



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Στοιχεία Υδραυλικού Σχεδιασμού Δικτύων
Αποχέτευσης Ομβρίων, με Εφαρμογή σε
Τμήμα της Πόλεως των Πατρών**

Φοιτήτρια: Σίνου Ευσταθία-Μαρίνα

Επιβλέπων: Επίκουρος Καθηγητής, Νικόλαος Θ. Φουρνιώτης

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2021

Μια αναζήτηση ξεκινά πάντα με την τύχη του πρωτάρη.
Και τελειώνει πάντα με τη δοκιμασία του κατακτητή.
Paulo Coelho

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ

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

Σίνου Ευσταθία-Μαρίνα

(Υπογραφή)

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια των σπουδών μου στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου (πρώην ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας), υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή Νικόλαου Θ. Φουρνιώτη.

Εκ προοιμίου θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους όσους μου παρείχαν απλόχερα την βοήθεια τους για την πραγματοποίηση της εργασίας αυτής.

Αρχικά στον καθηγητή μου, κ. Νικόλαο Φουρνιώτη για την συνεργασία μας κατά την εκπόνηση της Πτυχιακής μου Εργασίας και για την απεριόριστη προθυμία του να με βοηθήσει και να συζητήσει μαζί μου κάθε πιθανή απορία και προβληματισμό που προέκυπτε κατά τη διεξαγωγή της εργασίας μου.

Εν συνεχεία, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Λύκουρα Χρήστο, Πολιτικό Μηχανικό, προϊστάμενο του Τμήματος Μελετών της Διεύθυνσης Αποχέτευσης της Δ.Ε.Υ.Α. Πατρών για την άδεια χρήσης του προγράμματος XL DRAIN για Δίκτυα Αποχέτευσης, με το οποίο εκτελέστηκε και η παρούσα Πτυχιακή Εργασία. Τον ευχαριστώ ακόμη για τις πολύτιμες πληροφορίες που μου παρείχε με υπομονή και ευγένεια καθώς και για την παραχώρηση τοπογραφικών χαρτών και μελετών.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά τους γονείς μου που με στηρίζουν και με βοηθούν πάντοτε σε κάθε μου βήμα.

Ευσταθία-Μαρίνα Γ.Σίνου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Πτυχιακή Εργασία στοχεύει στην μελέτη των μεθόδων ανάλυσης και σχεδιασμού ενός δικτύου αποχέτευσης όμβριων. Η εφαρμογή γίνεται σε αστική περιοχή και συγκεκριμένα σε ένα τμήμα του ρυμοτομικού σχεδίου της πόλης της Πάτρας, στην περιοχή των Μποζαίτικων όπου διαθέτει ήδη δίκτυο όμβριων υδάτων.

Η ανάλυση και ο σχεδιασμός πραγματοποιείται με την βοήθεια προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιείται είναι το XL DRAIN σχεδιασμένο από τον κ.Λύκουρα Χρήστο.

Το ανωτέρων πρόγραμμα βασίζει την λειτουργία του στα δεδομένα του Autocad₂₀₁₈ , ενώ στο ίδιο περιβάλλον εκτελέστηκε και η χάραξη του δικτύου σε ρυμοτομικό σχέδιο.

Για την ανάλυση του δικτύου και τον υπολογισμό των παροχών σχεδιασμού χρησιμοποιήθηκε η ορθολογική μέθοδος. Οι λεκάνες απορροής προέκυψαν με τη μέθοδο της διχοτόμησης των γωνιών και οικοδομικών τετραγώνων και τα εμβαδά τους υπολογίστηκαν με τη βοήθεια του προγράμματος XL Drain. Για την ένταση βροχόπτωσης χρησιμοποιήθηκαν όμβριες καμπύλες.

Στην ανάλυση δεν χρησιμοποιήθηκαν φρεάτια υδροσυλλογής αλλά επιλέχθηκαν σημεία στους αγωγούς του δικτύου, ανά τακτά διαστήματα, που λειτουργούν ως είσοδοι (Inlets), στις οποίες στραγγίζουν ένα ή περισσότερα στόμια εισόδου . Πρόκειται ουσιαστικά για σημεία που λειτουργούν ταυτόχρονα και ως φρεάτια επίσκεψης (ανθρωποθυρίδες) και στα οποία είναι δυνατόν να συμβάλλουν μέσω μικρών κλάδων αρκετά φρεάτια υδροσυλλογής τα οποία στραγγίζουν παρόδιες τάφρους.

Είσοδοι (Inlets) τοποθετήθηκαν σε αποστάσεις μικρότερες των 100m στις ευθυγραμμίες ,στις αλλαγές κατεύθυνσης των υπονόμων και στις διασταυρώσεις των δρόμων, ώστε να αποφεύγεται το πλημμύρισμα των οδών.

Για την επιλογή των υψομέτρων χρησιμοποιήθηκαν έτοιμα στοιχεία μελετών οδοποιίας της περιοχής. Η κλίση των υπονόμων γενικά ακολούθησε εκείνη των οδών, με ελάχιστο όριο που ορίστηκε από την ταχύτητα αυτοκαθαρισμού του δικτύου και μέγιστη κλίση εκείνη του 10% ώστε η κατανομή της πίεσης στην κατακόρυφο να είναι σχεδόν υδροστατική.

Ο σχεδιασμός έγινε σύμφωνα με τους περιορισμούς που προβλέπει το κεφάλαιο Δ' του Προεδρικού Διατάγματος της Ελληνικής Δημοκρατίας ,Π.Δ. 696/1974.

Τελικός στόχος είναι ο υπολογισμός των υδραυλικών μεγεθών του σχεδιαζόμενου δικτύου με βάση τις υδρολογικές και υδραυλικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, καθώς και την απόκτηση γνώσης και εμπειρίας για την ανάλυση αστικών δικτύων αποχέτευσης όμβριων υδάτων.

Περιεχόμενα

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ.....	10
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	11
1.4 ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ.....	12
1.4.1 Συλλογή-Οργάνωση-Επεξεργασία Πληροφοριών.....	12
1.4.2 Γενικές αρχές σχεδιασμού δικτύων ομβρίων.....	13
1.4.3 Περίοδοι επαναφοράς έργων αστικών αποχετεύσεων.....	14
1.4.4 Αποτύπωση Υφιστάμενων Αγωγών.....	14
1.4.5 Η Μελέτη του Δικτύου Αποχέτευσης.....	15
1.4.6 Λειτουργία, Έλεγχος και Συντήρηση του Δικτύου Αποχέτευσης.....	16
2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ.....	18
2.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ.....	18
2.1.1 Πλεονεκτήματα Παντοροϊκού Συστήματος.....	18
2.1.2 Μειονεκτήματα Παντοροϊκού Συστήματος.....	18
2.1.3 Οι Παρασιτικές Εισροές στους Παντοροϊκούς Αγωγούς.....	19
2.1.4 Πλεονεκτήματα Χωριστικού Συστήματος.....	19
2.1.5 Μειονεκτήματα Χωριστικού Συστήματος.....	19
2.1.6 Η Μετάβαση από το Παντοροϊκό στο Χωριστικό Σύστημα.....	19
3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ.....	21
3.1 ΧΑΡΑΞΗ ΥΔΡΟΚΡΙΤΗ.....	21
3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΠΑΡΟΧΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΑΠΟ ΑΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ.....	21
3.2.1 Η Ορθολογική Μέθοδος.....	21
3.2.2 Συντελεστές Απορροής.....	23
3.2.3 Εκτίμηση Συντελεστή Απορροής σε Αστικές Λεκάνες.....	24
3.2.4 Ένταση Βροχόπτωσης – Όμβριες Καμπύλες.....	25
3.2.5 Έκταση Λεκάνης Απορροής.....	26
3.2.6 Χρόνος Συγκέντρωσης.....	26
3.2.7 Χρήση δεδομένων έντασης – διάρκειας - συχνότητας.....	29
4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	31
4.1 ΜΕΛΕΤΕΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΕΩΝ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ.....	31
4.1.1 Αρχές Σχεδιασμού.....	31
4.1.2 Εκπόνηση Μελετών.....	31
4.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΛΕΤΩΝ.....	32
4.2.1 Λεκάνη Απορροής.....	32
4.2.2 Οριζοντιογραφίες.....	32

4.2.3 Διατομές	33
5. ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΤΩΝ ΥΠΟΝΟΜΩΝ.....	34
5.1 ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΡΟΗ	34
5.2 ΚΥΚΛΙΚΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΡΟΗ	34
5.3 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΡΟΗΣ	35
5.3.1 Εξίσωση Chezy.....	35
5.3.2 Darcy – Weisbach.....	35
5.3.3 Υπολογισμός κατά Manning-Kutter.....	36
5.3.4 Συντελεστής Τραχύτητας	38
5.3.5 Υπολογισμός κατά Prandtl- von Karman- Colebrook.....	39
6. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ-ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ Π.Δ. 696/1974	40
6.1 ΓΕΝΙΚΑ	40
6.2 ΚΛΙΣΕΙΣ ΑΓΩΓΩΝ	40
6.3 ΠΟΣΟΣΤΑ ΠΛΗΡΩΣΗΣ	40
6.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ	41
6.4.1 Κατανάλωση Ύδατος-Παροχές Ακαθάρτων.....	41
6.4.2 Διαχείριση της Υδροδότησης.....	41
7. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ	43
7.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ.....	43
7.1.1 Αργιλλοπυριτικοί Σωλήνες.....	44
7.1.2 Σωλήνες Σκυροδέματος.....	45
7.1.3 Μεταλλικοί Σωλήνες	45
7.1.4 Πλαστικοί Σωλήνες	46
7.1.5 Σωλήνες από Πολυαιθυλένιο HDPE	46
7.1.6 Χυτοί επί τόπου	47
7.2 ΔΙΑΤΟΜΕΣ.....	48
7.2.1 Κλειστές Διατομές.....	48
7.2.2 Ελάχιστες Επιτρεπόμενες Διατομές	51
8. ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΥΠΟΝΟΜΩΝ.....	53
8.1 ΦΡΕΑΤΙΑ.....	53
8.1.1 Φρεάτια Επισκέψεως.....	53
8.1.3 Φρεάτια πτώσεως	54
8.1.4 Φρεάτια Εκτροπής.....	55
8.1.5 Φρεάτια Καθαρισμού	56
8.2 ΣΙΦΩΝΕΣ.....	56
8.3 ΕΡΓΑ ΡΥΘΜΙΣΕΩΣ ΠΑΡΟΧΗΣ	57

8.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΠΑΡΟΧΗΣ.....	57
8.5 ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΕΙΣ.....	57
8.5.1 Η Διάταξη των Εξωτερικών Διακλαδώσεων.....	58
8.5.2 Η Γωνία Σύνδεσης της Εξωτερικής Διακλάδωσης στον Κεντρικό Αγωγό	58
8.5.3 Απόσταση Μεταξύ Εξωτερικών Διακλαδώσεων	58
8.5.4 Ειδικές Περιπτώσεις	59
8.6 ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ	60
8.7 ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΑ	60
9. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	61
9.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	62
9.1.1 Φυσικές Διεργασίες ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	62
9.1.2 Χημικές Διεργασίες Καθαρισμού.....	62
9.1.3 Βιολογικές Διεργασίες Καθαρισμού	62
9.2 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	63
10. ΕΠΙΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ	65
10.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ XL DRAIN	65
10.1.1 Γενικά.....	65
10.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΤΗΣ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΠΑΤΡΩΝ.....	66
10.3 ΤΟ ΡΥΜΟΤΟΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	66
10.4 ΜΗΚΟΤΟΜΕΣ ΤΩΝ ΟΔΩΝ.....	67
10.5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΛΙΑ ΠΑΤΡΩΝ	67
10.6 ΒΗΜΑΤΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	67
10.6.1 Τελικό Σχέδιο Οριζοντιογραφίας	68
10.6.2 Παραγόμενες Μηκοτομές Συλλεκτήρων.....	69
10.7 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΟ ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ	74
A) Αναλυτική μέθοδος υπολογισμού παρασιτικών εισροών στο δίκτυο λυμάτων	76
B) Μέθοδος μοναδικού συντελεστή για τον υπολογισμό παρασιτικών εισροών στο δίκτυο λυμάτων	76
Γ) Μέθοδος υπολογισμού παρασιτικών εισροών στην παρούσα μελέτη	76
10.8 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	1
10.9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	7
11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	8

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Αποχέτευση ονομάζουμε τη διαδικασία συλλογής των λυμάτων και των νερών της βροχής (όμβρια νερά), μέσω ξεχωριστών, μεγάλων δικτύων αγωγών.

Τα λύματα, όπως αποκαλούμε τα ακάθαρτα νερά, που προέρχονται από τις καθημερινές χρήσεις του νερού στις πόλεις, διοχετεύονται από τα διάφορα κτίρια σε ένα μεγάλο δίκτυο αγωγών, οι οποίοι καταλήγουν στα Κέντρα Επεξεργασίας Λυμάτων. Εκεί τα λύματα καθαρίζονται και κατόπιν διοχετεύονται συνήθως στη θάλασσα.

Τα νερά της βροχής συγκεντρώνονται σε μεγάλους υπόγειους αγωγούς (αγωγοί ομβρίων) οι οποίοι καταλήγουν τελικά στη θάλασσα. Τα νερά της βροχής φτάνουν στους αγωγούς όμβριων μέσω των φρεατίων υδροσυλλογής που υπάρχουν στους δρόμους, δίπλα στα ρείθρα των πεζοδρομίων και έχουν για καπάκι μία εσχάρα.

Κατά την διάρκεια αυτής της εργασίας θα χρησιμοποιηθούν κάποιοι όροι, για την ανάλυση των δικτύων αποχέτευσης, των οποίων οι ορισμοί θα αναλυθούν παρακάτω.

- Αποχετευτικό δίκτυο είναι ένα δίκτυο αγωγών το οποίο συλλέγει και μεταφέρει ακάθαρτα ή όμβρια σε φυσικό αποδέκτη (θάλασσα, ρέμα ή λίμνη).
- Αστικά λύματα ή ακάθαρτα ή αστικά υγρά είναι τα νερά που προέρχονται από τις οικιακές, εμπορικές ή βιομηχανικές περιοχές αναμειγμένα με στερεά.
- Όμβρια είναι τα νερά από έντονες βροχοπτώσεις που απορρέουν επιφανειακά.
- Εισροές: υπόγειων νερών (διήθηση –εισροή), όμβριων, από άλλα δίκτυα βλάβης.

Οι παρασιτικές εισροές εξαρτώνται από τους παρακάτω παράγοντες:

- i. Από τη στάθμη του υπόγειου υδροφορέα
- ii. Από την διαπερατότητα του εδάφους
- iii. Παλαιότητα δικτύου
- iv. Υλικό και ποιότητα αγωγού
- v. Συντήρηση δικτύου

Οι εισροές στο δίκτυο όπως και να χει είναι μη προγραμματισμένες και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό.

-
- Χωριστικό δίκτυο αποχέτευσης είναι ανεξάρτητα δίκτυα ακαθάρτων και ομβρίων, στην περίπτωση αυτή γίνεται διαφορετικός υπολογισμός των δικτύων ενώ παράλληλα διαφοροποιείται και η εκβολή.
 - Παντοροϊκό δίκτυο είναι το κοινό δίκτυο όμβριων και ακαθάρτων, η μελέτη νέων δικτύων αναφέρεται σε χωριστικά δίκτυα.
 - Τύποι διατομών αποχετευτικών αγωγών : κυκλική, ωοειδής κ.α.
 - Διαστάσεις αγωγών δικτύου, για δίκτυο όμβριων έχουμε μεγάλες διαστάσεις αγωγών (συνήθως τσιμεντοσωλήνες), για δίκτυο ακαθάρτων έχουμε μικρές διαστάσεις αγωγών (συνήθως PVC) .
 - Λειτουργία δικτύου, οι αποχετευτικοί αγωγοί δε λειτουργούν ποτέ υπό πίεση αλλά πάντα με ελεύθερη επιφάνεια. Η ροή θεωρείται για λόγους απλοποίησης μόνιμη και ομοιόμορφη.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Σε πολλούς από τους αρχαίους πολιτισμούς ήταν γνωστή η τέχνη της απομάκρυνσης των λυμάτων με υπονόμους. Έτσι στο Mohenjoarado, μια πόλη της πρώτης άνθισης του ινδικού πολιτισμού, που ιστορικά τοποθετείται περί το 5000 π.Χ., βρέθηκαν στις ανασκαφές πλινθόκτιστοι υπόνομοι που απομάκρυναν τα λύματα από τα σπίτια με βαρύτητα.

Στη Βαβυλώνα βρέθηκαν επίσης δίκτυα αποχέτευσης (Martz, 1970). Ενδείξεις για αποχετευτικό δίκτυο υπάρχουν και για τη Σουμερική πόλη Νιππούρ (3000 π.Χ.).

Στην Κνωσό (1950-1500 π.Χ.) συναντάμε για πρώτη φορά τη χρήση σιφωνίου στην αποχέτευση. Στο Μινωικό ανάκτορο της Κνωσού (1950-1500 π.Χ.) ανακαλύφθηκαν χώροι υγιεινής (λουτρά) και δίκτυο αποχέτευσης ομβρίων και ακαθάρτων. Το δίκτυο είχε φρεάτια επίσκεψης για τη συντήρηση του και κατέληγε στο χείμαρρο Καίρατο. Οι αγωγοί ήταν κατασκευασμένοι από πήλινα καναλέτα ανοιχτής ορθογωνικής διατομής που σκεπάζονταν στην πάνω πλευρά. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η ένωση τους, τα καναλέτα είχαν τραπεζοειδή κάτοψη, ενώ σχεδόν απίστευτο μοιάζει το γεγονός, ότι το δίκτυο ομβρίων λειτουργεί ακόμα και σήμερα όταν βρέχει, ουσιαστικά μη έχοντας να ζηλέψει τίποτα από τα σύγχρονα.

Η κατασκευή σύγχρονων συστημάτων αγωγών αποχέτευσης, με ελάχιστες εξαιρέσεις, ξεκινάει ουσιαστικά στα μέσα του 19ου αιώνα. Για παράδειγμα στη Γερμανία το πρώτο δίκτυο υπονόμων σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε το 1842 στο Αμβούργο (Martz, 1970). Ο σχεδιασμός έγινε από τον πρωτοπόρο Άγγλο μηχανικό W. Lindley, με βάση ιδέες και αρχές που χρησιμοποιούνται και σήμερα.

Στην Αγγλία η σημασία των αποχετευτικών συστημάτων αναγνωρίστηκε το 1855, μετά από επιδημία χολέρας που ξεκίνησε το 1848, και έδωσε το έναυσμα για την κατασκευή επαρκούς δικτύου αποχέτευσης στο Λονδίνο (Clare et al., 1977). Είναι ενδιαφέρον ότι η κατασκευή έργων αποχέτευσης κατά τους νεότερους χρόνους ξεκίνησε με σκοπό την απομάκρυνση των ομβρίων, παρά των οικιακών λυμάτων. Μάλιστα σε αρκετές πόλεις που είχαν δίκτυο ομβρίων, για πολύ καιρό απαγορευόταν η παροχέτευση λυμάτων στους αγωγούς.

Στην Ελλάδα γενικά υπήρξε καθυστέρηση στην κατασκευή σύγχρονων συστημάτων αποχέτευσης. Στην Αθήνα, που διαθέτει στο κέντρο της ένα από τα παλιότερα ελληνικά παντοροϊκά δίκτυα αποχέτευσης, και στην περιφέρεια της πιο σύγχρονα χωριστικά δίκτυα, ένα πολύ σημαντικό ποσοστό των σπιτιών εξυπηρετούνται ακόμα με βόθρους. Η κατασκευή του παντοροϊκού συστήματος ξεκινά από το 1858, αν και μεμονωμένοι υπόνομοι είχαν κατασκευαστεί και νωρίτερα. Σε άλλες ελληνικές πόλεις τα πράγματα μέχρι πρόσφατα ήταν πολύ χειρότερα. Υπάρχουν βέβαια και ορισμένες εξαιρέσεις. Σήμερα στην Ελλάδα προχωρούν με σχετικά ικανοποιητικούς ρυθμούς, όσο βέβαια επιτρέπουν οι ρυθμοί χρηματοδότησης, η κατασκευή και η αποπεράτωση σύγχρονων χωριστικών δικτύων αποχέτευσης.

1.3 ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΑΞΙΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΔΙΚΤΥΩΝ

Η χρησιμότητα και η διαχρονική αξία ενός δικτύου αποχέτευσης ομβρίων είναι αδιαμφισβήτητη καθώς η έλλειψή του μετά από έντονα καιρικά φαινόμενα οδηγεί στην πλημμύρα δρόμων, σπιτιών, αυτοκινήτων και κάποιες φορές σε απώλεια 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 ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ

1.4.1 Συλλογή-Οργάνωση-Επεξεργασία Πληροφοριών

Για την σύνταξη των μελετών είναι απαραίτητη η συλλογή, η οργάνωση και η επεξεργασία μιας σειράς πληροφοριών:

- Τοπογραφικά δεδομένα τα οποία περιλαμβάνουν χάρτες, μηκοτομές, τοπογραφικά διαγράμματα.

-
- Γεωτεχνικά και υδρογεωλογικά δεδομένα, που είναι οι γεωλογικοί χάρτες και το είδος του εδάφους όπου πρόκειται να κατασκευαστεί το έργο.
 - Υδρολογικά δεδομένα τα οποία περιλαμβάνουν τα βροχομετρικά δεδομένα παροχής των υδατορευμάτων της περιοχής.
 - Χωροταξικά δεδομένα, τα οποία είναι στατιστικά στοιχεία εξέλιξης του πληθυσμού, ρυθμιστικά σχέδια, όροι δόμησης και κόστος γης.
 - Δεδομένα χρήσης νερού, τα οποία συμπεριλαμβάνουν τα λειτουργικά δεδομένα δικτύου ύδρευσης.
 - Δεδομένα ποιότητας νερού, προκειμένου να επιλεγεί ο αποδέκτης και να καθοριστούν οι όροι διάθεσης των λυμάτων.
 - Οικονομικά δεδομένα, δηλαδή όλες εκείνες οι αναλυτικές τιμές υλικών, εργασιών των έργων αποχέτευσης, δαπάνη ενέργειας.

Παρατήρηση! Σημαντικό ρόλο στη συλλογή των παραπάνω πληροφοριών παίζουν οι τυχόν παλαιότερες μελέτες για συναφή έργα στην εκάστοτε περιοχή μελέτης.

1.4.2 Γενικές αρχές σχεδιασμού δικτύων ομβρίων

- Η αστική υδρολογική λεκάνη, στο σύνολό της, και το ανάντι μη αστικοποιημένο τμήμα της μελετώνται ως ενιαίο σύστημα.
- Σε αντίθεση με το δίκτυο ακαθάρτων, που είναι συγκεντρωτικό (ώστε όλα τα ακάθαρτα να καταλήγουν στη μονάδα επεξεργασίας), η χάραξη του δικτύου ομβρίων είναι αποκεντρωτική.
- Κατά τη χάραξη διαμορφώνονται επιμέρους δίκτυα, καθένα από τα οποία εκβάλλει σε φυσικό αποδέκτη (π.χ., αστικό υδατόρευμα) ή στη θάλασσα.
- Το συνολικό δίκτυο ομβρίων καλύπτει τμήμα του οδικού δικτύου (30 ως 40%).
- Οι εισροές των ομβρίων γίνονται μέσω φρεατίων υδροσυλλογής καθώς και ιδιωτικών συνδέσεων, που υλοποιούνται (υποχρεωτικά) κατά μήκος των αγωγών.
- Αποφεύγεται η χρήση αντλιοστασίων σε αστικές περιοχές.
- Αποφεύγεται η κατασκευή αγωγών αποχέτευσης ομβρίων σε δρόμους μεγάλης κλίσης, ώστε να μην επιταχύνεται περαιτέρω η ροή.

-
- Όταν το δίκτυο κατασκευάζεται σταδιακά, η κατασκευή του δικτύου ξεκινά από τα κατάντι, ώστε να προστατεύονται κατά προτεραιότητα οι χαμηλές περιοχές, λαμβάνοντας ωστόσο υπόψη την απορροή που παράγεται στο σύνολο της λεκάνης.
 - Ο βαθμός προστασίας που παρέχει το δίκτυο ομβρίων περιγράφεται από την περίοδο επαναφοράς του επεισοδίου βροχής που μπορεί να παροχετευθεί.

1.4.3 Περίοδοι επαναφοράς έργων αστικών αποχετεύσεων

- Η περίοδος επαναφοράς αποτελεί βασικό μέγεθος του υδρολογικού σχεδιασμού, η επιλογή του οποίου εξαρτάται από τη σημασία του έργου. Τυπικές τιμές εφαρμογής:
 - για αγωγούς σε οικιστικές περιοχές $T = 2-15$ έτη (τυπικές τιμές $T = 5$ ή 10 έτη)
 - για αγωγούς σε εμπορικές περιοχές και κεντρικούς συλλεκτήρες $T = 10-50$ έτη
 - για διευθετήσεις υδατορευμάτων $T \geq 50$ έτη (πλέον συστήνεται $T \geq 100$ έτη)
- Παρατηρήσεις σχετικά με την επιλογή της περιόδου επαναφοράς:
 - Ο έλεγχος επάρκειας υφιστάμενων αγωγών γίνεται για μικρότερη περίοδο επαναφοράς σε σχέση με τον σχεδιασμό, σε αντίθεση με τους αποδέκτες που ελέγχονται για πολύ μεγαλύτερη T .
 - Κεντρικοί συλλεκτήρες, καθώς και αγωγοί που τοποθετούνται κάτω από κύριες οδικές αρτηρίες και κόμβους (ιδιαίτερα αν αυτά τοποθετούνται σε όρυγμα) σχεδιάζονται με μεγαλύτερη T σε σχέση με δευτερεύοντες αγωγούς.
 - Σε παντοροϊκά δίκτυα επιλέγονται μεγαλύτερες T σε σχέση με χωριστικά.
 - Μεγάλα αντιπλημμυρικά έργα σε αστικές περιοχές (π.χ. διευθετήσεις ποταμών), των οποίων η αστοχία μπορεί να προκαλέσει θύματα και εκτενείς υλικές ζημιές, σχεδιάζονται με $T \geq 1000$ έτη.

Παρατήρηση! Υδρολογική αστοχία του δικτύου ομβρίων έχει ως συνέπεια την ανεπαρκή παροχέτευση του συνόλου της πλημμυρικής απορροής, όχι την καταστροφή του έργου.

1.4.4 Αποτύπωση Υφιστάμενων Αγωγών

Η κατάσταση υφιστάμενων αγωγών πρέπει να ελέγχεται. Αν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο νέο δίκτυο, πρέπει να αποτυπωθούν οριζοντιογραφικά και υψομετρικά. Με υδραυλικούς υπολογισμούς στη συνέχεια πρέπει να διαπιστωθεί, αν και πως μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Όταν όμως, για λόγους κακής ποιότητας υλικών ή ανεπαρκών διαστάσεων, δεν μπορούν να περιληφθούν στο νέο δίκτυο, θα πρέπει να καταργούνται ή να απομακρύνονται.

Υπάρχοντες αγωγοί ομβρίων μπορούν κατά περίπτωση να ενσωματωθούν όπως είναι στο δίκτυο ή μετά από την συμπλήρωσή τους. Όλοι οι άλλοι αγωγοί (ύδρευσης, φωταερίου, ηλεκτρικού ρεύματος, θέρμανσης, κ.λπ.) στην περιοχή του υπό μελέτη δικτύου είτε παράλληλοι είτε κάθετοι προς αυτό, πρέπει να σημειώνονται στα σχέδια κατά θέση και ύψος μετά από ερώτηση των αρμόδιων υπηρεσιών. Οι απαιτούμενες ελάχιστες αποστάσεις από άλλους αγωγούς πρέπει να καθορίζονται με σχετικό ερώτημα στους αρμόδιους και να τηρούνται αυστηρά.

1.4.5 Η Μελέτη του Δικτύου Αποχέτευσης

Συνήθως το αποχετευτικό δίκτυο κατασκευάζεται για να μεταφέρει τα απόβλητα στον τελικό αποδέκτη ή σε εγκατάσταση καθαρισμού με την βοήθεια της κλίσης του αγωγού. Ωστόσο πλέον στις νέες εγκαταστάσεις που τα υπολογιστικά μέσα είναι σύγχρονα και ακριβή δεν πρέπει να αναμένονται υπερχειλίσεις.

Η κατασκευή ενός νέου αποχετευτικού δικτύου ή ο εκσυγχρονισμός ενός παλιού πραγματοποιείται τμηματικά και με χρονοδιάγραμμα. Παρόλα αυτά είναι απολύτως απαραίτητος ο συνολικός σχεδιασμός ολόκληρου του αποχετευτικού δικτύου.

Το δίκτυο αποτελείται από μεμονωμένους αγωγούς, δευτερεύοντες και πρωτεύοντες συλλεκτήρες. Τα τμήματα των σωλήνων συνδέονται είτε ακτινωτά είτε σε βρόχους. Ορίζεται ως ακτινωτή σύνδεση αυτή, κατά την οποία μόνον ένας αγωγός ξεκινά από το φρεάτιο κατά τη διεύθυνση της ροής. Αντίθετα, γίνεται λόγος για σύνδεση σε βρόχους όταν από ένα φρεάτιο ξεκινούν περισσότεροι από ένας αγωγοί. Εάν οι αγωγοί αυτοί βρίσκονται σε διαφορετικά υψόμετρα, τότε η σύνδεσή τους σε βρόχο αρχίζει να αποδίδει για μεγαλύτερες παροχές. Μέχρι τότε, το νερό ρέει προς μια κατεύθυνση όπως και στην περίπτωση της ακτινωτής σύνδεσης. Η σύνδεση σε βρόχους επιδιώκεται ιδιαίτερα κατά την επέκταση παλαιών δικτύων με στόχο την κατανομή της παροχής. Τα άκρα των αγωγών συνδέονται μέσω ενός κοινού φρεατίου αερισμού για καλύτερο έλεγχο της λειτουργίας τους.

Το υψόμετρο των ακραίων σημείων του δικτύου καθορίζει στις περισσότερες περιπτώσεις το βάθος και την κλίση των αγωγών. Η διάταξη και το είδος του δικτύου που θα επιλεγεί εξαρτώνται από την υφή και την μορφή του εδάφους, καθώς και από την θέση και τα χαρακτηριστικά του τελικού αποδέκτη. Οι αγωγοί συνήθως τοποθετούνται σε δημόσιους δρόμους και πλατείες ενώ αποφεύγεται η χάραξη μέσα από οικόπεδα ακόμη και αν είναι κοινοτικά. Γωνιώδεις και στενοί δρόμοι επίσης αποφεύγονται. Εκτός κατοικημένων περιοχών μπορεί να απαιτηθεί για λόγους προστασίας ειδικό έργο προστασίας.

Τα αστικά λύματα πρέπει να αποχετεύονται με τον συντομότερο δρόμο καθώς όταν η διαδρομή έχει μεγάλο μήκος τα λύματα μπορεί να υποστούν σήψη από την έλλειψη οξυγόνου. Αυτό θα έχει ως

αποτέλεσμα το σκυρόδεμα και τα μέταλλα να προσβληθούν και να παρεμποδίζουν την ομαλή λειτουργία της εγκατάστασης καθαρισμού.

1.4.6 Λειτουργία, Έλεγχος και Συντήρηση του Δικτύου Αποχέτευσης

Οι εγκαταστάσεις αποχέτευσης πρέπει, μετά την ολοκλήρωση των εργασιών κατασκευής, να εκπληρώνουν την αποστολή τους χωρίς προβλήματα για αρκετές δεκαετίες. Αυτό για να επιτευχθεί απαιτείται ο τακτικός έλεγχος του δικτύου, καθώς και ο καθαρισμός του, δηλαδή η απομάκρυνση των αποθέσεων από τους σωλήνες. Επιπλέον πρέπει να διεξάγονται εργασίες συντήρησης συνεχώς π.χ με άμεσες μικροεπισκευές, αντικαταστάσεις τμημάτων του μηχανολογικού εξοπλισμού κ.λπ.

Ο νόμος προβλέπει έλεγχο του δικτύου μία φορά τον χρόνο χωρίς αυτό όμως να αποτελεί γενικό κριτήριο. Τμήματα του αγωγού που έχουν υποστεί ζημιές, πρέπει κατά κανόνα να ελέγχονται συχνότερα. Αντλιοστάσια, ανακουφιστικά έργα, καθώς και άλλα τεχνικά έργα πρέπει να ελέγχονται κάθε μήνα.

Τα δίκτυα αποχέτευσης, μικρότερα ή μεγαλύτερα, με την πάροδο του χρόνου ή με τη χρήση, μαζεύουν κατάλοιπα από τα διερχόμενα νερά και δημιουργούν διάφορα προβλήματα. Τα κατάλοιπα αυτά προέρχονται από μαγειρικά λίπη, λάσπη ή οικοδομικά υλικά, φύλλα και κλαράκια από δέντρα, αντικείμενα μικρά και μεγάλα και επικάθονται σταδιακά στους αποχετευτικούς σωλήνες σχηματίζοντας ένα στρώμα που μειώνει τη διάμετρο τους, μειώνοντας ταυτόχρονα τη ροή του νερού με τελικό αποτέλεσμα το φράξιμο.

Ο καθαρισμός του δικτύου αποχέτευσης με τα επιμέρους στοιχεία του, ακολουθεί την παρακάτω διαδικασία. Στην αρχή διοχετεύεται νερό από αντλίες υψηλής πίεσης (υδροβολή) σε όλο το δίκτυο της αποχέτευσης. Αυτό διαλύει τις συσσωρευμένες επικαθίσεις στους αγωγούς που δυσχεραίνουν τη σωστή λειτουργία τους. Η πίεση του νερού εδώ, αναγκάζει τις όποιες επικαθίσεις να ξεκολλήσουν από τα τοιχώματα του δικτύου αποχέτευσης. Στη συνέχεια αναρροφώνται τα υλικά αυτά και απομακρύνονται. Η ολοκλήρωση του καθαρισμού επιτυγχάνεται με την απολύμανση του δικτύου με ειδικά βιολογικά απολυμαντικά υγρά ασφαλή για το περιβάλλον.

Επιπρόσθετα, για την καλύτερη συντήρηση του δικτύου αποχέτευσης έχουν ανακαλυφθεί νέες συσκευές παρακολούθησής του. Ο λεγόμενος "αρουραίος" των υπονόμων είναι η πιο σύγχρονη συσκευή που χρησιμοποιήθηκε στο Λονδίνο στις αρχές του 2002. Η συσκευή κυλίζει μέσα στους υπονόμους εκτοξεύοντας ακτίνα laser στα τοιχώματά τους.

Τέτοιο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται επίσης με τη χρήση σύγχρονων μεθόδων για τον καθαρισμό των αγωγών και των δικτύων αποχέτευσης. Αυτή η μέθοδος έγκειται στην αύξηση της διαλυτικής ικανότητας του νερού με την εφαρμογή ραδιοσυχνοτήτων σ' αυτό. Μια μέθοδος που παρέχει εξ

ολοκλήρου βιολογική αντιμετώπιση του θέματος και υπόσχεται πιο ενθαρρυντικά αποτελέσματα σχετικά με το βιολογικό καθαρισμό αποχετεύσεων στο μέλλον (Φουρνιώτης, 2004).

2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

2.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

Το αποχετευτικό δίκτυο χωρίζεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα παντοροϊκά και τα χωριστικά συστήματα. Τα παντοροϊκά συστήματα αποτελούνται από διατομές αγωγών οι οποίοι είναι σχεδιασμένοι να παραλαμβάνουν τόσο τα λύματα όσο και τα όμβρια ύδατα κάθε περιοχής. Η διάρθρωση τους είναι απλή, ήτοι αποτελούνται από αυτοτελείς αγωγούς ενός κλάδου ή δενδροειδείς, που ακολουθούν την κλίση του εδάφους και εκβάλουν ανεξάρτητα έκαστος, στον τελικό αποδέκτη. Τα παντοροϊκά δίκτυα χρησιμοποιούνται κυρίως όταν δεν απαιτείται επεξεργασία λυμάτων. Τα παντοροϊκά λύματα καταλήγουν είτε σε έναν υδάτινο αποδέκτη είτε σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων. Στην τελευταία περίπτωση βέβαια σε περιόδους βροχοπτώσεων μεταφέρονται μεγαλύτερες παροχές ομβρίων 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, αναφέρεται στα χωριστικά δίκτυα και είναι και αυτή που έχει επικρατήσει τα τελευταία χρόνια τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό για λόγους πρακτικής. Τα χωριστικά συστήματα αποτελούνται από δύο ξεχωριστά δίκτυα. Το δίκτυο των ομβρίων και το δίκτυο λυμάτων (Κουτσογιάννης, 2011).

2.1.1 Πλεονεκτήματα Παντοροϊκού Συστήματος

1. Μικρότερο αρχικό κόστος κατασκευής.
2. Απλότητα κατασκευής εφόσον κάθε δρόμος διαθέτει έναν αγωγό.
3. Μικρότερη χρήση της διατομής του δρόμου.
4. Δυνατότητα αυτοκαθαρισμού λόγω της ορμής των ομβρίων

2.1.2 Μειονεκτήματα Παντοροϊκού Συστήματος

- Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων εξυπηρετούν μικρό ποσοστό παροχής βροχής και η υπέρβασή του οδηγεί σε υπερχείλιση σε φυσικούς αποδέκτες.
- Τα όμβρια δημιουργούν προβλήματα στη λειτουργία της εγκατάστασης επεξεργασίας αυξάνοντας το κόστος επεξεργασίας.
- Κίνδυνος πλημμυρίσματος υπογείων σε περίπτωση μεγάλων βροχοπτώσεων.
- Δυσάρεστες οσμές κατά την ξηρή περίοδο. (Κουτσογιάννης, 2011)

Παρατήρηση! Η επιλογή παντοροϊκού δικτύου συνιστώνται σε περιπτώσεις που τα όμβρια απαιτούν επεξεργασία πριν την διάθεσή τους ή σε οικισμούς με πολύ στενούς δρόμους.

2.1.3 Οι Παρασιτικές Εισροές στους Παντοροϊκούς Αγωγούς

Τα παντοροϊκά δίκτυα εξυπηρετούσαν για πολλά χρόνια το σκοπό τους και συνεχίζουν αναπόφευκτα να υπάρχουν έως και σήμερα, παρότι δεν κατασκευάζονται πλέον νέα. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των παλαιών παντοροϊκών αγωγών είναι, η έλλειψη στεγανότητας, η οποία έχει σαν αποτέλεσμα, αφενός τη διάχυση λυμάτων και γενικώς υδάτων στο έδαφος και πιθανώς σε προκείμενες εγκαταστάσεις, αφετέρου τις εισροές στον αγωγό από τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα.

Οι εισροές αυτές είναι ιδιαίτερα σημαντικές για το σύστημα συλλογής, μεταφοράς και επεξεργασίας λυμάτων, για τον προφανή λόγο ότι αυξάνουν σημαντικά την υδραυλική παροχή που καλείται να αντιμετωπιστεί. Ακόμη και οι ενδεχόμενες εκτεταμένες διαρροές του δικτύου ύδρευσης, εισέρχονται στο δίκτυο αποχέτευσης και δεν είναι καθόλου αμελητέες ποσότητες. Το πρόβλημα μπορεί να λάβει μεγάλες διαστάσεις και να θέσει σε ανεπάρκεια το σύστημα αποχέτευσης λυμάτων, όταν δεν ληφθεί σοβαρά υπόψη στον όλο σχεδιασμό του συστήματος συλλογής, μεταφοράς και επεξεργασίας. (Λαγγούσης & Φουρνιώτης, 2020)

2.1.4 Πλεονεκτήματα Χωριστικού Συστήματος

- Πλήρη ανεξαρτησία αγωγών ακαθάρτων συγκεντρωτικά.
- Ανεξάρτητο δίκτυο ομβρίων αποκεντρωτικά άρα μείωση διατομών και κόστους.
- Καλύτερη δυνατότητα επέκτασης.
- Μικρότερα αντλιοστάσια(αντλούνται μόνο λύματα) .
- Δυνατότητα σταδιακής κατασκευής κατασκευάζοντας πρώτα το δίκτυο ακαθάρτων και αφήνοντας τα όμβρια ελεύθερα στους δρόμους και τα φυσικά υδατορεύματα.

2.1.5 Μειονεκτήματα Χωριστικού Συστήματος

- Απαιτείται προσεκτική επιτήρηση για αποφυγή εσφαλμένων συνδέσεων που θα προκαλέσουν προβλήματα και στα δύο δίκτυα.

2.1.6 Η Μετάβαση από το Παντοροϊκό στο Χωριστικό Σύστημα

Είναι σαφές ότι οι παντοροϊκοί αγωγοί είναι ένα κληροδότημα του παρελθόντος. Η πρακτική των παντοροϊκών αγωγών, καταργήθηκε οριστικά, όταν αργότερα έγινε αποδεκτό ότι για την προστασία του περιβάλλοντος και ειδικότερα των υδάτινων συστημάτων, μπορούσαν να αυξηθούν οι κατασκευαστικές κι λειτουργικές δαπάνες του συστήματος αποχέτευσης λυμάτων και να εξασφαλιστούν χρηματοδοτήσεις. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την εκτόξευση του κόστους του

συστήματος, το οποίο περιλαμβάνει πλέον χωριστικά δίκτυα, μεγάλους και βαθείς συλλεκτήριους αγωγούς, διαδοχικά αντλιοστάσια, βιολογικούς καθαρισμούς, υποθαλάσσιους αγωγούς κ.λπ.

Σήμερα είναι δεδομένο ότι οι νέες επεκτάσεις ή οι αντικαταστάσεις των δικτύων αποχέτευσης γίνονται με το χωριστικό σύστημα, του οποίου τα λειτουργικά και περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα είναι προφανή, διότι τα λύματα πλέον δεν απορρίπτονται απευθείας αλλά συλλέγονται, μεταφέρονται, αντλούνται διαδοχικά, υφίστανται διαδικασίες καθαρισμού και τέλος απορρίπτονται στον υδάτινο αποδέκτη με μεγάλο βαθμό καθαρότητας. Τα παντοροϊκά δίκτυα βρίσκονται κατά κανόνα στις παλιές περιοχές των πόλεων, ενώ οι νέες περιοχές διαθέτουν συνήθως χωριστικά δίκτυα, πολύ περισσότερο μετά την υπαγωγή των συστημάτων αποχέτευσης σε συγκεκριμένους περιβαλλοντικούς όρους, που τον καθιστούν πλέον υποχρεωτικά. (Κουτσογιάννης 2011)

3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

3.1 ΧΑΡΑΞΗ ΥΔΡΟΚΡΙΤΗ

Σε μη αστικές λεκάνες γίνεται χάραξη του υδροκρίτη με βάση την τοπογραφία του εδάφους μέσω των ισοϋψών καμπύλων. Οι υδροκρίτες σε αστικές λεκάνες απορροής εντοπίζονται με την χάραξη των διχοτόμων των γωνιών των οικοδομικών τετραγώνων. Υποθέτουμε ότι τα όμβρια αποχετεύονται από κάθε εσωτερικό σημείο του οδικού τμήματος προς το πλησιέστερο ρείθρο ή αγωγό ομβρίων της οδού. Στην τελική χάραξη λαμβάνονται υπόψη οι κλίσεις των οδών και οι θέσεις των φρεατίων εισόδου (υδροσυλλογής).

3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΠΑΡΟΧΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΑΠΟ ΑΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

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

Οι βασικές μέθοδοι εκτίμησης των παροχών στα δίκτυα ομβρίων είναι:

- Η μέθοδος Fantoli, η οποία βασίζεται σε εμπειρικές μεθόδους και τα αποτελέσματά της δεν είναι απόλυτα αξιόπιστα.
- Η μέθοδος Mc. Maths, η οποία είναι απλή αλλά και πάλι δεν δέχεται αξιοπιστία.
- Η μέθοδος Caquot, τα αποτελέσματα 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 (Κουτσογιάννης, 2011).

3.2.1 Η Ορθολογική Μέθοδος

Στις αστικές περιοχές και για μικρές περιόδους επαναφοράς, εφαρμόζεται η ορθολογική μέθοδος που είναι η πιο απλή μέθοδος εκτίμησης της παροχής ομβρίων. Η ορθολογική μέθοδος συσχετίζει την παροχή με την ένταση βροχόπτωσης και την επιφάνεια απορροής με έναν συντελεστή που αναπαριστά τη συνδυασμένη επίδραση λιμνασμού, διήθησης και εξάτμισης. Ο συνολικός όγκος νερού που πέφτει σε μια επιφάνεια A ανά μονάδα χρόνου λόγω μιας βροχόπτωσης με ένταση i δίνεται από την εξίσωση:

$$Q_{ολ} = i A$$

Από τον συνολικό όγκο νερού ένα τμήμα θα χαθεί λόγω εξάτμισης, διήθησης και λιμνασμού. Το ποσοστό που χάνεται δεν είναι σταθερό αλλά μπορεί να καθοριστεί για διάφορες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας εδάφους και διάρκειας βροχόπτωσης.

Ο πραγματικός όγκος που εμφανίζεται σαν απορροή υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q = C i A$$

Όπου:

Q: η παροχή αιχμής πλημμύρας

C: αδιάστατος συντελεστής απορροής

i: η μέση ένταση βροχής

A: η έκταση της λεκάνης απορροής ή της επιφάνειας που αποχετεύεται

➤ **Δεδομένα εισόδου της μεθόδου:**

- η περίοδος επαναφοράς T , που επιλέγεται με κριτήριο τη σημασία του έργου
- η αποχετευόμενη επιφάνεια A
- ο συντελεστής απορροής C , που εξαρτάται από τα τοπογραφικά, φυσιογραφικά και πολεοδομικά χαρακτηριστικά της αποχετευόμενης έκτασης
- ο χρόνος συγκέντρωσης t_c , που εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της αποχετευόμενης επιφάνειας και του ανάντι δικτύου ομβρίων
- η ένταση της βροχόπτωσης i , που είναι στατιστικό μέγεθος εξαρτώμενο από την περίοδο επαναφοράς T_a , τη διάρκεια της βροχής d και την επιφάνεια A

➤ **Βασικές παραδοχές για την εφαρμογή της μεθόδου:**

- η περίοδος επαναφοράς της παροχής αιχμής είναι ίση με αυτήν της βροχής
- η διάρκεια της βροχής είναι ίση με το χρόνο συγκέντρωσης της λεκάνης
- η ένταση της βροχόπτωσης είναι χρονικά και χωρικά σταθερή
- η μέγιστη παροχή εμφανίζεται όταν καταφτάσει στην έξοδο της η επιφανειακή απορροή και από το πιο απομακρυσμένο σημείο της

3.2.2 Συντελεστές Απορροής

Ο συντελεστής απορροής C είναι ο λόγος απορροής προς την βροχόπτωση, Στην ορθολογική μέθοδο θεωρείται σταθερός αλλά στην πραγματικότητα είναι μεταβλητός και αυξάνει όσο αυξάνει η βροχόπτωση. Εξαρτάται επομένως από την ένταση της βροχής, την κλίση αλλά και την υγρασία του εδάφους. Για τον λόγο αυτό έχουν προσδιοριστεί κάποιες τυπικές τιμές του συντελεστή C για διάφορες περιοχές (Χατζηθεοδώρου, 2002).

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ C
Υδατοστεγείς στέγες	0.70-0.95
Ασφαλτοστρωμένοι δρόμοι	0.85-0.90
Δρόμοι από σκυρόδεμα	0.80-0.95
Πλακοστρωμένοι δρόμοι και μονοπάτια	0.75-0.85
Λιθοστρωμένοι δρόμοι και μονοπάτια	0.15-0.30
Χλόη, αμμώδες έδαφος	
▪ Κλίση <2%	0.05-0.10
▪ Κλίση=2-7%	0.10 - 0.15
▪ Κλίση>7%	0.15 - 0.20
Χλόη, συνεκτικό έδαφος	
▪ Κλίση<2%	0.13 - 0.17
▪ Κλίση=2-7%	0.18 - 0.22
▪ Κλίση>7%	0.25 - 0.35

Πίνακας 1: Συντελεστής απορροής για διάφορες επιφάνειες (Χατζηθεοδώρου, 2002)

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ C
Ορεινή	0.60
Λοφώδης	0.50
Πεδινή	0.30

Πίνακας 2: Ελληνικές προδιαγραφές (Π.Δ 696/1974) για την εκτίμηση του συντελεστή απορροής C.

➤ **Προδιαγραφές μελετών οδικών έργων (ΟΜΟΕ-ΑΣΥΕΟ, 20002):**

Για $T= 5-10$ έτη, ο συντελεστής απορροής εκτιμάται ως άθροισμα τεσσάρων επιμέρους συντελεστών, που εξαρτώνται από:

- το ανάγλυφο της επιφάνειας της λεκάνης C_1
- τη διηθητικότητα του εδάφους C_2
- την έκταση και την πυκνότητα της φυτοκάλυψης C_3
- την αποθηκευτικότητα και αποστραγγιστική ικανότητα της λεκάνης C_4

3.2.3 Εκτίμηση Συντελεστή Απορροής σε Αστικές Λεκάνες

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ
Εμπορική, κέντρο	0.70 - 0.95
Εμπορική, περιφέρεια	0.50 - 0.70
Μονοκατοικίες	0.30 - 0.50
Πολυκατοικίες, σε πανταχόθεν ελεύθερο σύστημα	0.40 - 0.60
Πολυκατοικίες, σε συνεχές σύστημα	0.60 - 0.75
Οικιστική, υποαστική	0.25 - 0.40
Βιομηχανική (ελαφρά)	0.50 - 0.80
Βιομηχανική (βαριά)	0.60 - 0.90
Μη ανεπτυγμένη περιοχή	0.10 - 0.30
Πάρκα, νεκροταφεία	0.10 - 0.25
Γήπεδα	0.20 - 0.35

Πίνακας 3: Μέσοι συντελεστές απορροής για αστικές περιοχές με βάση τα χαρακτηριστικά τους, σύμφωνα με τις Αμερικανικές ενώσεις WPCF & ASCE (1976).

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ
Πεζοδρόμια, δρόμοι	0.70 - 0.85
Σκυρόδεμα, ασφαλτοσκυρόδεμα	0.70 - 0.95
Πλίνθοι	0.70 - 0.85
Στέγες	0.75 - 0.95
Αγροί, αμμώδη εδάφη	
Ήπια κλίση, 2%	0.05 - 0.10
Μέση κλίση, 2% έως 7%	0.10 - 0.15
Απότομη κλίση, 7%	0.15 - 0.20
Αγροί, βαριά εδάφη	
Ήπια κλίση, 2%	0.13 - 0.17
Μέση κλίση, 2% έως 7%	0.18 - 0.22
Απότομη κλίση, 7%	0.25 - 0.35

Πίνακας 4: Συντελεστές απορροής για συγκεκριμένους τύπους επιφανειών κατά WPCF&ASCE (1976).

3.2.4 Ένταση Βροχόπτωσης – Όμβριες Καμπύλες

Στον καθορισμό της έντασης της βροχόπτωσης για χρήση στην εξίσωση της ορθολογικής μεθόδου πρέπει να αναγνωρισθεί ότι όσο μικρότερη είναι η διάρκεια της βροχόπτωσης, τόσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια της βροχόπτωσης, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η αναμενόμενη μέση ένταση. Η κρίσιμη διάρκεια βροχόπτωσης είναι αυτή που προκαλεί τη μέγιστη απορροή, δηλαδή θα είναι αυτή που θα προκαλέσει ροή από ολόκληρη την αποστραγγιζόμενη έκταση. Μικρότερη διάρκεια θα προκαλέσει μικρότερη ροή αφού δεν θα συνεισφέρει ολόκληρη η έκταση, ενώ μεγαλύτερη διάρκεια θα προκαλέσει μικρότερη μέση ένταση. Επομένως, ο μελετητής υπονόμων ομβρίων υδάτων χρειάζεται τη σχέση μεταξύ διάρκειας βροχόπτωσης και αναμενόμενης έντασης, η σχέση αυτή είναι γνωστή και ως όμβρια καμπύλη. Η ένταση διαφέρει σε διαφορετικά σημεία της χώρας και καμπύλες ή εξισώσεις αναφέρονται ειδικά στην εκάστοτε κάθε φορά περιοχή που μας ενδιαφέρει.

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 ομβρίων της περιοχής της μελέτη. 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 βροχόπτωσης
- **t**: η ένταση της διάρκειας της βροχής
- **C,b,n**: εμπειρικές σταθερές που ισχύουν για το συγκεκριμένο τόπο και τη συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς (T).

Οι παραπάνω εξισώσεις θα πρέπει να χρησιμοποιούνται με προσοχή και μόνο στην περίπτωση έλλειψης καλύτερων τοπικών πληροφοριών, καθότι αναμένονται μεγάλες αποκλίσεις από τόπο σε τόπο (Κουτσογιάννης, 1993).

3.2.5 Έκταση Λεκάνης Απορροής

Σε κάθε εξεταζόμενη διατομή ενός αγωγού όμβριων αντιστοιχεί μία συγκεκριμένη επιφάνεια της οποίας τα όμβρια διέρχονται από τη διατομή αυτή. Η επιφάνεια αυτή μπορεί να προσδιοριστεί και στη συνέχεια να εμβαδομετρηθεί σε κατάλληλη οριζοντιογραφία της περιοχής μελέτης. Το εμβαδόν αυτής της επιφάνειας είναι το μόνο στοιχείο της ορθολογικής μεθόδου που μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια.

3.2.6 Χρόνος Συγκέντρωσης

Η κρίσιμη ένταση της βροχόπτωσης υπολογίζεται από τις όμβριες καμπύλες αφού επιλεγεί η περίοδος επαναφοράς και καθοριστεί η διάρκεια βροχόπτωσης. Η μέγιστη απορροή όμβριων για δεδομένη ένταση βροχόπτωσης συνεχίζεται για χρονική περίοδο ικανή να επιτρέψει στα όμβρια να φτάσουν στην είσοδο του υπονόμου από το πιο απομακρυσμένο σημείο της στραγγιζόμενης έκτασης. Ο απαιτούμενος χρόνος για την ανάπτυξη της μέγιστης απορροής ονομάζεται χρόνος συγκέντρωσης και συμβολίζεται ως (t_c). Επισημαίνεται ότι στα πλαίσια της ορθολογικής μεθόδου ο χρόνος συγκέντρωσης θεωρείται ίσος με την διάρκεια βροχόπτωσης. Στα δίκτυα όμβριων ο χρόνος συγκέντρωσης (t_c) μπορεί να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες:

- το χρόνο εισόδου t_e , δηλαδή τον χρόνο που απαιτείται ώστε να οδηγηθεί η απορροή στο δίκτυο ομβρίων, μέσω των φρεατίων υδροσυλλογής.
- το χρόνο ροής t_p , που δρα κατά μήκος του δικτύου ομβρίων μέχρι την διατομή ελέγχου.

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 της βροχής τόσο μικρότερος είναι ο χρόνος εισόδου. Οι πιο συνηθισμένες τιμές για χρόνο εισόδου είναι 5 έως 15min.

Πιο συγκεκριμένα για:

- ❖ Ελληνικές προδιαγραφές, γενικά: $t_e = 5\text{min}$
- ❖ Πυκνοδομημένες περιοχές, με άμεσες ιδιωτικές συνδέσεις: $t_e = 5\text{min}$
- ❖ Ανεπτυγμένες περιοχές με ήπιες κλίσεις: $t_e = 10-15\text{min}$
- ❖ Περιοχές με ήπιες κλίσεις : $t_e = 20-30\text{min}$
- ❖ Εξωαστικές λεκάνες: εκτίμηση t_e με τη σχέση Giandotti.

Σχέση του Giandotti:
$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{\Delta z}}$$

Όπου

t_c : ο χρόνος συγκέντρωσης της λεκάνης σε h

A : η επιφάνεια της λεκάνης απορροής σε km^2

L : το μήκος της κύριας μισγάγγειας σε km

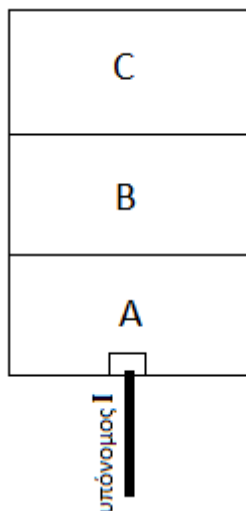
Δz : η υψομετρική διαφορά του μέσου υψόμετρου της λεκάνης από το υψόμετρο της εξόδου της σε m

Αυτή η σχέση είναι η πιο διαδεδομένη στην ελληνική πρακτική.

Ακολουθεί σχήμα (Σχήμα 1) που αναπαριστά μια ορθογωνική επιφάνεια απορροής που παροχετεύει όμβρια σε μια είσοδο υπονόμου I. Έστω ότι απαιτούνται 5 λεπτά για να διατρέξουν τα όμβρια την απόσταση από τα όρια της μιας ζώνης έως την επόμενη, ή έως την είσοδο του υπονόμου για την ζώνη A.

Πέντε λεπτά μετά την αρχή της βροχόπτωσης, μόνο η ζώνη A θα συνεισφέρει στη ροή του υπονόμου. Δέκα λεπτά από την αρχή της βροχόπτωσης θα συνεισφέρουν οι ζώνες A και B ενώ στα 15 λεπτά ή 5 λεπτά αργότερα θα συνεισφέρουν στην ροή στον υπόνομο και οι τρεις ζώνες (A,B,C).

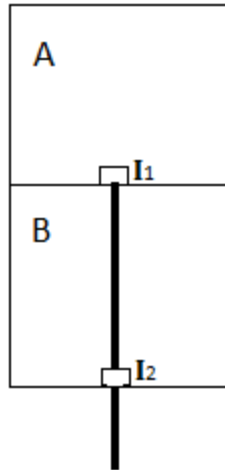
Αν η βροχή είχε διαρκέσει μόνο 10 λεπτά, τα όμβρια που φτάνουν στον υπόνομο I από την ζώνη C στην αρχική περίοδο από 10 έως 15 λεπτά, μετά την έναρξη της βροχής, θα αντισταθμίζουν την μειωμένη απορροή από την ζώνη A.



Εικόνα 1: Χρόνος εισόδου.

Η ίδια λογική μπορεί να εφαρμοστεί στην επιφάνεια απορροής του σχήματος 2. Τα όμβρια από την ζώνη A εισέρχονται στον υπόνομο I_1 και τα όμβρια από την ζώνη B στον I_2 . Ο χρόνος συγκέντρωσης στο I_2 είναι: είτε ο χρόνος συγκέντρωσης της ζώνης B είτε ο χρόνος εισόδου (στο I_1) συν ο χρόνος ροής από το I_1 στο I_2 -εκλέγεται η μεγαλύτερη τιμή. Σε κάθε περίπτωση πάντως, η λεκάνη απορροής που αντιστοιχεί στο I_2 είναι το άθροισμα των λεκανών A και B.

Ο χρόνος συγκέντρωσης για κάθε κλάδο του υπονόμου καθορίζεται με παρόμοιο τρόπο. Σε κάθε σημείο του κλάδου ο χρόνος συγκέντρωσης είναι το άθροισμα του μεγαλύτερου χρόνου συγκέντρωσης στο προηγούμενο σημείο εισόδου συν το χρόνο ροής μέσα στον υπόνομο από το προηγούμενο σημείο εισόδου μέχρι το εξεταζόμενο σημείο. Σε ενώσεις κλάδου υπονόμου λαμβάνεται σαν βάση για τους επόμενους υπολογισμούς ο μεγαλύτερος μεταξύ των χρόνων συγκέντρωσης των συμβαλλόντων κλάδων. Ο χρόνος συγκέντρωσης εξαρτάται κατά πολύ από την κλίση της επιφάνειας του εδάφους και την προκύπτουσα κλίση του υπονόμου που θα είναι, γενικά, η ίδια με την κλίση του εδάφους.



Εικόνα 2: Χρόνος εισόδου και χρόνος ροής.

Άλλοι μέθοδοι προσδιορισμού του χρόνου συγκέντρωσης για αστικές λεκάνες απορροής είναι οι μέθοδοι Kirpich (1940) και Izzard (1946), η μέθοδος Fed. Aviation Agency (1970), η Kinematic Wave Formulas (1965) και η πιο πρόσφατη του 1975 η μέθοδος Old SCS Lag Equation (Φουρνιώτης, 2004).

3.2.7 Χρήση δεδομένων έντασης – διάρκειας - συχνότητας

Έχουμε ήδη επισημάνει πως η κρίσιμη διάρκεια βροχόπτωσης είναι ίση με το χρόνο συγκέντρωσης. Επομένως ο σχεδιασμός των αγωγών ομβρίων απαιτεί εκτίμηση του χρόνου συγκέντρωσης με χρήση των μεθόδων που αναφέρθηκαν στις παραγράφους 3.2.1 και 3.2.6. Αυτός ο χρόνος συγκέντρωσης χρησιμοποιείται στον προσδιορισμό της έντασης από τις όμβριες καμπύλες της υπό εξέταση περιοχής. Η ένταση χρησιμοποιείται στην συνέχεια στη σχέση της ορθολογικής μεθόδου για τον προσδιορισμό της παροχής στο τμήμα του υπονόμου που σχεδιάζεται.

Ο μηχανικός πρέπει να επιλέξει την κατάλληλη περίοδο επαναφοράς σε έτη για τη βροχόπτωση σχεδιασμού. Το αντίστροφο της περιόδου επαναφοράς ονομάζεται συχνότητα και ουσιαστικά καθορίζει την πιθανότητα υπέρβασης της βροχόπτωσης σχεδιασμού εντός ενός υδραυλικού έτους. Σημειωτέον ότι το κόστος σχεδιασμού ενός υπονόμου με βάση τη μεγαλύτερη δυνατή απορροή θα ήταν υπερβολικά υψηλό. Ένας λεπτομερής υπολογισμός του ελάχιστου αναμενόμενου κόστους σπάνια γίνεται στην περίπτωση σχεδιασμού αποχέτευσης ομβρίων σε αστικές περιοχές, αλλά η θεώρηση των δαπανών αυτών συμπεριλαμβάνεται έμμεσα στην επιλογή περιόδων επαναφοράς από 2 – 5 χρόνια για κατοικήσιμες περιοχές και 10 – 15 χρόνια για εμπορικές περιοχές.

Πιο ειδικά για υπονόμους ομβρίων σε προαστιακές περιοχές, επιλέγεται περίοδος 2 έως 15 χρόνια, με πιο συνήθη αναφορά τα 5 χρόνια, ενώ για εμπορικές και υψηλής οικονομικής αξίας περιοχές, 10

έως 15 χρόνια, εξαρτώμενο από τις οικονομικές "δικαιολογίες" που θα παρουσιαστούν. Για έργα μεγάλης κλίμακας, πλημμυρικής προστασίας απαιτείται συχνότητα 50 χρόνια ή και περισσότερο.

Επιπροσθέτως, για την επιλογή της περιόδου επαναφοράς, γίνεται διάκριση και μεταξύ των κλάδων του υπονόμου. Έτσι για πρωτεύοντες ή κύριους κλάδους γίνεται αναφορά στα 10 χρόνια, ενώ για δευτερεύοντες στα 5 χρόνια. Όλα τα παραπάνω βρίσκονται στην κρίση του μελετητή, ανάλογα με το πόσο συντηρητικά θεωρεί εκείνος ότι πρέπει να επιλύσει το δίκτυο για την εκάστοτε περιοχή (Χατζηθεοδώρου, 2001).

4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΩΝ

4.1 ΜΕΛΕΤΕΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΕΩΝ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ

4.1.1 Αρχές Σχεδιασμού

Σε όλο το δίκτυο ακολουθούνται οι εξής αρχές σχεδιασμού (Τσακίρης, 2010):

- Το δίκτυο ξεκινά από υψηλότερα υψόμετρα στους αρχικούς κόμβους και καταλήγει σταδιακά στο χαμηλότερο σημείο που αποτελεί το σημείο συγκέντρωσης όλων των παροχών ακαθάρτων.
- Σε όλο το δίκτυο εξασφαλίζονται συνθήκες ροής με ελεύθερη επιφάνεια.
- Το δίκτυο είναι συνεχούς λειτουργίας.
- Το δίκτυο είναι αύξουσας παροχής από τους αρχικούς περιφερειακούς κόμβους στον κεντρικό κόμβο. Οι διατομές επίσης αυξάνουν κατά την πορεία προς τον κεντρικό κόμβο.

4.1.2 Εκπόνηση Μελετών

Η εκπόνηση των μελετών αποχέτευσης διέπεται από σχετικές προδιαγραφές που καθορίζουν τα επιμέρους αντικείμενα των μελετών, τους όρους εκπόνησης τους και τις βασικές παραδοχές και μεθοδολογίες σύνταξής τους. Στην Ελλάδα οι σχετικές προδιαγραφές περιλαμβάνονται στο Π.Δ. /696 (1974).

Συνήθως οι μελέτες εκπονούνται σε τρία στάδια. Προκαταρκτική μελέτη, προμελέτη και οριστική μελέτη. Στο τελικό στάδιο δίνονται τα πλήρη κατασκευαστικά σχέδια των έργων (γενική διάταξη, οριζοντιογραφίες, μηκοτομές, τυπικές διατομές, σχέδια τυπικών και ειδικών τεχνικών έργων), τα οποία είναι απαραίτητα όχι μόνο για την κατασκευή, αλλά και για την μελλοντική συντήρηση, επέκταση ή τροποποίησή τους. Για τη σύνταξη των μελετών είναι απαραίτητη η συλλογή, η οργάνωση και η επεξεργασία μιας σειράς πληροφοριών στις οποίες περιλαμβάνονται (Κουτσογιάννης, 2011):

- Τοπογραφικά δεδομένα: Χάρτες της ευρύτερης περιοχής, τοπογραφικά και ρυμοτομικά διαγράμματα, μηκοτομές οδικού δικτύου, μηκοτομές και διατομές υδατορευμάτων κλπ.
- Γεωτεχνικά και υδρογεωλογικά δεδομένα: Γεωλογικοί χάρτες, εδαφικές τομές για την εξακρίβωση του εδάφους, στοιχεία για τη δίαιτα του υπόγειου ορίζοντα.
- Υδρολογικά δεδομένα: Βροχομετρικά και βροχογραφικά στοιχεία, δεδομένα παροχής και 30 στερεοπαροχής των υδατορευμάτων της περιοχής.

-
- Χωροταξικά δεδομένα: Στατιστικά στοιχεία εξέλιξης πληθυσμού, ρυθμιστικά σχέδια, όροι δόμησης, χρήσεις και κόστος γης, δεδομένα επιχειρηματικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων και επεκτάσεις του σχεδίου πόλης.
 - Δεδομένα χρήσης νερού: Λειτουργικά δεδομένα δικτύου ύδρευσης, ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά λυμάτων που διέρχονται από τους αγωγούς αποχέτευσης.
 - Δεδομένα ποιότητας νερού: Μετρήσεις ποιότητας νερού στους υπόγειους και επιφανειακούς υδροφορείς της περιοχής, ή στη θάλασσα προκειμένου να επιλεγεί ο αποδέκτης και να καθοριστούν οι όροι διάθεσης των λυμάτων.
 - Οικονομικά δεδομένα: Αναλυτικές τιμές υλικών και εργασιών των έργων αποχέτευσης, δαπάνη ενέργειας, τοπικές συνθήκες που επηρεάζουν το κόστος, συνθήκες χρηματοδότησης και επιτόκια. Σημαντικό ρόλο στη συλλογή των παραπάνω πληροφοριών παίζουν οι τυχόν παλιότερες μελέτες καθώς και οι επαφές με τις αρχές και τους οργανισμούς της περιοχής.

4.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΛΕΤΩΝ

4.2.1 Λεκάνη Απορροής

Ο προσδιορισμός του πλήθους των κατοίκων που φορτίζουν κάθε αγωγό γίνεται με την μέθοδο του διαχωρισμού της συνολικής επιφανείας του οικισμού σε λεκάνες απορροής με τρίγωνα ή άλλα πολύγωνα. Σε κάθε πολύγωνο - λεκάνη απορροής αντιστοιχίζεται ποσοστό κατοίκων του θεωρητικού πληθυσμού της μελέτης, όσο είναι και το ποσοστό του οικοδομήσιμου εμβαδού του πολυγώνου ως προς το σύνολο των οικοδομήσιμων εμβαδών του οικισμού, τόσο του τμήματος που έχει οικοδομηθεί όσο και του τμήματος του οικισμού, για το οποίο υπάρχει Σχέδιο Πόλης. Το οικοδομήσιμο εμβαδόν του πολυγώνου προκύπτει πολλαπλασιάζοντας το τοπογραφικό του εμβαδόν με το συντελεστή δόμησης ο οποίος ισχύει στη ζώνη στην οποία βρίσκεται κάθε οικοπέδου (Δήμος Διρφύων-Μεσσαπίων, 2017).

4.2.2 Οριζοντιογραφίες

Στο τοπογραφικό σχέδιο της περιοχής που θα αποχετευτεί, καταχωρούνται: ο τελικός αποδέκτης, οι δρόμοι, οι θέσεις όλων των αγωγών, η χάραξη των αγωγών που προβλέπεται, μαζί με τα απαιτούμενα τεχνικά έργα, οι επιφάνειες απορροής με τα χαρακτηριστικά τους, τα 31 δάπεδα των υπογείων εφόσον έχουν σημασία για την μελέτη κλπ.

Οι αγωγοί τοποθετούνται γενικά στη μέση του δρόμου, σε μεγάλες όμως αρτηρίες κατασκευάζεται ένας αγωγός κάτω από κάθε πεζοδρόμιο (έτσι αποφεύγονται οι συνδέσεις μεγάλου μήκους και το ξήλωμα μεγάλων τμημάτων του δρόμου σε περίπτωση νέας κατασκευής ή επιδιόρθωσης). Σε εκβολές και αλλαγές στη διεύθυνση πρέπει να αποφεύγονται οξείες γωνίες ως προς την κατεύθυνση ροής. Αυτό πραγματοποιείται με τη βοήθεια ενδιάμεσων φρεατίων. Επίσης φαίνονται οι ονομασίες

και τα υψόμετρα των φρεατίων επισκέψεως, καθώς και οι αποστάσεις, οι διατομές και οι κατά μήκος κλίσεις των διαφόρων τμημάτων των αγωγών (Μάρκου & Παναγιωτοπούλου, 2008).

4.2.3 Διατομές

Οι διατομές αποτελούνται από την κατά μήκος και κατά πλάτος τομή. Παρέχουν στοιχεία για τις στάθμες του εδάφους και του πυθμένα των αγωγών, για την κλίση και τις διαστάσεις των αγωγών, τις αποστάσεις τους, τις στάθμες νερού και πυθμένα του τελικού αποδέκτη, βάθη υπογείων, διασταυρώσεις με άλλους αγωγούς, τεχνικά έργα κλπ. Η μηκοτομή των αγωγών καθορίζεται κυρίως από τη μηκοτομή των οδών. Οι μηκοτομές σχεδιάζονται κατά την κατεύθυνση της ροής, από αριστερά προς τα δεξιά και η κλίμακα των μηκών είναι άλλη από την κλίμακα των υψών (10:1).

Ο τελικός αποδέκτης επηρεάζει το βάθος τοποθέτησης των αγωγών. Στον καθορισμό του βάθους των αγωγών πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και το βάθος θεμελίωσης των κτιρίων. Ειδικές περιπτώσεις υπεδάφους, όπως βράχος ή μη σταθερό έδαφος επηρεάζουν το βάθος.

5.ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΤΩΝ ΥΠΟΝΟΜΩΝ

Οι περισσότεροι υπόνομοι σχεδιάζονται για να ρέουν σαν ανοιχτοί αγωγοί και όχι υπό συνθήκες πίεσης, έστω και αν μερικές φορές ρέουν πλήρεις. Υπάρχουν εξαιρέσεις όπως οι ανεστραμμένοι σίφωνες και οι κλάδοι υπονόμων αμέσως μετά από σταθμούς άντλησης που ρέουν υπό πίεση. Μερικές φορές η χωρητικότητα των υπονόμων ομβρίων υπερβαίνεται, οπότε οι εισοδοί υπερχειλίζουν και υπάρχει ανυψωμένη στάθμη νερού στις ανθρωποθυρίδες, επομένως και έχουμε υπονόμους υπερπληρωμένους. Οικιακοί υπόνομοι μπορεί επίσης να υπερπληρούνται από υπερβολική εισροή κατά τη διάρκεια καταιγίδας, από αποφράξεις στους κλάδους τους ή από παροχές μεγαλύτερες από την παροχή σχεδιασμού. Συστήματα συλλογής λυμάτων εν κενώ ή υπό πίεση σχεδιάζονται να ρέουν πλήρη (Φουρνιώτης, 2004).

5.1 ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΡΟΗ

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

Θεωρητικά, ομοιόμορφη ροή μπορεί να παρουσιαστεί μόνο σε τεχνητούς πρισματικούς αγωγούς, δηλαδή αγωγούς που έχουν σταθερή διατομή, σταθερή κατά μήκος κλίση και ίδιο συντελεστή τριβής. Στην πράξη θεωρούμε ότι έχουμε ομοιόμορφη ροή ακόμη και όταν η διατομή μεταβάλλεται ελαφρά, αν η μέση ταχύτητα του νερού μένει πρακτικά αμετάβλητη. Με αυτή την έννοια παρατηρείται ομοιόμορφη ροή και σε φυσικούς αγωγούς.

5.2 ΚΥΚΛΙΚΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΡΟΗ

Η κυκλική διατομή εφαρμόζεται σε τυπικά δίκτυα ομβρίων και ακαθάρτων όταν χρησιμοποιούνται προκατασκευασμένοι σωλήνες, στην πλειονότητα δηλαδή των περιπτώσεων. Για την διαστασιολόγηση και τον έλεγχο των αγωγών κυκλικής διατομής, με ελεύθερη επιφάνεια, χρησιμοποιείται ο τύπος Manning που θα αναφερθεί παρακάτω.

Για αγωγούς που δεν ρέουν πλήρεις, είναι απαραίτητος ο καθορισμός της ταχύτητας και του βάθους ροής. Σε μικτούς αγωγούς υπονόμων οι συνθήκες ροής πρέπει να καθορίζονται όταν δεν ρέουν πλήρεις. Το βάθος ροής πρέπει να είναι γνωστό για τον σχεδιασμό των συνδέσεων υπονόμων. Οι

μεγάλοι υπόνομοι πρέπει να συνδέονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην προκαλούνται αναρροφήσεις προς τα πίσω.

5.3 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΡΟΗΣ

5.3.1 Εξίσωση Chezy

Το 1775 ο Γάλλος Μηχανικός Chezy πρότεινε ότι η ταχύτητα V στους ανοικτούς αγωγούς με ροή υπό ομοιόμορφες συνθήκες να δίνεται από την εξίσωση:

$$V = CR^{\frac{1}{2}}S_0^{\frac{1}{2}}$$

Όπου:

S_0 : η κλίση του ανοικτού αγωγού ή ενεργειακή κλίση ή κλίση του πυθμένα του αγωγού.

Όλες αυτές οι γραμμές είναι παράλληλες μεταξύ τους με σταθερή ομοιόμορφη ροή. Ο συντελεστής Chezy C είναι:

$$C = \left[(2g/f)^{\frac{1}{2}} \right]$$

Οι διαστάσεις του συντελεστή του Chezy είναι $g^{1/2} = m^{1/2} s^{-1}$ διότι ο συντελεστής τριβής f είναι αδιάστατος. Η μελέτη της ροής εντός κλειστών αγωγών δείχνει ότι ο συντελεστής τριβής f εξαρτάται και από τον αριθμό Reynolds αλλά και από το λόγο της τραχύτητας k/D όπου $k(m)$ είναι ο συντελεστής τραχύτητας και D η διάμετρος του κλειστού αγωγού.

Με τον ίδιο τρόπο ο συντελεστής C του Chezy περιμένει κανείς να εξαρτάται από τους αριθμούς Reynolds (Re) και από τον λόγο k/R . Εδώ χρησιμοποιείται η υδραυλική ακτή R ως χαρακτηριστικό μέγεθος του συστήματος, αν και για πλήρως τυρβώδη ροή σε ανοικτούς αγωγούς η εξάρτηση από τον αριθμό Reynolds είναι μικρή, ενώ η εξάρτηση του C από τον λόγο k/R είναι μεγάλη.

Έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες να συσχετισθεί ο μεγάλος αριθμός των διαθέσιμων πειραματικών δεδομένων ούτως ώστε να εκφρασθεί ο C από έναν επί μέρους ανοικτό αγωγό (Σωτηροπούλου & Καλύβα, 2015).

5.3.2 Darcy – Weisbach

Η σχέση Darcy-Weisbach βασίζεται στην εξίσωση συνέχειας:

$$Q = VA$$

Όπου **Q**: παροχή

V: μέση ταχύτητα ροής στη διατομή

A: εμβαδόν διατομής

Λαμβάνοντας υπόψη και τις απώλειες έχουμε:

- Γραμμικές απώλειες για κλειστό αγωγό $hf = f \frac{LV^2}{D^2} g$
- Τοπικές απώλειες $hr = k \frac{V^2}{2g}$

Όπου **h**: γραμμικές απώλειες

hr: τοπικές απώλειες

f: συντελεστής γραμμικών απωλειών

k: συντελεστής τοπικών απωλειών

L: μήκος αγωγού

D: διάμετρος αγωγού

Για την περίπτωση κυκλικής διατομής λαμβάνουμε την εξίσωση:

$$V^2 = \frac{Q^2}{A^2} = \frac{16Q^2}{\pi^2 D^4} \leftrightarrow \frac{V^2}{2g} = 0.0827 \frac{Q^2}{D^4}$$

Και άρα οι απώλειες είναι:

$$h = 0.0827 \lambda \frac{L}{D^5} Q^2$$

5.3.3 Υπολογισμός κατά Manning-Kutter

Στην εξίσωση Kutter: $C = \frac{100}{1 + \frac{m}{\sqrt{R}}}$ εισάγεται ένα νέο μέγεθος το **m**. Σύμφωνα με τις ελληνικές

προδιαγραφές (Π.Δ. 696, 1974) έχουμε $m=0.35$ για αγωγούς αποχέτευσης γενικά. Υπάρχει ωστόσο και η εξελιγμένη μορφή του τύπου Kutter στην οποία υπεισέρχεται το μέγεθος **n**. Η τιμή του **n** εξαρτάται από την τραχύτητα της επιφάνειας του αγωγού και επηρεάζει αντιστρόφως ανάλογα την ταχύτητα.

$$C = \frac{\left(23 + \frac{0.00155}{s}\right) + \frac{1}{n}}{1 + \left(\frac{n}{\sqrt{R}}\right)\left(23 + \frac{0.00155}{s}\right)}$$

Μία εκ των πλέον γνωστών εμπειρικών εξισώσεων για την μελέτη της ροής εντός ανοικτών αγωγών είναι αυτή του Manning ο οποίος την δημοσίευσε περί τα 1890. Ο Manning βρήκε ότι από το σύνολο των μετρήσεων του ο συντελεστής C μεταβάλλεται προσεγγιστικά μετά την τιμή $R^{1/6}$ ενώ αυτός και μερικοί άλλοι, ότι ο C μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα προς τον συντελεστή η, όπου η είναι ο συντελεστής τραχύτητας του Manning. Έτσι λοιπόν αναπτύχθηκε η παρακάτω εξίσωση κατά Manning η οποία είναι διαδεδομένη σε όλα σχεδόν τα μέρη του κόσμου. Η εξίσωση του Manning προκύπτει από τη σχέση Chezy αν τεθεί:

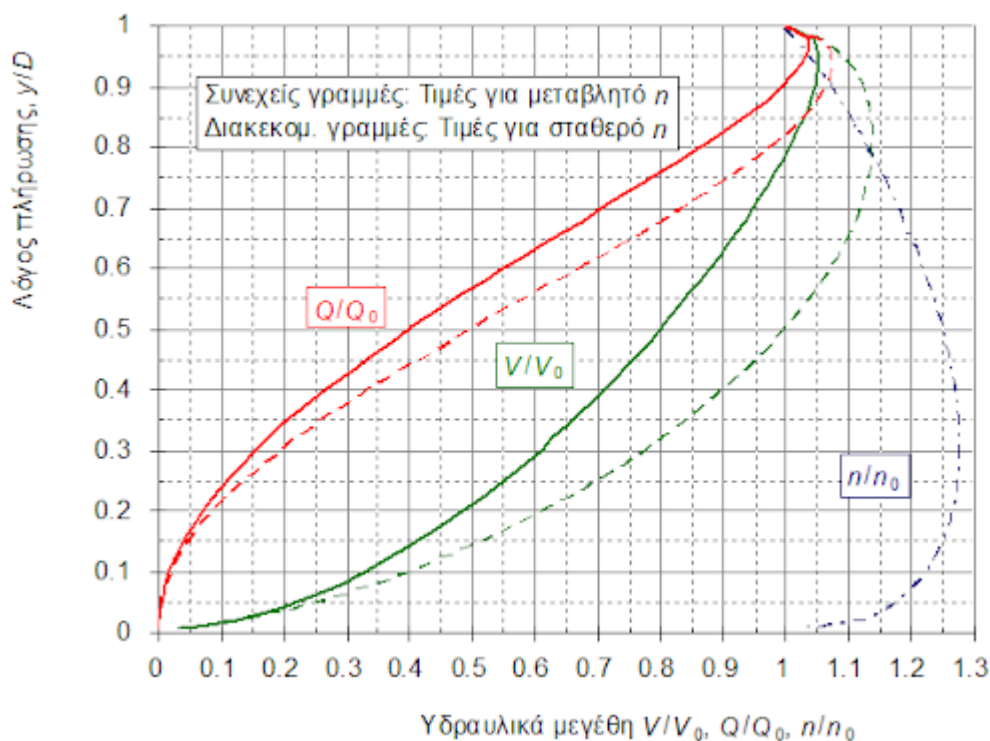
$$C = \left(\frac{1}{n}\right) R^{\frac{1}{6}}$$

Όπου n, ο συντελεστής τραχύτητας κατά Manning. Ολοκληρώνοντας λαμβάνουμε:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} s^{\frac{1}{2}}$$

Η εξίσωση του Manning αποδίδει 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 στο ακόλουθο διάγραμμα (Δημητρακόπουλος, 1997).



Διάγραμμα 1: Διάγραμμα ροής με ελεύθερη επιφάνεια σε κυκλικούς αγωγούς (Marz, 1970).

5.3.4 Συντελεστής Τραχύτητας

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ΤΙΜΗ n
Πλαστικός αγωγός	0.009
Καλά λειασμένος ξύλινος αγωγός με προσεκτική τοποθέτηση	0.009
Καθαρό τσιμέντο- Πολύ λείος αγωγός	0.010
Μη λειασμένος ξύλινος αγωγός ή χυτοσίδηρος αγωγός κανονικής τραχύτητας	0.012
Αγωγός από τούβλα-Προσεγγιστική τοποθέτηση/Χαλύβδινοι αγωγοί με ηλώσεις	0.013
Αγωγοί από σκυρόδεμα ή πυλό με ανώμαλη επιφάνεια/Αγωγός από τούβλο με μέτρια τοποθέτηση	0.015
Αγωγός από τούβλο με ανώμαλη επιφάνεια/Σκουριασμένος σίδηρος αγωγός	0.017
Λείο έδαφος ή χαλίκι	0.020
Ρυάκια ποτάμια-Χωρίς βλάστηση	0.030
Ρυάκια, ποτάμια-Μεγάλη βλάστηση	0.040

Πίνακας 5: Τιμές του n στις εξισώσεις Manning και Kutter (Χατζηθεοδώρου, 2020).

Η τραχύτητα και κατά συνέπεια ο συντελεστής τραχύτητας n επηρεάζονται ,στην περίπτωση των αγωγών αποχέτευσης, εκτός από το υλικό των σωληνώσεων και από πρόσθετους παράγοντες όπως:

- τους αρμούς των σωληνώσεων
- τις πλευρικές συνδέσεις ιδιωτικών αποχετεύσεων
- κακή ευθυγράμμιση των αγωγών, εξαιτίας είτε σφαλμάτων στην κατασκευή είτε διαφορετικών καθιζήσεων
- την ποσότητα και τις διαστάσεις των στερεών υλικών που μεταφέρονται μαζί με τα όμβρια
- αποθέσεις των στερεών υλικών σε ορισμένες θέσεις των αγωγών
- ρίζες δέντρων που διαπερνούν τις σωληνώσεις στις θέσεις των αρμών κ.α

5.3.5 Υπολογισμός κατά Prandtl- von Karman- Colebrook

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

$R_e < 2320 \Rightarrow$ Στρωτή Ροή

$R_e > 2320 \Rightarrow$ Τυρβώδη Ροή

6. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ-ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ Π.Δ. 696/1974

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η σύνταξη υδραυλικών μελετών συντελείται ακολουθώντας κάποιες προδιαγραφές, αρκετές από τις οποίες περιγράφονται στο Προεδρικό Διάταγμα 696 του 1974. Παρόλο όμως που το Π.Δ 696/1974 αποτελεί κατά κοινή ομολογία μια γενική οδηγία για τις εκπονήσεις υδραυλικών μελετών, δε μπορεί να αγνοηθεί το γεγονός ότι το συγκεκριμένο Διάταγμα είναι δημοσιευμένο πριν από 40 χρόνια χωρίς να έχουν ενσωματωθεί σε αυτό η συσσωρευμένη εμπειρία από τις πολλές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί από τότε έως και σήμερα.

6.2 ΚΛΙΣΕΙΣ ΑΓΩΓΩΝ

Σύμφωνα με το Π.Δ. 696/1974 οι ελάχιστες κλίσεις των αγωγών υπολογίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε η ταχύτητα που αντιστοιχεί στο 10% της παροχетеυτικότητας του αγωγού (Q/Q_0) να είναι μεγαλύτερη από τα 0,3 m/sec για αγωγούς ακαθάρτων και τα 0,6m/sec για αγωγούς ομβρίων. Αυτό σημαίνει ότι ο αντίστοιχες ταχύτητες πλήρωσης είναι $V_0 = 0.56$ m/sec για αγωγούς ακαθάρτων και 1,11m/sec για αγωγούς ομβρίων. 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.

6.3 ΠΟΣΟΣΤΑ ΠΛΗΡΩΣΗΣ

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.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΓΩΓΩΝ	ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΛΟΓΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ y/D
Αγωγοί ακαθάρτων με διάμετρο $D=20\text{cm}-40\text{cm}$	0.50
Αγωγοί ακαθάρτων με διάμετρο $D=50\text{cm}-60\text{cm}$	0.60
Αγωγοί ακαθάρτων με διάμετρο $D>60\text{cm}$	0.70
Αγωγοί ομβρίων	0.70
Παλιοί αγωγοί αποχέτευσης	0.80

Πίνακας 6: Ποσοστά Πλήρωσης (Π.Δ. 696/1974).

6.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΩΝ

6.4.1 Κατανάλωση Ύδατος-Παροχές Ακαθάρτων

Υπολογίζοντας την κατανάλωση ύδατος μπορούμε να έχουμε την παροχή. Υπάρχουν παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση και διακρίνονται σε (Ιωσηφίδης, 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

6.4.2 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:

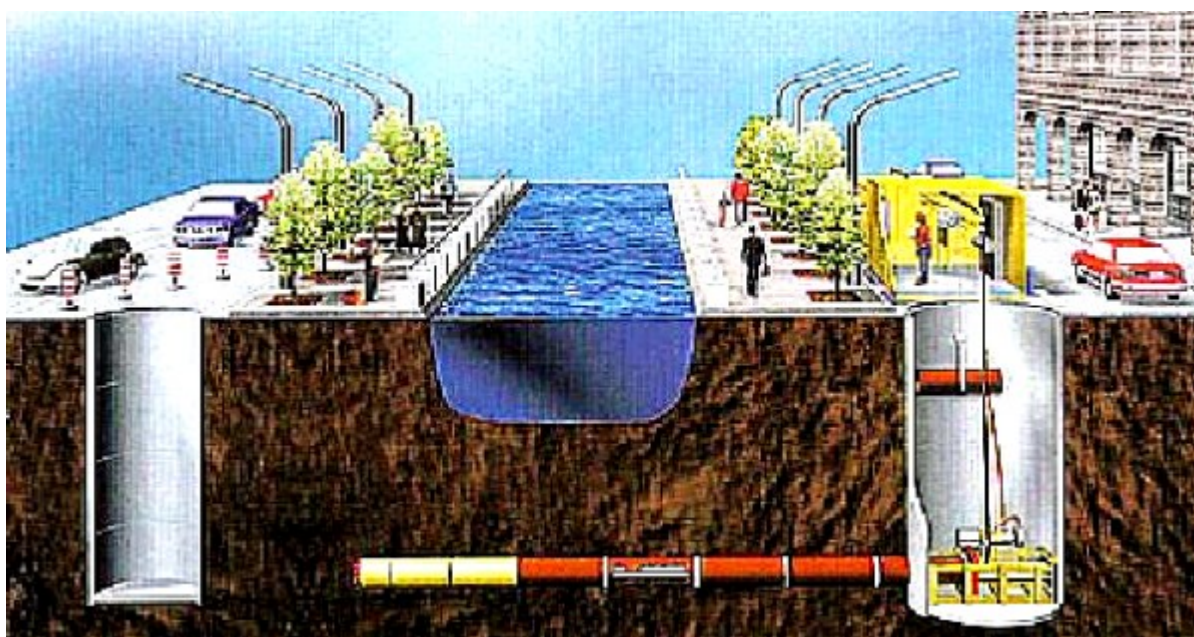
- Διακυμάνσεις στη διάρκεια της ημέρας: Συγκεκριμένες ωριαίες μεταβολές που οφείλονται κυρίως σε καθημερινό τρόπο ζωής.
- Διακυμάνσεις στη διάρκεια της εβδομάδας ανάλογα με την εποχή αλλά και τις καθημερινές συνήθειες έχει παρατηρηθεί αύξηση της κατανάλωσης της πρώτης ημέρας της εβδομάδας και μείωση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

7. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

7.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

Οι αγωγοί αποχέτευσης είναι γενικά υπόγειοι αγωγοί που κατασκευάζονται κατά κανόνα σε σκάμμα και σε πιο σπάνιες περιπτώσεις σε σήραγγα. Η μέθοδος κατασκευής περιλαμβάνει εκσκαφή, εγκατάσταση των σωληνώσεων, επίχωση και ανακατασκευή των οδοστρωμάτων, πεζοδρομίων κ.α. Τα τελευταία χρόνια όμως στα μεγάλα αστικά κέντρα, για να μην σκάβονται οι δρόμοι και ζηλώνονται άλλες υποδομές όπως είναι οι σιδηροδρομικές γραμμές, κατασκευάζονται όπως φαίνεται και στην εικόνα 5.1 δύο φρεάτια επίσκεψης (ανθρωποθυρίδες) ένα στην αρχή και ένα στο τέλος του αγωγού τα οποία συνδέονται με τον αγωγό μέσω της σταδιακής προώθησης



Εικόνα 3: Μέθοδος τοποθέτησης αγωγού (Ιωσηφίδης, 2010)

Για τις συνήθεις διατομές και συνθήκες κατασκευής, οι αγωγοί αποχέτευσης κατασκευάζονται με προκατασκευασμένους σωλήνες, κατά κανόνα κυκλικής διατομής. Για τις περιπτώσεις πολύ μεγάλων διατομών οι αγωγοί κατασκευάζονται επί τόπου από ειδικά συνεργεία (Τσακίρης, 2010). Σημαντική παράμετρος για την επιλογή του υλικού είναι η χημική σύσταση των υγρών που θα μεταφέρουν. Τα τελευταία χρόνια έχει αλλάξει η σύνθεση των προς αποχέτευση λυμάτων. Εκτός από τα απόβλητα των χημικών βιομηχανιών, που γίνονται με το χρόνο πιο δραστικά, τα οικιακά λύματα, λόγω της λόγω της αυξανόμενης χρήσης απορρυπαντικών, παράγουν, εντός των αγωγών, διαβρωτικές ουσίες. Έτσι το φαινόμενο της χημικής διάβρωσης έχει περισσότερες πιθανότητες εμφάνισης. 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):

-
- Διάρκεια ζωής και εμπειρία από χρήση συγκεκριμένου υλικού
 - Αντοχή σε μηχανική ή χημική διάβρωση
 - Φυσική αντοχή
 - Κόστος του υλικού και τοποθέτησης
 - Ευκολία στο χειρισμό και στην τοποθέτηση
 - Τύπος και συχνότητα αρμών, στεγανότητα και ευκολία επίτευξής τους
 - Διαθεσιμότητα των διατομών που απαιτούνται
 - Διαθεσιμότητα και ευκολία τοποθέτησης ειδικών τεμαχίων
 - Υδραυλικά χαρακτηριστικά (τραχύτητα, Kd)

Επομένως πρωταρχική σημασία για το υλικό των υπονόμων έχει η αντοχή σε χημική και μηχανική διάβρωση, η αντοχή σε εξωτερικές φορτίσεις, οι υδραυλικές ιδιότητες, η στεγανότητα και το χαμηλό κόστος του. Επειδή κανένα από τα διαθέσιμα υλικά δεν παρουσιάζει άριστη συμπεριφορά ως προς όλους τους παραπάνω παράγοντες, η επιλογή του υλικού γίνεται κάθε φορά αφού σταθμιστούν και ιεραρχηθούν οι σημαντικότεροι παράγοντες για το συγκεκριμένο έργο που μελετάται.

7.1.1 Αργιλλοπυριτικοί Σωλήνες

Παλαιότερα ως υλικό των αγωγών αποχέτευσης ακαθάρτων χρησιμοποιήθηκε ο πηλός. Πολλά αρχαία ή και νεότερα δίκτυα ακαθάρτων, μερικά από τα οποία χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα, αποτελούνται από πήλινους αγωγούς (Τσακίρης, 2010). Οι σωλήνες κατασκευάζονται σε διαμέτρους από 0,12 m έως 0,40 m και σε μήκη της τάξης του 1.0 m. Το ένα άκρο είναι ελεύθερο, ενώ στο άλλο διαμορφώνεται αναμονή. Εκτός από τα ευθύγραμμα τεμάχια μπορούν να κατασκευαστούν και σε καμπύλες ή σε ειδικά τεμάχια.

Τα πλεονεκτήματά τους είναι η εξαιρετική τους αντοχή σε χημική διάβρωση από οξέα ή βάσεις αλλά και από διαβρωτικά εδάφη, καθώς και σε μηχανική διάβρωση. Επίσης η διαπιστωμένη μακροχρόνια φυσική αντοχή τους. Τα μειονεκτήματά τους είναι κυρίως το υψηλό τους κόστος και το εύθραυστο κατά τη μεταφορά και τοποθέτησή τους. Επίσης το μεγάλο πλήθος αρμών που σε συνδυασμό με τη μικρή στεγανότητα των συνδέσεων οδηγεί σε αυξημένη ποσότητα διηθήσεων. Εξαιτίας αυτών των μειονεκτημάτων, οι αργιλλοπυριτικοί σωλήνες τα τελευταία χρόνια έχουν εγκαταλειφτεί σε όφελος άλλων υλικών. Ωστόσο, πολλά από τα παλιά δίκτυα είναι από αργιλλοπυριτικούς σωλήνες (Κουτσογιάννης, 2011).

7.1.2 Σωλήνες Σκυροδέματος

Το σκυρόδεμα χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα στα αποχετευτικά έργα, είτε υπό τη μορφή προκατασκευασμένων σωλήνων, είτε με χυτές κατασκευές επί τόπου στα έργα αποχέτευσης εδώ και πάνω από 100 χρόνια. Στη χώρα μας γίνεται αξιόλογη βιομηχανική παραγωγή σωλήνων από άοπλο ή οπλισμένο σκυρόδεμα, κατάλληλων και για δίκτυα ακαθάρτων, τυποποιημένων βάσει προδιαγραφών (ΥΠΔΕ, 1984). Είναι το σχεδόν αποκλειστικό υλικό κατασκευής αγωγών ομβρίων, ενώ η βελτίωση των μεθόδων παραγωγής σκυροδέματος και η εμφάνιση νέων υλικών κατάλληλων για επένδυση των σωλήνων, είχαν αποτέλεσμα τη διάδοσή τους και στους αγωγούς ακαθάρτων, όπου οι συνθήκες είναι δυσμενέστερες γιατί προσβάλλονται από τα οξέα και το εκλυόμενο υδρόθειο.

Διακρίνουμε αγωγούς από σκυρόδεμα άοπλους, οπλισμένους και προεντεταμένους. Διατίθενται σε μήκη του 1m ενώ η στεγανοποίηση των συνδέσεων τους επιτυγχάνεται με εγκιβωτισμό σε σκυρόδεμα (Τσακίρης, 2010). Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι κατασκευής των σωλήνων, όπως η φυγοκέντριση, η έγχυση σε οριζόντιους ή κατακόρυφους ξυλότυπους που συνδυάζεται με δόνηση κτλ. Προκειμένου για οπλισμένους σωλήνες ο οπλισμός μπορεί να είναι είτε σπειροειδής είτε να αποτελείται από διαδοχικά στεφάνια (Κουτσογιάννης, 2011).

Τα πλεονεκτήματα αυτών των αγωγών είναι το κόστος, η ευκολία στην κατασκευή του και η δυνατότητα δημιουργίας μεγάλου εύρους αντοχής. Στα μειονεκτήματα αυτών περιλαμβάνονται: το μεγάλο βάρος των σωλήνων, το πλήθος των αρμών καθώς και η μικρή αντοχή 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 την ροή είναι μικρή (Χατζηαγγέλου, 2002).

7.1.3 Μεταλλικοί Σωλήνες

Το κυριότερο πρόβλημα των μεταλλικών σωλήνων είναι η ευαισθησία τους στη χημική διάβρωση εσωτερικά από τα λύματα και εξωτερικά από το έδαφος. Για το λόγο αυτό απαιτούν κατάλληλη εσωτερική προστασία από αντιδιαβρωτικό υλικό και όταν θάβονται σε διαβρωτικό έδαφος, κατάλληλη προστασία.

Διακρίνουμε 2 είδη:

- **Χυτοσίδηροι σωλήνες:** Χρησιμοποιούνται μόνο τοπικά όταν έχουμε μεγάλα εξωτερικά φορτία, κάτω από σιδηροδρομικές γραμμές, κάτω από θεμέλια βαριών κατασκευών ή σε θέσεις που υφίστανται μεγάλες δονήσεις.

- **Χαλύβδινοι σωλήνες:** Χρησιμοποιούνται σπάνια στα δίκτυα υπονόμων λόγω της ελαφρότητάς τους και της στεγανότητάς τους σε συνδυασμό με τη μεγάλη ευλυγισία που παρουσιάζουν (Τσόγκας, 1998).

7.1.4 Πλαστικοί Σωλήνες

Οι πλέον διαδεδομένοι σήμερα σωλήνες αποχέτευσης ακαθάρτων είναι οι πλαστικοί σωλήνες από PVC (uPVC) που διατίθενται σε μήκη των 6m και συνδέονται με την παρεμβολή ελαστικού δακτυλίου. Βασικό πλεονέκτημα των σωλήνων αυτών είναι η καλή στεγανότητα που επιτυγχάνεται, το μικρό βάρος και η αντοχή στη χημική διάβρωση. Κύριο μειονέκτημα η μικρή αντοχή στη μηχανική καταπόνηση (ανάγκη εγκιβωτισμού σε πολλές περιπτώσεις) που στις μεγάλες διαμέτρους (>50 cm) αποτελεί σημαντικό πρόβλημα (Τσακίρης, 2010).

Οι πλαστικοί σωλήνες κατασκευάζονται σε διάφορα μήκη και διαμέτρους (βλ. Πίνακα 5.1.4). Για ορισμένα είδη πλαστικών σωλήνων δεν χρειάζεται ο εγκιβωτισμός εντός σκυροδέματος, ενώ για άλλα χρειάζεται. Συνήθως ο εγκιβωτισμός χρειάζεται για σωληνωτούς αγωγούς μεγάλης διαμέτρου. Η σύνδεση των πλαστικών σωλήνων γίνεται με τη βοήθεια ελαστικών δακτυλίων, που έχουν ανάλογη χημική αντοχή. Η στεγανότητα του αγωγού είναι πολύ καλή και για αυτό συνιστώνται για περιοχές που κατακλύζονται από υπόγεια ύδατα. Από το ίδιο υλικό κατασκευάζονται και διάφορα ειδικά τεμάχια όπως καμπύλες κλπ. Συνήθως οι πλαστικοί σωλήνες προσφέρονται με ελεύθερο το ένα άκρο και με αναμονή στο άλλο (Χατζηαγγέλου, 2002).

Εξ. Διάμετρος, D _n (mm)	200	250	315	355	400	500
Εσ. Διάμετρος, D (mm)	190.2	237.8	299.6	337.6	380.4	475.6
Εξ. Διάμετρος, D _n (mm)	200	250	315	355	400	500
Εσ. Διάμετρος, D (mm)	192.2	240	302.6	341	384.2	480.4

Πίνακας 7: Τυποποίηση σωλήνων από uPVC για αποχέτευση ακαθάρτων σειρές 41 και 51 κατά ΕΛΟΤ 476 (Τσακίρης, 2010).

7.1.5 Σωλήνες από Πολυαιθυλένιο HDPE

Το πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (945 ÷ 965 kg/m³) χαρακτηρίζεται από μια πολύ πυκνή μοριακή δομή χρησιμοποιείται για την παραγωγή σωλήνων και εξαρτημάτων αποχέτευσης. Οι κανονισμοί των κτιρίων για οικίες και βιομηχανικές μονάδες επιτρέπουν τη χρήση του για συστήματα αποχέτευσης χωρίς πίεση και για θερμοκρασίες μέχρι και 95°C για:

- Εγκαταστάσεις ειδών υγιεινής

-
- Πλυντήρια πιάτων και ρούχων
 - Επαγγελματικές κουζίνες και βιομηχανίες
 - Υδρορροές
 - Χημικά απόβλητα από εργαστήρια και βιομηχανίες.

Η ραγδαία εξάπλωση του σε τόσες πολλές εγκαταστάσεις οφείλεται στα χαρακτηριστικά του:

- Μεγάλη μηχανική αντοχή & ελαστικότητα
- Αντοχή στα χτυπήματα (ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες)
- Ευκολία στην τοποθέτηση & πολλαπλή λειτουργικότητα
- Μεγάλη αντοχή στα χημικά στοιχεία

Τα πλεονεκτήματα έναντι των μεταλλικών σωλήνων είναι:

- η ευκολία στην τοποθέτηση
- η ελαστικότητα και η ανθεκτικότητα στη διάβρωση.

Σε σύγκριση με άλλα πλαστικά, προσφέρει:

- μεγαλύτερο πεδίο θερμοκρασίας λειτουργίας (-40°C έως +95°C)

Παρατήρηση! Το PEHD δεν είναι αυτοσβενόμενο, πράγμα που σημαίνει ότι μεταξύ των χώρων θα πρέπει να τοποθετούνται εξαρτήματα παρεμπόδισης πυρκαγιάς. Το πολυαιθυλένιο έχει χαμηλή θερμική αγωγιμότητα.

7.1.6 Χυτοί επί τόπου

Παλαιότερα οι μεγάλης διατομής αγωγοί κατασκευάζονταν από τοιχοποιία. Σήμερα η κατασκευή τους γίνεται αποκλειστικά και μόνο με την χρήση του οπλισμένου σκυροδέματος. Μειονεκτήματα των εν λόγω κατασκευών είναι:

- Απαιτούνται πολλοί ειδικευμένοι εργάτες στο εργοτάξιο
- Απαιτείται πολύς χρόνος για την κατασκευή του έργου
- Η ποιότητα του σκυροδέματος συνήθως είναι χαμηλή
- Μεγάλες δαπάνες κατασκευής

Για την κατασκευή τους χρησιμοποιούνται συνήθως ολισθαίνοντες σιδηροί ξυλότυποι και ειδικά τσιμέντα ανθεκτικά στην παρουσία ενώσεων του θείου. Η στεγανότητα και η αντοχή στην μηχανική

φθορά εξασφαλίζονται με την προσεκτική σύνθεση των αδρανών υλικών. Συχνά χρησιμοποιούνται και στεγανοποιητικά υλικά μάζας. Σχεδόν πάντοτε προστατεύεται η βρεχόμενη επιφάνεια των αγωγών με αργιλλοπυριτικά πλακίδια ή εφυαλωμένους πλίνθους. Τελευταία γίνονται και επαλείψεις της εσωτερικής των επιφάνειας με υλικά εποξειδικής βάσης ή επιστρώσεις με ανθεκτική τσιμεντοκονία καθώς η επένδυση με αργιλλοπυριτικά πλακίδια είναι πολύ δαπανηρή.

7.2 ΔΙΑΤΟΜΕΣ

Στα δίκτυα των αποχετεύσεων γίνεται χρήση ποικίλων διατομών, με τις οποίες επιδιώκεται, ανάλογα με τα προβλήματα που παρουσιάζονται, να δοθεί η πλέον επιτυχής οικονομοτεχνική λύση. Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες διατομών:

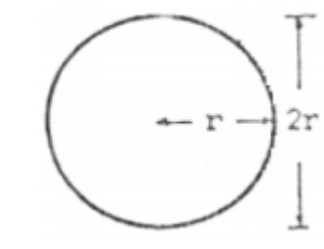
- *κλειστές διατομές*, που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά στις κατοικημένες περιοχές,
- *ανοιχτές διατομές*, που χρησιμοποιούνται για τα νερά της βροχής, ακόμα και μέσα σε κατοικημένες περιοχές, καθώς και στην μεταφορά λυμάτων στις ΕΕΛ.

7.2.1 Κλειστές Διατομές

- *Κυκλική*: Στην πλειονότητά τους οι αποχετευτικοί αγωγοί είναι προκατασκευασμένοι σωληνωτοί αγωγοί κυκλικής διατομής. Αυτό συμβαίνει για δυο λόγους:
 - είναι υδραυλικά πιο πρόσφοροι (για την ίδια περίμετρο δίνουν μεγαλύτερο εμβαδό)
 - η κατασκευή αγωγών κυκλικής διατομής με προκατασκευασμένους σωλήνες είναι ευκολότερη.

Τα στοιχεία της πλήρης κυκλικής διατομής είναι:

- Υγρή διατομή: $F = \pi r^2 = 3.14r^2$
- Βρεχόμενη περίμετρος: $\Pi = 2\pi r$
- Υδραυλική ακτίνα: $R = \frac{F}{\Pi} = 0,50r$



Εικόνα 4: Κυκλική διατομή (Ζαφειράκου, 2018).

- *Ωοειδής*: Η ωοειδής διατομή και γενικότερα οι διατομές με σχήμα πυθμένα που πλησιάζει το V, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.2.2, υπερέχουν υδραυλικά, καθώς εξασφαλίζουν σχετικά

μεγάλες ταχύτητες ακόμα και για μικρά βάθη ροής. Οι ωοειδείς αγωγοί χρησιμοποιούνται για μεγαλύτερες παροχές. Έχουν σταθερό λόγο μεγίστου πλάτους προς ύψος $B/H = 1/1,5$.

Έχουν δυο πλεονεκτήματα:

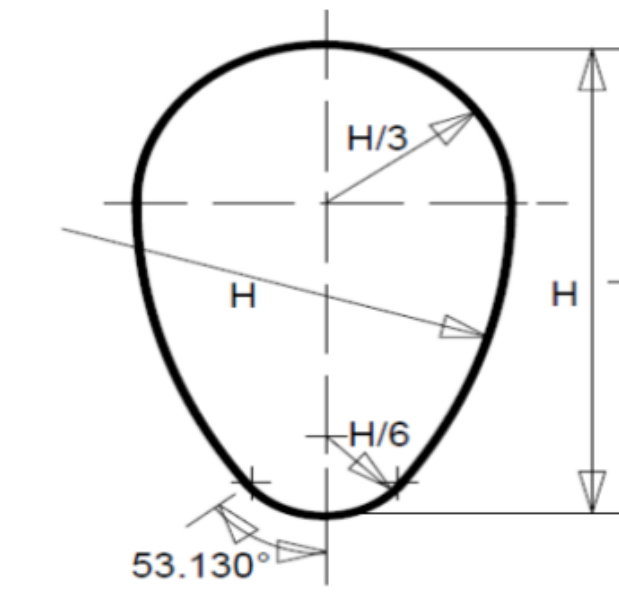
- λόγω της μορφής τους αντέχουν σε μεγάλα εξωτερικά φορτία
- λόγω της μικρής καμπυλότητας στον πυθμένα δημιουργείται μεγάλο βάθος ροής και έτσι αποφεύγονται οι αποθέσεις.

Τα υδραυλικά στοιχεία της ωοειδούς διατομής, για πλήρη πλήρωση, είναι:

- Υγρή διατομή: $F = 4,59r^2$
- Βρεχόμενη περίμετρος: $\Pi = 7,93r$
- Υδραυλική ακτίνα: $R = 0,58 r$

Στις ωοειδείς διατομές δεχόμαστε ότι πληρούνται μέχρι τη γένεση του θόλου, οπότε τα στοιχεία τους είναι:

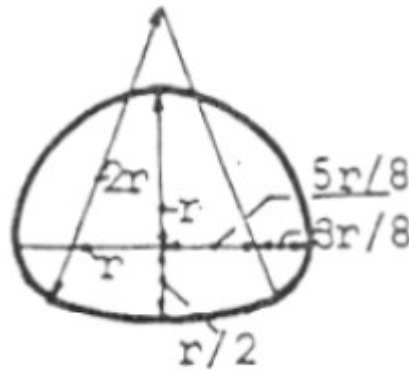
- Υγρή διατομή: $F = 3,02r^2$
- Βρεχόμενη περίμετρος: $\Pi = 4.79r$
- Υδραυλική ακτίνα: $R = 0.63r$



Εικόνα 5: Τυπική ωοειδής διατομή (Κουτσογιάννης & Ευστρατιάδης, 2018).

- Στοματοειδής: Η στοματοειδής διατομή (βλ. Εικόνα 6) εφαρμόζεται στις περιπτώσεις που απαιτείται μικρό ύψος επιχώσεων. Είναι σταθερή στατικά και προσφέρεται για μεγάλες παροχές. Έχει στοιχεία:

-
- $H/B = 3/4$
 - Υγρή διατομή: $F = 2.378r^2$
 - Βρεχόμενη περίμετρος: $\Pi = 5,603r$
 - Υδραυλική ακτίνα: $R = 0.424r$



Εικόνα 6: Στοματοειδής διατομή (Ζαφειράκου, 2018).

- *Αυλακωτή:* Η αυλακωτή διατομή συναντάται κυρίως στα παντοροϊκά δίκτυα, προκειμένου να είναι δυνατή η επίσκεψη των αγωγών όταν δεν βρέχει.

Διακρίνονται σε:

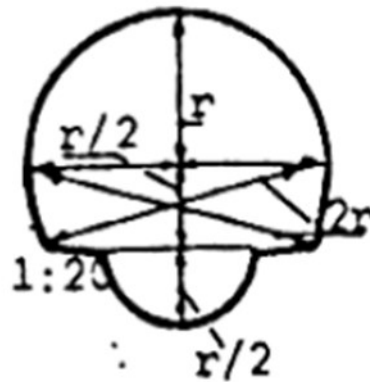
- αυλακωτή διατομή με αμφίπλευρο πεζοδρόμιο (βλ. Εικόνα 5.2.4)
- αυλακωτή με μονόπλευρο πεζοδρόμιο (βλ. Εικόνα 5.2.5).

Χρησιμοποιούνται σε αγωγούς παντοροϊκού συστήματος όταν η διαφορά των παροχών ακαθάρτων και ομβρίων είναι μεγάλη. Έτσι η μικρή παροχή ακαθάρτων περιορίζεται στο αυλάκι.

Τα στοιχεία των διατομών είναι:

- ❖ Αμφίπλευρη διατομή: $B/H = 1/1$

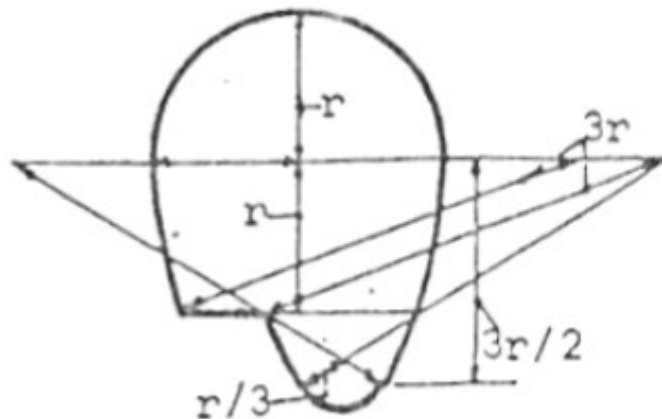
Πλήρης διατομή αυλάκι: $F = 0,393r^2$, $\Pi = 1.571r$, $R = 0.25r$



Εικόνα 7: Αυλακωτή διατομή με αμφίπλευρο πεζοδρόμιο (Ζαφειράκου, 2018).

❖ Μονόπλευρη διατομή: $B/H = 3/4$

Πλήρης διατομή αυλάκι: $F = 0.481r^2$, $\Pi = 1.801r$, $R = 0.267r$



Εικόνα 8: Αυλακωτή διατομή με μονόπλευρο πεζοδρόμιο (Ζαφειράκου, 2018).

7.2.2 Ελάχιστες Επιτρεπόμενες Διατομές

Μαζί με τα λύματα συμπαρασύρονται διάφορα ευμεγέθη υλικά, τα οποία είναι δυνατό να φράξουν τους σωλήνες, αν η διατομή τους είναι πολύ μικρή. Κατά συνέπεια οι διατομές των σωλήνων είναι απαραίτητο να μην είναι μικρότερες από ορισμένα ελάχιστα όρια:

- 150 mm για ιδιωτικές συνδέσεις
- 200 mm για αγωγούς λυμάτων (βαρύτητας)

Στις ελληνικές προδιαγραφές (Π.Δ. 696/1974, άρθρο 209, παρ.6β) καθορίζονται οι παρακάτω ελάχιστες επιτρεπόμενες διαμέτροι αγωγών:

- 200 mm για τα δίκτυα ακαθάρτων
- 400 mm για τα δίκτυα ομβρίων.

Οι μικρότερες διατομές εντός των οποίων είναι δυνατό να συρθούν εργάτες είναι η κυκλική 800 mm και η ωειδής 600×900 mm. Οι κυκλικοί αγωγοί θεωρούνται βατοί για διαμέτρους μεγαλύτερους από 1000 mm, οι δε ωειδείς όταν η διατομή τους είναι μεγαλύτερη από 700×1050 mm.

Παρατήρηση! Οι ελληνικές προδιαγραφές (Π.Δ. 696/1974, άρθρο 209) δεν επιτρέπουν τη χρησιμοποίηση ωειδών αγωγών μικρότερων της διατομής 600×900 mm.

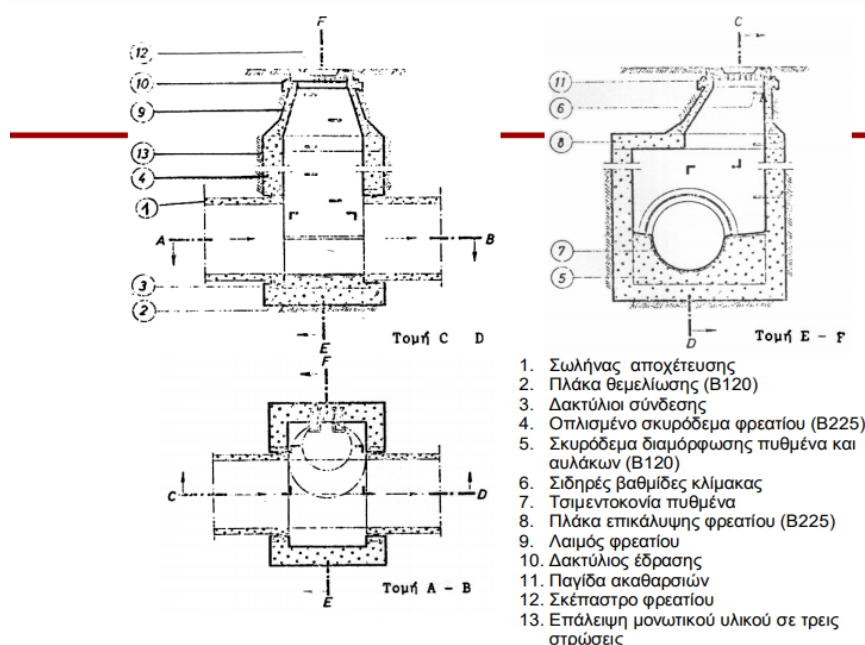
8. ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΥΠΟΝΟΜΩΝ

Στην κατηγορία των βοηθητικών εγκαταστάσεων περιλαμβάνονται οι κατασκευές εκτός από τους αγωγούς, οι οποίες είναι απαραίτητες για την ομαλή λειτουργία του δικτύου, επιτρέποντας την μέσω αυτών προσπέλαση, τον έλεγχο και την συντήρηση των αγωγών. Τέτοιες εγκαταστάσεις, είναι τα φρεάτια, οι σίφωνες, οι εγκαταστάσεις ρυθμίσεως παροχής, τα έργα εκβολής, οι ιδιωτικές διακλαδώσεις, τα αντλιοστάσια, οι εγκαταστάσεις καθαρισμού αποβλήτων κ.α.

8.1 ΦΡΕΑΤΙΑ

8.1.1 Φρεάτια Επίσκεψης

Τοποθετούνται σε θέσεις αλλαγής διαμέτρου, σε αλλαγή κλίσης και σε αλλαγή κατεύθυνσης. Τα φρεάτια επίσκεψης ωφελούν στον καθαρισμό, αερισμό των αγωγών καθώς και για παρακολούθηση της ροής. Σε αγωγούς βαρύτητας η απόσταση στην οποία τοποθετούνται τα φρεάτια επίσκεψης δεν πρέπει να ξεπερνά τα 100m, συνήθως μεταξύ 70m και 80m. Τα φρεάτια πρέπει να έχουν στον πυθμένα κλίση προς ένα βαθύ σημείο όπου πρέπει να προβλέπεται φρεάτιο εκκένωσης με χρήση αντλίας σε περιπτώσεις βλάβης. Τα φρεάτια επίσκεψης αποτελούνται από τα εξής επιμέρους τμήματα: πυθμένα, κύριο τμήμα, λαιμό και σκέπαστρο φρεατίου (Χατζηαγγέλου, 2002).

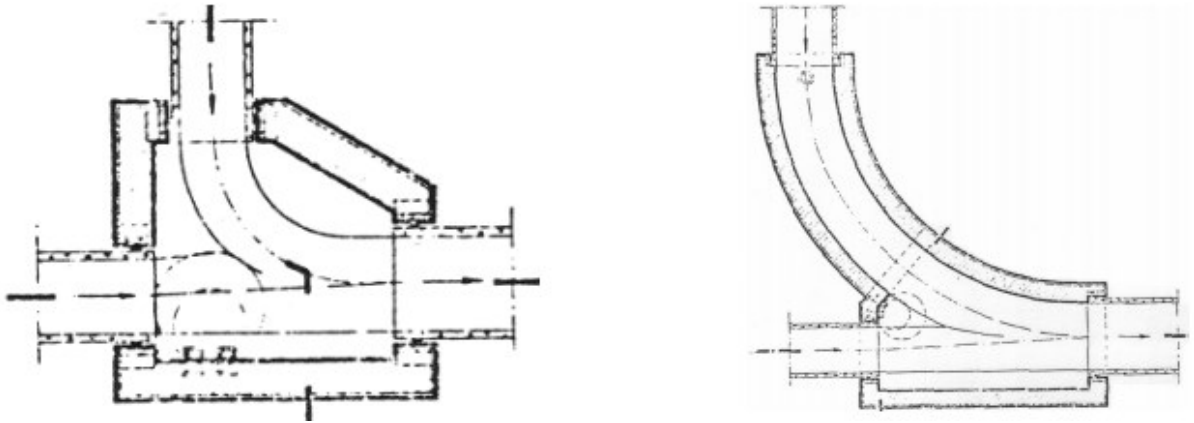


Εικόνα 9: Φρεάτιο επίσκεψης από οπλισμένο σκυρόδεμα (Ζαφειράκου, 2010).

8.1.2 Φρεάτια Συμβολής

Έτσι ονομάζουμε τα φρεάτια που κατασκευάζονται σε κάθε συμβολή των αγωγών του δικτύου, προκειμένου οι μικρότεροι υπόνομοι να στείλουν τα ύδατα σε μεγαλύτερους. Περιλαμβάνονται στην

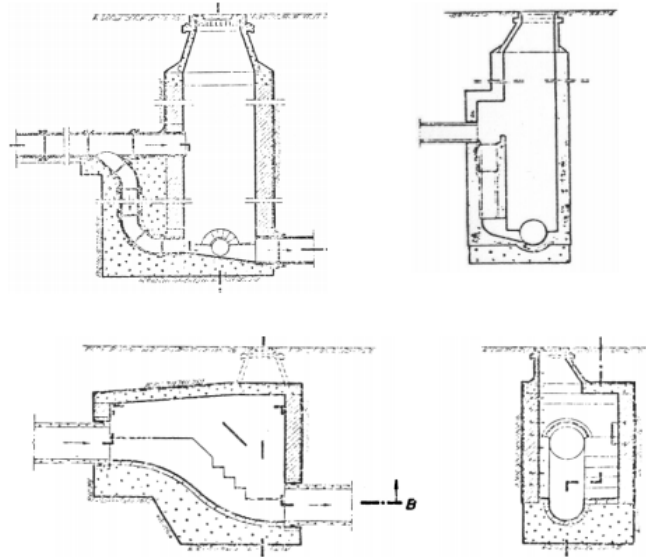
κατηγορία των φρεατίων επισκέψεως, γιατί επιτρέπουν την κάθοδο προσωπικού στον πυθμένα τους με σκοπό τον έλεγχο, τον καθαρισμό κλπ. Η κατασκευή τους είναι απαραίτητη, γιατί χωρίς αυτά θα ήταν αδύνατη η κατάληξη δυο ή περισσοτέρων αγωγών σε ένα μεγαλύτερο, χωρίς κακοτεχνίες και δυσμενείς συνέπειες για την ροή. Στον πυθμένα αυτών των φρεατίων κατασκευάζονται αυλάκια, κατάλληλα διαμορφωμένα ώστε να διευκολύνεται η ροή του ύδατος από τους συμβάλλοντες αγωγούς στον αποδέκτη τους, χωρίς στροβιλισμούς (Μάρκου & Παναγιωτοπούλου, 2008).



Εικόνα 10: Κατόψεις φρεατίων συμβολής για μικρές και μεγάλες διαμέτρους σωλήνων (Ζαφειράκου, 2010).

8.1.3 Φρεάτια πτώσεως

Φρεάτια πτώσεως ονομάζουμε εκείνα που διαμορφώνουμε ειδικά για τη διευκόλυνση της ροής, σε περιπτώσεις που απαιτείται, λόγω τοπογραφικών συνθηκών, απότομη πτώση της στάθμης ενός αγωγού. Η διάμετρος του σωλήνα πτώσης πρέπει να είναι τουλάχιστον 250mm. Η είσοδος του φρεατίου κατασκευάζεται στην άκρη με το μεγαλύτερο βάθος (Χατζηαγγέλου, 2002).



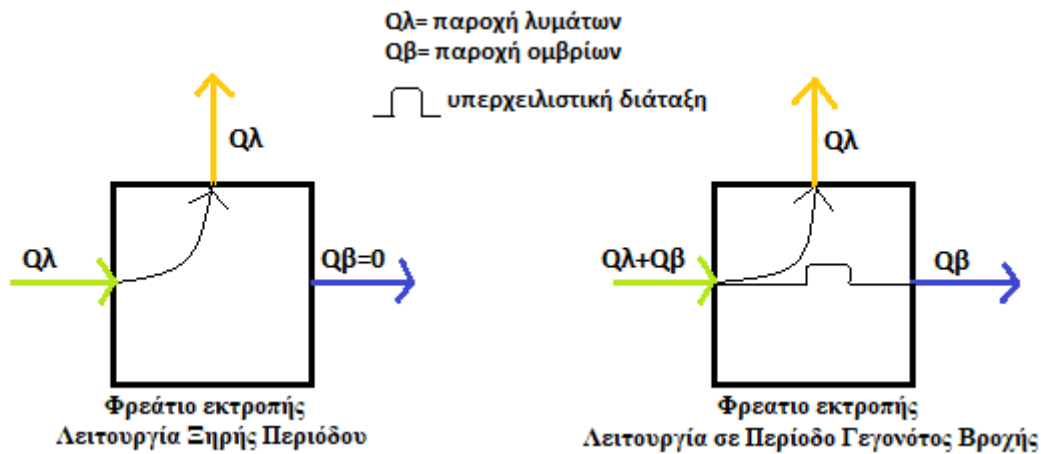
Εικόνα 11: Φρεάτια πτώσης για μικρές και μεγάλες διαμέτρους. (Ζαφειράκου, 2010)

8.1.4 Φρεάτια Εκτροπής

Τα φρεάτια εκτροπής ή κατ άλλους φρεάτιο διαχωρισμού αποτελούν μια παρεμβολή επί του άξονα των παντοροϊκών αγωγών τα οποία εκτελούν την εξής λειτουργία:

Κατά το ξηρό καιρό, εκτρέπουν την πορεία των λυμάτων και τα διοχετεύουν σε ένα άλλο νέο αγωγό, ο οποίος μπορεί να θεωρηθεί σχηματικά κάθετος στην πορεία του παντοροϊκού και ο οποίος με τη σειρά του καταλήγει σε συλλεκτήριο αγωγό λυμάτων για να οδηγηθούν τα λύματα στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.

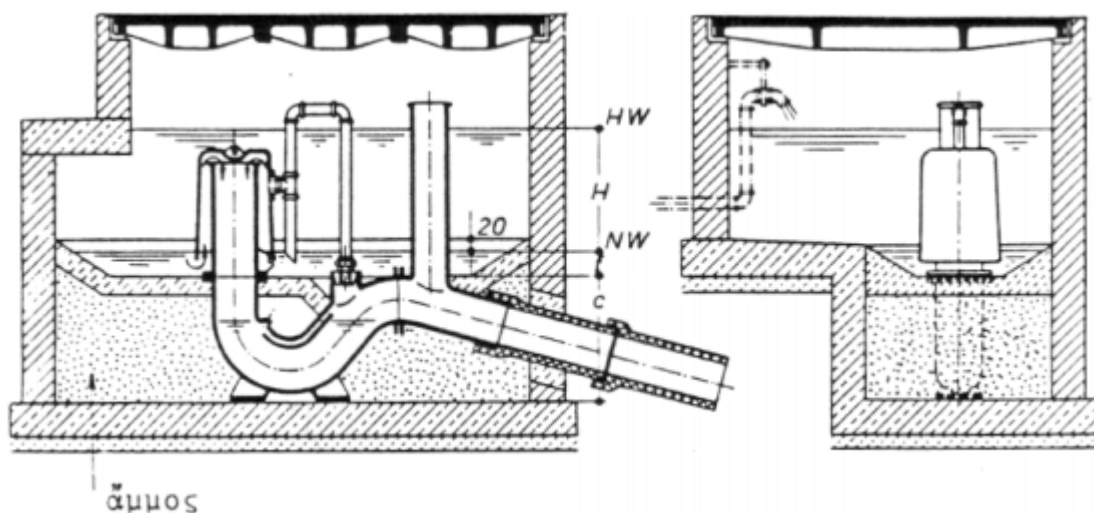
Κατά τον βροχερό καιρό, η μεγαλύτερη ποσότητα των λυμάτων, αναμειγμένη και αραιωμένη με τα όμβρια ύδατα συνεχίζει την αρχική της πορεία, στη συνέχεια του παντοροϊκού αγωγού και απορρίπτεται στον υδάτινο αποδέκτη. Ωστόσο, οι περιβαλλοντικοί όροι αναφέρουν ότι η απόρριψη αραιωμένων λυμάτων στη θάλασσα, επιτρέπεται μόνο σε έντονες βροχοπτώσεις και μάλιστα όταν η αραιώση έχει φτάσει στο 1:6 (Λαγγούσης & Φουρνιώτης, 2020).



Εικόνα 12: Σχηματική συνδεσμολογία και λειτουργία του φρεατίου εκτροπής (Λαγγούσης & Φουρνιώτης, 2020).

8.1.5 Φρεάτια Καθαρισμού

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 3 m³ για να είναι δυνατή η δημιουργία κύματος ικανοποιητικής διάρκειας (Χατζηαγγέλου, 2002).



Εικόνα 13: Φρεάτιο αυτόματου καθαρισμού (Ζαφειράκου, 2010).

8.2 ΣΙΦΩΝΕΣ

Στα αποχετευτικά δίκτυα παρουσιάζεται, σε ορισμένες περιπτώσεις, η ανάγκη κατασκευής αγωγού, σε μικρό τμήμα αυτού, υπό την μορφή ανεστραμμένου σίφωνου. Η ανάγκη της κατασκευής αυτής παρουσιάζεται σε περιπτώσεις διασταυρώσεων και στο ίδιο ύψος με διάφορα εμπόδια, όπως υπόγειες σήραγγες, αγωγοί ύδρευσης, άλλοι υπόνομοι κλπ. Στο σίφωνα, ο οποίος λειτουργεί υπό πίεση, η ταχύτητα ροής δεν πρέπει να είναι πιο μικρή από 1,0 m/s για την αποφυγή αποθέσεων στερεών υλικών. Ο κλάδος ανόδου δεν πρέπει να έχει μεγάλη κλίση, γιατί ο σίφοντας τότε λειτουργεί καλύτερα και δεν κινδυνεύει από έμφραξη. Επίσης πρέπει να γίνονται φρεάτια, εφοδιασμένα με

υδροφρακτικά φράγματα, για τον έλεγχο και καθαρισμό του σιφωνός (Μάρκου & Παναγιωτοπούλου, 2008).

8.3 ΕΡΓΑ ΡΥΘΜΙΣΕΩΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

Τα έργα αυτά έχουν σκοπό την εκτροπή, του συνόλου ή μέρους της παροχής ενός υπονόμου. Αυτό γίνεται συνήθως για την ανακούφιση του αγωγού όταν υπερφορτώνεται ή για τη μείωση αυξημένων ποσοτήτων ακαθάρτων όταν πρόκειται να οδηγηθούν σε εγκαταστάσεις καθαρισμού, ή και για την προφύλαξη των μικρών αγωγών ακαθάρτων από εισροή ομβρίων. Διακρίνονται σε (Μάρκου & Παναγιωτοπούλου, 2008): κινητούς ρυθμιστές, ρυθμιστές με σταθερή διάταξη παροχέτευσης και ρυθμιστές με υπερχείλιση.

8.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

Η μέτρηση της παροχής των αποχετευόμενων λυμάτων μπορεί να γίνει με (Μάρκου & Παναγιωτοπούλου, 2008):

- **Υπερχειλιστές:** Τοποθετούνται μέσα στους αγωγούς υπερχειλιστές με λεπτή στέψη, έτσι ώστε να είναι δυνατόν να μετρηθεί σε κάθε στιγμή το πάχος της υπερχειλίζουσας φλέβας. Στη συνέχεια με την εφαρμογή του σχετικού τύπου υπερχειλιστή υπολογίζεται η παροχή.
- **Υδρομετρητές Venturi:** Μετρούν την παροχή βάσει της μανομετρικής ενδείξεως που παρουσιάζουν. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για ακάθαρτα, αρκεί πριν την διέλευση των ακαθάρτων διαμέσου αυτού, να χυθεί στον υπόνομο ποσότητα καθαρού νερού και ο στενός σωλήνας της συσκευής να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με τον πυθμένα του υπονόμου για την αποφυγή συγκέντρωσης στερεών υλών πριν από τη στένωση.
- **Θεωρητικές μέθοδοι:** Η παροχή μπορεί να υπολογιστεί θεωρητικά αν γνωρίζουμε τις 26 θέσεις των αγωγών και την απόσταση μεταξύ των φρεατίων (Μάρκου & Παναγιωτοπούλου, 2008).

8.5 ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΕΙΣ

Εξωτερική διακλάδωση ονομάζουμε το τμήμα του αγωγού αποχέτευσης μιας οικοδομής από τη σημείο σύνδεσης με τον υπόνομο μέχρι την ρυμοτομική γραμμή. Οι ιδιωτικές διακλαδώσεις κατασκευάζονται με μικρότερες από τους κεντρικούς αγωγούς διαμέτρους και με κλίση μεγαλύτερη του 2%, για αποφυγή εμφράξεων. Η συμβολή των διακλαδώσεων επί των αγωγών πρέπει να γίνεται υπό οξεία γωνία, για την διευκόλυνση της ροής σε αυτό το σημείο. Η σύνδεση των αγωγών γίνεται με ειδικό στόμιο αναμονής, το οποίο δεν πρέπει να τοποθετείται σε χαμηλά σημεία, για να αποφεύγεται η εισροή υδάτων μέσα στη διακλάδωση (Λαγγούσης & Φουρνιώτης, 2020).

8.5.1 Η Διάταξη των Εξωτερικών Διακλαδώσεων

Η εξωτερική διακλάδωση μπορούμε να ορίσουμε ότι αποτελείται από τρία τμήματα:

- Το πρώτο τμήμα είναι το εξάρτημα σύνδεσης με τον κεντρικό αγωγό.
- Το δεύτερο τμήμα είναι ο αγωγός μεταξύ του κεντρικού αγωγού και του ακινήτου.
- Το τρίτο τμήμα είναι η προσαρμογή και η σύνδεση της διακλάδωσης με το ιδιωτικό εσωτερικό δίκτυο του ακινήτου, η οποία πραγματοποιείται με την κατασκευή ενός φρεατίου που ονομάζεται φρεάτιο προσαρμογής της εξωτερικής διακλάδωσης.

8.5.2 Η Γωνία Σύνδεσης της Εξωτερικής Διακλάδωσης στον Κεντρικό Αγωγό

Ως πρώτο τμήμα της εξωτερικής διακλάδωσης, όπως προαναφέρθηκε, θεωρούμε το εξάρτημα που συνδέεται στον κεντρικό αγωγό. Η σύνδεση πρέπει να γίνεται κάθετα στην περίμετρο του αγωγού και μάλιστα στον θόλο του, πάνω από την μέγιστη στάθμη του νερού. Για την εκπλήρωση αυτών των απαιτήσεων, μπορεί να υπολογιστεί η ελάχιστη απαιτούμενη γωνία (φ) που σχηματίζει η διεύθυνση του άξονα του πρώτου τμήματος της εξωτερικής διακλάδωσης, ως προς την οριζόντια διεύθυνση, για διάφορες διατομές του κεντρικού αγωγού και του αγωγού της διακλάδωσης. Η γωνία (φ) κυμαίνεται θεωρητικά από 0 έως 90 μοίρες. Όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία (φ) δηλαδή όσο πλησιάζει τις 90 μοίρες, δηλαδή η διεύθυνση του πρώτου εξαρτήματος πλησιάζει την κατακόρυφη, τόσο ασφαλέστερη είναι η σύνδεση στον θόλο του αγωγού (Λαγγούσης & Φουρνιώτης, 2020).

8.5.3 Απόσταση Μεταξύ Εξωτερικών Διακλαδώσεων

Επειδή οι οπές που διανοίγονται στον κεντρικό αγωγό, δημιουργούν αδύνατα σημεία και μειώνουν την μηχανική του αντοχή, είναι απαραίτητο να τηρούνται ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ αυτών των συνδέσεων, επί του αγωγού. Προτείνεται ελάχιστη αξονική απόσταση μεταξύ των εξωτερικών διακλαδώσεων που συνδέονται στον ίδιο αγωγό, είτε από την ίδια πλευρά είτε από αντίθετες πλευρές, ως εξής: $L > 4d$, όπου (d) η διάμετρος της εξωτερικής διακλάδωσης. Στην πραγματικότητα η απόσταση μεταξύ διακλαδώσεων, ενδείκνυται να είναι ακόμη μεγαλύτερη, για άλλους λόγους που σχετίζονται με την απόσταση μεταξύ των ορυγμάτων των εξωτερικών διακλαδώσεων, ώστε η νέα εκσκαφή να μην επηρεάζει τον εγκιβωτισμό, την έδραση, το επίχωμα και την επαναφορά του οδοστρώματος της προηγούμενης. Μια τέτοια ασφαλής απόσταση είναι της τάξεως των 2,50 μέτρων.

Εάν οι εξωτερικές διακλαδώσεις κατασκευάζονται ταυτόχρονα με τον κεντρικό αγωγό, τότε η τήρηση αυτών των περιορισμών είναι εύκολη και μπορεί να ελεγχθεί. Εάν όμως πρόκειται για κατασκευή μιας νέας εξωτερικής διακλάδωσης σε δίκτυο που λειτουργεί και έχει ήδη συνδεδεμένες άλλες εξωτερικές διακλαδώσεις, των οποίων η θέση δεν είναι αρκετά εμφανής, τότε απαιτείται ιδιαίτερη μέριμνα και έρευνα, ώστε να τηρηθεί η απόσταση ασφαλείας. Η έρευνα αφορά κυρίως στις

υπάρχουσες διακλαδώσεις που συνδέονται από την αντίθετη πλευρά του αγωγού, διότι στην ίδια πλευρά, οι αποστάσεις των διακλαδώσεων καθορίζονται από τις αποστάσεις μεταξύ των οικοπέδων. Στην περίπτωση αυτή μπορούν να βοηθήσουν, στον εντοπισμό της θέσης, τα φρεάτια προσαρμογής υπαρχουσών εξωτερικών διακλαδώσεων.

8.5.4 Ειδικές Περιπτώσεις

- **Οριακή υψομετρική διαφορά μεταξύ της άνω ράχης του κεντρικού αγωγού και του πυθμένα του φρεατίου προσαρμογής**, όταν ο κεντρικός αγωγός είναι αβαθής και το εσωτερικό δίκτυο για διάφορους λόγους είναι ή πρέπει να κατασκευαστεί βαθύ.

Η ελάχιστη απαιτούμενη υψομετρική διαφορά, μεταξύ πυθμένα του φρεατίου προσαρμογής και της άνω ράχης του κεντρικού αγωγού, είναι:

$$\Delta h = 0,02 * L + 1.25 * d - 0.30 * D \text{ (όλα σε m)}$$

Όπου:

- L η απόσταση της εξωτερικής διακλάδωσης
- d η διάμετρος της εξωτερικής διακλάδωσης
- D η διάμετρος του κεντρικού αγωγού
- **Σύνδεση διακλάδωσης σε φρεάτιο παρακολούθησης**, στην περίπτωση που η διάμετρος (d) του αγωγού της εξωτερικής διακλάδωσης είναι μεγαλύτερη από την διάμετρο (D) του κύριου αγωγού λόγω του περιορισμού (d/D).
- **Ύπαρξη εμποδίων** κατά την διέλευση του αγωγού της εξωτερικής διακλάδωσης στο πεζοδρόμιο και στο δρόμο. Συνήθη εμπόδια είναι άλλοι αγωγοί αποχέτευσης, αγωγοί ύδρευσης, σωληνώσεις τηλεφωνικών καλωδίων, παλαιοί καταργημένοι αγωγοί κ.α. Αν κάποιο από τα εμπόδια θεωρηθεί ανυπέρβλητο, η σύνδεση ενός ακινήτου με βαρύτητα θεωρείται ανέφικτη και επιλέγεται η λύση της άντλησης.
- **Σύνδεση ακινήτου με άντληση**, όταν δεν είναι δυνατή η σύνδεση του ακινήτου με βαρύτητα είτε λόγω χαμηλού υψόμετρου του ακινήτου είτε λόγω μικρού βάθους του κεντρικού αγωγού αποχέτευσης, τότε κατασκευάζεται ιδιωτικό αντλητικό συγκρότημα.
- **Περισσότερες από μία εξωτερικές διακλαδώσεις σε οικόπεδο**. Οι λόγοι είναι κυρίως τεχνικοί όταν είναι αδύνατη η αποχέτευση όλων των κτιρίων με μία διακλάδωση.

-
- **Αποχέτευση οικοπέδου που δεν έχει πρόσωπο σε δρόμο.** Πιθανή λύση αποτελεί η έλευση του ιδιωτικού αγωγού μέσα από γειτονική ιδιοκτησία, η οποία έχει πρόσωπο σε δρόμο που διαθέτει δίκτυο αποχέτευσης, υπό τους όρους και τις προϋποθέσεις που καθορίζονται στον κανονισμό δικτύων αποχέτευσης (Λαγγούσης & Φουρνιώτης, 2020).

8.6 ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Ο εξαερισμός του δικτύου υπονόμων είναι απαραίτητος, γιατί έτσι αποφεύγεται η συγκέντρωση επιβλαβών αερίων, κυρίως υδρόθειου, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν καταστρεπτικές εκρήξεις ή και επικίνδυνες διαβρώσεις. Συνήθως στον αέρα των υπονόμων η συγκέντρωση οξυγόνου είναι περίπου ίση με το 90% της ατμοσφαιρικής, πράγμα που εξασφαλίζει ικανοποιητικές συνθήκες αερόβιας αποσύνθεσης. Όμως σε αγωγούς πολύ μεγάλου μήκους με ασθενή φυσικό αερισμό ή σε θέσεις όπου παρεμποδίζεται ο φυσικός αερισμός, η συγκέντρωση μπορεί να πέσει κάτω από το 50% της ατμοσφαιρικής. Μια τέτοια σύνθεση του αέρα οδηγεί σε αναερόβιες διεργασίες αποσύνθεσης των οργανικών ουσιών και είναι δηλητηριώδης ή ακόμη και θανατηφόρα για τον άνθρωπο (Κουτσογιάννης, 2011).

8.7 ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΑ

Οι ανυψωτικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται στα αποχετευτικά δίκτυα όπου υπάρχουν τμήματα σε χαμηλές περιοχές σε σχέση με τον τελικό αποδέκτη. Σε αυτές τις περιπτώσεις δεν υπάρχει η απαιτούμενη υψομετρική διαφορά για να κινηθούν τα λύματα με φυσική ροή προς τον τελικό προορισμό τους. Πρέπει επομένως με αντλητική εγκατάσταση να οδηγηθούν στο κατάλληλο αποδέκτη. Οι αντλίες που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως μικρού μανομετρικού ύψους κατάλληλες για άντληση ακαθάρτων. Αυτή είναι η μόνη περίπτωση χρήσης αγωγών υπό πίεση για την αποχέτευση ακαθάρτων (Τσακίρης, 2010).

9. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Η ρύπανση των υδάτων των φυσικών αποδεκτών λόγω των διοχετευομένων σε αυτά ακαθαρσιών και επιβλαβών μικροοργανισμών, εκτός από τις επιδημικές ασθένειες, συνεπάγεται την απαγόρευση χρησιμοποίησης των όχθων των ποταμών ή των χώρων κολύμβησης και βλάπτει την αλιεία. Είναι λοιπόν απαραίτητη η επεξεργασία και καθαρισμός των ακάθαρτων υδάτων, πριν διοχετευτούν προς τον τελικό αποδέκτη. Σε οικόπεδο 80 στρεμμάτων στα όρια του Δήμου Πατρέων και του Δήμου Παραλίας συναντά κανείς τον Βιολογικό Καθαρισμό της Πάτρας, ένα έργο πνοής για την πόλη που είναι από τις πιο σύγχρονες μονάδες επεξεργασίας λυμάτων στην Ελλάδα. Έχει κατασκευαστεί με την τελευταία λέξη της επιστήμης και της τεχνολογίας και τέθηκε σε λειτουργία το 2001. Εκτός από το Δήμο Πατρέων εξυπηρετεί μεγάλο μέρος των Δήμων Παραλίας και Μεσσήτιδας.



Εικόνα 14: Εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού Πάτρας (Διαδίκτυο).

9.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

9.1.1 Φυσικές Διεργασίες ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σε αυτές η μεταβολή γίνεται με την εφαρμογή φυσικών δυνάμεων. Οι διεργασίες που χρησιμοποιούνται πιο συχνά στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων περιλαμβάνουν:

- εσχάρωση
- ελάττωση των χονδρών στερεών (τεμαχισμό, άλεση εσχαρισμάτων)
- εξισορρόπηση ροής
- ανάμιξη και συσσωμάτωση
- εξάμμωση
- καθίζηση
- διαύγαση υψηλού ρυθμού
- διαχωρισμό με επιτάχυνση της βαρύτητας (διαχωριστής δίνης)
- επίπλευση
- μεταφορά οξυγόνου
- αερισμό
- εξάτμιση και απομάκρυνση των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC)

9.1.2 Χημικές Διεργασίες Καθαρισμού

Σε αυτές η μετατροπή συντελείται μέσω χημικών αντιδράσεων. Πρόκειται για προσθετικές διεργασίες δηλαδή κάποιο συστατικό (συνήθως χλώριο) προστίθεται στα υγρά απόβλητα για να επιτευχθεί η απομάκρυνση κάποιου άλλου. Χημικές διεργασίες σε συνδυασμό με διάφορες φυσικές διεργασίες, έχουν αναπτυχθεί για την πλήρη δευτεροβάθμια επεξεργασία των ακατέργαστων υγρών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένης της απομάκρυνσης αζώτου ή φωσφόρου ή και των δύο (Metcalf & Eddy, 2017).

9.1.3 Βιολογικές Διεργασίες Καθαρισμού

Όλα σχεδόν τα υγρά απόβλητα που περιέχουν βιοαποικοδομήσιμα συστατικά μπορούν να υποστούν βιολογική επεξεργασία. Οι κύριες βιολογικές διεργασίες χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες: τις διεργασίες αιωρούμενης βιομάζας και τις διεργασίες προσκολλημένης βιομάζας.

Οι γενικοί στόχοι της βιολογικής επεξεργασίας των αστικών λυμάτων είναι:

-
- να μετατρέψει διαλυμένα και σωματιδιακά βιοαποικοδομήσιμα συστατικά σε αποδεκτά τελικά προϊόντα
 - να συλλέξει και να ενσωματώσει αιωρούμενα και μη καθιζάνοντα κolloειδή στερεά σε ένα βιολογικό συσσωμάτωμα ή βιοφίλμ
 - να μετατρέψει ή να απομακρύνει θρεπτικά, όπως άζωτο και φώσφορο
 - να απομακρύνει συγκεκριμένα ίχνη οργανικών συστατικών και ενώσεων

(Metcalf & Eddy, 2017).

9.2 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Λόγω της αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού είναι αναγκαία η ύπαρξη κατάλληλης τεχνολογίας ακόμα και για παραγωγή πόσιμου νερού από μη πόσιμα νερά. Δημιουργούνται όμως σοβαρά θέματα κοινωνικής αποδοχής και υψηλού κόστους επεξεργασίας. Γι' αυτό κάθε τύπος επεξεργασίας πρέπει να έχει τις δικές του προδιαγραφές. Οι αναπτυγμένες χώρες έχουν αυστηρές προδιαγραφές για την ποιότητα του νερού με υπηρεσίες, όπως το Συμβούλιο Νερού του Ισραήλ και το τοπικό Υπουργείο Υγείας της Καλιφόρνιας, να έχουν θεσπίσει αυστηρούς κανονισμούς για ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων για άρδευση, ενώ οι αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η έλλειψη νερού αποτελεί πρόβλημα, υιοθετούν ποιοτικά κριτήρια προστασίας της δημόσιας υγείας από ανακτώμενα υγρά απόβλητα που ακολουθούν τις λιγότερο αυστηρές οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας για την διασφάλιση του υγειονομικού καλού.

Η ανάπτυξη και η εφαρμογή κανονισμών για την πρόληψη της δημιουργίας προβλημάτων για την δημόσια υγεία και την προστασία του περιβάλλοντος είναι αναγκαία για την σωστή σχεδίαση έργων που συνδέονται με την ανάκτηση και την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων. Τέτοιοι κανονισμοί οφείλουν να περιλαμβάνουν:

- Ένα σύστημα χορήγησης αδειών για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων και τεχνικούς ελέγχους για αυτή διαδικασία.
- Συγκεκριμένες προδιαγραφές ποιότητας για το νερό που ανακτάται και προορίζεται για διάφορες χρήσεις.
- Ελέγχους που μειώνουν τους κινδύνους για τον άνθρωπο που προέρχονται από το ανακτώμενο νερό και περιορισμούς στις διάφορες χρήσεις του.
- Ελέγχους για την πρόσβαση στο σύστημα συλλογής των υγρών αποβλήτων και προληπτικούς ελέγχους για να αποφευχθεί η σύνδεση μεταξύ του δικτύου ύδρευσης και του δικτύου ανακτώμενου και επαναχρησιμοποιούμενου νερού.

-
- Μηχανισμούς που θα καθιστούν υποχρεωτικούς και θα δίνουν ανταγωνιστική ισχύ σε όλους τους παραπάνω κανονισμούς, συμπεριλαμβανομένων και των αρμοδιοτήτων για διενέργεια ελέγχων και επιβολή ποινών στις περιπτώσεις παραβιάσεων (Λέκκα,2013).

10.ΕΠΙΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ

10.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ XL DRAIN

10.1.1 Γενικά

Το πρόγραμμα XL Drain είναι ένα εργαλείο σχεδίασης, υπολογισμού, διαστασιολόγησης, ελέγχου, αποτύπωσης και προμέτρησης εργασιών για τα δίκτυα αποχέτευσης ομβρίων και υδάτων. Έχει τη δυνατότητα να περιλαμβάνει σε μία ενιαία εργασία, αγωγούς ομβρίων, λυμάτων, παντοροϊκούς και καταθλιπτικούς, σε λειτουργική και χωρική αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Έτσι ακριβώς λειτουργούν και τα δίκτυα εντός των πόλεων.

Το XL Drain έχει εφαρμογή για τις εξής εργασίες:

- Νέες μελέτες δικτύων αποχέτευσης, όπου το πρόγραμμα αποδίδει το μέγιστο των δυνατοτήτων του
- Έλεγχος υφιστάμενων μελετών ή υφιστάμενων δικτύων
- Μητρώο έργου όπως κατασκευάστηκε
- Αποτύπωση δικτύων αποχέτευσης

Είναι πρόγραμμα σχεδιαστικό και υπολογιστικό. Έχει βασιστεί πάνω στο AutoCAD και έχει δική του εργαλειοθήκη εντολών. Χρησιμοποιεί τις δυνατότητες του προγράμματος AutoCAD για τις σχεδιαστικές του ανάγκες και ταυτόχρονα δημιουργεί δικές του βάσεις δεδομένων, ώστε να πραγματοποιεί υπολογισμούς.

Η γλώσσα στην οποία έχει συνταχθεί το πρόγραμμα είναι η visual basic.

Η επικοινωνία του προγράμματος με το AutoCAD γίνεται μέσω της γλώσσας auto lisp.

Για τη δημιουργία πινάκων, χρησιμοποιείται το πρόγραμμα excel.

Η επικοινωνία του χρήστη με το πρόγραμμα γίνεται:

- Μέσω των εντολών που περιέχονται στις εργαλειοθήκες του προγράμματος
- Μέσω φορμών και παραθύρων διαλόγου, όπου ζητούνται τα απαραίτητα δεδομένα
- Μέσω προτροπών που εμφανίζονται στην γραμμή εντολών του AutoCAD, στο κάτω αριστερό μέρος της οθόνης. Σε ορισμένες λειτουργίες, δίνονται με τον τρόπο αυτό σημαντικά στοιχεία.

Περισσότερες πληροφορίες για το λογισμικό XLdrain είναι διαθέσιμες και μπορούν να αντληθούν από το σύγγραμμα « Στοιχεία Σχεδιασμού Έργων Ύδρευσης και Αποχέτευσης (Ανδρέας Σ. Λαγγούσης, Νικόλαος Θ. Φουρνιώτης)».

10.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΤΗΣ ΠΑΡΑΛΙΑΣ ΠΑΤΡΩΝ

Η περιοχή για την οποία πρόκειται να σχεδιαστεί το δίκτυο αποχέτευσης όμβριων υδάτων βρίσκεται στο πολεοδομικό συγκρότημα της Παραλίας Πατρών. Πιο συγκεκριμένα το σχέδιο οριζοντιογραφίας αναφέρεται σε ένα προάστιο της Παραλίας Πατρών και έχει ως τελικό αποδέκτη τη θάλασσα, όπως φαίνεται και παρακάτω.



Εικόνα 15: Χάραξη αγωγών (με κόκκινο) και φρεατίων στην περιοχή μελέτης.

Σκοπός της εργασίας είναι η μόρφωση ενός δικτύου αποχέτευσης όμβριων υδάτων που να μπορεί να επιτελεί με ασφάλεια και αξιοπιστία τον σκοπό για τον οποίο κατασκευάστηκε. 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 την γνώση των υψομέτρων) κάτω από τις οποίες θα διέρχονται οι αγωγοί του δικτύου.

10.3 ΤΟ ΡΥΜΟΤΟΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

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 την χάραξη του δικτύου όμβριων υδάτων είναι, όσο το δυνατόν, να μην διέρχονται μέσα από ιδιοκτησίες κατοίκων, κλάδοι 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.

10.4 ΜΗΚΟΤΟΜΕΣ ΤΩΝ ΟΔΩΝ

Βασικό εργαλείο για την 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 το δικτύου. Στην πραγματικότητα θα πρέπει να θεωρούνται ως στάθμες της επιφάνειας του εδάφους και όχι αυτές που υπάρχουν σήμερα , αλλά εκείνες που πρόκειται να διαμορφωθούν μετά την εφαρμογή των μελετών οδοποιίας.

10.5 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΛΙΑ ΠΑΤΡΩΝ

Για την ανάλυση και το σχεδιασμό του δικτύου αποχέτευσης ομβρίων υδάτων χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα τα οποία είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές που προβλέπει το Προεδρικό Διάταγμα 696/1974, Κεφάλαιο Δ' «Τεχνικά Προδιαγραφά Μελετών Αποχετεύσεως» Πόλεων και Οικισμών».

10.6 ΒΗΜΑΤΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

- Φόρτωση αρχικού υποβάθρου(ρυμοτομικό σχέδιο) ως ένα αρχείο .dwg στο περιβάλλον του AutoCad
- Ενεργοποίηση του προγράμματος XLdrain
- Αναγραφή των υψομέτρων του εδάφους στο σχέδιο του υποβάθρου , στις αξονοδιασταυρώσεις των δρόμων και σε σημεία τοποθέτησης φρεατίων.
- Σχεδίαση ισοϋψών καμπυλών
- Σημείωση των ορίων των οικοπέδων
- Διαχωρισμός και εμβαδομέτρηση επιφανειών απορροής των οικοδομικών τετραγώνων
- Τοποθέτηση φρεατίων τα οποία λειτουργούν και ως φρεάτια υδροσυλλογής.

Για κάθε φρεάτιο ορίζεται το υψόμετρο, η επιφάνεια απορροής και ο χρόνος συρροής που ορίστηκε ως $t_e=10\text{min}$.

- Εισαγωγή αγωγών από τα κατώτερα υψομετρικά τμήματα από το κατάντι προς το ανάντι φρεάτιο επιλέγοντας μόνο υλικό αγωγού.
- Δημιουργία συλλεκτήρων δηλαδή διάταξη σωληνοσειρών
- Εισαγωγή τύπου εκβολής των πρωτευόντων συλλεκτήρων και ορισμός υψομέτρων της στάθμης των υδάτων του αποδέκτη

- Επίλυση δικτύου
- Γεωδαιτική προσαρμογή του δικτύου, δηλαδή η προσαρμογή του δικτύου στο ανάγλυφο του εδάφους, σύμφωνα με την οποία καθορίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα τα βάθη και οι κλίσεις των αγωγών
- Υδραυλική επίλυση του δικτύου, με την οποία υπολογίζονται οι υδραυλικές παροχές, οι ταχύτητες ροής, τα ποσοστά πλήρωσης κ.λπ.
- Επαναδιαστασιολόγηση των αγωγών και έλεγχος επάρκειας
- Παραγωγή μηκοτομών
- Παραγωγή τεύχους υδραυλικών υπολογισμών
- Παραγωγή σφαλμάτων επίλυσης

10.6.1 Τελικό Σχέδιο Οριζοντιογραφίας

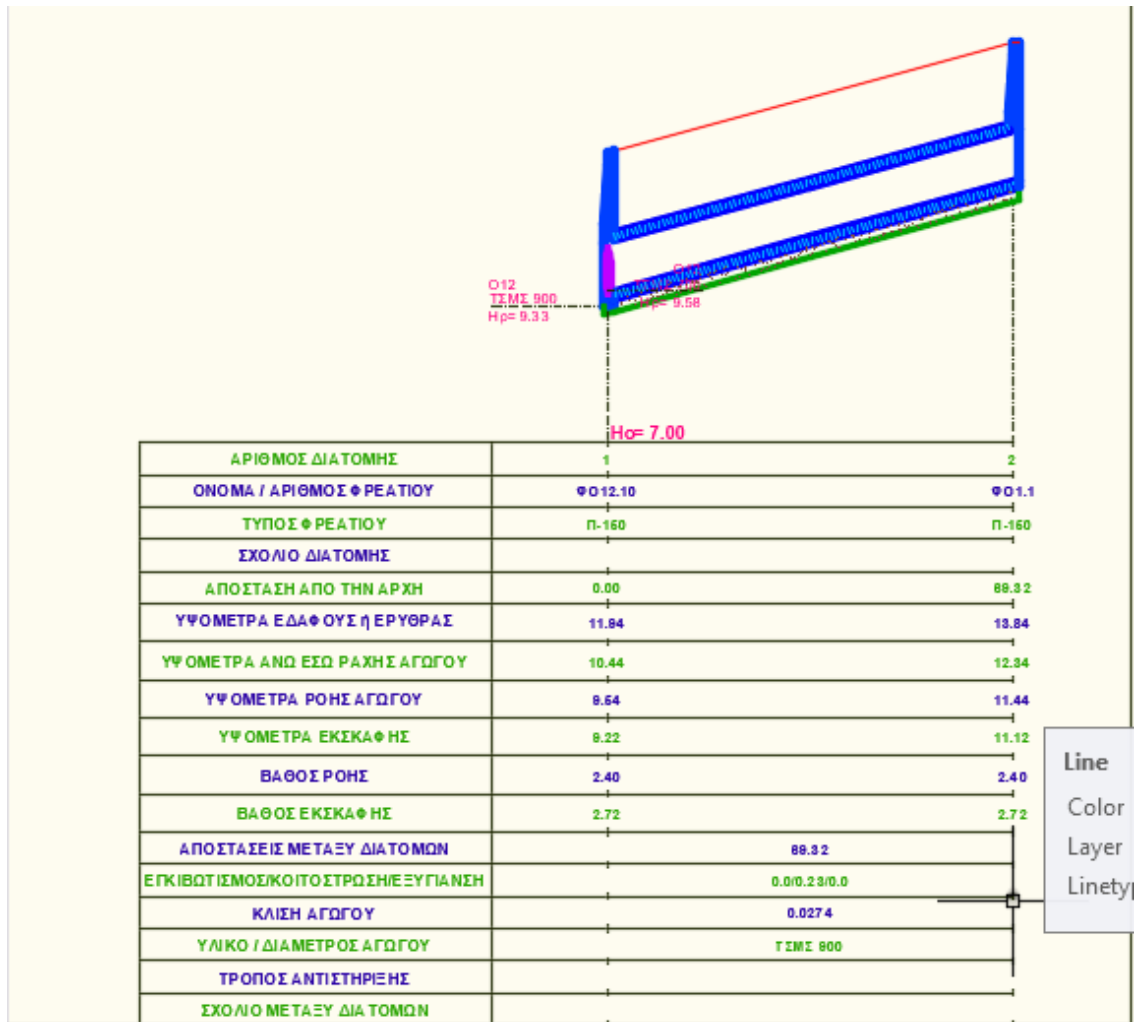


Εικόνα 16: Οριζοντιογραφία του τμήματος δικτύου αποχέτευσης ομβρίων.

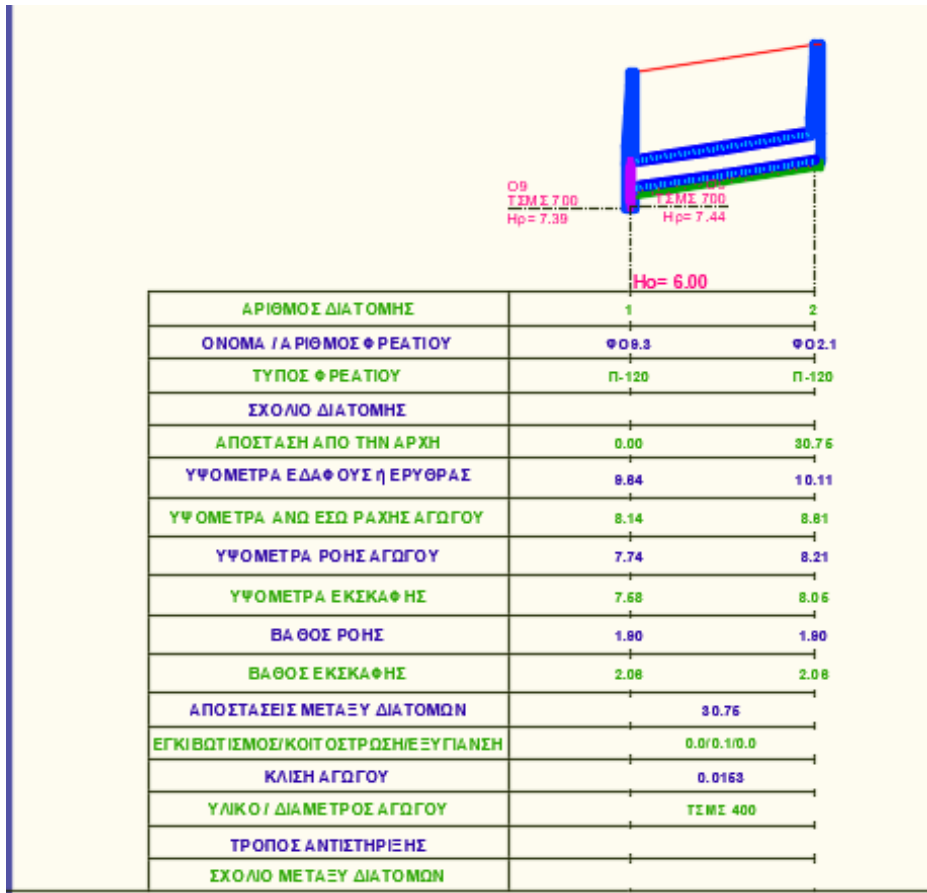
Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζεται το τελικό ρυμοτομικό σχέδιο οριζοντιογραφίας μετά τον πλήρη σχεδιασμό του Δικτύου Αποχέτευσης Ομβρίων. Διαπιστώνεται έντονη δενδροειδή διάταξη αγωγών και όχι μόνο, οι οποίοι καταλήγουν σε δύο μεγάλους κεντρικούς συλλεκτήρες. Οι συλλεκτήρες έχουν ως τελικό αποδέκτη υδάτινη περιοχή και πιο συγκεκριμένα, την θάλασσα.

10.6.2 Παραγόμενες Μηκοτομές Συλλεκτήρων

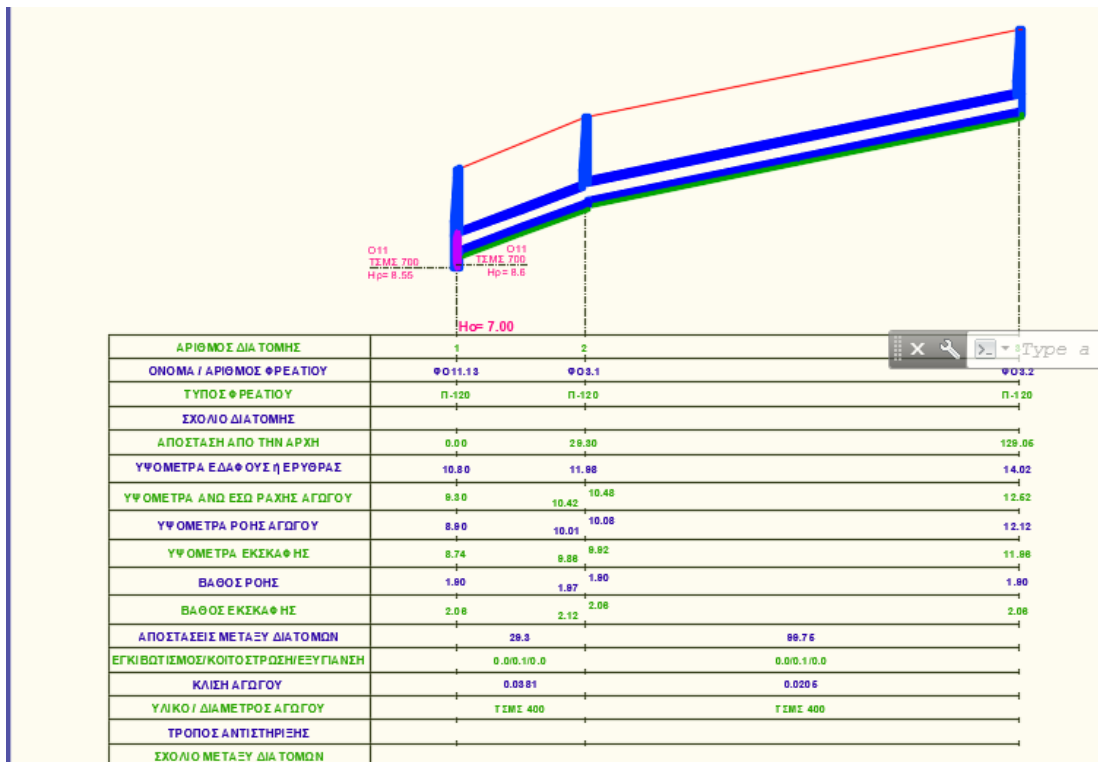
Ακολουθούν συνολικά 8 μηκοτομές συλλεκτήρων (6 δευτερεύοντες και 2 κεντρικοί) όμβριων υδάτων, από τσιμεντοσωλήνα, με αναγραφόμενα όλα τα στοιχεία κατασκευής. Αναλυτικότερα η κάθε μηκοτομή περιέχει πληροφορίες υψομέτρων ερυθράς, υψομέτρων αγωγού, βαθών, κλίσεων, αποστάσεων, είδους υλικών, εγκιβωτισμού, αντιστήριξης κ.λπ.



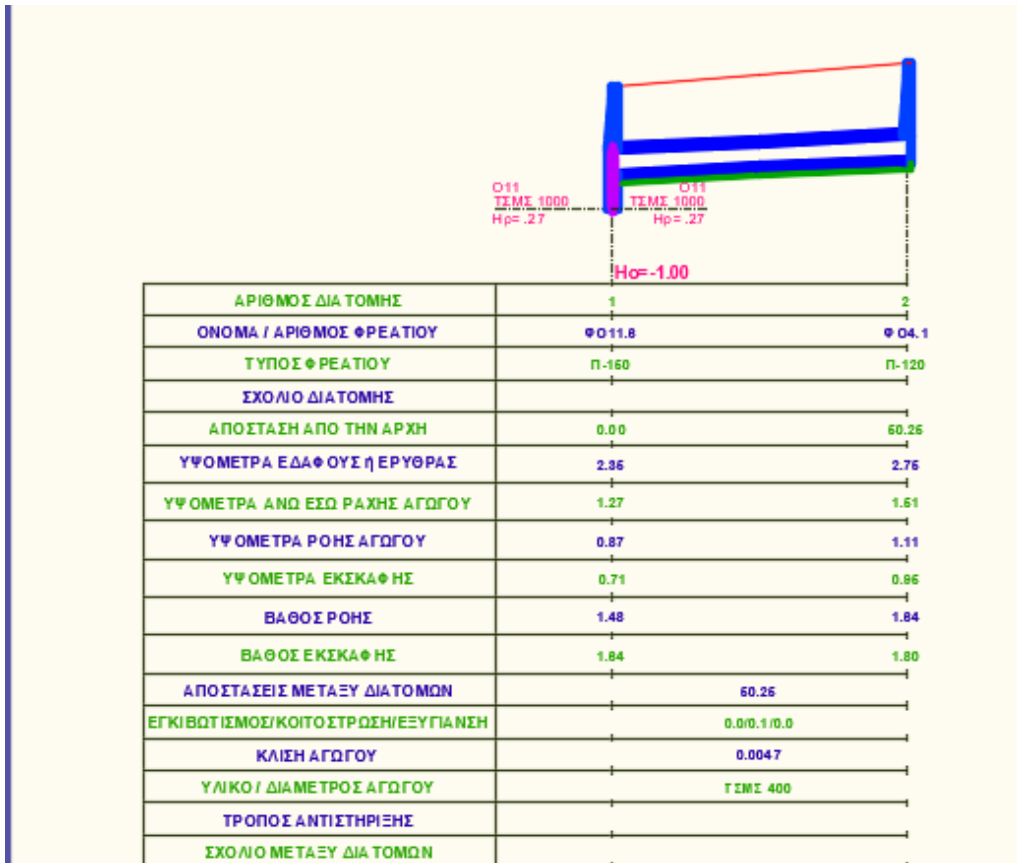
Εικόνα 17: Μηκοτομή συλλεκτήρα ομβρίων-01



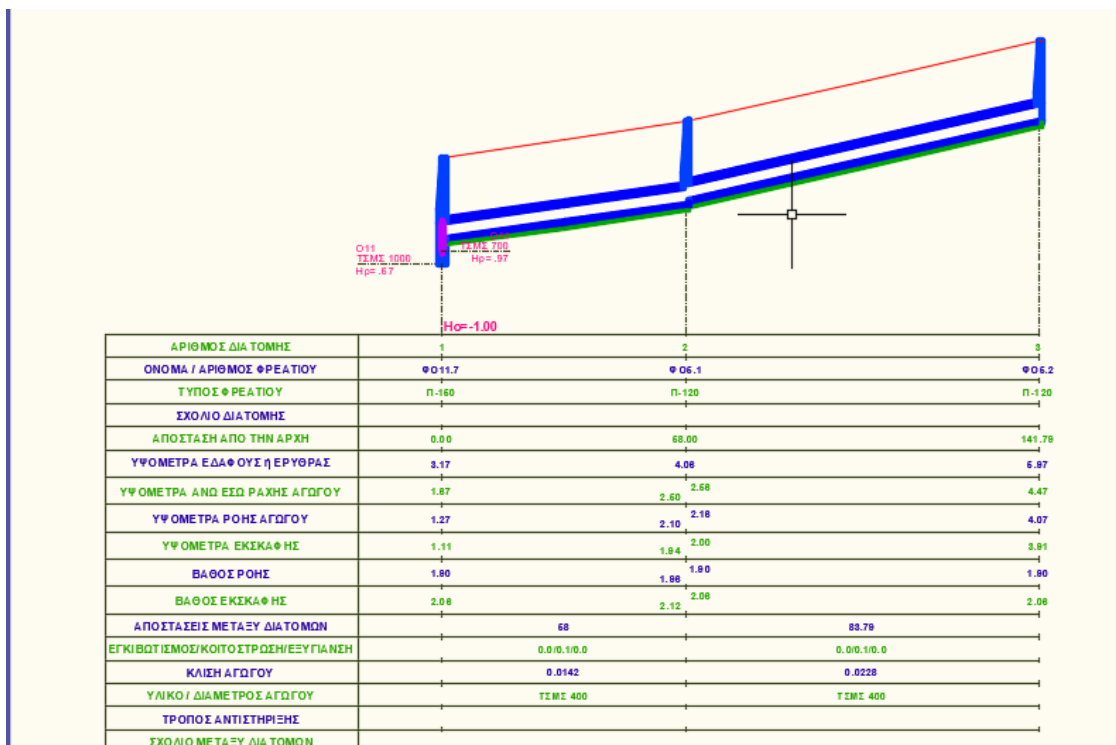
Εικόνα 18: Μηκοτομή συλλεκτήρα ομβρίων-02



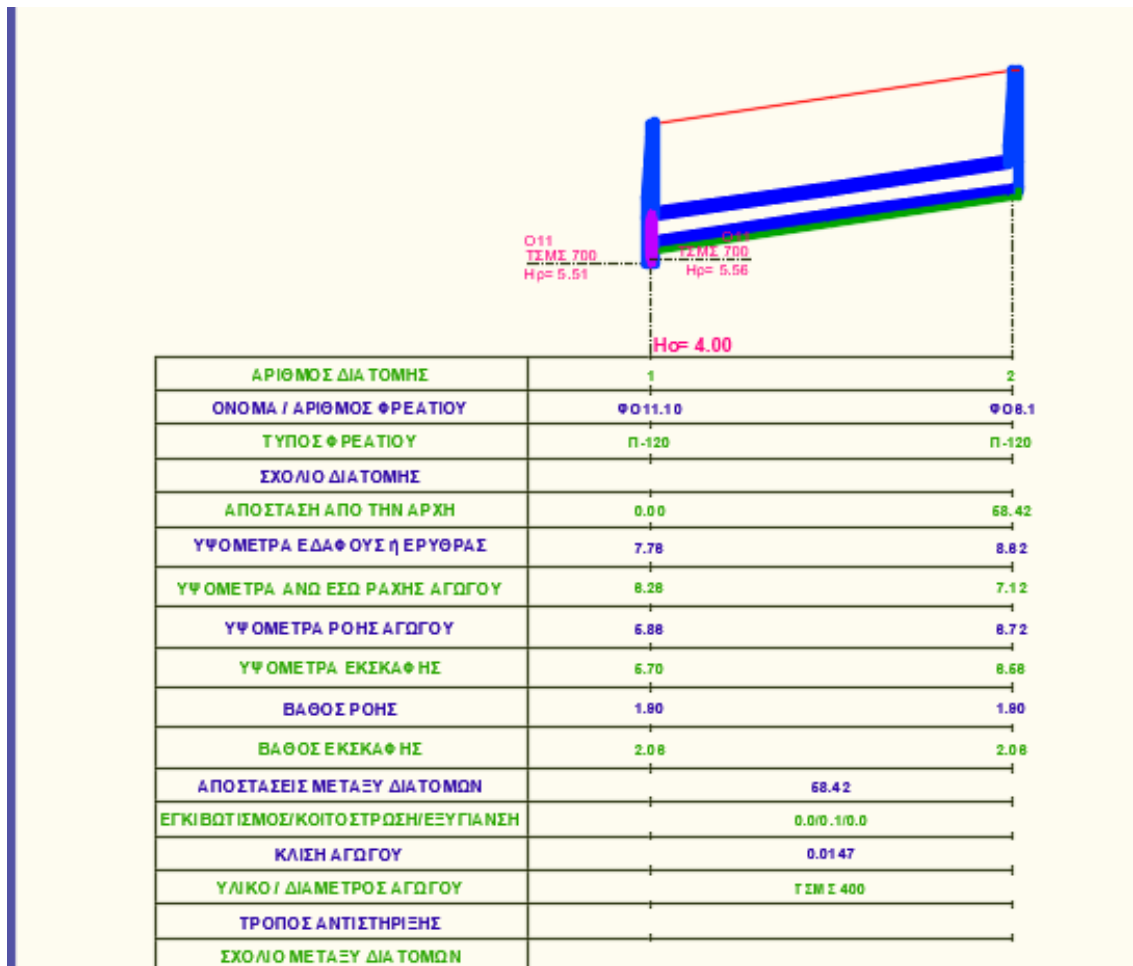
Εικόνα 19: Μηκοτομή συλλεκτήρα ομβρίων-03



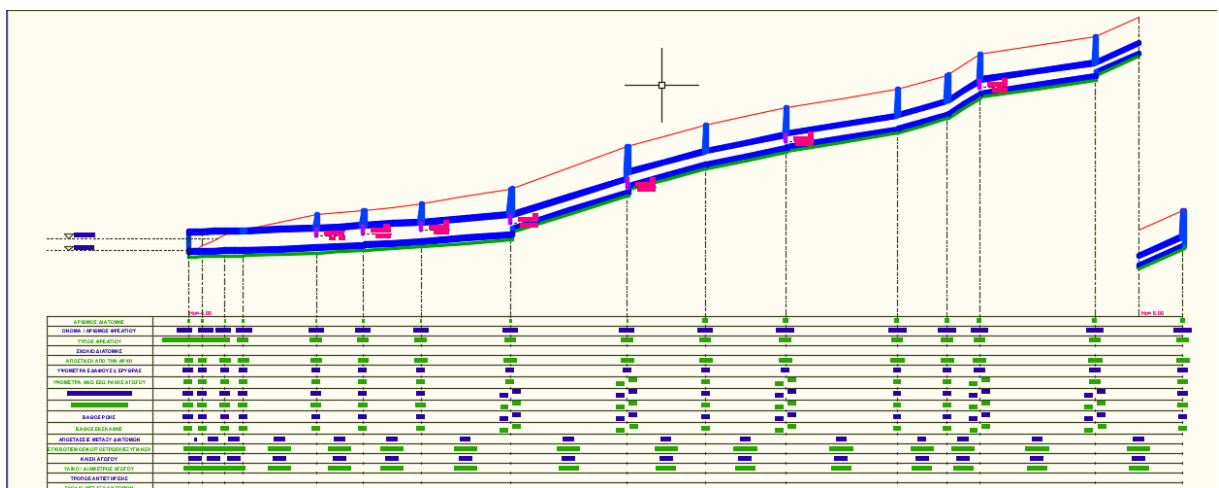
Εικόνα 20: Μηκτομή συλλεκτήρα ομβρίων-04



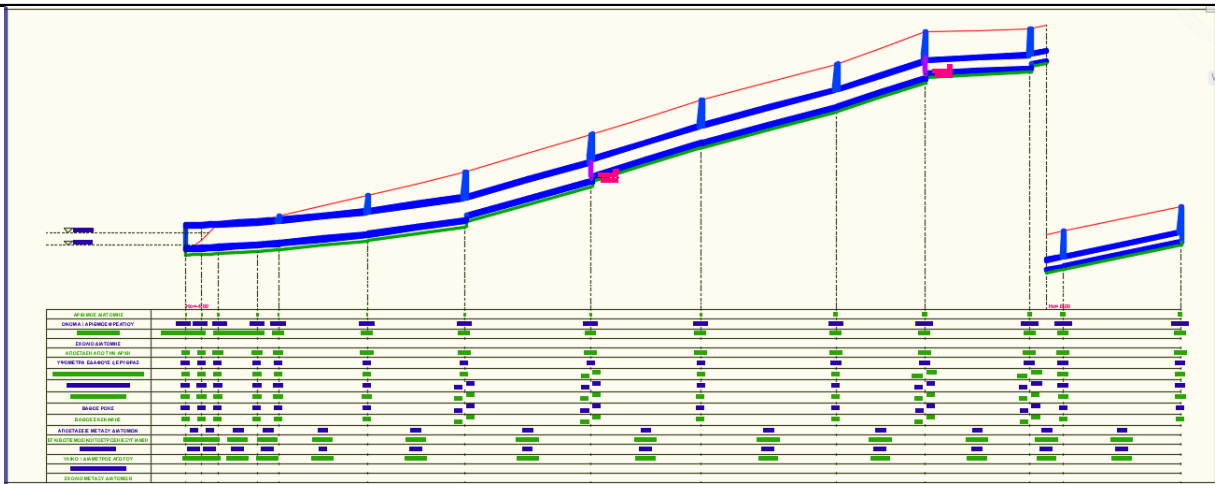
Εικόνα 21: Μηκτομή συλλεκτήρα ομβρίων-05



Εικόνα 22: Μηκοτομή συλλεκτήρα ομβρίων-06



Εικόνα 23: Μηκοτομή συλλεκτήρα ομβρίων-011



Εικόνα 24: Μηκοτομή συλλεκτήρα ομβρίων-012

10.6.3 Σφάλματα Επίλυσης

Μέσω του προγράμματος υπάρχει και η δυνατότητα εκτύπωσης του παρακάτω πίνακα όπου ο χρήστης διαπιστώνει τα λάθη που παρουσιάστηκαν κατά την επίλυση του δικτύου και τις ειδικές πληροφορίες που αφορούν την επίλυση κάθε ένα αγωγού ξεχωριστά.

```

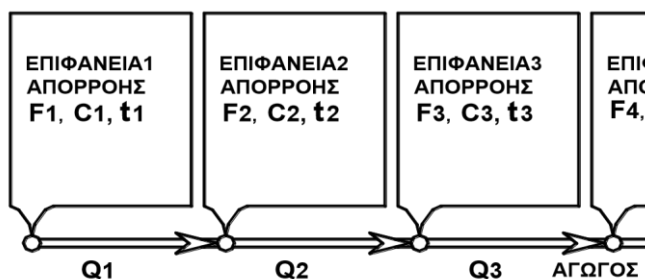
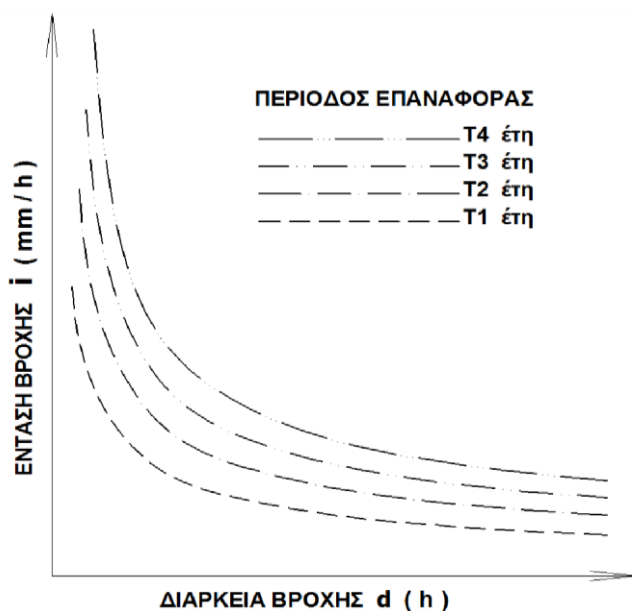
...
( ? ? ? ) ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ = 1 ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΤΟΥ max = .7 ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 1 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 011
( ! ! ! ) ΤΙΘΕΤΑΙ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ 0 ΑΓΩΓΟΣ 1 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 011
( ? ? ? ) ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 1 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 011
( ? ? ? ) ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ = 1 ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΤΟΥ max = .7 ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 2 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 011
( ! ! ! ) ΤΙΘΕΤΑΙ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ 0 ΑΓΩΓΟΣ 2 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 011
( ? ? ? ) ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 2 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 011
( ? ? ? ) ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ = 1 ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΤΟΥ max = .7 ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 3 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 011
( ! ! ! ) ΤΙΘΕΤΑΙ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ 0 ΑΓΩΓΟΣ 3 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 011
( ? ? ? ) ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ = 1 ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΤΟΥ max = .7 ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 4 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 011
( ! ! ! ) ΤΙΘΕΤΑΙ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ 0 ΑΓΩΓΟΣ 4 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 011
( ? ? ? ) ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ = 1 ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΤΟΥ max = .7 ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 5 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 011
( ! ! ! ) ΤΙΘΕΤΑΙ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ 0 ΑΓΩΓΟΣ 5 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 011
( ? ? ? ) ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ = 1 ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΤΟΥ max = .7 ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 6 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 011
( ! ! ! ) ΤΙΘΕΤΑΙ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ 0 ΑΓΩΓΟΣ 6 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 011
( ? ? ? ) ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ = 1 ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΤΟΥ max = .7 ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 7 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 011
( ! ! ! ) ΤΙΘΕΤΑΙ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ 0 ΑΓΩΓΟΣ 7 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 011
( ? ? ? ) ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ = 1 ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΤΟΥ max = .7 ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 1 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 012
( ! ! ! ) ΤΙΘΕΤΑΙ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ 0 ΑΓΩΓΟΣ 1 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 012
( ? ? ? ) ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 1 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 012
( ? ? ? ) ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ = 1 ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΤΟΥ max = .7 ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 2 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 012
( ! ! ! ) ΤΙΘΕΤΑΙ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ 0 ΑΓΩΓΟΣ 2 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 012
( ? ? ? ) ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 2 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 012
( ? ? ? ) ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ = 1 ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΤΟΥ max = .7 ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 3 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 012
( ! ! ! ) ΤΙΘΕΤΑΙ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ 0 ΑΓΩΓΟΣ 3 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 012
( ? ? ? ) ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ = 1 ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΤΟΥ max = .7 ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 4 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 012
( ! ! ! ) ΤΙΘΕΤΑΙ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ 0 ΑΓΩΓΟΣ 4 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 012
( ? ? ? ) ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ = 1 ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΤΟΥ max = .7 ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 5 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 012
( ! ! ! ) ΤΙΘΕΤΑΙ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ 0 ΑΓΩΓΟΣ 5 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 012
( ? ? ? ) ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΗΡΩΣΗΣ = 1 ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΤΟΥ max = .7 ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 6 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 012
( ! ! ! ) ΤΙΘΕΤΑΙ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ 0 ΑΓΩΓΟΣ 6 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 012
( ? ? ? ) ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ = .46 ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΤΗΣ min = .6 ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 1 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 04
( ? ? ? ) ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ = .57 ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΤΗΣ min = .6 ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 3 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 07
( ? ? ? ) ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ = .54 ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΤΗΣ min = .6 ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 1 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 010
( ? ? ? ) ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΥΤΟΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ = .37 ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΤΗΣ min = .6 ΣΤΟΝ ΑΓΩΓΟ 1 ΤΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΑ 010

```

Εικόνα 25: Σφάλματα επίλυσης εργασίας.

10.7 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΟ ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Ακολουθούν πληροφορίες και αναλυτική περιγραφή των μεθόδων που χρησιμοποιεί το λογισμικό XLdrain κατά την διάρκεια εκτέλεσης των υδραυλικών υπολογισμών. Παρουσιάζονται τα δεδομένα που το πρόγραμμα αντλεί αυτόματα και χρησιμοποιεί για την εκτέλεση υπολογιστικών πράξεων, τα διαγράμματα και οι τύποι εφαρμογής. Ωστόσο το λογισμικό διαθέτει τη δυνατότητα και ολικού αλλά και μερικού αυτοματισμού ανάλογα με την επιθυμία του χρήστη.



F1, F2, F3, F4, : επιφάνειες απορροής
 C1, C2, C3, C4, : συντελεστές απορροής
 t1, t2, t3, t4, : χρόνοι συρροής υδάτων, από το πιο απομακρυσμένο σημείο της επιφάνειας, μέχρι το σημείο συρροής επί του αγωγού.
 Q1, Q2, Q3, Q4, : παροχές σχεδιασμού των επιμέρους κλάδων του δικτύου.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ και ΤΡΟΠΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΠΑΡΟΧΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ

Ο γενικός τύπος που δίνει την ένταση βροχής (i) σε συνάρτηση με τη διάρκειά της (d), είναι ο εξής : $i = \lambda' * (T^{\kappa} - \psi') / (\mu + d/\theta)^{\eta} * \phi$

όπου :

i : ένταση βροχής σε (mm/h)
 d : διάρκεια βροχής σε ώρες (h)

$\phi = 1$ για συνήθεις μικρές αστικές λεκάνες

T : περίοδος επαναφοράς σε (έτη) - όμβρια καμπύλη κ, λ', ψ', θ, η, μ : αδιάστατα αριθμητικά δεδομένα
 Τα δεδομένα που έχουν εφαρμοστεί στην παρούσα μελέτη, για τον υπολογισμό της έντασης βροχής (i) μέσω του ανωτέρω τύπου, είναι τα εξής :

T = 5/ 10/ 15/ 20 σε έτη κ = 0,113 Περίοδος επαναφοράς T

$\psi' = 0,482$ D ≤ 80 T = 5 θ = 0,089
 80 < D ≤ 160 T = 10 η = 0,724 160 < D ≤ 240 T = 15 μ = 1,00240 < D T = 20

Η παροχή σχεδιασμού σε κάθε κλάδο του δικτύου, είναι το άθροισμα των παροχών όλων των επιφανειών απορροής που βρίσκονται στα ανάντι του κλάδου : $Q = \sum (C * i * F / 0.36)$

(Ορθολογική μέθοδος Π.Δ. 696/74)

Ως σημείο συρροής της παροχής κάθε επιφάνειας απορροής, λαμβάνεται πάντα το ανάντι φρεάτιο του κλάδου του δικτύου, στον οποίο εκρέει η επιφάνεια απορροής. Η παροχή αυτή (C * i * F / 0.36) είναι η υδραυλική φόρτιση που επιβάλλεται επί του εν λόγω φρεατίου. όπου :

Q : παροχή ομβρίων του κλάδου (Lit/sec) C : συντελεστής απορροής κάθε επιφάνειας i : ένταση βροχής (mm/h)

F : επιφάνεια απορροής σε εκτάρια (Ha)

- Οι χρόνοι συρροής ($t_1, t_2, t_3, t_4, \dots$), των επιφανειών απορροής δίνονται από 5 min έως 10 min (το Π.Δ. 696/74 προτείνει για συνήθεις επιφάνειες απορροής αστικών περιοχών $t_c = 10$ min)
Σε ειδικές περιπτώσεις μεγάλων επιφανειών απορροής είτε μη αστικών λεκανών δίνονται κατόπιν ειδικού υπολογισμού από τους τύπους του GIANDOTTI ή του KIRPICH
- Η ένταση (i) βροχής, για κάθε κλάδο του δικτύου υπολογίζεται για "κρίσιμη διάρκεια βροχής" (d), που είναι ο χρόνος συγκέντρωσης των υδάτων, από το πιο απομακρυσμένο χρονικά σημείο μεταξύ όλων των επιφανειών απορροής που βρίσκονται στα ανάντι του εξεταζόμενου κλάδου, μέχρι την είσοδο του κλάδου αυτού (χρόνος συρροής επιφάνειας + χρόνος διέλευσης αγωγών).
- Ο συντελεστής απορροής (C) των επιφανειών απορροής, εξαρτάται από την πυκνότητα οίκησης και από ανάγλυφο του εδάφους και οι τιμές που λαμβάνει είναι οι εξής :
Για πυκνότητα οίκησης μέχρι 10 κάτοικοι/Ha $C = 0.30$ ανεξάρτητα από την πυκνότητα οίκησης, Για πυκνότητα οίκησης από 11 μέχρι 50 κάτ/Ha $C = 0.50$ ανάλογα με το ανάγλυφο του εδάφους, Για πυκνότητα οίκησης από 51 μέχρι 100 κάτ/Ha $C = 0.60$ ο ελάχιστος συντελεστής (C) είναι :
Για πυκνότητα οίκησης από 101 μέχρι 150 κάτ/Ha $C = 0.70$ Για πεδινές περιοχές $C = 0.30$
Για πυκνότητα οίκησης από 151 και άνω κάτ/Ha $C = 0.80$ Για λοφώδεις περιοχές $C = 0.50$
Για πλήρως καλυμμένες επιφάνειες $C = 1.00$ Για ορεινές περιοχές $C = 0.60$
- Όσον αφορά το ανάγλυφο, η περιοχή του έργου χαρακτηρίζεται : **Πεδινή**

ΠΑΡΑΣΙΤΙΚΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ
A) Αναλυτική μέθοδος υπολογισμού παρασιτικών εισροών στο δίκτυο λυμάτων

Με την αναλυτική μέθοδο, οι παρασιτικές εισροές (Q_p) είναι το άθροισμα : $Q_p = Q_a + Q_b$, ήτοι :

- Εισροές από διήθηση υπογείων υδάτων, μέσω οπών των αγωγών, των φρεατίων, αρμών σύνδεσης κ.λ.π. :

$$Q_a = \sum [(0.05 + 0.125 * w * v) / F^{(0.30 - 0.125 * w * v)}] \quad (\text{τύπος της Metcalf \& Eddy}) \quad \text{όπου :}$$

Q_a : παροχή παρασιτικών εισροών από διήθηση υπογείων υδάτων (Lit/sec)

w : συντελεστής εξαρτώμενος από την ευαισθησία του αγωγού έναντι εισροών (0.00 ≤ w ≤ 1.00) (συνήθως PE : 0.2 - 0.4 PVC : 0.4 - 0.6 DOM : 0.5 - 0.7 ΤΣΜΣ : 0.6 - 0.8 ΚΤΙΣΤΟΙ : 0.7 - 1.0) v : ύψος του υδροφόρου ορίζοντα πάνω από τη στάθμηροής του αγωγού (0.0 ≤ v ≤ 4.0) F : επιφάνεια αποροής σε εκτάρια (Ha)

- Εισροές ομβρίων από στέγες, δώματα, ράμπες, φωταγωγούς κ.λ.π, μέσω παράνομων συνδέσεων : $Q_b = \sum [C * i * F / 0.36] * p$ όπου :

Q_b : παροχή παρασιτικών εισροών από όμβρια ύδατα (Lit/sec) C : συντελεστής αποροής

F : επιφάνεια αποροής σε εκτάρια (Ha) i : ένταση βροχής (Lit/sec/Ha) p : ποσοστό ομβρίων που εισέρχεται στο δίκτυο, εξαρτώμενο από την πυκνότητα οίκησης

(προτείνεται $p = e/100000$, ή $0.00 \leq p \leq 0.005$, όπου e η πυκνότητα οίκησης κάτοικοι/εκτάριο)

B) Μέθοδος μοναδικού συντελεστή για τον υπολογισμό παρασιτικών εισροών στο δίκτυο λυμάτων

Οι παρασιτικές εισροές (Q_p), υπολογίζονται ως ποσοστό της μέγιστης ωριαίας παροχής αιχμής (Q_0) με πολλαπλασιασμό επί ένα μοναδικό συντελεστή λ_p :

$$Q_p = \lambda_p * Q_0 \quad \text{όπου : } (0.30 \leq \lambda_p \leq 1.00)$$

Με τον τρόπο αυτό, τίθεται ένα λογικό περιθώριο στην παροχεταιυτικότητα του αγωγού λυμάτων, ώστε να μπορεί να δεχτεί παρασιτικές εισροές, οι οποίες ούτως ή άλλως περιέχουν μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας και βασίζονται σε πολλές παραδοχές.

Γ) Μέθοδος υπολογισμού παρασιτικών εισροών στην παρούσα μελέτη

Στην παρούσα μελέτη, η παροχή των παρασιτικών εισροών (Q_p) στο δίκτυο λυμάτων, έχει υπολογιστεί με την τιμή του παρακάτω τύπου :

$$\Omega \text{ς ποσοστό της μέγιστης παροχής αιχμής : } Q_p = \lambda_p * Q_0 \quad \text{με συντελεστή } \lambda_p = 0,2$$

όπου :

Q_p : παροχή παρασιτικών εισροών (Lit/sec)

ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΛΥΜΑΤΩΝ

Η παροχή σχεδιασμού (Q_s) των κλάδων του δικτύου λυμάτων, είναι το άθροισμα της μέγιστης ωριαίας παροχής (Q_o) και της παροχής των παρασιτικών εισροών (Q_p), όπως ανωτέρω υπολογίζονται, ήτοι :

$$Q_s = Q_o + Q_p \text{ όπου}$$

:

Q_s : παροχή σχεδιασμού κλάδων δικτύου λυμάτων (Lit/sec)

ΠΑΡΟΧΕΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΓΩΓΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ και ΛΥΜΑΤΩΝ - ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΡΟΗΣ - ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Η παροχεταιυτικότητα (Q) του αγωγού υπολογίζεται από τον

$$\text{τύπο : } Q = F * V$$

όπου :

Q : παροχή σχεδιασμού σε (m³/sec)

F : βρεχόμενη επιφάνεια διατομής αγωγού σε (m²)

V : μέση ταχύτητα ροής στη διατομή του αγωγού σε (m/sec)

Η μέση ταχύτητα ροής, υπολογίζεται από τον τύπο του Chezy, όπως επιβάλλεται από το Π.Δ. 696/74 και από τον τύπο του Manning. Μεταξύ αυτών, λαμβάνεται η δυσμενέστερη (μικρότερη) τιμή :

$$V = C * (R * i)^{0.50} \text{ κατά Chezy, όπου } C = 100 / (1 + m / R^{0.50}), \text{ τύπος του Cutter}$$

$$V = C * (R * i)^{0.50} \text{ κατά Chezy, όπου } C = 87 / (1 + \gamma / R^{0.50}), \text{ τύπος του Bazin}$$

$$V = (1/n) * R^{(2/3)} * i^{(1/2)} \text{ κατά Manning}$$

όπου :

m : συντελεστής απωλειών του τύπου Cutter, $m = 0.35$ για όμβρια και λύματα (Π.Δ. 696/74)

γ : συντελεστής απωλειών του τύπου Bazin, $\gamma = 0.46$ για όμβρια και $\gamma = 0.25$ για λύματα

(Π.Δ. 696/74) n : συντελεστής απωλειών του τύπου Manning, $n = 0.016$ για όμβρια και $n =$

0.013 για λύματα. R : υδραυλική ακτίνα σε (m) i : κλίση αγωγού σαν δεκαδικός αριθμός. $m,$

γ, n : συντελεστές απωλειών, σε συνθήκες παλαιότητας αγωγών.

ΕΛΑΧΙΣΤΑ - ΜΕΓΙΣΤΑ ΟΡΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

- Η ελάχιστη ονομαστική διάμετρος αγωγού λυμάτων είναι $\Phi 200$ mm
- Η ελάχιστη ονομαστική διάμετρος αγωγού ομβρίων είναι $D 400$ mm
- Η ελάχιστη κλίση αγωγών ομβρίων και λυμάτων κυμαίνεται από 0.50 ‰ έως 3.0 ‰ ανάλογα με την τάξη του δικτύου. Στην πράξη όμως χρησιμοποιούνται μεγαλύτερες κλίσεις, για την κάλυψη αβεβαιοτήτων τήρησης της κλίσης κατά την κατασκευή, σε μαλακά εδάφη, υδροφόρο ορίζοντα, κ.λ.π. καθώς και για την αποφυγή επικαθήσεων, ιδιαίτερα σε ακραία σημεία του δικτύου με μικρή και διακοπτόμενη παροχή.

- Η ελάχιστη ταχύτητα αυτοκαθαρισμού, σύμφωνα με το Π.Δ. 696/74, και για παροχή ίση με το 10% της παροχής πλήρους διατομής, είναι για τους αγωγούς ομβρίων $V_{min} = 0.60$ m/sec και για τους αγωγούς λυμάτων $V_{min} = 0.30$ m/sec
- Η μέγιστη ταχύτητα ροής σε όλους τους αποχετευτικούς αγωγούς, ομβρίων και λυμάτων, σύμφωνα με το Π.Δ. 696/74, είναι 6.00 m/sec, η οποία είναι σχετικά μεγάλη. Ειδικά για τους αγωγούς λυμάτων στους οποίους η ροή είναι περισσότερο μόνιμη και το πάχος των τοιχωμάτων τους (πλαστικά υλικά), είναι πολύ μικρότερο από αυτό των ομβρίων (τσιμεντοσωλήνες), καλό είναι η ταχύτητα να διατηρείται κάτω από τα 4.00 m/sec, για προστασία από τη φθορά. Το ίδιο ισχύει και για αγωγούς ομβρίων, από πλαστικά υλικά.
- Ο μέγιστος βαθμός πλήρωσης (h/D) των αποχετευτικών αγωγών, σύμφωνα με το Π.Δ. 696/74 είναι :

Αγωγοί λυμάτων $D < 400$ mm	$\max(h/D) = 50\%$
Αγωγοί λυμάτων $400 \leq D \leq 600$ mm	$\max(h/D) = 60\%$
Αγωγοί λυμάτων $D > 600$ mm	$\max(h/D) = 70\%$
Αγωγοί ομβρίων γενικά	$\max(h/D) = 70\%$
Έλεγχος υφιστάμενου αγωγού γενικά	$\max(h/D) = 80\%$

- Τα ελάχιστα βάθη αγωγών αποχέτευσης, καθορίζονται από τα εξής κριτήρια :
Εξασφάλιση ανισόπεδων διασταυρώσεων μεταξύ τους αλλά και με άλλα δίκτυα κοινής ωφελίας που κατά κανόνα είναι περισσότερο αβαθή (ύδρευση, ΟΤΕ, κ.λ.π.).
Εξασφάλιση υποδοχής εξωτερικών διακλαδώσεων για την εξυπηρέτηση συνδέσεων ακινήτων με το δίκτυο λυμάτων.
Εξασφάλιση της στατικής αντοχής των σωλήνων από τα φορτία της κυκλοφορίας.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΓΩΓΩΝ

- Η διάμετρος αγωγού που επιλέγεται, είναι ίση ή αμέσως μεγαλύτερη από την απαιτούμενη, που υπάρχει στο εμπόριο.
- Ανεξάρτητα από υπολογισμούς, η διατομή του αγωγού δεν μειώνεται ποτέ προς τα κατάντι της ροής.
- Γενικώς δεν συνιστάται η αύξηση της διατομής και η υπερβολική μείωση της κλίσης των αγωγών, σαν τρόπος οικονομίας του έργου.
- Το υψόμετρο της άντυγας (της άνω έσω ράχης) του ανάντι αγωγού, πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο ή μεγαλύτερο από το υψόμετρο της άντυγας του κατάντι αγωγού, σε κάθε περίπτωση συμβολής αγωγών ή αλλαγής διαμέτρου αυτών.
- Σε περιπτώσεις μετάβασης από αγωγό κυκλικής διατομής ανάντι, σε αγωγό ορθογωνικής διατομής προς τα κατάντι, πρέπει επί πλέον του περιορισμού της προηγούμενης παραγράφου, και οι δύο καθαρές εσωτερικές διαστάσεις του κιβωτίου να είναι μεγαλύτερες ή ίσες με την καθαρή εσωτερική διάμετρο του κυκλικού αγωγού.
- Σε όλα τα σημεία συμβολής αγωγών ή αλλαγής διαμέτρου αυτών, είναι απαραίτητο να τοποθετείται φρεάτιο ελέγχου.
- Για την αποφυγή πολύ μεγάλων κλίσεων αγωγών, σε επικλινές έδαφος, που έχουν ως αποτέλεσμα την επίτευξη μεγαλύτερων ταχυτήτων ροής από τις επιτρεπόμενες, συνιστάται η πριονωτή διάταξη του δικτύου, μέσω φρεατίων πτώσης.

10.8 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ακολουθούν πίνακες με αναλυτικά τα αποτελέσματα και τα στοιχεία κατασκευής για κάθε έναν αγωγό-συλλεκτήρα ξεχωριστά. Τα αποτελέσματα εκτυπώνονται με την ειδική εντολή του λογισμικού XLdrain και μεταφέρονται αυτόματα στο πρόγραμμα excel όπου και μπορούν να μελετηθούν από τον χρήστη. Φυσικά υπάρχει και η δυνατότητα μετατροπής τους σε μορφή pdf.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΓΩΓΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΙ ΠΑΝΤΟΡΡΟΪΚΩΝ

ΟΝΟΜΑ - ΑΡΙΘΜΟΣ - ΘΕΣΗ ΑΓΩΓΟΥ		ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΑΓΩΓΟΥ			ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΓΩΓΟΥ			
Α/Α	ΟΝΟΜΑ - ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΛΛΕ-ΚΤΗΡΑ	ΟΝΟΜΑ ΦΡΕΑΤΙΟΥ ΑΝΑΝΤΙ	ΜΗΚΟΣ ΑΓΩΓΟΥ (m)	ΥΛΙΚΟ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ Α. ΕΣ. ΡΑΧΗΣ ΑΝΑΝΤΙ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΜΕΣΗ (Ha)	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΟΙΚΗΣΗΣ (ΚΑΤ/Ha)	ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΠΑΡΟΧΗ (m ³ /h)
		ΟΝΟΜΑ ΦΡΕΑΤΙΟΥ ΚΑΤΑΝΤΙ	ΚΛΙΣΗ ΑΓΩΓΟΥ (#.####)	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	ΥΨΟΜΕΤΡΟ Α. ΕΣ. ΡΑΧΗΣ ΚΑΤΑΝΤΙ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΣΥΝΟΛΟ (Ha)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤ. ΑΠΟΡΡΟΗΣ (C)	ΧΡΟΝΟΣ ΑΦΙΞΗΣ Π.Π. (min)
1	O11	ΔO11.1	8,00	ΤΣΜΣ 1000	0,72	0,00	63	0,00
		ΔO11.0	0,0025	1000	0,70	8,58	0,60	0,00
2	O11	ΔO11.2	12,76	ΤΣΜΣ 1000	0,75	0,00	63	0,00
		ΔO11.1	0,0024	1000	0,72	8,58	0,60	0,00
3	O11	ΦO11.3	10,31	ΤΣΜΣ 1000	0,77	0,24	63	0,00
		ΔO11.2	0,0019	1000	0,75	8,58	0,60	0,00
4	O11	ΦO11.4	41,35	ΤΣΜΣ 1000	0,93	0,36	63	0,00
		ΦO11.3	0,0039	1000	0,77	8,34	0,60	0,00
5	O11	ΦO11.5	26,46	ΤΣΜΣ 1000	1,07	0,20	63	0,00
		ΦO11.4	0,0053	1000	0,93	7,48	0,60	0,00
6	O11	ΦO11.6	32,76	ΤΣΜΣ 1000	1,27	0,28	63	0,00
		ΦO11.5	0,0061	1000	1,07	7,11	0,60	0,00
7	O11	ΦO11.7	50,54	ΤΣΜΣ 1000	1,67	0,51	63	0,00
		ΦO11.6	0,0079	1000	1,27	6,67	0,60	0,00
8	O11	ΦO11.8	66,03	ΤΣΜΣ 700	3,73	0,41	63	0,00
		ΦO11.7	0,0312	700	1,67	5,22	0,60	0,00
9	O11	ΦO11.9	44,24	ΤΣΜΣ 700	5,28	0,16	63	0,00
		ΦO11.8	0,0269	700	4,09	4,18	0,60	0,00
10	O11	ΦO11.10	45,37	ΤΣΜΣ 700	6,21	0,34	63	0,00
		ΦO11.9	0,0205	700	5,28	4,02	0,60	0,00
11	O11	ΦO11.11	63,14	ΤΣΜΣ 700	7,29	0,11	63	0,00
		ΦO11.10	0,0163	700	6,26	3,26	0,60	0,00
12	O11	ΦO11.12	28,20	ΤΣΜΣ 700	8,11	0,22	63	0,00
		ΦO11.11	0,0291	700	7,29	3,15	0,60	0,00
13	O11	ΦO11.13	18,37	ΤΣΜΣ 700	9,25	0,24	63	0,00
		ΦO11.12	0,0621	700	8,11	2,93	0,60	0,00
14	O11	ΦO11.14	65,31	ΤΣΜΣ 700	10,26	0,14	63	0,00
		ΦO11.13	0,0147	700	9,30	2,17	0,60	0,00
15	O11	ΦO11.15	49,54	ΤΣΜΣ 500	12,48	2,02	63	0,00
		ΦO11.14	0,0448	500	10,26	2,02	0,60	0,00

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ |

16	O12	ΔO12.1	9,29	ΤΣΜΣ 1200	0,79	0,00	63	0,00
		ΔO12.0	0,0032	1200	0,76	17,00	0,60	0,00
17	O12	ΔO12.2	9,39	ΤΣΜΣ 1200	0,84	0,00	63	0,00
		ΔO12.1	0,0053	1200	0,79	17,00	0,60	0,00
18	O12	ΔO12.3	22,61	ΤΣΜΣ 1200	0,97	0,00	63	0,00
		ΔO12.2	0,0057	1200	0,84	17,00	0,60	0,00
19	O12	ΦO12.4	12,16	ΤΣΜΣ 1200	1,06	0,11	63	0,00
		ΔO12.3	0,0074	1200	0,97	16,99	0,60	0,00
20	O12	ΦO12.5	50,99	ΤΣΜΣ 1200	1,57	0,14	63	0,00
		ΦO12.4	0,0100	1200	1,06	16,89	0,60	0,00
21	O12	ΦO12.6	56,03	ΤΣΜΣ 1200	2,38	0,22	63	0,00
		ΦO12.5	0,0145	1200	1,57	16,75	0,60	0,00
22	O12	ΦO12.7	72,63	ΤΣΜΣ 1000	4,41	0,18	63	0,00
		ΦO12.6	0,0280	1000	2,38	16,53	0,60	0,00
23	O12	ΦO12.8	63,24	ΤΣΜΣ 900	6,51	0,14	63	0,00
		ΦO12.7	0,0307	900	4,57	11,97	0,60	0,00
24	O12	ΦO12.9	77,89	ΤΣΜΣ 900	8,57	0,17	63	0,00
		ΦO12.8	0,0264	900	6,51	11,83	0,60	0,00
25	O12	ΦO12.10	50,99	ΤΣΜΣ 900	10,23	0,22	63	0,00
		ΦO12.9	0,0325	900	8,57	11,66	0,60	0,00

26	O12	ΦO12.11	60,42	ΤΣΜΣ 700	10,58	0,25	63	0,00
		ΦO12.10	0,0050	700	10,28	2,33	0,60	0,00
27	O12	ΦO12.12	19,29	ΤΣΜΣ 500	11,00	0,14	63	0,00
		ΦO12.11	0,0192	500	10,63	2,08	0,60	0,00
28	O12	ΦO12.13	67,39	ΤΣΜΣ 500	12,40	1,93	63	0,00
		ΦO12.12	0,0208	500	11,00	1,93	0,60	0,00
29	O1	ΦO1.1	69,32	ΤΣΜΣ 900	12,34	9,10	63	0,00
		ΦO12.10	0,0274	900	10,44	9,10	0,60	0,00
30	O3	ΦO3.1	29,30	ΤΣΜΣ 400	10,41	0,27	63	0,00
		ΦO11.13	0,0381	400	9,30	0,52	0,60	0,00
31	O3	ΦO3.2	99,75	ΤΣΜΣ 400	12,52	0,25	63	0,00
		ΦO3.1	0,0205	400	10,48	0,25	0,60	0,00
32	O4	ΦO4.1	50,25	ΤΣΜΣ 400	1,51	0,17	63	0,00
		ΦO11.6	0,0047	400	1,27	0,17	0,60	0,00
33	O5	ΦO5.1	58,00	ΤΣΜΣ 400	2,49	0,48	63	0,00
		ΦO11.7	0,0142	400	1,67	0,94	0,60	0,00
34	O5	ΦO5.2	83,79	ΤΣΜΣ 400	4,47	0,47	63	0,00
		ΦO5.1	0,0228	400	2,56	0,47	0,60	0,00
35	O6	ΦO6.1	58,42	ΤΣΜΣ 400	7,12	0,42	63	0,00
		ΦO11.10	0,0147	400	6,26	0,42	0,60	0,00
36	O7	ΦO7.1	62,99	ΤΣΜΣ 400	1,56	0,09	63	0,00
		ΦO11.4	0,0100	400	0,93	0,50	0,60	0,00
37	O7	ΦO7.2	15,81	ΤΣΜΣ 400	1,81	0,09	63	0,00
		ΦO7.1	0,0161	400	1,56	0,41	0,60	0,00
38	O7	ΦO7.3	35,16	ΤΣΜΣ 400	2,13	0,19	63	0,00
		ΦO7.2	0,0071	400	1,88	0,32	0,60	0,00
39	O7	ΦO7.4	43,53	ΤΣΜΣ 400	3,60	0,13	63	0,00

		Φ07.3	0,0322	400	2,20	0,13	0,60	0,00
40	08	Φ08.1	45,08	ΤΣΜΣ 500	4,05	0,13	63	0,00
		Φ011.8	0,0060	500	3,78	0,63	0,60	0,00
41	08	Φ08.2	22,73	ΤΣΜΣ 400	4,65	0,20	63	0,00
		Φ08.1	0,0242	400	4,10	0,51	0,60	0,00
42	08	Φ08.3	77,06	ΤΣΜΣ 400	6,58	0,31	63	0,00
		Φ08.2	0,0244	400	4,70	0,31	0,60	0,00
43	09	Φ09.1	27,63	ΤΣΜΣ 900	4,60	0,27	63	0,00
		Φ012.7	0,0050	900	4,46	4,37	0,60	0,00
44	09	Φ09.2	45,81	ΤΣΜΣ 700	6,35	0,37	63	0,00
		Φ09.1	0,0371	700	4,65	4,10	0,60	0,00
45	09	Φ09.3	84,10	ΤΣΜΣ 700	8,09	0,18	63	0,00
		Φ09.2	0,0207	700	6,35	3,72	0,60	0,00
46	09	Φ09.4	28,70	ΤΣΜΣ 700	8,97	0,17	63	0,00
		Φ09.3	0,0289	700	8,14	3,24	0,60	0,00
47	09	Φ09.5	40,58	ΤΣΜΣ 700	9,80	0,19	63	0,00
		Φ09.4	0,0205	700	8,97	3,07	0,60	0,00
48	09	Φ09.6	14,46	ΤΣΜΣ 700	10,10	0,16	63	0,00
		Φ09.5	0,0207	700	9,80	2,88	0,60	0,00
49	09	Φ09.7	31,77	ΤΣΜΣ 700	10,67	0,23	63	0,00
		Φ09.6	0,0179	700	10,10	2,72	0,60	0,00
50	09	Φ09.8	36,64	ΤΣΜΣ 500	11,55	0,12	63	0,00
		Φ09.7	0,0240	500	10,67	2,50	0,60	0,00
51	09	Φ09.9	34,59	ΤΣΜΣ 500	12,48	2,38	63	0,00
		Φ09.8	0,0269	500	11,55	2,38	0,60	0,00
52	010	Φ010.1	45,51	ΤΣΜΣ 400	1,21	0,16	63	0,00
		Φ011.5	0,0030	400	1,07	0,16	0,60	0,00
53	02	Φ02.1	30,75	ΤΣΜΣ 400	8,61	0,30	63	0,00
		Φ09.3	0,0153	400	8,14	0,30	0,60	0,00

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΓΩΓΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΙ ΠΑΝΤΟΡΡΟΪΚΩΝ

ΟΝΟΜΑ - ΑΡΙΘΜΟΣ - ΘΕΣΗ		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΕΠΙΛΥΣΗΣ					ΑΓΩΓΟΣ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ	
Α/Α	ΟΝΟΜΑ ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΛΛΕ-ΚΤΗΡΑ	ΟΝΟΜΑ ΦΡΕΑΤΙΟΥ ΑΝΑΝΤΙ	ΧΡΟΝΟΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ (min)	ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ (Lit/sec)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ (m/sec)	Η / Ηπ	ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΤΙΘΕΤΑΙ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ Ο ΑΓΩΓΟΣ	ΣΤΑΘΜΗ ΠΙΕΣΟΜ. ΑΝΑΝΤΙ
		ΟΝΟΜΑ ΦΡΕΑΤΙΟΥ ΚΑΤΑΝΤΙ	ΕΝΤΑΣΗ ΒΡΟΧΗΣ (mm/h)	ΠΑΡΟΧΗ ΠΛΗΡΟΥΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ (m/sec)	Υ / Υπ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΣΤΑΘΜΗ ΠΙΕΣΟΜ. ΚΑΤΑΝΤΙ
1	011	Δ011.1	16,25	1188,36	1,59	1,00	ΠΑΝΤΑ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	0,44
		Δ011.0	83,10	889,71	0,70	1,40	Π/Ζ ΓΡ. ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	0,40
2	011	Δ011.2	16,25	1188,36	1,59	1,00	ΠΑΝΤΑ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	0,50
		Δ011.1	83,10	862,81	0,68	1,45	Π/Ζ ΓΡ. ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	0,44
3	011	Φ011.3	16,25	1188,36	1,59	1,00	ΠΑΝΤΑ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	0,55
		Δ011.2	83,10	783,72	0,62	1,59		0,50
4	011	Φ011.4	16,00	1172,57	1,57	1,00	ΠΑΝΤΑ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	0,75
		Φ011.3	83,81	1106,88	0,88	1,11		0,55
5	011	Φ011.5	15,50	1062,78	1,42	1,00	ΠΑΝΤΑ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	0,86

		Φ011.4	85,26	1294,33	1,03	0,86		0,75
6	O11	Φ011.6	15,25	1025,36	1,37	1,00	ΠΑΝΤΑ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	0,98
		Φ011.5	86,01	1390,34	1,10	0,78		0,86
7	O11	Φ011.7	14,50	984,05	1,32	1,00	ΠΑΝΤΑ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	1,15
		Φ011.6	88,35	1583,03	1,25	0,65		0,98
8	O11	Φ011.8	14,25	686,28	3,20	0,55		
		Φ011.7	78,47	1178,14	1,88	1,04		1,15
9	O11	Φ011.9	14,00	554,15	2,88	0,51		
		Φ011.8	79,21	1094,08	1,74	1,01		
10	O11	Φ011.10	13,75	539,32	2,57	0,54		
		Φ011.9	79,96	955,09	1,52	1,03		
11	O11	Φ011.11	13,25	445,61	2,27	0,52		
		Φ011.10	81,51	852,02	1,36	1,02		
12	O11	Φ011.12	13,00	432,79	2,76	0,44		
		Φ011.11	82,31	1137,54	1,81	0,93		
13	O11	Φ011.13	13,00	404,05	3,55	0,35		
		Φ011.12	82,31	1661,82	2,65	0,82		
14	O11	Φ011.14	12,50	305,78	1,96	0,44		
		Φ011.13	83,97	808,78	1,29	0,93		
15	O11	Φ011.15	12,00	289,16	2,86	0,51		
		Φ011.14	85,72	555,61	1,71	1,01		
16	O12	Δ012.1	18,50	2163,98	2,01	1,00	ΠΑΝΤΑ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	0,46
		Δ012.0	77,35	1664,58	0,92	1,37	Π/Ζ ΓΡ. ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	0,40
17	O12	Δ012.2	18,50	2163,98	2,01	1,00	ΠΑΝΤΑ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	0,51
		Δ012.1	77,35	2137,49	1,18	1,06	Π/Ζ ΓΡ. ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	0,46
18	O12	Δ012.3	18,50	2163,98	2,01	1,00	ΠΑΝΤΑ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	0,65
		Δ012.2	77,35	2221,12	1,23	1,02		0,51
19	O12	Φ012.4	18,50	2163,98	2,01	1,00	ΠΑΝΤΑ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	0,72
		Δ012.3	77,35	2520,03	1,40	0,90		0,65
20	O12	Φ012.5	18,50	2163,98	2,01	1,00	ΠΑΝΤΑ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	1,03
		Φ012.4	77,35	2929,50	1,62	0,78		0,72
21	O12	Φ012.6	18,50	2163,98	2,01	1,00	ΠΑΝΤΑ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	1,37

		Φ012.5	77,35	3521,95	1,95	0,65		1,03
22	012	Φ012.7	18,25	2154,07	4,18	0,64		
		Φ012.6	77,94	2976,26	2,36	1,10		1,37
23	012	Φ012.8	14,00	1573,34	3,97	0,60		
		Φ012.7	90,00	2334,40	2,27	1,08		
24	012	Φ012.9	13,75	1571,23	3,76	0,64		
		Φ012.8	90,85	2167,52	2,11	1,10		
25	012	Φ012.10	13,50	1558,74	4,05	0,59		
		Φ012.9	91,72	2403,30	2,34	1,07		
26	012	Φ012.11	12,75	323,89	1,34	0,61		
		Φ012.10	83,13	471,70	0,75	1,09		
27	012	Φ012.12	12,75	290,39	2,09	0,67		
		Φ012.11	83,13	363,50	1,12	1,13		
28	012	Φ012.13	12,00	276,02	2,14	0,64		
		Φ012.12	85,72	378,30	1,17	1,11		
29	01	Φ01.1	17,00	1229,62	3,59	0,54		
		Φ012.10	81,07	2206,57	2,15	1,03		
30	03	Φ03.1	11,50	77,04	1,86	0,37		
		Φ011.13	87,56	274,75	1,31	0,85		
31	03	Φ03.2	10,00	39,03	1,21	0,31		
		Φ03.1	93,67	201,42	0,96	0,76		
32	04	Φ04.1	10,00	25,84	0,64	0,36		
		Φ011.6	93,67	96,71	0,46	0,83		0,98
33	05	Φ05.1	11,00	141,31	1,53	0,70		
		Φ011.7	89,49	167,98	0,80	1,14		1,15
34	05	Φ05.2	10,00	72,75	1,52	0,41		
		Φ05.1	93,67	212,65	1,02	0,90		

35	06	Φ06.1	10,00	65,42	1,27	0,44		
		Φ011.10	93,67	170,89	0,82	0,93		
36	07	Φ07.1	11,50	73,66	1,15	0,52		
		Φ011.4	87,56	140,86	0,67	1,02		0,75
37	07	Φ07.2	11,50	60,54	1,28	0,41		
		Φ07.1	87,56	178,87	0,86	0,90		
38	07	Φ07.3	10,75	48,53	0,89	0,45		
		Φ07.2	90,49	118,76	0,57	0,95		
39	07	Φ07.4	10,00	21,00	1,16	0,21		
		Φ07.3	93,67	252,59	1,21	0,58		
40	08	Φ08.1	11,25	93,95	1,02	0,49		
		Φ011.8	88,51	203,31	0,63	0,99		
41	08	Φ08.2	11,00	75,80	1,57	0,41		
		Φ08.1	89,49	219,09	1,05	0,90		
42	08	Φ08.3	10,00	48,40	1,39	0,34		
		Φ08.2	93,67	219,99	1,05	0,79		
43	09	Φ09.1	15,25	630,08	1,60	0,60		
		Φ012.7	86,01	942,27	0,92	1,08		
44	09	Φ09.2	15,00	524,40	3,17	0,45		
		Φ09.1	76,37	1285,08	2,05	0,95		
45	09	Φ09.3	14,50	486,20	2,52	0,51		
		Φ09.2	77,76	959,54	1,53	1,01		
46	09	Φ09.4	14,25	425,60	2,75	0,44		
		Φ09.3	78,47	1134,44	1,81	0,93		
47	09	Φ09.5	14,00	407,43	2,38	0,46		
		Φ09.4	79,21	954,04	1,52	0,96		
48	09	Φ09.6	13,75	383,87	2,37	0,45		

		Φ09.5	79,96	960,86	1,53	0,95		
49	09	Φ09.7	13,50	366,53	2,20	0,45		
		Φ09.6	80,72	893,54	1,42	0,95		
50	09	Φ09.8	13,25	339,59	2,36	0,70		
		Φ09.7	81,51	406,76	1,26	1,14		
51	09	Φ09.9	13,00	326,05	2,45	0,65		
		Φ09.8	82,31	430,37	1,33	1,12		
52	010	Φ010.1	10,00	25,29	0,54	0,40		
		Φ011.5	93,67	77,50	0,37	0,88		0,86
53	02	Φ02.1	10,00	47,31	1,15	0,36		
		Φ09.3	93,67	174,13	0,83	0,83		

10.9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε με το πέρας των προπτυχιακών σπουδών μου στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου μελετήθηκε το δίκτυο αποχέτευσης ομβρίων σε αστική περιοχή και συγκεκριμένα σε τμήμα της πόλεως των Πατρών.

Η ροή εντός των αγωγών θεωρήθηκε ομοιόμορφη και η κατανομή της πίεσης σχεδόν υδροστατική (ανοικτοί αγωγοί). Οι αγωγοί που σχεδιάστηκαν είχαν ως τελικό αποδέκτη την θάλασσα πράγμα που τους καθιστά αυτομάτως ιδιαίτερους ως προς τον τρόπο κατασκευής τους.

Η ανάλυση και ο σχεδιασμός του δικτύου έγινε σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Π.Δ. 696/1974 τόσο για τη μέθοδο υπολογισμού της ποσότητας των ομβρίων όσο και για τα ποσοστά πλήρωσης των αγωγών.

Εφαρμόστηκε το λογισμικό XLdrain για τον σχεδιασμό και τη μελέτη του δικτύου αποχέτευσης ομβρίων και απαιτήθηκαν γνώσεις και του λογισμικό AutoCad.

Αποκτήθηκαν γενικότερες γνώσεις και αρκετή εμπειρία σε θέματα μόρφωσης, ανάλυσης και σχεδιασμού δικτύων αποχέτευσης και κατανοήθηκαν στοιχεία υδραυλικής των ανοικτών

αγωγών που μέχρι πρότείνως είχαν μελετηθεί φάνταζαν αρκετά θεωρητικά. Διαπιστώθηκε έμπρακτα η αξία των διάφορων κωδικών προσομοίωσης για την επίλυση ρεαλιστικών και σύνθετων προβλημάτων υδραυλικής μηχανικής και συγκεκριμένα ενός δικτύου αποχέυσης.

Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί πως αν και το μέγιστο επιτρεπτό όριο πλήρωσης αγωγών έχει καθοριστεί στο 70%, ωστόσο σε πολλές περιπτώσεις επιλέχθηκαν αρκετά μεγάλοι διάμετροι αγωγών, οδηγώντας σε μικρά ποσοστά πλήρωσης.

11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Λαγούσης Α. Σ. & Φουρνιώτης Ν. Θ. (2020): «Στοιχεία Σχεδιασμού Έργων Υδρευσης και Αποχέτευσης», Εκδόσεις Gotsis 2020.

Αγγελάκης Α. Ν., & Δ. Κουτσογιάννης (2005): Η αποχέτευση στο μινωικό πολιτισμό, Πρακτικά 2ου Διεθνούς Συνεδρίου για την Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία, 551-556, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα.

Δημητρακόπουλος Α.Κ. και Χατζηθεοδώρου Χ. (2001): «Στοιχεία Υδραυλικής», Πάτρα 2001.

Δημητρακόπουλος Α. (2018): « Στοιχεία υδραυλικής κλειστών και ανοικτών αγωγών», Εκδόσεις Gotsis, 2018.

Ζαφειράκου Α. (2018): «Κατασκευαστικά στοιχεία αγωγών αποχέτευσης», Ενότητα 5, ΑΠΘ.

Ιωσηφίδης Β. (2010): Σημειώσεις του μαθήματος υδρεύσεων - αποχετεύσεων του τμήματος πολιτικών μηχανικών του Α.Π.Θ

Κουτσογιάννης, Δ. (2011): Σχεδιασμός αστικών δικτύων αποχέτευσης, Έκδοση 4, ΕΜΠ, Αθήνα.

Κουτσογιάννης, Δ. & Ευστρατιάδης Α. (2018): «Υδραυλική των υπονόμων», Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος των Αστικών Υδραυλικών Έργων του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, τομέας Υδατικών Πόρων, ΕΜΠ, Αθήνα.

Μάρκου Σ. & Μ. Παναγιωτοπούλου (2008): «Μελέτη αποχετευτικού δικτύου ακαθάρτων περιοχής Αμπελοκήπων Δήμου Αθηναίων», Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Πολιτικών Δομικών Έργων, ΤΕΙ Πειραιά.

Σιδηρόπουλος Π. (2018): «Αποχέτευση οικισμού», Παρουσιάσεις μαθήματος, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.

Τσακίρης Γ. (2004): «Αποχετεύσεις Οικισμών» Σημειώσεις από τις παραδόσεις του μαθήματος. ΕΜΠ, Αθήνα.

Τσακίρης, Γ. (2010): «Υδραυλικά Έργα, Σχεδιασμός & Διαχείριση», Τόμος 1: Αστικά Υδραυλικά Έργα, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.

Φουρνιώτης Ν. (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. Τεχνική Υδρομηχανική», ΑΠΘ.

Χατζηαγγέλου Η. (2002), «Υδραυλικά Έργα. Αποχετεύσεις», ΑΠΘ.

Προεδρικό Διάταγμα 696/1974, ΦΕΚ 301 Α_74.

Metcalf & Eddy (2017): «Μηχανική Υγρών Αποβλήτων. Επεξεργασία & Επαναχρησιμοποίηση», Έκδοση 4, Εκδόσεις Τζιόλα.

Martz, G. (1970): «Υδραυλική των Οικισμών, Μέρος 2, Αποχετεύσεις», Μετάφραση στα Ελληνικά Γ. Χατζηθεοδώρου, Μ. Γκιούρδας, Αθήνα.

Νταράκας Ε. (2011) «Εργαστηριακές μέθοδοι αποτίμησης ποιότητας Νερού&Λυμάτων» Πανεπιστημιακό σύγγραμμα Τμήματος ΑΠΘ (Πολιτικών Μηχανικών).

Τσώνης Σ. (2004) «Επεξεργασία Λυμάτων» Εκδόσεις Παπασωτηρίου.

Τσόγκας Χ. Ε. (2008): «Δίκτυα αποχέτευσης και επεξεργασία λυμάτων», 2008.

Σωτηροπούλου Δ. & Καλύβα Ε. (2015), Πτυχιακή Εργασία: «Στοιχεία Υδραυλικού Σχεδιασμού Δικτύων Αποχέτευσης , με εφαρμογή σε Τμήμα της Πόλεως του Αγρινίου», Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε, Πάτρα.

Λέκκα Θ. , Πτυχιακή Εργασία (2013): «Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων-Περιγραφή και Λειτουργία Μονάδας Επεξεργασίας Λυμάτων Ιωαννίνων», Τμήμα Μηχανολογίας Τ.Ε, Ηράκλειο.