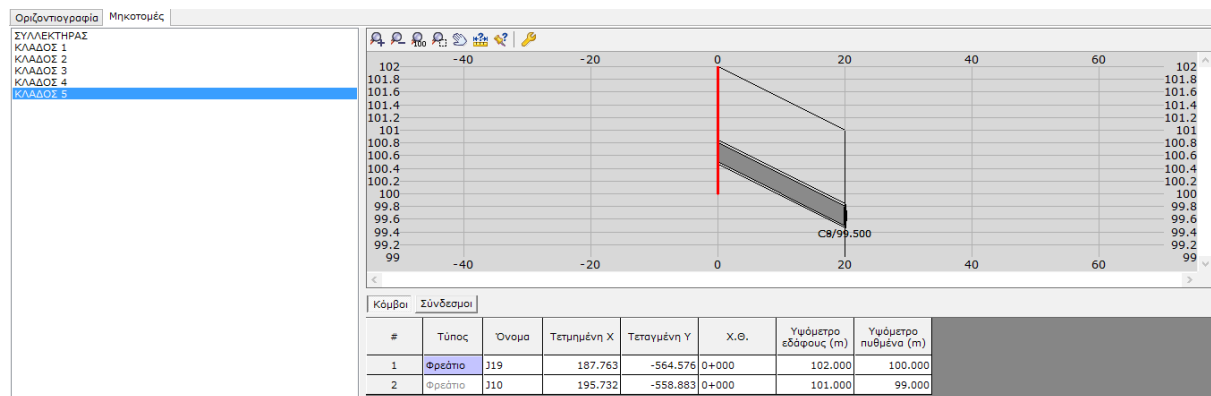
Εικόνα 43: Μηκοτομή κλάδου 2



Εικόνα 44: Μηκτομή κλάδου 3



Εικόνα 45: Μηκτομή κλάδου 4



Εικόνα 46: Μηκτομή κλάδου 5

Πλέον το μόνο που απομένει είναι η εισαγωγή των εισροών. Έχουμε χωρίσει την περιοχή σε μικρότερες επιφάνειες και κάθε μία από αυτές καταλήγει σε ένα φρεάτιο. Επιστρέφουμε στην **Οριζοντιογραφία**, κάνουμε διπλό κλικ στο φρεάτιο J1 για να εμφανιστούν οι ιδιότητές του. Στην ιδιότητα **Εισροές** πατάμε το πλήκτρο με τις τρεις τελείες και εμφανίζεται η φόρμα των εισροών, στην καρτέλα **Όμβρια** επιλέγουμε τις επιφάνειες από τις οποίες εκρέουν τα νερά κ συμπληρώνουμε την επιφάνεια σε ha (εκτάρια) από τον

πίνακα 11 (εικόνα 47):

Όνομα	Επιφάνεια (ha)
P9	0
P10	0
P11	0
P12	0
P13	0
P14	0.0294
P15	0.02145
P16	0.0186
P17	0
P18	0
P19	0

Εικόνα 47: Φόρμα εισροών

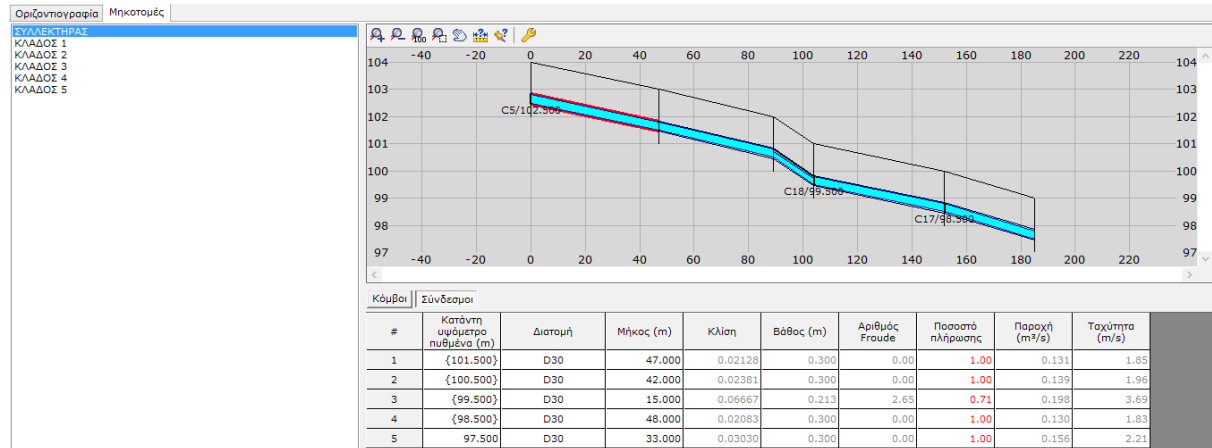
Πλέον είμαστε έτοιμοι για την ανάλυση του δικτύου. Από το μενού επιλέγουμε **Αποτελέσματα > Εκτέλεση υπολογισμών**, εμφανίζεται ένα πληροφοριακό μήνυμα (εικόνα 48):

Λάθος	Τιμή
Επιφανειακή απορροή (%)	0.00
Διόδευση πλημμύρας (%)	0.34
Διόδευση ποιότητας (%)	0.00

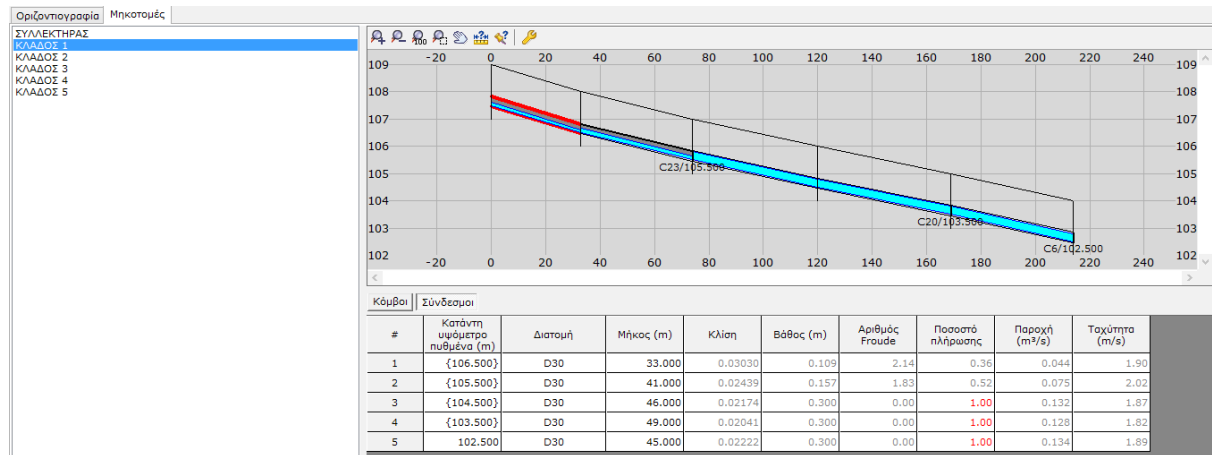
Εικόνα 48: Πληροφοριακό μήνυμα

Επιστρέφουμε στην κύρια φόρμα για να δούμε τα αποτελέσματα:

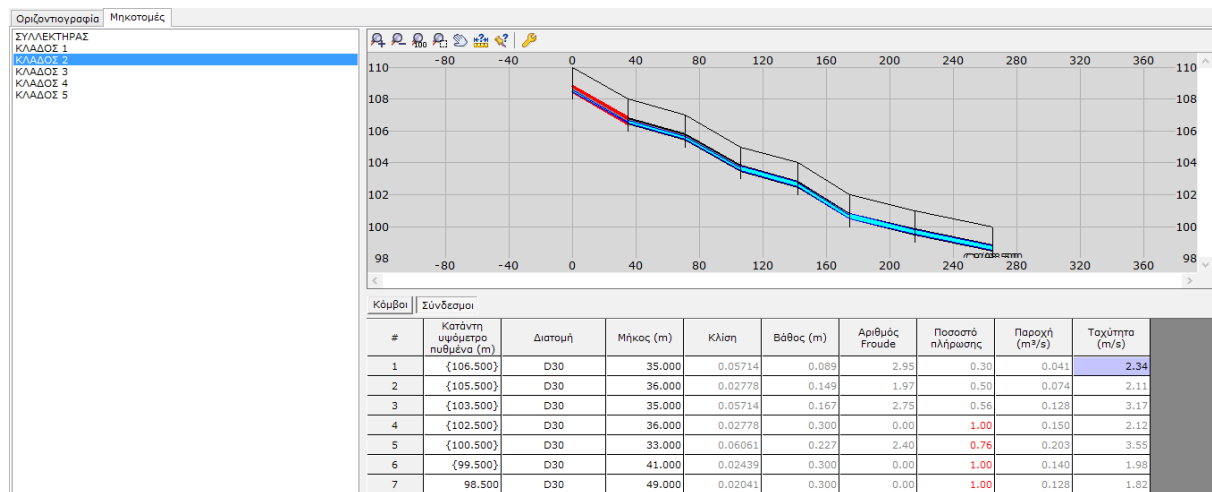
Στοιχεία Υδραυλικού Σχεδιασμού Δικτύων Αποχέτευσης, με Εφαρμογή σε Τμήμα της Πόλεως του Αγρινίου



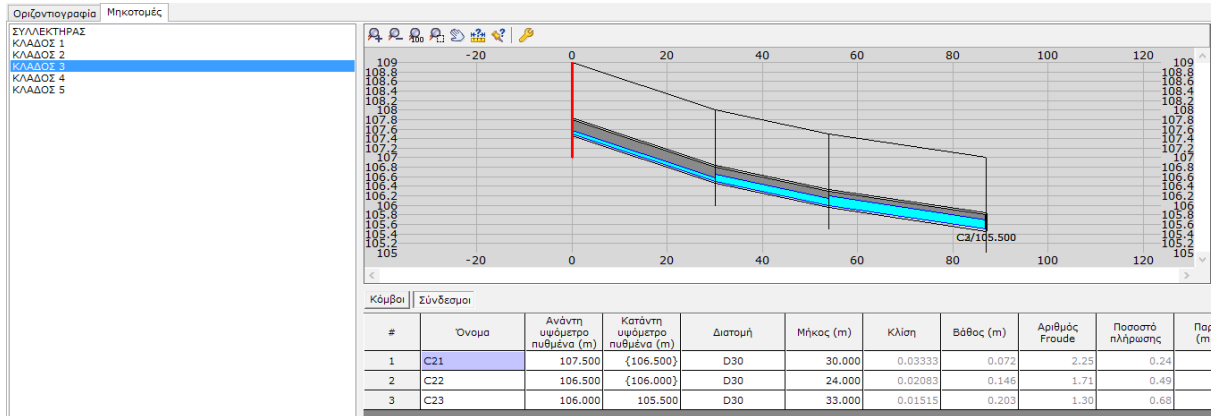
Εικόνα 49: Αποτελέσματα συλλεκτήρα



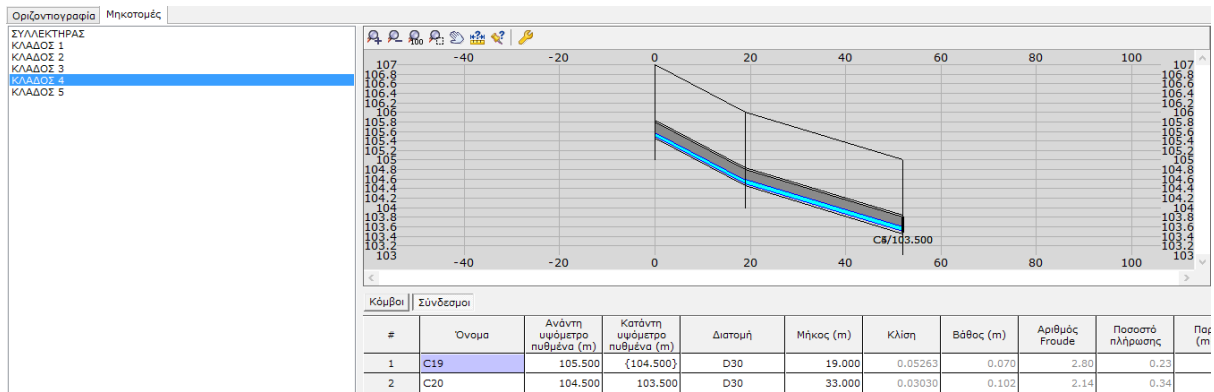
Εικόνα 50: Αποτελέσματα κλάδου 1



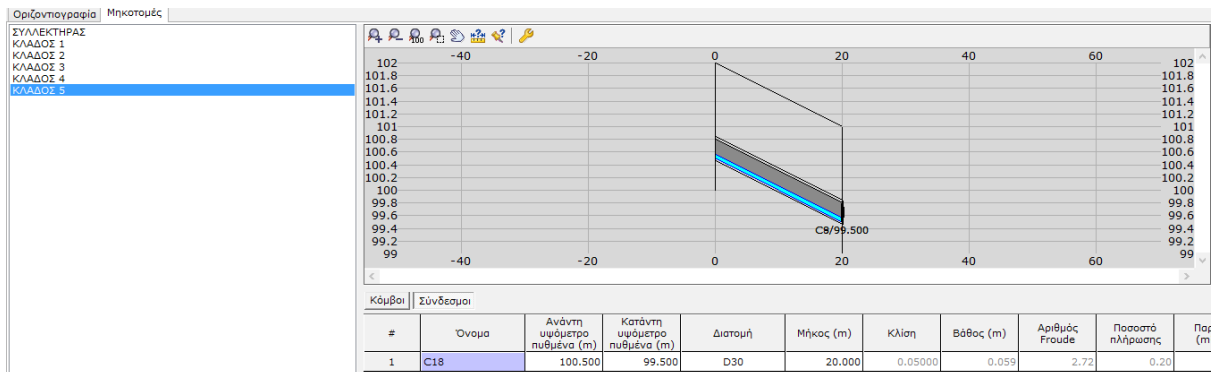
Εικόνα 51: Αποτελέσματα κλάδου 2



Εικόνα 52: Αποτελέσματα κλάδου 3



Εικόνα 53: Αποτελέσματα κλάδου 4



Εικόνα 54: Αποτελέσματα κλάδου 5

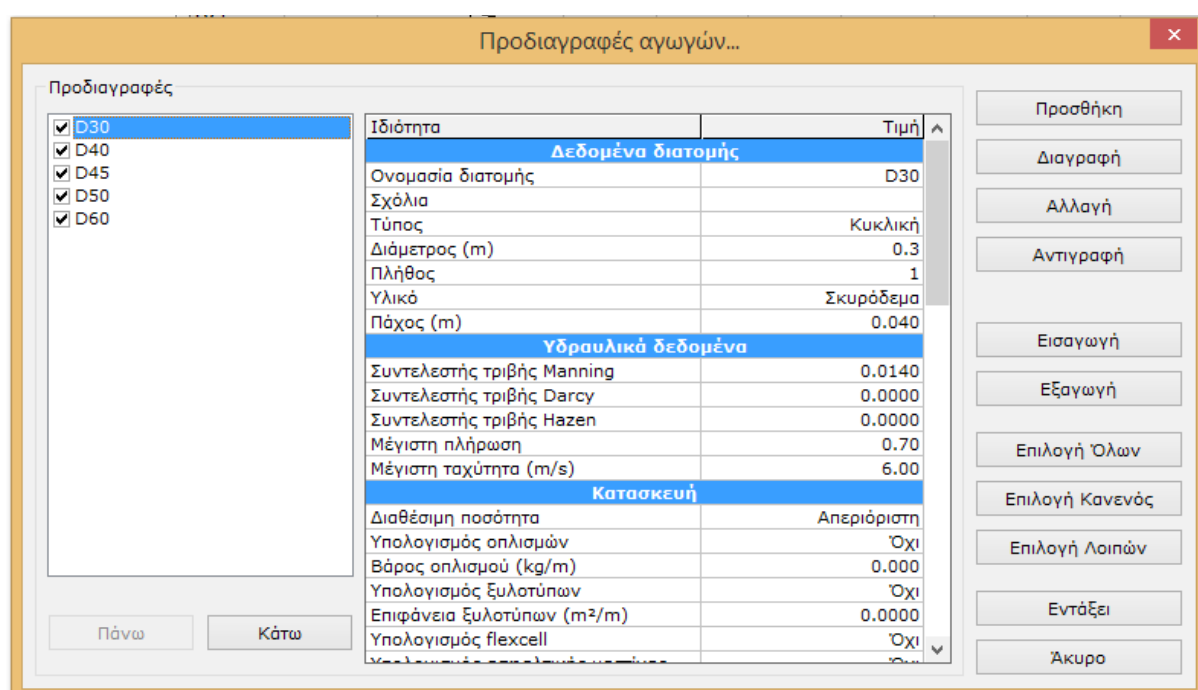
Επιλέγουμε τις μηκοτομές των κλάδων 3, 4 & 5 και παρατηρούμε ότι επιλύονται επιτυχώς. Δε συμβαίνει το ίδιο όμως με τον συλλεκτήρα και τους κλάδους 1 & 2.

Στον συλλεκτήρα το πρόβλημα εντοπίζεται κατά μήκος όλου του αγωγού και επισημαίνεται στο πρόγραμμα ότι το ποσοστό πλήρωσης είναι εκτός ορίων, παρουσιάζοντας το αποτέλεσμα με κόκκινα στοιχεία. Στον κλάδο 1 το πρόβλημα εντοπίζεται στους αγωγούς C3, C4 & C5 και στον κλάδο 2

εντοπίζεται στους C14, C15, C16 & C17. Άρα για να μπορέσουν οι αγωγοί να παροχετεύσουν τη ροή θα πρέπει να αυξήσουμε τις διαμέτρους στους συγκεκριμένους αγωγούς, ώστε να μειωθεί το ποσοστό πλήρωσης.

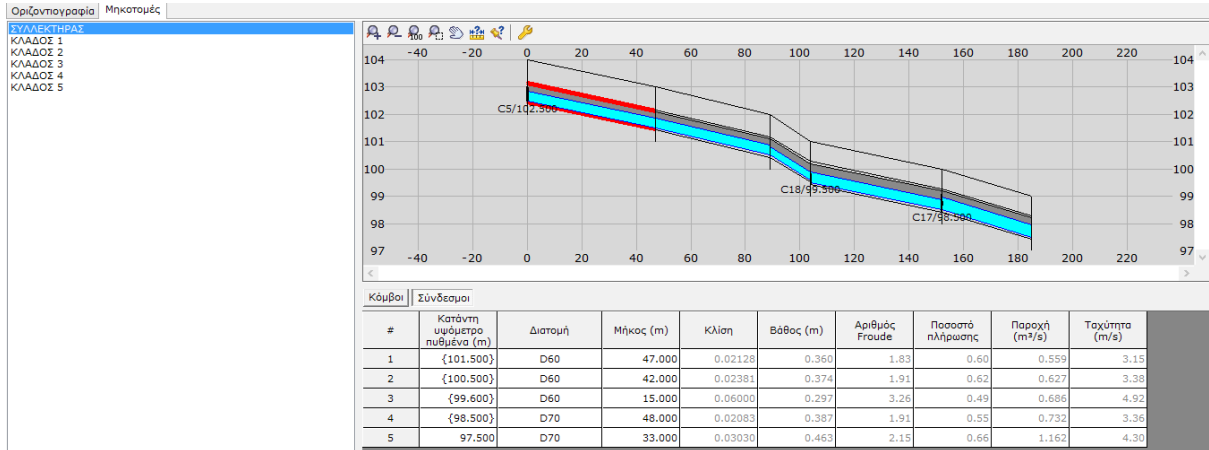
Ανοίγουμε τη φόρμα των προδιαγραφών αγωγών για να προσθέσουμε τις νέες διατομές:

Όνομασία διατομής	Διάμετρος (m)	Πάχος (m)
D40	0.40	0.057
D45	0.45	0.063
D50	0.50	0.067
D60	0.60	0.075
D70	0.70	0.084

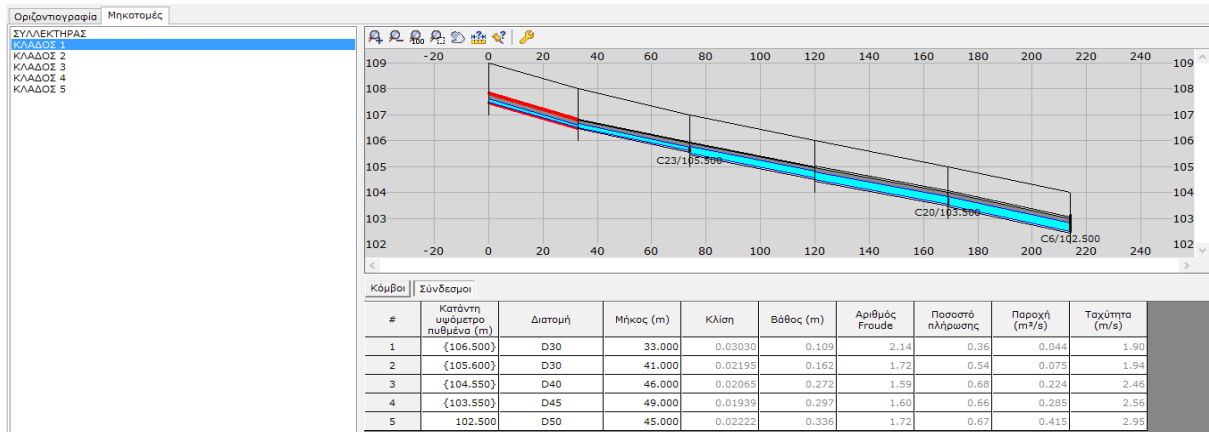


Εικόνα 55: Νέες διατομές αγωγών.

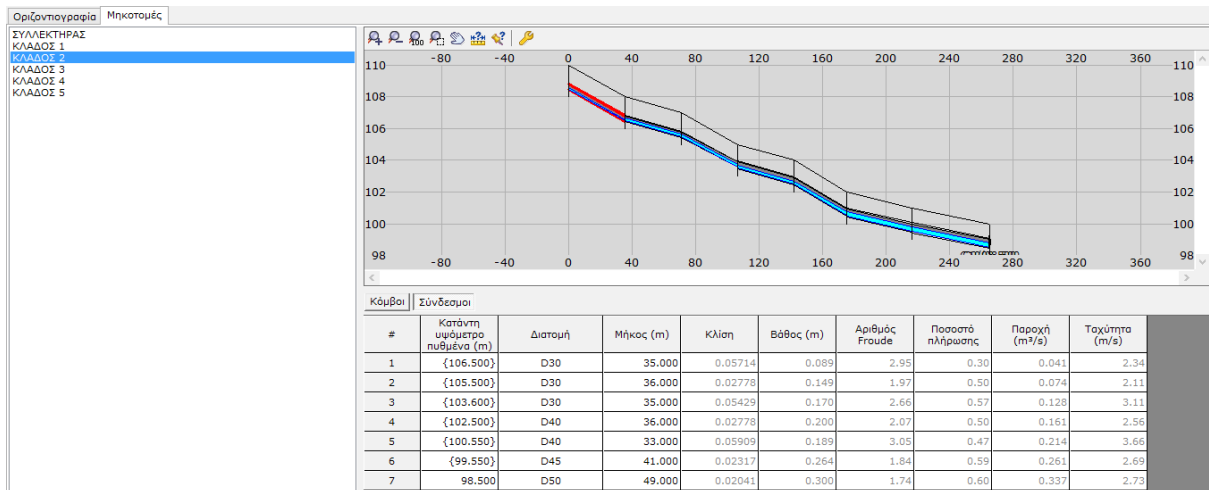
Κάνουμε κλικ ξανά στους αγωγούς που παρουσιάζονται τα προβλήματα πλήρωσης, εισάγουμε τις νέες διατομές και εκτελούμε τους υπολογισμούς. Μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα στις εικόνες 56, 57 και 58:



Εικόνα 56: Αποτελέσματα συλλεκτήρα (με τις διορθωμένες διατομές)



Εικόνα 57: Αποτελέσματα κλάδου 1 (με τις διορθωμένες διατομές)



Εικόνα 58: Αποτελέσματα κλάδου 2 (με τις διορθωμένες διατομές)

Μετά τη δεύτερη επίλυση έχουμε επιτύχει τα επιθυμητά ποσοστά πλήρωσης.

9.6 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Πίνακας 12: Αποτελέσματα: Συλλεκτήρας

Αγωγός	Διατομή	Κλίση	Βάθος (m)	Ποσοστό πλήρωσης	Παροχή (m ³ /s)	Ταχύτητα (m/s)
C6	D60	0.02128	0.360	0.60	0.599	3.15
C7	D60	0.02381	0.374	0.62	0.627	3.38
C8	D60	0.6000	0.294	0.49	0.686	4.92
C9	D70	0.02083	0.387	0.55	0.732	3.36
C10	D70	0.03030	0.463	0.66	1.162	4.30

Πίνακας 13: Αποτελέσματα: Κλάδος 1

Αγωγός	Διατομή	Κλίση	Βάθος (m)	Ποσοστό πλήρωσης	Παροχή (m ³ /s)	Ταχύτητα (m/s)
C1	D30	0.03030	0.109	0.36	0.044	1.90
C2	D30	0.02195	0.162	0.54	0.075	1.94
C3	D40	0.02065	0.272	0.68	0.224	2.46
C4	D45	0.01919	0.297	0.66	0.285	2.56
C5	D50	0.02222	0.336	0.67	0.415	2.95

Πίνακας 14: Αποτελέσματα: Κλάδος 2

Αγωγός	Διατομή	Κλίση	Βάθος (m)	Ποσοστό πλήρωσης	Παροχή (m ³ /s)	Ταχύτητα (m/s)
C11	D30	0.05714	0.089	0.30	0.041	2.34
C12	D30	0.02778	0.149	0.50	0.074	2.11
C13	D30	0.05429	0.170	0.57	0.128	3.11
C14	D40	0.02778	0.200	0.50	0.161	2.56
C15	D40	0.05909	0.189	0.47	0.214	3.66
C16	D45	0.02317	0.264	0.59	0.261	2.69
C17	D50	0.02041	0.300	0.60	0.337	2.73

Πίνακας 15: Αποτελέσματα: Κλάδος 3

Αγωγός	Διατομή	Κλίση	Βάθος (m)	Ποσοστό πλήρωσης	Παροχή (m ³ /s)	Ταχύτητα (m/s)
C21	D30	0.03333	0.072	0.24	0.021	1.59
C22	D30	0.02083	0.146	0.49	0.062	1.81
C23	D30	0.01515	0.203	0.68	0.088	1.74

Πίνακας 16: Αποτελέσματα: Κλάδος 4

Αγωγός	Διατομή	Κλίση	Βάθος (m)	Ποσοστό πλήρωσης	Παροχή (m ³ /s)	Ταχύτητα (m/s)
C19	D30	0.05263	0.070	0.23	0.025	1.95
C20	D30	0.03030	0.102	0.34	0.039	1.83

Πίνακας 17: Αποτελέσματα: Κλάδος 5

Αγωγός	Διατομή	Κλίση	Βάθος (m)	Ποσοστό πλήρωσης	Παροχή (m ³ /s)	Ταχύτητα (m/s)
C18	D30	0.05000	0.059	0.20	0.017	1.73

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι κατά την κατεύθυνση ροής του δικτύου αυξάνει η διάμετρος των αγωγών. Συγκεκριμένα, ξεκινάμε από αγωγούς διαμέτρου D30 και οδηγούμαστε στη μέγιστη διάμετρο D70 για την περίπτωση του συλλεκτήρα.

9.7 Συμπεράσματα

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετήθηκε το δίκτυο αποχέτευσης ομβρίων σε αστική περιοχή και συγκεκριμένα σε τμήμα της πόλεως του Αγρινίου, στη Δυτική Ελλάδα.

Επελέγη περιοχή μελέτης με ήπια κλίση, έτσι ώστε η ροή εντός των αγωγών να θεωρείται ομοιόμορφη και η κατανομή της πίεσης σχεδόν υδροστατική (ανοικτοί αγωγοί).

Η ανάλυση και ο σχεδιασμός του δικτύου έγινε με βάση τις προδιαγραφές που προβλέπονται από το Π.Δ. 696/74, τόσο για τη μέθοδο υπολογισμού των ποσοτήτων των ομβρίων, όσο και για τα ποσοστά πλήρωσης των αγωγών, τους συντελεστές απορροής, κτλ.

Εφαρμόστηκε ο κώδικας υπολογισμού WORKS2015 για τη μελέτη δικτύου αποχέτευσης σε αστική περιοχή και απαιτήθηκε γενικότερη εμπειρία στην ανάλυση και τον σχεδιασμό δικτύων αποχέτευσης ομβρίων υδάτων.

Αποκτήθηκε γενικότερη εμπειρία σε θέματα μόρφωσης και σχεδιασμού δικτύων αποχέτευσης και κατανοήθηκαν στοιχεία υδραυλικής των ανοικτών αγωγών, που εφαρμόζονται για την ανάλυση και το σχεδιασμό δικτύων αποχέτευσης.

Κατανοήθηκε η αξία των κωδικών προσομοίωσης για την επίλυση ρεαλιστικών και σύνθετων προβλημάτων υδραυλικής μηχανικής, που συναντώνται σε πρακτικές εφαρμογές Πολιτικού Μηχανικού.

Σχεδιάστηκε και μελετήθηκε ένα έργο υποδομής και συγκεκριμένα η αποχέτευση των ομβρίων με βάση τις ελληνικές προδιαγραφές που προβλέπονται από το Π.Δ. 696/74 και τη διεθνή πρακτική και γνώση της Υδραυλικής Μηχανικής.

Κεφάλαιο 10: Βιβλιογραφία

10.1 Βιβλιογραφία

- Αναστασίου Μ.(1997), Κατασκευή όμβριων καμπυλών με τη μέθοδο μη γραμμικής παλινδρόμησης για το βροχομετρικό σταθμό Αγρινίου, Διπλωματική εργασία Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Ιωσηφίδης, Β. (2010) Αποχετεύσεις, Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος των Υδρεύσεων Αποχετεύσεων Ε' Εξαμήνου του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. .
- Κουτσογιάννης, Δ. (1993). Σχεδιασμός Αστικών Δικτύων Αποχέτευσης.
- Κουτσογιάννης, Δ. (2011). Σχεδιασμός Αστικών Δικτύων Αποχέτευσης.
- Προεδρικό Διάταγμα 696/1974, ΦΕΚ 301 Α_74 .
- Τσακίρης, Γ. (2004). Αποχετεύσεις οικισμών, σημειώσεις από παραδόσεις του μαθήματος.
- Τσόγκας, Χ. (1998). Δίκτυα Αποχέτευσης και Επεξεργασίας Λυμάτων.
- Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ), Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (http://wfd.ypeka.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=113&Itemid=19) .
- Φουρνιώτης, Ν. Θ. (2004). Ανάλυση και σχεδιασμός δικτύου αποχετεύσεως ομβρίων σε αστική περιοχή με εφαρμογή στην περιοχή Ρουπακιά της πόλεως του Αγρινίου , Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Χατζηαγγέλου, Η. (2002). Υδραυλικά έργα Ι, Τεχνική Υδρομηχανική Τεύχος 1 .
- Χατζηαγγέλου, Η. (2002) Υδραυλικά έργα Ι, τεύχος 4, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.
- Marz, (1970) Υδραυλική των οικισμών 1.

10.2 Διαδίκτυο

1. <http://gerakas.org.gr/site/wp-content/3868.jpg>
2. http://perilakkas.blogspot.gr/2013/12/blog-post_3.html
3. http://itia.ntua.gr/courses/aye/AskL/flow_circ_pipes.png
4. <http://www.melisblock.gr/%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%8A%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%B1/freatia/>
5. <http://www.enya.gr/projects/1022>
6. <http://armos-prokat.gr/assets/images/cement%20pipes/OPLISMENOI/Dscn0300.jpg>
7. http://metamorfosis-messinias.blogspot.gr/2013/05/blog-post_25.html
8. http://www.liarommatis.gr/en/index.php?option=com_k2&view=item&id=236:%CF%80%CE%BB%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%AF-pvc-u-%CF%83%CF%89%CE%BB%CE%AE%CE%BD%CE%B5%CF%82-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%86%CE%B9%CE%BB%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%83%CF%89%CE%BB%CE%AE%CE%BD%CE%B5%CF%82-%CE%B3%CE%B5%CF%89%CF%84%CF%81%CE%AE%CF%83%CE%B5%CF%89%CE%BD&Itemid=614
9. <http://greek.polyethylenewaterpipe.com/sale-296781-hdpe-pipe-lining-polyethylene-pipe-for-various-caliber-seamless-steel-pipe-and-repair.html>
10. <http://greek.welded-steelpipes.com/sale-3860111-15mm-longitudinal-welded-erw-steel-tube-rectangular-astm-din-jis-en-gb.html>
11. <http://17976.ru.all.biz/el/solnes-ap-khytosdhiro-g2206741>
12. <http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge427y/chapter076.html>