



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

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Στοιχεία υδραυλικού σχεδιασμού δικτύου αποχέτευσης  
ακαθάρτων, με εφαρμογή σε τμήμα της Παλαιάς  
Κοκκινιάς του Δήμου Πειραιά**

**Μπούλτης Γεώργιος**

Επιβλέπων: Τσιχριντζής Βασίλειος, Καθηγητής ΕΜΠ.

Αθήνα, Οκτώβριος 2019









## **Ευχαριστίες**

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους συνέβαλαν με οποιονδήποτε τρόπο στην εκπόνηση αυτής της διπλωματικής, αλλά και όσους μου πρόσφεραν την αμέριστη συμπαράστασή τους σε όλο το ακαδημαϊκό έτος.

Πρώτα απ' όλα, λοιπόν, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, τον κ. Τσιχριντζή Β., Καθηγητή της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, για την υποστήριξή του, καθώς και για την υποδειγματική συνεργασία που είχαμε σε όλα τα στάδιά της. Επιπλέον, οφείλω να τον ευχαριστήσω για τη σωστή καθοδήγηση αλλά και για τις γενικότερες γνώσεις που μου μετέδωσε. Επίσης να ευχαριστήσω τους κ. Ναλμπάντη Ι. και κ. Χ. Βαγγέλη για τη βοήθεια τους και τη σημαντική συμβολή τους, κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Επίσης από τη Διεύθυνση Οδοποιίας και Αποχέτευσης του Δήμου Πειραιά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Κούσουλα, τον κ. Συρίγο για τα στοιχεία και τη πρόσβαση στις πινακίδες του δικτύου αποχέτευσης που μου προσέφεραν, την κ. Βλαχογιώργου Μ. καθώς και την κ. Περρού Κ. από την Πολιτική Προστασία.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Ζιώγα Α. για την τεχνική βοήθεια που μου προσέφερε, την οικογένεια μου, καθώς και όλους όσους συνέβαλαν στην υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

**Μπούλτης Γεώργιος**



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο, τον υδραυλικό σχεδιασμό ενός δικτύου αποχέτευσης ακαθάρτων, τον οποίο εφαρμόζουμε, σε ένα τμήμα της συνοικίας της Παλαιάς Κοκκινιάς του Δήμου Πειραιά.

Αρχικά γίνεται μια γενική αναφορά στις αποχετεύσεις, στην ιστορική εξέλιξη και σημασία τους και εξετάζονται τα συστήματα και οι τύποι των αποχετευτικών δικτύων. Στη συνέχεια ασχολούμαστε με τη τεχνολογία των αγωγών αποχέτευσης, που αποτελούν το σημαντικότερο κομμάτι του δικτύου. Επίσης περιγράφονται οι βοηθητικές εγκαταστάσεις, όπως είναι τα φρεάτια, οι σίφωνες, οι εγκαταστάσεις ρυθμίσεως παροχής, οι ιδιωτικές διακλαδώσεις, τα αντλιοστάσια, οι εγκαταστάσεις καθαρισμού αποβλήτων, οι οποίες είναι απαραίτητες για την ομαλή λειτουργία του δικτύου.

Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο, πάνω στο οποίο θα βασιστούμε, για το σχεδιασμό του δικτύου ακαθάρτων. Αναφέρονται κάποιες γενικές αρχές και στοιχεία των μελετών αστικών αποχετεύσεων, η μεθοδολογία εκτίμησης της παροχής ακαθάρτων, καθώς και τα υδραυλικά στοιχεία των κυκλικών αγωγών.

Στο τρίτο μέρος αναφέρονται ιστορικά, γεωγραφικά και δημογραφικά στοιχεία της περιοχής μελέτης καθώς και οι χρήσεις γης. Στη συνέχεια περιγράφεται η διαδικασία ψηφιοποίησης των πινακίδων του Οργανισμού Αποχέτευσης Πρωτεύουσας, κλίμακας 1:500 και παρουσιάζονται οι χάρτες των οικοδομικών τετραγώνων, των διχοτόμων τους, και του δικτύου αποχέτευσης ακαθάρτων, που δημιουργήσαμε στο AutoCad Map 3D 2016.

Στο τέταρτο και τελευταίο μέρος παρουσιάζονται τα υδραυλικά μεγέθη που υπολογίσαμε στο Excel, κάνουμε διαστασιολόγηση των αγωγών του δικτύου και καταλήγουμε στα τελικά συμπεράσματα και διαπιστώσεις.

## **ABSTRACT**

The present thesis deals with the hydraulic design of a sewage disposal system, which we apply to a section of the Old Kokkinia district of the Municipality of Piraeus.

We first give a general overview of drains, their historical evolution, and significance, and examine the systems and types of drains. Subsequently, we deal with the technology of drainage pipes, which are the most important part of the network. We also describe auxiliary facilities such as wells, pipelines, supply regulating facilities, private branches, pumping stations, waste treatment facilities, which are necessary for the smooth operation of the network.

In the second part, we present the theoretical background, on which we will base, on the design of the sewage network. In this part are reported some general principles and elements of urban drainage studies, the methodology for estimating the wastewater supply, and the circuits' hydraulic elements.

In the third part, we refer to historical, geographical and demographic data of the study area as well as land uses. Furthermore, we outline the process of digitizing the Capital's Sewer Organization plates on a scale of 1: 500 and present the maps of the building blocks, their partitions, and the sewage network we created in AutoCAD Map 3D 2016.

In the fourth and final part, we present the hydraulic values which we calculated in Excel, dimension the grid conductors and we end up at the final conclusions and ascertainties.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	viii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	x
<b>ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΕΩΝ.....</b>	<b>1</b>
<b>1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ.....	1
1.1.1 Σταθμοί εξέλιξης έργων αποχέτευσης.....	1
1.1.2 Τα δίκτυα αποχέτευσης στην Ελλάδα.....	4
1.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΕΩΝ ΣΤΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ.....	7
1.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	7
1.3.1 Παντοροϊκό σύστημα.....	8
1.3.2 Χωριστικό σύστημα.....	8
1.4 ΤΥΠΟΙ ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	8
1.5 ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	9
<b>2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΓΩΓΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ.....</b>	<b>11</b>
2.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ.....	11
2.1.1 Αργιλλοπυριτικοί σωλήνες.....	12
2.1.2 Σωλήνες από σκυρόδεμα.....	13
2.1.3 Σωλήνες από αμιαντοτσιμέντο.....	14
2.1.4 Μεταλλικοί σωλήνες.....	14
2.1.5 Πλαστικοί σωλήνες.....	15
2.2 ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ.....	16
2.2.1 Κυκλική διατομή.....	16
2.2.2 Ωοειδής διατομή.....	17
2.2.3 Στοματοειδής διατομή.....	17
2.2.4 Σκουφοειδής διατομή.....	18
2.2.5 Αυλακωτή διατομή με πεζοδρόμιο.....	19
2.2.6 Ελάχιστες επιτρεπόμενες διατομές.....	20
2.3 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ.....	20

2.4 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ .....	21
<b>3. ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΥΠΟΝΟΜΩΝ.....</b>	<b>23</b>
3.1 ΦΡΕΑΤΙΑ.....	23
3.1.1 Φρεάτια επισκέψεως (επιθεώρησης) .....	23
3.1.2 Φρεάτια συμβολής.....	24
3.1.3 Φρεάτια πτώσεως .....	24
3.2 ΣΙΦΩΝΕΣ.....	25
3.3 ΕΡΓΑ ΡΥΘΜΙΣΕΩΣ ΠΑΡΟΧΗΣ.....	25
3.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΠΑΡΟΧΗΣ .....	25
3.5 ΙΔΙΩΤΙΚΕΣ ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΕΙΣ.....	26
3.6 ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	26
3.7 ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΑ .....	27
3.8 ΔΙΑΘΕΣΗ ΚΑΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ .....	27
3.8.1 Φυσικές διεργασίες καθαρισμού .....	28
3.8.2 Χημικές διεργασίες καθαρισμού .....	28
3.8.3 Βιολογικές διεργασίες καθαρισμού.....	28
<b>ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΩΝ.....</b>	<b>29</b>
4. ΜΕΛΕΤΕΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΕΩΝ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ .....	29
4.1 ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....	29
4.2 ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΜΕΛΕΤΩΝ .....	29
4.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΛΕΤΩΝ.....	30
4.3.1 Λεκάνη απορροής .....	30
4.3.2 Οριζοντιογραφίες .....	30
4.3.3 Διατομές .....	31
<b>5. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ.....</b>	<b>33</b>
5.1 ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ .....	33
5.2 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ .....	33
5.3 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ .....	34
5.4 ΥΔΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ.....	35
5.5 ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ .....	35
5.6 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ.....	36



5.6.1 Μεγέθη παροχής ακαθάρτων.....	36
5.6.2 Υπολογισμός μέγιστης παροχής ακαθάρτων.....	37
5.7 ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ.....	38
<b>6. ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ.....</b>	<b>39</b>
6.1 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΡΟΗΣ.....	39
6.2 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΤΡΙΒΗΣ.....	39
6.2.1 Σχέση Darcy- Weisbach.....	40
6.2.2 Σχέση Kutter - Manning.....	40
6.2.3 Συντελεστής τραχύτητας.....	40
6.3 ΚΥΚΛΙΚΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΡΟΗ.....	41
6.4 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΡΟΗΣ.....	43
6.4.1 Μέγιστη ταχύτητα.....	44
6.4.2 Ελάχιστη ταχύτητα (ταχύτητα αυτοκαθαρισμού).....	44
6.5 ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΚΛΙΣΕΙΣ.....	45
<b>ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ: ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ ΣΕ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΠΑΛΑΙΑΣ ΚΟΚΚΙΝΙΑΣ.....</b>	<b>47</b>
<b>7. Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....</b>	<b>47</b>
7.1 Ο ΔΗΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑ.....	47
7.1.1 Γεωγραφικά Χαρακτηριστικά.....	47
7.1.2 Δημογραφικά Χαρακτηριστικά.....	47
7.1.3 Χρήσεις γης.....	49
7.2 Δ' ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΠΕΙΡΑΙΑ (Καμίνια).....	50
7.3 ΣΥΝΟΙΚΙΑ ΤΗΣ ΠΑΛΑΙΑΣ ΚΟΚΚΙΝΙΑΣ.....	51
7.4 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	52
<b>8. ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ.....</b>	<b>53</b>
8.1 ΧΑΡΤΕΣ ΟΑΠ.....	53
8.2 ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ AUTOCAD MAP 3D 2016.....	55
8.3 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΙΝΑΚΙΔΩΝ.....	57
8.4 ΦΡΕΑΤΙΑ.....	57
8.5 ΑΓΩΓΟΙ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ.....	57
8.6 ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΑ.....	60
8.7 ΤΕΛΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ.....	61

<b>ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ: ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ ΣΕ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΠΑΛΑΙΑΣ ΚΟΚΚΙΝΙΑΣ .....</b>	<b>65</b>
<b>9. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ .....</b>	<b>65</b>
9.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ .....	65
9.2 ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ EXCEL .....	65
9.3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΩΝ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	67
9.3.1 Υπολογισμός πυκνότητας πληθυσμού περιοχής μελέτης .....	67
9.3.2 Υπολογισμός ημερήσιας παροχής αιχμής περιοχής μελέτης .....	67
9.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΚΩΝ ΚΑΙ ΚΛΙΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ .....	67
9.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΜΒΑΔΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΟΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΤΕΤΡΑΓΩΝΩΝ .....	68
9.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΕΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ .....	70
9.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ .....	73
9.7 ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ .....	75
9.7.1 Ελάχιστες διαμέτροι αγωγών του δικτύου .....	75
9.7.2 Μέγιστα ποσοστά πλήρωσης του δικτύου .....	75
9.7.3 Μέγιστες ταχύτητες ροής του δικτύου .....	76
9.7.4 Ελάχιστες ταχύτητες ροής του δικτύου .....	76
9.7.5 Ελάχιστες κλίσεις του δικτύου .....	76
<b>10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ .....</b>	<b>77</b>
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	81
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ .....	83
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	85

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: Εκτεταμένο σύστημα αποχέτευσης λυμάτων, Κνωσός, Κρήτη .....	1
Εικόνα 1.2: Τομή και κάτοψη τουαλέτας στο ισόγειο του ανακτότου της Κνωσού .....	1
Εικόνα 1.3: Παλαιά τυπική τομή δρόμου του Βερολίνου στα 1894.....	3
Εικόνα 1.4: Τύποι αποχετευτικών δικτύων.....	9
Εικόνα 2.1: Ειδική μέθοδος τοποθέτησης αγωγού.....	11
Εικόνα 2.2: Πήλινος σωλήνας αποχέτευσης, Ανάκτορο Κνωσού, Κρήτη. ....	13
Εικόνα 2.3: Δίκτυο αποχέτευσης ακαθάρτων .....	15
Εικόνα 2.4: Κυκλική διατομή .....	16
Εικόνα 2.5: Τυπική ωοειδής διατομή.....	17
Εικόνα 2.6: Σκουφοειδής διατομή στο αποχετευτικό δίκτυο της Αθήνας.....	18
Εικόνα 2.7: Στοματοειδής διατομή .....	18
Εικόνα 2.8: Αυλακωτή διατομή με αμφίπλευρο πεζοδρόμιο.....	19
Εικόνα 2.9: Αυλακωτή διατομή με μονόπλευρο πεζοδρόμιο .....	19
Εικόνα 2.10: Καθαρισμός αγωγών με την τεχνολογία PIGGING .....	21
Εικόνα 3.1: Ιδιωτική σύνδεση σε χωριστικό δίκτυο .....	23
Εικόνα 3.2: Τυπικό φρεάτιο πτώσης.....	24
Εικόνα 3.3: Εξαερισμός δικτύου αποχέτευσης.....	26
Εικόνα 3.4: Το κέντρο επεξεργασίας λυμάτων στην Ψυττάλεια .....	27
Εικόνα 4.1: Τυπική διατομή διακλάδωσης αποχέτευσης ακαθάρτων .....	31
Εικόνα 6.1: Ορισμός μεγεθών σε κυκλικό αγωγό.....	42
Εικόνα 6.2: Διάγραμμα ροής με ελεύθερη επιφάνεια σε κυκλικούς αγωγούς.....	43
Εικόνα 6.3: Υπόδειγμα προτύπου συστήματος υδραυλικής ροής: το αρχαϊκό μοντέλο που ακολουθεί το φυσικό ανάγλυφο .....	44
Εικόνα 7.1: Πληθυσμός Δημοτικών Κοινοτήτων Δήμου Πειραιά .....	48
Εικόνα 7.2: Ηλικιακή Διαστρωμάτωση μόνιμων κατοίκων του Δήμου .....	49
Εικόνα 7.3: Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο και χρήσεις γης Δήμου Πειραιά .....	50
Εικόνα 7.4: Χρήσεις Γης στο Δήμο Πειραιά .....	50
Εικόνα 7.5: Η γεωγραφική θέση της Παλαιάς Κοκκινιάς.....	52
Εικόνα 8.1: Χάρτης διανομής – ονοματοθεσίας Δήμου Πειραιά.....	53
Εικόνα 8.2: Σκαναρισμένο σχέδιο πινακίδας του ΟΑΠ - IV 696 .....	54
Εικόνα 8.3: Σκαναρισμένο σχέδιο πινακίδας του ΟΑΠ - IV 716 .....	55
Εικόνα 8.4: Η βασική οθόνη του AutoCad Map 3D 2016 .....	56
Εικόνα 8.5: Χάρτης δικτύου αγωγών ακαθάρτων με το υπόβαθρο (βόρεια).....	58
Εικόνα 8.6: Χάρτης δικτύου αγωγών ακαθάρτων στο AutoCad (βόρεια).....	58
Εικόνα 8.7: Χάρτης δικτύου αγωγών ακαθάρτων με το υπόβαθρο (νότια).....	59
Εικόνα 8.8: Χάρτης δικτύου αγωγών ακαθάρτων στο AutoCad (νότια).....	59
Εικόνα 8.9: Χάρτης οικοδομικών τετραγώνων και διχοτόμων στο AutoCad (βόρεια).60	
Εικόνα 8.10: Χάρτης οικοδομικών τετραγώνων και διχοτόμων στο AutoCad (νότια).61	

Εικόνα 8.11: Τελικός χάρτης δικτύου αποχέτευσης με το υπόβαθρο (βόρεια) .....	62
Εικόνα 8.12: Τελικός χάρτης δικτύου αποχέτευσης στο AutoCad (βόρεια) .....	62
Εικόνα 8.13: Τελικός χάρτης δικτύου αποχέτευσης με το υπόβαθρο (νότια).....	63
Εικόνα 8.14: Τελικός χάρτης δικτύου αποχέτευσης στο AutoCad (νότια).....	64
Εικόνα 9.1: Η βασική οθόνη του φύλλου Excel .....	66
Εικόνα Π.1: Το φύλλο του Excel που υπολογίστηκαν τα μεγέθη της υδραυλικής μελέτης .....	85
Εικόνα Π.2: Διάγραμμα επίλυσης δικτύων αποχέτευσης ακαθάρτων για αγωγούς από PVC .....	86
Εικόνα Π.3: Πλαστικοί σωλήνες από uPVC.....	86
Εικόνα Π.4: Ιδιωτική σύνδεση σε χωριστικό δίκτυο. ....	87
Εικόνα Π.5: Σκέπαστρο φρεατίου στη Τσεχία.....	87
Εικόνα Π.6: Σκέπαστρο φρεατίου στην Ιαπωνία .....	87
Εικόνα Π.7: Πανοραμική άποψη της περιοχής μελέτης .....	88
Εικόνα Π.8: Τμήμα της πλατείας Μεταμορφώσεως στη περιοχή μελέτης.....	88

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Τυποποίηση σωλήνων από uPVC για αποχέτευση ακαθάρτων σειρές 41 και 51 κατά ΕΛΟΤ 476. ....	16
Πίνακας 6.1: Μέγιστα επιτρεπόμενα ποσοστά πλήρωσης για αγωγούς αποχετεύσεων (ΠΔ 696/74).....	39
Πίνακας 6.2: Αντιστοιχία συντελεστή Manning n προς τραχύτητα $\epsilon = 2 \text{ mm}$ για κυκλικούς αγωγούς με ολική πλήρωση.....	41
Πίνακας 6.3: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κυκλικών αγωγών .....	42
Πίνακας 6.4: Υδραυλικοί υπολογισμοί σε κυκλικούς αγωγούς.....	42
Πίνακας 6.5: Εφαρμοστές ελάχιστες κλίσεις για αγωγούς ακαθάρτων .....	46
Πίνακας 7.1: Πληθυσμιακά στοιχεία Δήμου Πειραιά.....	48
Πίνακας 9.1: Μήκη, κλίσεις αγωγών και εμβαδά αποχετευόμενων οικοδομικών τετραγώνων .....	69
Πίνακας 9.2: Εμβαδό αποχετευόμενων επιφανειών οικοδομικών τετραγώνων .....	71
Πίνακας 9.3: Υδραυλικά μεγέθη αγωγών ακαθάρτων .....	73
Πίνακας 10.1: Υφιστάμενη διάμετρος D και διάμετρος D σχεδιασμού .....	79

## **ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΕΩΝ**

### **1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Ως δίκτυο αποχέτευσης αστικών λυμάτων ή ακαθάρτων ενός οικισμού ορίζεται το δίκτυο συλλογής, μεταφοράς και διάθεσης στον τελικό αποδέκτη των υγρών αποβλήτων από οικίες, εμπορικές και βιοτεχνικές μονάδες μιας αστικής περιοχής. Στο δίκτυο ακαθάρτων είναι επίσης συνδεδεμένα και εργοστάσια, γραφεία, νοσοκομεία, σχολεία, ξενοδοχεία, καθώς και χώροι άθλησης και πρασίνου (Τσακίρης, 2010).

Το δίκτυο αποχέτευσης ονομάζεται παντορροϊκό όταν συλλέγει και μεταφέρει αδιακρίτως και τα όμβρια και τα λύματα. Σε αντίθετη περίπτωση έχουμε ένα σύστημα δύο δικτύων, το χωριστικό σύστημα, που περιλαμβάνει το δίκτυο ακαθάρτων και το δίκτυο ομβρίων (Τσακίρης, 2004). Σε μερικές περιπτώσεις είναι δυνατό να έχουμε συνύπαρξη παντορροϊκού δικτύου, σε ένα τμήμα μιας πόλης και χωριστικού στο υπόλοιπο τμήμα. Παράδειγμα είναι η Αθήνα, όπου στο κέντρο της πόλης έχουμε παντορροϊκό, ενώ στα προάστια έχουμε χωριστικό.

Ακάθαρτα ύδατα ή λύματα αποκαλούνται τα ύδατα τα οποία προέρχονται από οικίες, βιοτεχνίες και βιομηχανίες και αποτελούνται από ύδατα και διάφορες στερεές ουσίες. Αποδέκτης των λυμάτων ή των ομβρίων είναι συνήθως ένα φυσικό υδάτινο σύστημα (λίμνη, θάλασσα). Σε περίπτωση χωριστικών δικτύων ο αποδέκτης μπορεί να είναι διαφορετικός για κάθε δίκτυο. Τα αποχετευτικά έργα αποτελούν την δεύτερη, μετά τις υδρεύσεις, κατηγορία έργων αστικής υδραυλικής.

### **1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ**

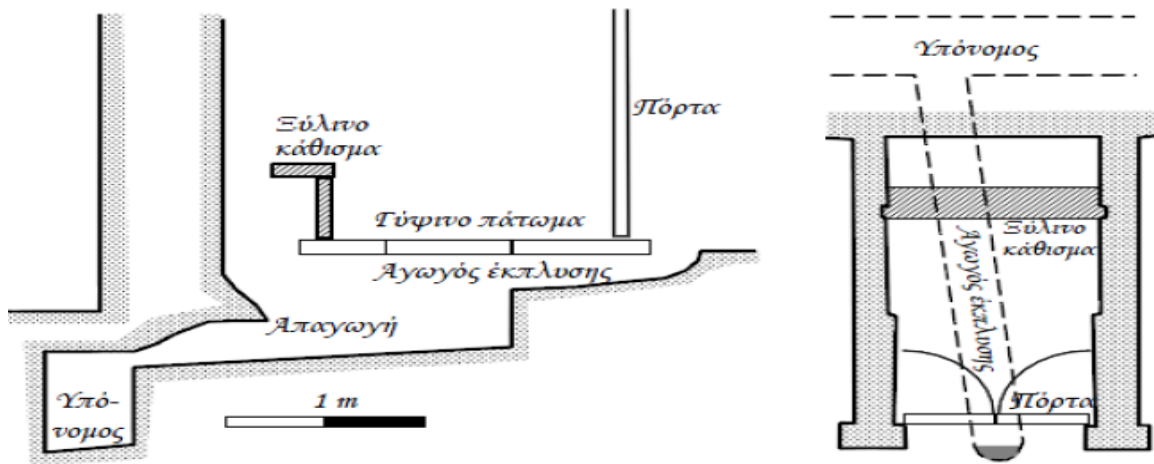
#### **1.1.1 Σταθμοί εξέλιξης έργων αποχέτευσης**

Η ανάγκη απομάκρυνσης των ακαθάρτων από κάθε κατοικημένη περιοχή, αποτέλεσε από τα αρχαία χρόνια την αιτία ώστε να στραφεί η προσοχή του ανθρώπου προς την κατεύθυνση αυτή. Έτσι στο Mohenjo Daro, μια πόλη του ινδικού πολιτισμού που βρίσκεται στο σημερινό Πακιστάν (περί το 5.000 π.Χ.) βρέθηκαν στις ανασκαφές, πλινθόκτιστοι υπόνομοι που απομάκρυναν τα λύματα από τα σπίτια. Στη Βαβυλώνα βρέθηκαν επίσης δίκτυα αποχέτευσης (Martz, 1970). Στην Κρήτη, στο Μινωικό ανάκτορο

της Κνωσού (1950-1500π.χ), ανακαλύφθηκαν δίκτυο αποχέτευσης ακαθάρτων όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.1 και χώροι υγιεινής όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.2 (Angelakis et al., 2005). Στην Αθήνα καταγράφονται αναφορές για παντοροϊκά δίκτυα, περί το 500 π.Χ. (όπως ο αγωγός του Ηριδανού που κάλυπτε τις ανάγκες της αρχαίας αγοράς).



**Εικόνα 1.1:** Εκτεταμένο σύστημα αποχέτευσης λυμάτων, Κνωσός, Κρήτη  
 Πηγή: <http://www.sewerhistory.org/photosgraphics/pipes-ancientearly-types/>



**Εικόνα 1.2:** Τομή και κάτοψη τουαλέτας στο ισόγειο του ανακτόρου της Κνωσού  
 Πηγή: Αγγελάκης & Κουτσογιάννης, 2005

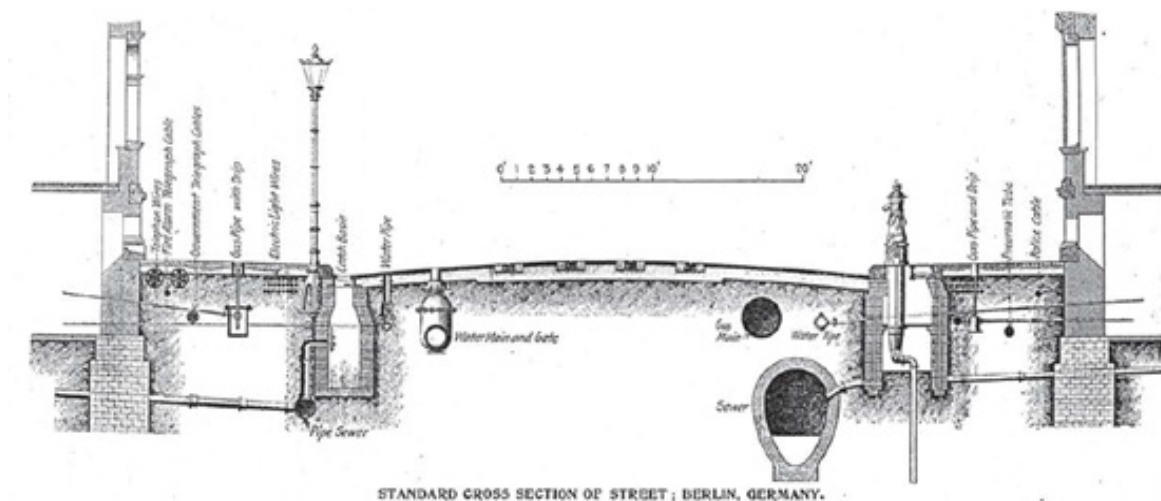
Στη Ρωμαϊκή εποχή σημειώθηκε μεγάλη πρόοδος στα δίκτυα αποχέτευσης των πόλεων (Τσακίρης, 2010). Στην αρχαία Ρώμη υπήρχαν δημόσια αποχωρητήρια και αγωγοί αποχέτευσης που απομάκρυναν τα λύματα (Martz, 1970). Η cloacamaxima (μέγιστος υπόνομος) που εξυπηρετούσε τη Ρωμαϊκή αγορά λειτουργεί μέχρι σήμερα (Κουτσογιάννης, 2011).

Η τέχνη της αποχέτευσης παραμελήθηκε στο Μεσαίωνα. Οι χώροι υγιεινής εγκαταλείφθηκαν ή υποβαθμίστηκαν, ενώ η κατανάλωση νερού για ανάγκες καθαριότητας περιορίστηκε στο ελάχιστο. Αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης ήταν οι τρομερές μεσαιωνικές επιδημίες (Κουτσογιάννης, 2011).

Η κατάσταση αυτή συνεχίστηκε και στους νεότερους χρόνους και μάλιστα χειροτέρευσε εξαιτίας της συγκέντρωσης πληθυσμού στις πόλεις. Η εξέλιξη της οικοδομής που οδήγησε στην κατασκευή πολυόροφων κτιρίων, δεν συνοδεύτηκε από ανάλογη εξέλιξη των συνηθειών υγιεινής και των αποχετεύσεων. Έτσι σε πολλές πόλεις τα λύματα αφήνονταν να τρέχουν ελεύθερα στις αυλές και στους δρόμους. Είναι ενδιαφέρον πως σε αρκετές πόλεις των νεότερων χρόνων υπήρχαν υπαίθριοι αγωγοί για την απομάκρυνση των ομβρίων αλλά απαγορευόταν η παροχέτευση λυμάτων σε αυτούς (Κουτσογιάννης, 2011).

Η κατασκευή σύγχρονων συστημάτων αγωγών αποχέτευσης, με ελάχιστες εξαιρέσεις ξεκινάει στις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Όπως επισημαίνει ο ιστορικός Stobart η ανθρωπότητα μόλις στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα κατάφερε να φτάσει σε επίπεδο υγιεινής που να συγκρίνεται με εκείνο των υδραυλικών εγκαταστάσεων της Μινωικής εποχής (Αφτιάς, 1992)

Για παράδειγμα στη Γερμανία (βλ. Εικόνα 1.3) το πρώτο δίκτυο υπονόμων σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε το 1842 στο Αμβούργο, μετά από πυρκαγιά που κατέστρεψε το κέντρο της πόλης (Martz, 1970). 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 δικτύου αποχέτευσης στο Λονδίνο (Clark et al., 1977).



**Εικόνα 1.3:** Παλαιά τυπική τομή δρόμου του Βερολίνου (Γερμανία) στα 1894 (Σκάγιαννης, 2015)



### 1.1.2 Τα δίκτυα αποχέτευσης στην Ελλάδα

Στην Αθήνα, το 1840, έγινε η πρώτη κατασκευή παντοροϊκού συστήματος συλλογής και μεταφοράς ακαθάρτων και ομβρίων υδάτων στις οδούς Κολοκοτρώνη, Αιόλου, Ερμού και Αγίου Μάρκου στην περιοχή Κεραμικού, καθώς και στην οδό Αδριανού προς το Θησείο με αποδέκτη ένα ανοικτό ρέμα. Επίσης το 1860 κατασκευάστηκε ο παντοροϊκός αγωγός της Σταδίου ο οποίος άρχιζε από την σημερινή οδό Βουκουρεστίου μέχρι την σημερινή πλατεία Ομοιοίας. Επίσης κατασκευάστηκε και δίκτυο αποχέτευσης σε διάφορους δρόμους της Αθήνας ([eydap.gr/TheCompany/DrainageAndSewerage/DrainHistoricalTrackback/](http://eydap.gr/TheCompany/DrainageAndSewerage/DrainHistoricalTrackback/)).

Στη δεκαετία 1860-1870 το δίκτυο της Σταδίου επεκτάθηκε με την κατασκευή έργων στις οδούς Πειραιώς, Ζήνωνος και Δεληγιώργη με αποδέκτη το ανοιχτό ακόμη τότε ρέμα του Κυκλοβόρου. Στη δεκαετία 1880-1890 καλύφθηκε το ρέμα του Κυκλοβόρου με λιθόκτιστο αγωγό διαμέτρου 3 μέτρων. Την ίδια περίοδο συνδέθηκε ο αγωγός της οδού Ερμού μέσω των οδών Σαλαμίνας, Αχιλλέως και Καβάλας με το ρέμα του Προφήτη Δανιήλ. Το παραπάνω δίκτυο παντοροϊκών συλλεκτών συμπληρώθηκε με μικρότερα δίκτυα, τοπικής κυρίως σημασίας, σε διάφορους δρόμους πυκνοκατοικημένων περιοχών του κέντρου της Αθήνας και έτσι δημιουργήθηκε για πρώτη φορά ένα στοιχειώδες δίκτυο. Τα λύματα που παραλάμβανε αυτό το παντοροϊκό δίκτυο απομακρύνονταν προς τη δυτική πλευρά της πόλης και μέσω του Κεντρικού Αγωγού κατέληγαν στην ύπαιθρο ή στο ρέμα του Προφήτη Δανιήλ. Σε κάποια σημεία του δικτύου, τα νερά χρησιμοποιήθηκαν για άρδευση, με αποτέλεσμα να εκδηλωθούν προβλήματα σε βάρος της δημόσιας υγείας με εμφάνιση ασθενειών τύφου, δυσεντερίας, αμοιβάδων και άλλων ενδημικών εντερικών νοσημάτων ([eydap.gr/TheCompany/DrainageAndSewerage/DrainHistoricalTrackback/](http://eydap.gr/TheCompany/DrainageAndSewerage/DrainHistoricalTrackback/)).

Μέχρι το 1893 το παντοροϊκό δίκτυο είχε συνολικό μήκος περίπου 11,5 χλμ. ενώ το μέγεθος της πόλης ήταν τέτοιο που απαιτούσε δίκτυα μήκους 90 χλμ. Δηλαδή η Αθήνα καλυπτόταν σε ποσοστό 12%. Λόγω του προσφυγικού ρεύματος που προκάλεσε η Μικρασιατική καταστροφή, η ανάγκη κατασκευής έργων αποχέτευσης έγινε επιτακτική λαμβανομένης υπόψη και της αύξησης της κατανάλωσης νερού, η οποία προκαλούσε σημαντικές πλέον αυξήσεις των παροχών ακαθάρτων στα δίκτυα αποχέτευσης ([eydap.gr/TheCompany/DrainageAndSewerage/DrainHistoricalTrackback/](http://eydap.gr/TheCompany/DrainageAndSewerage/DrainHistoricalTrackback/)).

Ενώπιον αυτής της κατάστασης, το 1925, ο Δήμος Αθηναίων κατασκεύασε το «Νέο Μεγάλο Αγωγό» στις οδούς Παιωνίου - Μαρωνείας και Μύλων, ο οποίος κατέληγε, όπως



και τα προηγούμενα δίκτυα, στο ρέμα του Προφήτη Δανιήλ. Παράλληλα την ίδια περίοδο κατασκευάστηκε ένα μεγάλο τεχνικό έργο, η συμβολή των δύο «Μεγάλων Αγωγών» στις οδούς Μάρνη και Παιωνίου. Μέχρι το 1926 είχε κατασκευαστεί δίκτυο παντοροϊκών συλλεκτών, μήκους 17 χλμ. Επιπλέον ένα δίκτυο μικρότερων αγωγών πυκνώσεως είχε κατασκευαστεί στις περιοχές όπου ήταν εφικτό. Το 1929 κλήθηκε ο Ιταλός καθηγητής της Υδραυλικής Γκαουτέντσιο Φαντόλι, ο οποίος εισηγήθηκε συνδυασμό παντοροϊκού συστήματος για το Δυτικό μέρος της πόλης (λεκάνη Κηφισού) και χωριστικό σύστημα για το Ανατολικό μέρος της πόλης (λεκάνη Ιλισού), ως προς δε την απόληξη του «Κεντρικού Αποχετευτικού Αγωγού», το άκρο της Πειραιϊκής χερσονήσου στον Ακροκέραμο ([eydap.gr/TheCompany/DrainageAndSewerage/DrainHistoricalTrackback/](http://eydap.gr/TheCompany/DrainageAndSewerage/DrainHistoricalTrackback/)).

Το 1931 συστάθηκε η «Ανώνυμος Εταιρεία Κατασκευής Υπονόμων Αθηνών και Περιχώρων» στην οποία το κράτος ανέθεσε, το 1932, την οριστική μελέτη του δικτύου των Αθηνών και Περιχώρων για ακάθαρτα και όμβρια με βάση την προμελέτη του καθηγητή Φαντόλι. Παράλληλα, ο Δήμος Αθηναίων μετά τη σημαντική ανάπτυξη που είχε επιτευχθεί μέχρι τότε στο παντοροϊκό σύστημα, απαγόρευσε πλέον την κατασκευή απορροφητικών βόθρων σε όσους δρόμους είχε κατασκευαστεί δίκτυο. Την ίδια περίοδο ακόμη ο Δήμος Αθηναίων αφαίρεσε από τους ιδιώτες το δικαίωμα της κατασκευής και εκμετάλλευσης αγωγών ακαθάρτων και ομβρίων στην πόλη. Με σαφή πλέον τον προσανατολισμό κατασκευής του αποχετευτικού συστήματος της Αθήνας, ο Δήμος υλοποίησε μέσα στην πενταετία 1934-39 ένα μεγάλο πρόγραμμα κατασκευής αποχετευτικών έργων ([eydap.gr/TheCompany/DrainageAndSewerage/DrainHistoricalTrackback/](http://eydap.gr/TheCompany/DrainageAndSewerage/DrainHistoricalTrackback/)):

- Την κάλυψη 17 σημαντικών ρεμάτων που εντάχθηκαν στο παντοροϊκό σύστημα.
- Την κατασκευή των μεγάλων αγωγών στις οδούς Ρηγίλλης και Βασ. Σοφίας, στην περιοχή Πετραλώνων, στη σημερινή Πέτρου Ράλλη.
- Την κατασκευή αντιπλημμυρικής τάφρου στο Λόφο Φιλοπάππου.

Παράλληλα συντάχθηκαν οριστικές μελέτες, από τις οποίες τα **βασικότερα έργα** υποδομής που, παρά τη μεσολάβηση του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, κατασκευάστηκαν ήταν ([eydap.gr/TheCompany/DrainageAndSewerage/DrainHistoricalTrackback/](http://eydap.gr/TheCompany/DrainageAndSewerage/DrainHistoricalTrackback/)):

- Ο κεντρικός αποχετευτικός αγωγός (ΚΑΑ): Είναι ο παντοροϊκός αγωγός με τον οποίο γίνεται η παροχέτευση ομβρίων και ακαθάρτων του παντοροϊκού συστήματος, από το τέρμα της οδού Πατησίων μέχρι τον Ακροκέραμο Κερατσινίου, όπου με υποθαλάσσιο αγωγό

ωθούνται προς τη Ψυττάλεια για επεξεργασία. Η κατασκευή του αγωγού ολοκληρώθηκε το 1959 και έχει μήκος 17 χλμ.

-Από την μελέτη που συντάχθηκε για τον Ιλισό, κατασκευάστηκε ένας μεγάλος βασικός συλλεκτήρας με ωοειδή διατομή 2,60μ.-2,90μ., παντορροϊκού συστήματος που ξεκινά από την οδό Ζαγοράς και ακολουθεί την οδό Μιχαλακοπούλου μέχρι την οδό Ποντοηρακλείας. Από εκεί συνεχίζει με μεγαλύτερη διατομή 2,80μ.-3,20μ. μέχρι την οδό Νυμφαίου.

-Μελετήθηκαν και κατασκευάστηκαν διευθετήσεις τμημάτων του Κηφισού ποταμού από την εκβολή του στη θάλασσα μέχρι και τη θέση Τρεις Γέφυρες, σε μήκος 10χλμ.

Μετά το 1950 η Αθήνα αναπτύχθηκε ραγδαία πολεοδομικά και τα υφισταμένα δίκτυα ήταν ανεπαρκή. Ακόμη έπρεπε να γίνει επικαιροποίηση των υφισταμένων μελετών, καθώς προστίθεντο διαρκώς νέες αστικές περιοχές. Η επιτακτική ανάγκη προγραμματισμού και κατασκευής μεγάλων έργων αποχέτευσης, οδήγησε στη σύσταση του **Οργανισμού Αποχέτευσης Πρωτεύουσας (ΟΑΠ)**, στον οποίο ανατέθηκε η μελέτη, κατασκευή, συντήρηση, λειτουργία και εκμετάλλευση των δικτύων ακαθάρτων και ομβρίων της πόλης. Έτσι το 1950 άρχισε η σύνταξη προμελέτης για την αποχέτευση της πρωτεύουσας σε έκταση 200.000 στρεμμάτων, η οποία οριστικοποιήθηκε και υποβλήθηκε το 1963. Από τον ΟΑΠ θεμελιώθηκαν βασικά έργα αποχέτευσης, όπως ο Κεντρικός Παραλιακός Συλλεκτήρας της ακτής Σαρωνικού και ο Παρακηφίσιος Συλλεκτήρας. Συνολικά στο διάστημα 1950-1980, κατασκευάστηκαν έργα ακαθάρτων μήκους 1.700 χλμ και ομβρίων 300 χλμ. Δηλαδή η Αθήνα καλυπτόταν στο δίκτυο ακαθάρτων σε ένα ποσοστό 55%, ενώ στο δίκτυο ομβρίων στο 10% ([eydap.gr/TheCompany/DrainageAndSewerage/DrainHistoricalTrackback/](http://eydap.gr/TheCompany/DrainageAndSewerage/DrainHistoricalTrackback/)).

Οι αρμοδιότητες του ΟΑΠ μεταβιβάστηκαν το 1980 στον ενιαίο φορέα διαχείρισης της ύδρευσης και αποχέτευσης της Αθήνας, την **ΕΥΔΑΠ**. Στον τομέα της αποχέτευσης ο νέος φορέας ανέλαβε την απορροή των λυμάτων και των βιομηχανικών αποβλήτων. Επίσης ανέλαβε τον έλεγχο της διαδικασίας καθαρισμού των λυμάτων και την τελική διάθεσή τους στη θάλασσα. Από τις υποχρεώσεις του τέως ΟΑΠ η ΕΥΔΑΠ δεν ανέλαβε την κατασκευή των δευτερευόντων αγωγών ακαθάρτων και τη σύνδεση των ακινήτων με τα δίκτυα. Επιπλέον, επιφορτίστηκε με την εποπτεία των ρεμάτων, τη διάνοιξή τους και την ένταξή τους στο πλέγμα του δικτύου της. Από αρχής λειτουργίας της ΕΥΔΑΠ, το αποχετευτικό δίκτυο των Αθηνών επεκτάθηκε και πύκνωσε με την κατασκευή πολλών χιλιομέτρων αγωγών, για να φτάσει σήμερα το συνολικό μήκος του δικτύου αποχέτευσης να αγγίζει τα

5.800 χλμ. Μεταξύ αυτών εντάσσεται και η κατασκευή, μέσα στη δεκαετία του 1980, του Συμπληρωματικού Κεντρικού Αποχετευτικού Αγωγού (ΣΚΑΑ) στην Αθήνα. ([eydap.gr/TheCompany/DrainageAndSewerage/DrainHistoricalTrackback/](http://eydap.gr/TheCompany/DrainageAndSewerage/DrainHistoricalTrackback/)).

## **1.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΕΩΝ ΣΤΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ**

Η σημασία των έργων αποχέτευσης για την δημόσια υγεία και το επίπεδο ζωής στις αστικές περιοχές είναι τεράστια. Σε περιοχές χωρίς δίκτυα αποχέτευσης λυμάτων παρατηρείται ρύπανση του εδάφους και των υπόγειων και επιφανειακών υδροφορέων, εμφάνιση οσμών εξαιτίας των σηπτικών συνθηκών των λυμάτων, και δημιουργούνται κίνδυνοι για την δημόσια υγεία. Αντίστοιχα σε περιοχές που λείπει ένα αποτελεσματικό δίκτυο αποχέτευσης ομβρίων, σε κάθε καταιγίδα οι δρόμοι μετατρέπονται σε ρέματα, παραλύει η κίνηση, πλημμυρίζουν σπίτια και πολλές φορές χάνονται και ανθρώπινες ζωές.

Μια από τις πρώτες τεχνικές συγκέντρωσης και διάθεσης ακαθάρτων υπήρξε η χρήση απορροφητικού βόθρου. Αποδείχθηκε όμως ανεπαρκής, καθώς δεν προστάτευε τη δημόσια υγεία από τη μόλυνση των υπόγειων υδάτων και την υποβάθμιση των γαιών της περιοχής διάθεσης. Έτσι, ακολούθησε το επόμενο βήμα της κατασκευής δικτύων αποχέτευσης.

Κατά συνέπεια τα έργα αποχέτευσης αποτελούν σημαντικότερα έργα υποδομής, απαραίτητα για την λειτουργία μιας αστικής περιοχής και καθοριστικά του επιπέδου διαβίωσης. Πολλές φορές όμως η σημασία τους παραβλέπεται, αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι επειδή είναι υπόγεια δεν προσφέρονται για προβολή. Επίσης δεν έχουν άμεσα οικονομικά αποτελέσματα και η υπηρεσία που προσφέρουν δεν μπορεί να τιμολογηθεί. Οι παραπάνω λόγοι είχαν σαν συνέπεια την καθυστέρηση στη διάδοση των έργων αποχέτευσης (Κουτσογιάννης, 2011).

## **1.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ**

Υπάρχουν δυο ειδών συστήματα δικτύων υπονόμων, το χωριστικό σύστημα και το παντοροϊκό σύστημα ή σύστημα μίξεως. Σε πολλές ευρωπαϊκές πόλεις που διέθεταν συστήματα αποχέτευσης ακόμη και πριν τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο συναντούμε παντοροϊκά δίκτυα. Η σύγχρονη άποψη είναι ότι τα δίκτυα ομβρίων και τα δίκτυα ακαθάρτων πρέπει να είναι χωριστά (Τσακίρης, 2010).

### 1.3.1 Παντοροϊκό σύστημα

Στο παντοροϊκό σύστημα τα ακάθαρτα και τα όμβρια ύδατα απομακρύνονται από τους ίδιους αγωγούς. Έχει τα εξής *πλεονεκτήματα* (Κουτσογιάννης, 2011):

- Εύκολη εποπτεία, υπάρχει ένα μόνο δίκτυο το οποίο ελέγχεται ευκολότερα.
- Μικρότερη δαπάνη κατασκευής από το χωριστικό.
- Μικρότερη δαπάνη συντηρήσεως και λειτουργίας καθώς έχουμε ένα μόνο δίκτυο.
- Κατάληψη μικρότερου τμήματος από το πλάτος της οδού.

### 1.3.2 Χωριστικό σύστημα

Στο χωριστικό σύστημα κατασκευάζονται ανεξάρτητα δίκτυα ακαθάρτων και ομβρίων. Η μελέτη νέων δικτύων αναφέρεται σε χωριστικά δίκτυα (Τσακίρης, 2004). Ένα μειονέκτημα του χωριστικού συστήματος είναι ότι απαιτείται προσεκτική επιτήρηση για να αποφεύγονται εσφαλμένες συνδέσεις, που δημιουργούν προβλήματα και στα δύο δίκτυα. Το χωριστικό σύστημα έχει τα εξής *πλεονεκτήματα* (Κουτσογιάννης, 2011):

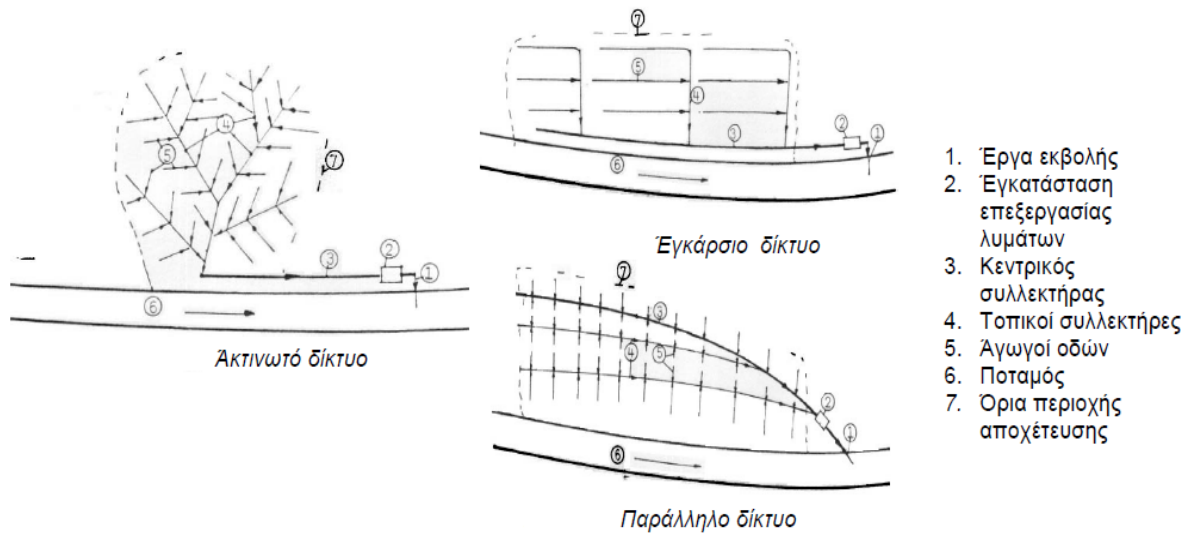
- Δυνατότητα να περάσουν τα ακάθαρτα από εγκατάσταση καθαρισμού.
- Μικρότερα αντλιοστάσια μόνο για τα ακάθαρτα, αν τα όμβρια φτάνουν σε φυσικούς αποδέκτες.
- Αποκλείεται το πλημμύρισμα των υπογείων με ακάθαρτα σε περίπτωση έντονων βροχών.
- Αποκλείονται δυσοσμίες από τα φρεάτια υδατοσυλλογής, αφού οι αγωγοί ομβρίων δεν δέχονται ακάθαρτα.
- Ευνοείται η σταδιακή κατασκευή των έργων αποχέτευσης. Συνήθως κατασκευάζεται πρώτα το δίκτυο ακαθάρτων που είναι μικρής διατομής και επομένως φθηνότερο.

## 1.4 ΤΥΠΟΙ ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Οι κεντρικοί αγωγοί λειτουργούν με ροή με ελεύθερη επιφάνεια και επομένως ο σχεδιασμός ενός τέτοιου δικτύου εξαρτάται άμεσα από το ανάγλυφο της περιοχής του οικισμού (Τσακίρης, 2010). Μπορούμε να διακρίνουμε τα δίκτυα υπονόμων σε τρεις διαφορετικούς τύπους όπως απεικονίζονται στην Εικόνα 1.4: ακτινωτό, εγκάρσιο και παράλληλο. Επίσης το δίκτυο χωρίζεται σε (Τσακίρης, 2004):

- Συλλεκτήριους αγωγούς για τη συλλογή των λυμάτων.

- Δίκτυο μεταφοράς στον τελικό αποδέκτη.



Εικόνα 1.4: Τύποι αποχετευτικών δικτύων (Σιδηρόπουλος, 2018)

## 1.5 ΔΙΑΤΑΞΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Οι αποχετευτικοί αγωγοί ακαθάρτων πρέπει να εκτείνονται σε όλο το μήκος των οδών του οικισμού και να είναι δυνατή η σύνδεση τους με τα εσωτερικά αποχετευτικά δίκτυα των οικοδομών. Οι αγωγοί των ομβρίων, για λόγους οικονομίας, δεν χρειάζεται να καλύπτουν όλο το μήκος των οδών, αλλά τα απαραίτητα προς αποχέτευση τμήματα αυτών. Στο χωριστικό σύστημα, σε οδούς μικρού πλάτους, οι αγωγοί τοποθετούνται εκατέρωθεν του άξονα της οδού. Σε δρόμους μεγάλου πλάτους κατασκευάζονται δυο αγωγοί ακαθάρτων δίπλα από τα πεζοδρόμια και δυο αγωγοί ομβρίων επίσης δίπλα από τα πεζοδρόμια ή ένα αγωγός ομβρίων στον άξονα του δρόμου. Στο παντοροϊκό σύστημα σε οδούς μικρού πλάτους, κατασκευάζεται ένας αγωγός στον άξονα του δρόμου. Σε οδούς μεγάλου πλάτους κατασκευάζονται δυο αγωγοί δίπλα από τα πεζοδρόμια. Το βάθος τοποθέτησης των αγωγών πρέπει να είναι αρκετό για την αποχέτευση των υπογείων των οικοδομών με φυσική ροή. Συνήθως καθορίζεται ελάχιστο βάθος 2,50-3,00 μέτρα. Η κατά μήκος κλίση των αγωγών ακολουθεί συνήθως την φυσική κλίση των οδών.

Ειδικότερα κατά τη **χάραξη των αγωγών** θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω (Δήμος Αλμωπίας, 2013):

- Ο αγωγός ακαθάρτων τοποθετείται κατά κανόνα στον άξονα της οδού ή παραπλήσια

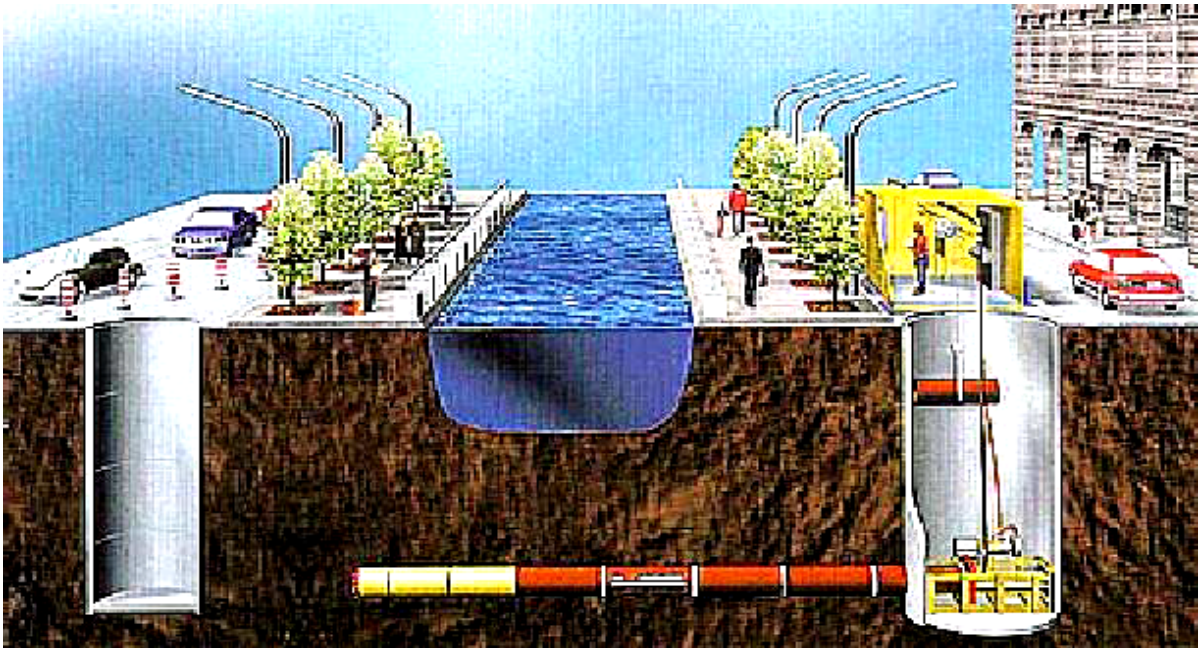
αυτού προκειμένου το μήκος των ιδιωτικών συνδέσεων και από τις δύο πλευρές της οδού να είναι ίδιο. Με αυτόν τον τρόπο το απαιτούμενο βάθος του αγωγού είναι το μικρότερο δυνατό, καθώς αυτό εξαρτάται από το γινόμενο του μήκους  $L$  επί την επιτρεπόμενη κλίση  $J$  των ιδιωτικών συνδέσεων.

- Σε δρόμους με πλάτος μεγαλύτερο των 30 m, προκειμένου να αποφευχθούν τα μεγάλα μήκη των ιδιωτικών συνδέσεων και τα μεγάλα βάθη εκσκαφών, τοποθετούνται κατά κανόνα δύο αγωγοί (ένας σε κάθε πλευρά) σε απόσταση ενός έως δύο μέτρων από τα κράσπεδα των πεζοδρομίων.
- Στην περίπτωση του χωριστικού συστήματος, οι αγωγοί ομβρίων τοποθετούνται ψηλότερα και παραπλεύρως των αγωγών ακαθάρτων.
- Αποφεύγεται η τοποθέτηση αγωγών ακαθάρτων κοντά σε αγωγούς του δικτύου ύδρευσης, λόγω του ότι υφίσταται κίνδυνος διαρροών και μόλυνσης του ύδατος. Για αυτό το λόγο, οι αγωγοί ακαθάρτων τοποθετούνται σε μεγαλύτερο βάθος από τους αγωγούς ύδρευσης.

## 2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΓΩΓΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

### 2.1 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 ξηλώνονται άλλες υποδομές όπως σιδηροδρομικές γραμμές, κατασκευάζονται, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.1, δύο φρεάτια επίσκεψης ένα στην αρχή και ένα στο τέλος του αγωγού και από το ένα φρεάτιο με τη διαδικασία της σταδιακής προώθησης ο αγωγός φτάνει στο άλλο φρεάτιο (Ιωσηφίδης, 2010).



**Εικόνα 2.1:** Ειδική 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 επίτευξης τους
- Διαθεσιμότητα των διατομών που απαιτούνται
- Διαθεσιμότητα και ευκολία τοποθέτησης ειδικών τεμαχίων
- Υδραυλικά χαρακτηριστικά

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.

### **2.1.1 Αργιλλοπυριτικοί σωλήνες**

Παλαιότερα ως υλικό των αγωγών αποχέτευσης ακαθάρτων χρησιμοποιήθηκε ο πηλός. Πολλά αρχαία, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.2, ή και νεώτερα 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 αργιλοπυριτικοί σωλήνες τα τελευταία χρόνια έχουν εγκαταλειφτεί σε όφελος άλλων υλικών. Ωστόσο, πολλά από τα παλιά δίκτυα είναι από αργιλοπυριτικούς σωλήνες (Κουτσογιάννης, 2011).



**Εικόνα 2.2:** Πήλινος σωλήνας αποχέτευσης, Ανάκτορο Κνωσού, Κρήτη, 1800-1400 π.Χ.  
(Πηγή:<https://www.google.com/search?rlz=πηλινος+σωληνας+αποχετευσης,+κνωσος&tbm>)

### 2.1.2 Σωλήνες από σκυρόδεμα

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 ξυλοτύπους 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 (CO<sub>2</sub>), 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).

Προβλήματα διάβρωσης αγωγών από σκυρόδεμα έχουν αναφερθεί σε περιπτώσεις όπου η συγκέντρωση θείου (S) στα ακάθαρτα κυμαίνεται από 0.1 έως 0.5 mg L<sup>-1</sup> (Zhang et al., 2008), ενώ τα προβλήματα που προκαλούνται στους αγωγούς γίνονται πιο σοβαρά όταν η συγκέντρωση θείου (S) υπερβεί τα 2.0 mg L<sup>-1</sup> (Hvitved-Jacobsen et al., 2002).

### **2.1.3 Σωλήνες από αμιαντοτσιμέντο**

Παράγεται με ανάμειξη τσιμέντου και των ινών αμιάντου, οι οποίες δίνουν εφελκυστική αντοχή στο υλικό. Έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για υπονόμους και στην Ελλάδα τις δεκαετίες του '70 και του '80 σε τυποποιημένα μήκη των 5.0 m και σε διάμετρο από 20 cm έως 100 cm. Τα πλεονεκτήματα τους είναι το μικρό βάρος σε αντίθεση με τους σωλήνες από σκυρόδεμα, με αποτέλεσμα την πιο εύκολη τοποθέτησή τους, μεγάλο εύρος αντοχής και διαμέτρων καθώς και το κόστος τους. Τα μειονεκτήματα των σωλήνων αυτών είναι η χημική διάβρωση του υλικού. Επιπλέον, έχει διαπιστωθεί πως η χρήση ινών αμιάντου είναι πολύ επικίνδυνες για την υγεία καθώς ο αμιάντος είναι ένα υλικό επιβλαβές για την υγεία του ανθρώπου (Χατζηαγγέλου 2002).

### **2.1.4 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).

### 2.1.5 Πλαστικοί σωλήνες

Οι πλέον διαδεδομένοι σήμερα σωλήνες αποχέτευσης ακαθάρτων είναι οι πλαστικοί σωλήνες από PVC (uPVC) (χρώμα πορτοκαλί όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.3) 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).



**Εικόνα 2.3:** Δίκτυο αποχέτευσης ακαθάρτων (repository.library.teimes.gr)

Οι πλαστικοί σωλήνες κατασκευάζονται σε διάφορα μήκη και διαμέτρους (βλ. Πίνακα 2.1). 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 2.1:** Τυποποίηση σωλήνων από uPVC για αποχέτευση ακαθάρτων σειρές 41 και 51 κατά ΕΛΟΤ 476 (Τσακίρης, 2010).

Τα τελευταία χρόνια κερδίζουν έδαφος στην αποχέτευση ακαθάρτων κυρίως στις μεγάλες διατομές οι σωλήνες από πολυεστέρα με ενίσχυση με ίνες γυαλιού (Υαλοπλισμένοι πολυεστερικοί σωλήνες, CRP). Βασικά πλεονεκτήματα των αγωγών αυτών θεωρούνται η αντοχή τους στη χημική διάβρωση και σε μηχανικές φορτίσεις, ενώ, τουλάχιστον μέχρι σήμερα, το κόστος τους θεωρείται σχετικά υψηλό (Τσακίρης, 2010).

## 2.2 ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ

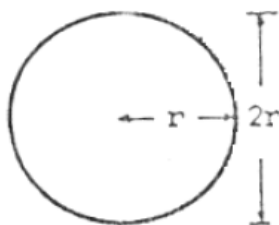
### 2.2.1 Κυκλική διατομή

Στην πλειονότητά τους οι αποχετευτικοί αγωγοί είναι προκατασκευασμένοι σωληνωτοί αγωγοί κυκλικής διατομής. (Τσακίρης, 2010). Αυτό συμβαίνει για δυο λόγους: α) είναι υδραυλικά πιο πρόσφοροι (για την ίδια περίμετρο δίνουν μεγαλύτερο εμβαδό) και β) η κατασκευή αγωγών κυκλικής διατομής με προκατασκευασμένους σωλήνες είναι ευκολότερη. Τα στοιχεία της πλήρης κυκλικής διατομής (βλ. Εικόνα 2.4) είναι:

α) Υγρή διατομή:  $F = \pi r^2 = 3.14 r^2$

β) Βρεχόμενη περίμετρος:  $\Pi = 2 \pi r = 6,28 r$

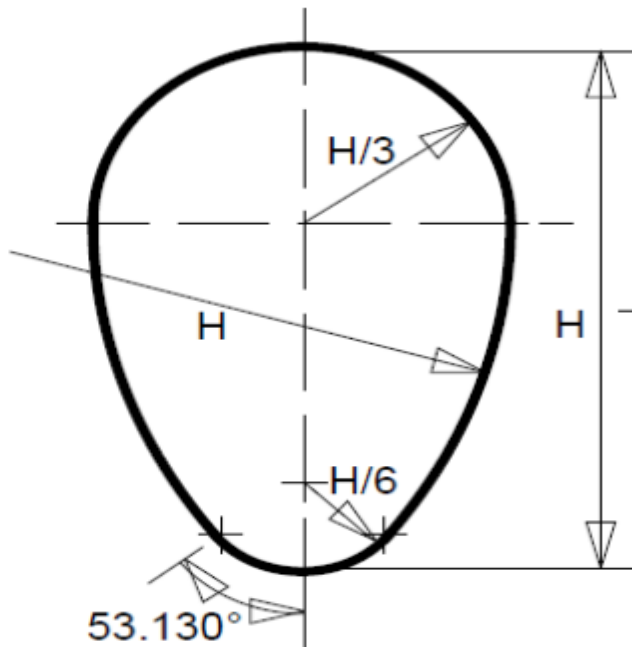
γ) Υδραυλική ακτίνα:  $R = F / \Pi = 0,50 r$



**Εικόνα 2.4:** Κυκλική διατομή (Ζαφειράκου, 2018)

### 2.2.2 Ωοειδής διατομή

Η ωοειδής διατομή και γενικότερα οι διατομές με σχήμα πυθμένα που πλησιάζει το V, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.5, 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: α) λόγω της μορφής τους αντέχουν σε μεγάλα εξωτερικά φορτία και β) 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:

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

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

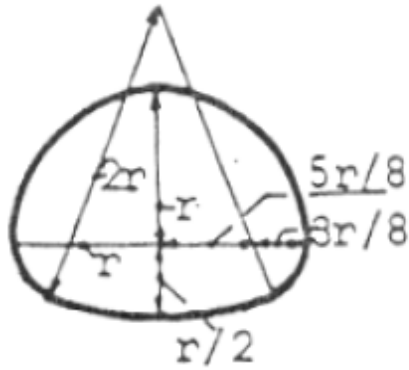
- α) Υγρή διατομή:  $F = 3,02 r^2$
- β) Βρεχόμενη περίμετρος:  $\Pi = 4,79 r$
- γ) Υδραυλική ακτίνα:  $R = 0,63 r$

Εικόνα 2.5: Τυπική ωοειδής διατομή (Κουτσογιάννης & Ευστρατιάδης, 2018)

### 2.2.3 Στοματοειδής διατομή

Η στοματοειδής διατομή (βλ. Εικόνα 2.6) εφαρμόζεται στις περιπτώσεις που απαιτείται μικρό ύψος επιχώσεως. Είναι σταθερή στατικά και προσφέρεται για μεγάλες παροχές. Έχει στοιχεία:

- α)  $H:B = 3:4$
- β) Υγρή διατομή:  $F = 2,378 r^2$
- γ) Βρεχόμενη περίμετρος:  $\Pi = 5,603 r$
- δ) Υδραυλική ακτίνα:  $R = 0.424 r$

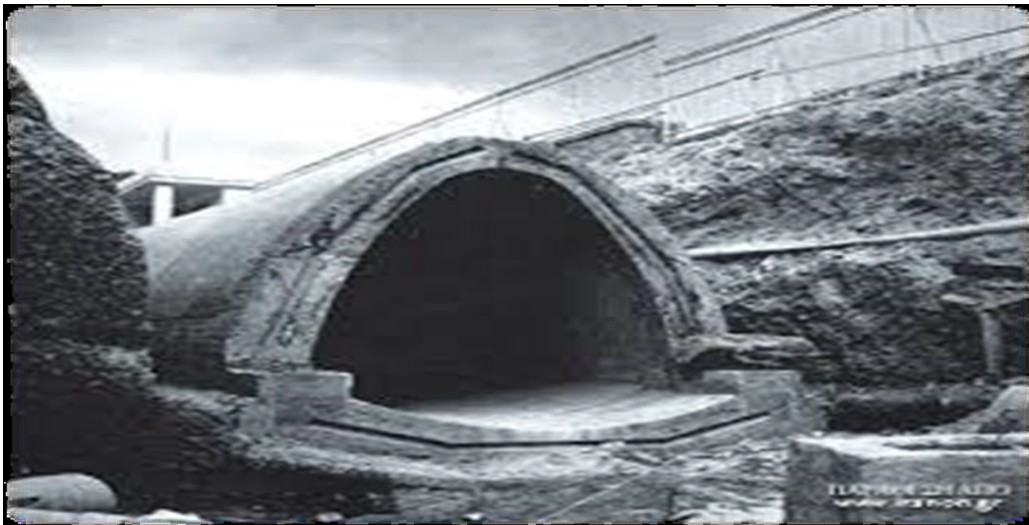


**Εικόνα 2.6:** Στοματοειδής διατομή (Ζαφειράκου, 2018)

### 2.2.4 Σκουφοειδής διατομή

Η σκουφοειδής διατομή, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.7, χρησιμοποιείται όταν η παροχή είναι τόσο μεγάλη που δεν μπορούν να την αποχετεύουν οι ωοειδείς. Η διατομή αυτή παρουσιάζει μεγάλη στατική ικανότητα, κυρίως στο να αναλαμβάνει μεγάλα εξωτερικά φορτία από υψηλές επιχώσεις. Τα στοιχεία της διατομής είναι:

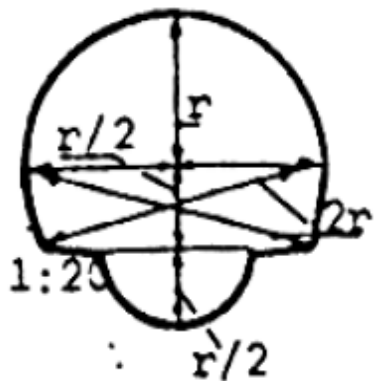
- α) Ολική επιφάνεια διατομής:  $F_1 = 5.957 \alpha^2$
- β) Υγρή διατομή:  $F_2 = 3,386 \alpha^2$
- γ) Βρεχόμενη περίμετρος:  $\Pi = 3,440 \beta = 6,880 \alpha$
- δ) Υδραυλική ακτίνα:  $R = 0,246\beta = 0,492 \alpha$



**Εικόνα 2.7:** Σκουφοειδής διατομή στο αποχετευτικό δίκτυο της Αθήνας (Πηγή: [eydap.gr/en/SocialResponsibility/Society/DigitalArchive/](http://eydap.gr/en/SocialResponsibility/Society/DigitalArchive/))

### 2.2.5 Αυλακωτή διατομή με πεζοδρόμιο

Διακρίνονται σε: α) αυλακωτή διατομή με αμφίπλευρο πεζοδρόμιο (βλ. Εικόνα 2.8) και β) αυλακωτή με μονόπλευρο πεζοδρόμιο (βλ. Εικόνα 2.9). 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:



α) Αμφίπλευρη διατομή: B:H = 1:1

Πλήρης διατομή Αυλάκι

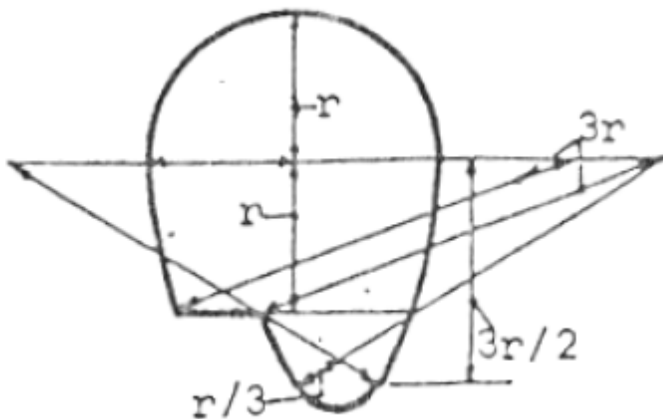
$F = 0.393 r^2$ ,  $\Pi = 1.571 r$ ,  $R = 0.25 r$

**Εικόνα 2.8:** Αυλακωτή διατομή με αμφίπλευρο πεζοδρόμιο (Ζαφειράκου, 2018)

β) Μονόπλευρη διατομή: B:H = 3:4

Πλήρης διατομή Αυλάκι

$F = 0.481 r^2$ ,  $\Pi = 1.801 r$ ,  $R = 0.267 r$



**Εικόνα 2.9:** Αυλακωτή διατομή με μονόπλευρο πεζοδρόμιο (Ζαφειράκου, 2018)

### 2.2.6 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 (Δήμος Αλμωπίας, 2013):

- 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 διάμετροι αγωγών:

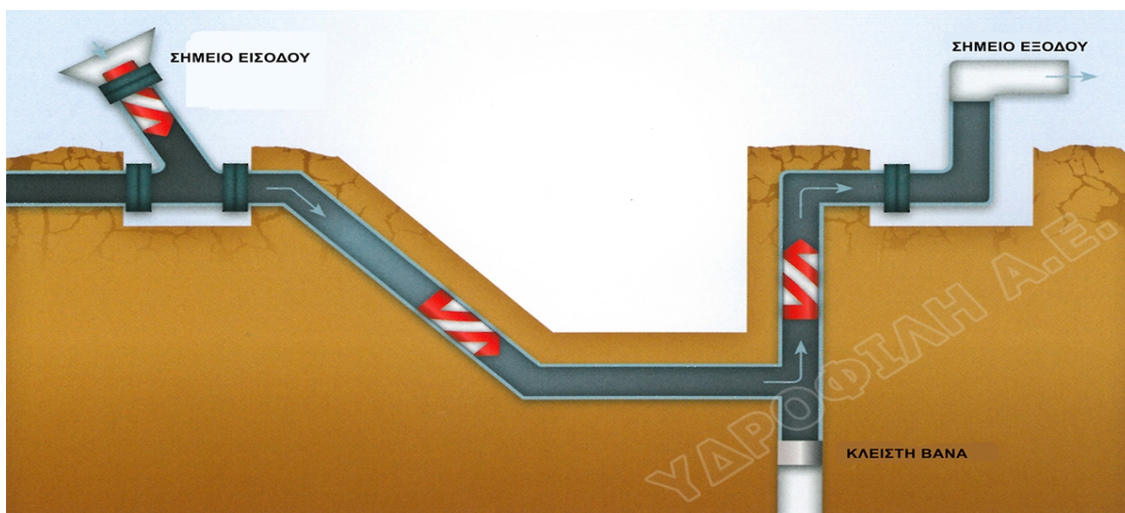
- 200 mm για τα δίκτυα ακαθάρτων
- 400 mm για τα δίκτυα ομβρίων.

Οι μικρότερες διατομές εντός των οποίων είναι δυνατό να συρθούν εργάτες είναι η κυκλική 800 mm και η ωσειδής 600×900 mm. Οι κυκλικοί αγωγοί θεωρούνται βατοί για διαμέτρους μεγαλύτερους από 1000 mm, οι δε ωσειδείς όταν η διατομή τους είναι μεγαλύτερη από 700×1050 mm. Οι ελληνικές προδιαγραφές (Π.Δ. 696/1974, άρθρο 209) δεν επιτρέπουν τη χρησιμοποίηση ωσειδών αγωγών μικρότερων της διατομής 600×900 mm.

## 2.3 ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι καθαρισμού ακόμα και όταν οι αποθέσεις είναι πολλές ή φράζουν τελείως τον αγωγό. Για παράδειγμα σε αγωγούς μεγάλων διαμέτρων ο καθαρισμός γίνεται με κατάλληλους αποξέστες, οι οποίοι σύρονται μέσα στο δίκτυο με υπέργεια συρματόσχοινα. Σήμερα προτιμάται η μέθοδος έκπλυσης υπό υψηλή πίεση (υδροβολή), με την οποία εκτοξεύεται μέσα στον αγωγό και αντίθετα στην κατεύθυνση της ροής, νερό με πίεση από ακροφύσια. Το μειονέκτημα της μεγάλης κατανάλωσης νερού, αντισταθμίζεται από το γεγονός του ότι δεν χρειάζεται η κάθοδος στον αγωγό για τον καθαρισμό του. Για τον καθαρισμό αγωγών μικρών διαμέτρων (ιδιόκτητες αποχετεύσεις) χρησιμοποιούνται εύκαμπτα σπινάλ. Υπάρχουν και άλλες νεότερες μέθοδοι όπως η τεχνολογία PIGGING (βλ. Εικόνα 2.10) που μπορεί να εφαρμοστεί σε όλους τους κυκλικής διατομής αγωγούς αποχέτευσης. (Πηγή: [ydrofili.gr/apofrakseis apoxeteusewn.el.aspx](http://ydrofili.gr/apofrakseis apoxeteusewn.el.aspx))





**Εικόνα 2.10:** Καθαρισμός αγωγών με την τεχνολογία PIGGING (γουρουνάκι)  
(Πηγή: [ydrofili.gr/apofrakseis\\_apoxeteusewn.el.aspx](http://ydrofili.gr/apofrakseis_apoxeteusewn.el.aspx))

## 2.4 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ

Για την αποφυγή αναερόβιων συνθηκών αποσύνθεσης των οργανικών ενώσεων και την αποφυγή σχηματισμού επικίνδυνων, τοξικών και δύσοσμων προϊόντων ο επαρκής αερισμός των ακαθάρτων κατά μήκος των αγωγών είναι απαραίτητος. Η ροή των ακαθάρτων έχει ως αποτέλεσμα τον ελκυσμό του αέρα μέσα στους αγωγούς. Επίσης οι ανθρωποθυρίδες των φρεατίων και οι αγωγοί εξαερισμού των σπιτιών εξασφαλίζουν την είσοδο του αέρα στους αγωγούς. Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες είτε δεν είναι επαρκής ο αερισμός, είτε δεν είναι τεχνητά εφικτός, χρησιμοποιούνται οι παρακάτω μέθοδοι (Τσακίρης, 2010):

A) Μέθοδοι μηχανικής προστασίας του αγωγού, όπως:

- κάλυψη του εσωτερικού του αγωγού που έχει κατασκευασθεί από υλικό όπως αμιαντοτσιμέντο, σκυρόδεμα ή μέταλλο με κατάλληλο μονωτικό υλικό.
- Διατήρηση στεγνών των ανώτερων τοιχωμάτων του αγωγού – μείωση της υγρασίας των ανώτερων τοιχωμάτων ώστε να επιτυγχάνεται περιορισμός σχηματισμού θειϊκού οξέος και κατά συνέπεια να περιορίζεται η χημική διάβρωση.

B) Χημικές μέθοδοι αποτροπής σχηματισμού του θειϊκού οξέος, όπως:

- Προσθήκη νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) στα ακάθαρτα ύδατα με σκοπό τη δέσμευση του S υπό μορφή αλάτων όπως το  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .
- Χημική απομάκρυνση του θείου μέσω της προσθήκης στα ακάθαρτα μεταλλικών στοιχείων, όπως σίδηρος (Fe), ψευδάργυρος (Zn) και χαλκός (Cu). Η προσθήκη αυτή

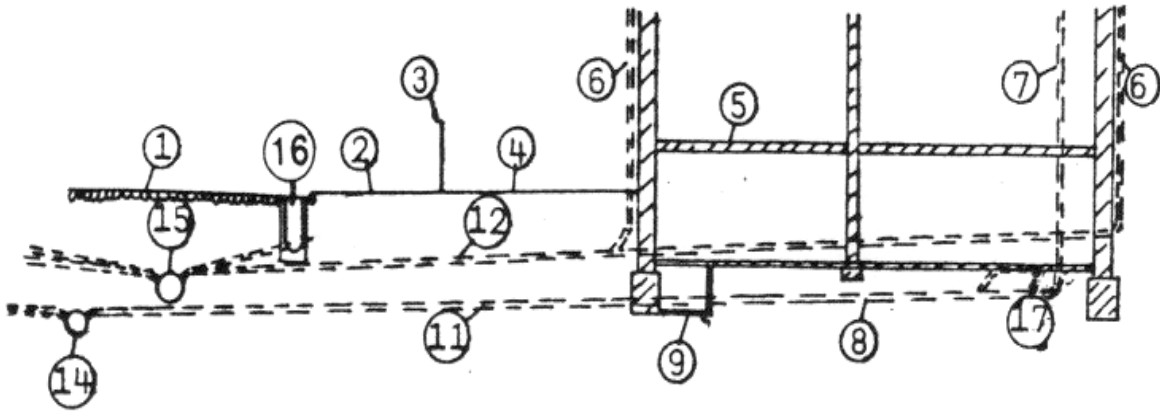
οδηγεί στο σχηματισμό και την καθίζηση θειούχων μεταλλικών ενώσεων η οποία συνεπάγεται μείωση της διαφυγής του αερίου θείου (S).

- Προσθήκη υπεροξειδίου του υδρογόνου ( $H_2O_2$ ) το οποίο απελευθερώνει νερό και οξυγόνο δημιουργώντας εντός των αγωγών αερόβιες συνθήκες.

Οι χημικές μέθοδοι έχουν υψηλό κόστος και στοιχίζουν περίπου 1.9 έως 7.2€ για κάθε kg θείου (S) που δεν σχηματίζεται ή απομακρύνεται (Zhang et al., 2008).

### 3. 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, από τις οποίες κάποιες απεικονίζονται στην Εικόνα 3.1, είναι τα φρεάτια, οι σίφωνες, οι εγκαταστάσεις ρυθμίσεως παροχής, τα έργα εκβολής, οι ιδιωτικές διακλαδώσεις, τα αντλιοστάσια, οι εγκαταστάσεις καθαρισμού αποβλήτων κ.α.



**Εικόνα 3.1:** Ιδιωτική σύνδεση σε χωριστικό δίκτυο: 1-Οδόστρωμα, 2-Πεζοδρόμιο, 3-Περίφραξη προκηπίου, 4-Προκήπιο, 5-Οικοδομή, 6-Υδροροή, 7-Κατακόρυφος σωλήνας αποχέτευσης, 8-Οριζόντιος σωλήνας αποχέτευσης, 9-Κεντρικό φρεάτιο ελέγχου, 10-Ιδιωτική σύνδεση παντοροϊκή, 11-Ιδιωτική σύνδεση ακαθάρτων, 12-Ιδιωτική σύνδεση ομβρίων, 13-Παντοροϊκός αγωγός δικτύου αποχέτευσης, 14-Αγωγός ακαθάρτων δικτύου αποχέτευσης, 15-Αγωγός ομβρίων δικτύου αποχέτευσης, 16-Φρεάτια υδροσυλλογής, 17-Σιφώνι δαπέδου, (Πηγή: Σιδηρόπουλος, 2018)

#### 3.1 ΦΡΕΑΤΙΑ

##### 3.1.1 Φρεάτια επίσκεψης (επιθεώρησης)

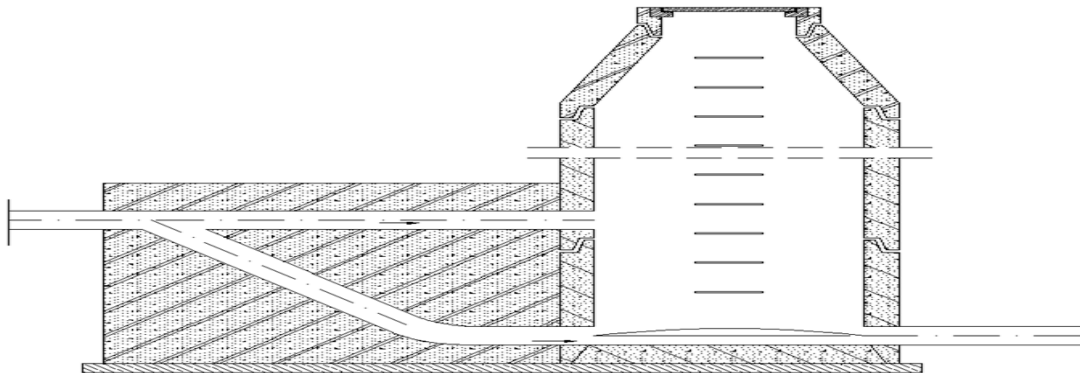
Τοποθετούνται σε θέσεις αλλαγής διαμέτρου, σε αλλαγή κλίσης και σε αλλαγή κατεύθυνσης. Τα φρεάτια επίσκεψης ωφελούν στον καθαρισμό, αερισμό των αγωγών καθώς και για παρακολούθηση της ροής. Σε αγωγούς βαρύτητας η απόσταση στην οποία τοποθετούνται τα φρεάτια επίσκεψης δεν πρέπει να ξεπερνά τα 100m, συνήθως 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).

### 3.1.2 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 περισσότερων 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).

### 3.1.3 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 όπως φαίνεται στη Εικόνα 3.2 (Χατζηαγγέλου 2002).



Εικόνα 3.2: Τυπικό φρεάτιο πτώσης (Πηγή: Δήμος Αλμωπίας, 2013)

### 3.1.4 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 m<sup>3</sup> για να είναι δυνατή η δημιουργία κύματος ικανοποιητικής διάρκειας (Χατζηαγγέλου, 2002).

### 3.2 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 σιφώνος (Μάρκου & Παναγιωτοπούλου, 2008).

### 3.3 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 υπερχειλίση.

### 3.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

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

1. **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.
2. **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.
3. **Θεωρητικές μέθοδοι:** Η παροχή μπορεί να υπολογιστεί θεωρητικά αν γνωρίζουμε τις

θέσεις των αγωγών και την απόσταση μεταξύ των φρεατίων.

### 3.5 ΙΔΙΩΤΙΚΕΣ ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΕΙΣ

Ιδιωτική 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.

### 3.6 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).



**Εικόνα 3.3:** Εξαερισμός δικτύου αποχέτευσης  
(Πηγή:el.decorexpro.com)

Ο εξαερισμός μπορεί να γίνει με σωληνωτούς αεραγωγούς όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.3, οι οποίοι στερεώνονται στους τοίχους των οικοδομών και καταλήγουν σε σημεία

ψηλότερα από τις στέγες, για την αποφυγή δυσάρεστων δυσοσμιών. Η κίνηση του αέρα πραγματοποιείται με τη διαφορά θερμοκρασίας στις διάφορες θέσεις του δικτύου.

### 3.7 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).

### 3.8 ΔΙΑΘΕΣΗ ΚΑΙ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ 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 ο καθαρισμός των ακάθαρτων υδάτων, πριν διοχετευτούν προς τον τελικό αποδέκτη. Στο λεκανοπέδιο Αθηνών (άρα και στη περιοχή μελέτης που εξετάζουμε) τα υγρά απόβλητα διοχετεύονται στο κέντρο επεξεργασίας λυμάτων στην Ψυττάλεια, (βλ. Εικόνα 3.4). Οι κύριες **μέθοδοι καθαρισμού** των υγρών αποβλήτων αναφέρονται στη συνέχεια.



**Εικόνα 3.4:** Το κέντρο επεξεργασίας λυμάτων στην Ψυττάλεια (Πηγή: [b2green.gr/el/posts/18/0/diacheirisi-ydaton-lymaton](http://b2green.gr/el/posts/18/0/diacheirisi-ydaton-lymaton))

### **3.8.1 Φυσικές διεργασίες καθαρισμού**

Σε αυτές η μεταβολή γίνεται με την εφαρμογή φυσικών δυνάμεων. Οι διεργασίες που χρησιμοποιούνται πιο συχνά στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων περιλαμβάνουν (1) εσχάρωση, (2) ελάττωση των χονδρών στερεών (τεμαχισμό, άλεση εσχαρισμάτων), (3) εξισορρόπηση ροής, (4) ανάμιξη και συσσωμάτωση, (5) εξάμμιση, (6) καθίζηση, (7) διαύγαση υψηλού ρυθμού, (8) διαχωρισμό με επιτάχυνση της βαρύτητας (διαχωριστής δίνης), (9) επίπλευση, (10) μεταφορά οξυγόνου, (11) αερισμό και (12) εξάτμιση και απομάκρυνση των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) (Metcalf & Eddy, 2017).

### **3.8.2 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).

### **3.8.3 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 (Metcalf & Eddy, 2017).

Οι γενικοί στόχοι της βιολογικής επεξεργασίας των αστικών λυμάτων είναι: (1) να μετατρέψει διαλυμένα και σωματιδιακά βιοαποικοδομήσιμα συστατικά σε αποδεκτά τελικά προϊόντα, (2) να συλλέξει και να ενσωματώσει αιωρούμενα και μη καθιζάνοντα κολλοειδή στερεά σε ένα βιολογικό συσσωμάτωμα ή βιοφίλμ, (3) να μετατρέψει ή να απομακρύνει θρεπτικά, όπως άζωτο και φώσφορο και (4) να απομακρύνει συγκεκριμένα ίχνη οργανικών συστατικών και ενώσεων. (Metcalf & Eddy, 2017).



## ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΩΝ

### 4. ΜΕΛΕΤΕΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΕΩΝ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ

#### 4.1 ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

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

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

#### 4.2 ΕΚΠΙΟΝΗΣΗ ΜΕΛΕΤΩΝ

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

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.

## 4.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΛΕΤΩΝ

### 4.3.1 Λεκάνη απορροής

Ο προσδιορισμός του πλήθους των κατοίκων που φορτίζουν κάθε αγωγό γίνεται με την μέθοδο του διαχωρισμού της συνολικής επιφάνειας 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 οικόπεδο (Δήμος Διρφύων-Μεσσαπίων, 2017).

### 4.3.2 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



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 υπέδαφους, όπως βράχος ή μη σταθερό έδαφος επηρεάζουν το βάθος.

Στην Εικόνα 4.1 παρατηρούμε πως πραγματοποιούνται οι συνδέσεις των κτιρίων με το δίκτυο ακαθάρτων, πως είναι τοποθετημένοι οι αγωγοί, σε τι αποστάσεις, καθώς και τι υλικά χρησιμοποιούνται για τον εγκλωβισμό τους στο έδαφος. Επίσης βλέπουμε τις θέσεις των αγωγών άλλων δικτύων, όπως ύδρευση, όμβρια, ΔΕΥ και ΟΤΕ.

## 5. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ

Οι αγωγοί ακαθάρτων μεταφέρουν τα αστικά λύματα και ορισμένες επιπλέον ποσότητες υπόγειου νερού και επιφανειακής απορροής που εισέρχονται σε αυτούς. Κατά συνέπεια η εκτίμηση της παροχής των αγωγών ακαθάρτων προϋποθέτει την εκτίμηση του πληθυσμού που εξυπηρετείται, της κατανάλωσης νερού και του ποσοστού της που καταλήγει στους αγωγούς αποχέτευσης, καθώς και των πρόσθετων εισροών υπόγειων διηθήσεων και απορροής ομβρίων. Επιπλέον οι αγωγοί μεταφέρουν λύματα από βιομηχανικές ή εμπορικές εγκαταστάσεις, των οποίων πρέπει να συμπεριλαμβάνονται οι παροχές.

### 5.1 ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Οι αγωγοί ακαθάρτων σχεδιάζονται με παροχευτικότητα επαρκή για την κάλυψη των μελλοντικών αναγκών της περιοχής μελέτης, για μια δεδομένη περίοδο σχεδιασμού. Οι παροχές των αγωγών εκτιμώνται για τις συνθήκες πληθυσμού και κατανάλωσης νερού που αναμένονται για το τέλος αυτής της περιόδου. Οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή της περιόδου είναι (Κουτσογιάννης, 2011):

1. Η ωφέλιμη διάρκεια ζωής των επιμέρους έργων
2. Η δυσκολία ή ευκολία επέκτασης των έργων
3. Η μεγάλη ή μικρή αβεβαιότητα στην εκτίμηση της εξέλιξης του πληθυσμού και γενικότερα της ανάπτυξης της περιοχής
4. Οικονομικοί παράγοντες, όπως το κόστος των έργων και το επιτόκιο χρηματοδότησης.

Η περίοδος σχεδιασμού των αγωγών αποχέτευσης γενικά θεωρείται **40-50 χρόνια** για τους κύριους συλλεκτήρες, ενώ για τους δευτερεύοντες αγωγούς λαμβάνεται υπόψη η τελική προβλεπόμενη ανάπτυξη της πόλης. Ειδικότερα για τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό των δικτύων αποχέτευσης (π.χ. αντλιοστάσια) καθώς και για τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων η περίοδος σχεδιασμού είναι μικρότερη, 20-25 χρόνια, λόγω της μικρότερης διάρκειας ζωής των έργων αυτών.

### 5.2 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ

Ο πληθυσμός μιας πόλης προκύπτει από τις κατά καιρούς απογραφές ή υπολογίζεται από τους εκλογικούς πίνακες. Ο πληθυσμός στο χρόνο εκπόνησης της μελέτης, είναι πολύ

χρήσιμο στοιχείο, γι' αυτό όταν έχει μεσολαβήσει κάποιο σημαντικό χρονικό διάστημα από την τελευταία απογραφή είναι απαραίτητο να γίνει επανεκτίμηση του πληθυσμού. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται διάφορες στατιστικές ενδείξεις, όπως οι απογραφές των καταναλωτών ρεύματος ή νερού, οι εγγραφές και διαγραφές στα δημοτολόγια κλπ. Η πρόβλεψη του μελλοντικού πληθυσμού στο τέλος της περιόδου βασίζεται στα ιστορικά απογραφικά δεδομένα. Οι κύριες μέθοδοι που ακολουθούνται προκειμένου να υπολογιστεί η αύξηση του μόνιμου πληθυσμού μετά από  $n$  έτη ή του συνολικού πληθυσμού στην περίπτωση που οι τουρίστες είναι μικρά ποσοστά του πληθυσμού (Τσακίρης, 2010):

α) Σταθερή μεταβολή ανά έτος (γραμμική αύξηση):  $P_v = P_o + vb$

όπου  $P_o$  = ο αρχικός πληθυσμός και  $P_v$  ο πληθυσμός μετά από  $n$  έτη.

β) Σταθερή σχετική μεταβολή ανά έτος (γεωμετρική αύξηση):  $P_v = a^n \cdot P_o$

Για την ορθολογικότερη πρόβλεψη της εξέλιξης του πληθυσμού σκόπιμο είναι να αναλύονται οι παράγοντες που την επηρεάζουν, δηλαδή οι γεννήσεις, οι θάνατοι και οι μεταναστεύσεις του πληθυσμού. Οι μεταβολές των κοινωνικών και οικονομικών συνθηκών σε γενικό και τοπικό επίπεδο μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικές μεταβολές, στην εξέλιξη του πληθυσμού. Πρέπει να γίνεται ξεχωριστή εκτίμηση του αριθμού των μη μόνιμων κατοίκων, δηλαδή αυτών που επισκέπτονται την πόλη για μια ή περισσότερες μέρες, για εργασιακούς ή τουριστικούς λόγους. Σε αρκετές περιοχές της Ελλάδας ο αριθμός των μη μόνιμων κατοίκων είναι πολλές φορές πολλαπλάσιος των μόνιμων (Κουτσογιάννης, 2011).

### 5.3 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ

Στις μεγάλες πόλεις δεν αρκεί να γνωρίζουμε μόνο το συνολικό πληθυσμό, αλλά πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η κατανομή του πληθυσμού. Επειδή πολλές φορές έχουμε σημαντικές διαφορές ως προς την πυκνότητα του πληθυσμού, για παράδειγμα μεταξύ κέντρου και προαστίων, σκόπιμο είναι να υποδιαιρείται η περιοχή σε ειδικές ζώνες (αστική, εμπορική, βιομηχανική κλπ), ή ακόμα σε πυκνοκατοικημένη ή αραιοκατοικημένη ζώνη. Παρακάτω δίνεται ενδεικτικώς η **πυκνότητα του πληθυσμού**, σε κατ/ha (το εκτάριο (ha) είναι μονάδα μέτρησης επιφανείας και ισούται με 100 άρια ή 10.000 τετραγωνικά μέτρα ή 10 στρέμματα), για ορισμένες κατηγορίες ζωνών (Κουτσογιάννης, 2011):

- 35-50 κατ/ha για τομείς χαμηλής δόμησης (μονοκατοικίες)
- 100-150 κατ/ha για τομείς μέσης δόμησης (διπλοκατοικίες, τριπλοκατοικίες)

- 200-400 κατ/ha για περιοχές υψηλής δόμησης (πολυκατοικίες). Έχουν όμως διαπιστωθεί και πυκνότητες των 2500 κατ/ha, σε περιοχές πυκνής δόμησης με πολυώροφα κτίρια.
- 25-75 κατ/ha για βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες.

#### 5.4 ΥΔΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

Η υδατική κατανάλωση διακρίνεται σε οικιακή, βιομηχανική, δημόσια, δημοτική, και εξαρτάται από (Fair et al, 1981): το κλίμα, το επίπεδο ζωής, την ύπαρξη δικτύου ακαθάρτων, το τύπο των εμπορικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων, το κόστος του νερού, την αντικατάσταση μέρους της κατανάλωσης από ιδιωτικές πηγές (π.χ. πηγάδια), την ποιότητα νερού, την πίεση στο δίκτυο, την αξιοπιστία των υδρομετρητών και τη διαχείριση του συστήματος ύδρευσης.

Σε οργανωμένα συστήματα ύδρευσης, οι υπηρεσίες διαχείρισης διαθέτουν στατιστικά δεδομένα της κατανάλωσης νερού, πάνω στα οποία μπορεί να στηριχτεί η εκτίμηση της παροχής ακαθάρτων. Συνήθως οι διάφορες συνιστώσες της κατανάλωσης νερού εκφράζονται με το δείκτη της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης ανά κάτοικο (**q**) που κυμαίνεται για τις Ελληνικές συνθήκες από 200 μέχρι 350 L/ημέρα/κάτοικο. Η ανώτερη τιμή χρησιμοποιείται για περιοχές με πανταχόθεν ελεύθερο σύστημα δόμησης, μεγάλα οικόπεδα και μονοκατοικίες με κήπους (Τσακίρης, 2010).

Στην Αθήνα η μέση ετήσια οικιακή κατανάλωση σχεδιασμού (για το έτος 2026) έχει τυποποιηθεί ως εξής σύμφωνα με την ΕΥΔΑΠ

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

#### 5.5 ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

Εκτός από την περίπτωση που υπάρχουν επαρκή και αξιόπιστα στοιχεία από μετρήσεις σε υφιστάμενους αγωγούς ακαθάρτων, οι εκτιμήσεις των παροχών ακαθάρτων βασίζονται στις αντίστοιχες παροχές ύδρευσης, αφού αφαιρεθούν οι ποσότητες που δεν καταλήγουν στους υπονόμους. Οι ποσότητες αυτές, που κατά μεγάλο μέρος μετατρέπονται σε υδρατμούς, καταναλώνονται κυρίως για πότισμα

γλαστρών, κήπων και πάρκων, για πλύσιμο αυτοκινήτων και δρόμων και για καθαρισμούς σπιτιών. Οι υπόλοιπες ποσότητες που καταλήγουν στην αποχέτευση εκτιμώνται συνήθως ως ένα σταθερό ποσοστό στις καταναλώσεις ύδρευσης, το οποίο εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες και κυμαίνεται από 60% μέχρι 80% (Τσακίρης, 2010).

Για την εκτίμηση των παροχών σχεδιασμού οι ελληνικές προδιαγραφές (ΠΔ 696, 1974) επιβάλλουν το ποσοστό αυτό να θεωρείται 80%. Η ΕΥΔΑΠ συνιστά γενικώς ποσοστό 85%, εκτός από τις παραθεριστικές περιοχές και τις περιοχές υψηλής εισοδηματικής τάξης, όπου συνιστά ποσοστό 80%.

## 5.6 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ

Οι παροχές ακαθάρτων εμφανίζουν συνεχείς μεταβολές που κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες (Κουτσογιάννης, 2011):

1. Υπερετήσεις μεταβολές: Οφείλονται στην εξέλιξη του πληθυσμού, των κοινωνικών και οικονομικών συνθηκών και του επιπέδου διαβίωσης, και γενικά είναι αυξητικές. Κατά συνέπεια οι μέγιστες παροχές εμφανίζονται στο τέλος της περιόδου σχεδιασμού του έργου.
2. Διακυμάνσεις μέσα στη διάρκεια ενός έτους. Οι διακυμάνσεις αυτές είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος τους περιοδικές και οφείλονται στις αντίστοιχες μεταβολές της κατανάλωσης νερού που προκαλούνται από τις διαφορετικές κλιματικές συνθήκες. Έτσι το καλοκαίρι οι καταναλώσεις νερού και οι παροχές ακαθάρτων είναι μεγαλύτερες.
3. Διακυμάνσεις στη διάρκεια της ημέρας. Οι διακυμάνσεις αυτές έχουν μια προσδιοριστική συνιστώσα που συναρτάται με τις καθημερινές συνήθειες ζωής (μικρές παροχές το βράδυ και αυξημένες τις πρωινές και απογευματινές ώρες) και μια τυχαία συνιστώσα.

Για τις μελέτες αποχέτευσης ενδιαφέρουν πρωτίστως οι **μέγιστες παροχές**, που προβλέπονται για το τέλος της περιόδου σχεδιασμού των έργων, δεδομένου ότι σε αυτές βασίζεται η διαστασιολόγηση και ο υδραυλικός έλεγχος των αγωγών.

### 5.6.1 Μεγέθη παροχής ακαθάρτων

Τα κυριότερα μεγέθη παροχής είναι (Κουτσογιάννης, 2011):

1. Μέση ημερήσια παροχή ακαθάρτων  $Q_E$  (ανηγμένη ανά κάτοικο  $q_E$ ): Είναι ο ετήσιος όγκος ακαθάρτων, διηρημένος με τη διάρκεια ενός έτους. Εκτιμάται συνήθως από την



αντίστοιχη παροχή ύδρευσης  $Q'_E$  (ή  $q'_E$ ), π.χ.  $Q_E = \rho Q'_E$ , όπου η τιμή του  $\rho$  στην Ελλάδα κατά κανόνα θεωρείται ίση με 0.80.

2. Μέγιστη ημερήσια παροχή ακαθάρτων  $Q_H$  (ανηγμένη ανά κάτοικο  $q_H$ ). Είναι η μέση παροχή της ημέρας με τη μεγαλύτερη κατανάλωση. Υπολογίζεται ως:  $Q_H = \lambda_H Q_E$  όπου  $\lambda_H$  είναι ο συντελεστής ημερήσιας αιχμής που κυμαίνεται συνήθως από 1.1 μέχρι 1.5. Η ΕΥΔΑΠ συνιστά για την περιοχή της Αθήνας τιμές 1.15 έως 1.20. Η μέγιστη ημερήσια παροχή συχνά ονομάζεται και θερινή παροχή ακαθάρτων.
3. Μέγιστη στιγμιαία παροχή ακαθάρτων  $Q_P$  (ή παροχή αιχμής). Ουσιαστικά αποτελεί το στιγμιαίο μέγιστο της παροχής κατά την ημέρα με τη μεγαλύτερη κατανάλωση. Σύμφωνα με τις ελληνικές προδιαγραφές (ΠΔ 696, 1974) εκτιμάται από τη σχέση  $Q_P = P Q_H$  όπου  $P$  ο συντελεστής στιγμιαίας αιχμής,

Ο συντελεστής στιγμιαίας αιχμής  $P$  είναι μέγεθος στατιστικό, και συναρτάται (α) με την επιθυμητή ποιότητα λειτουργίας του δικτύου, (β) τον πληθυσμό που εξυπηρετείται και (γ) διάφορες λειτουργικές παραμέτρους. Οι ελληνικές προδιαγραφές (ΠΔ 696, 1974) συνιστούν την ακόλουθη εμπειρική σχέση, στην οποία ο συντελεστής αιχμής συναρτάται με τη μέγιστη ημερήσια παροχή ακαθάρτων  $Q_H$  και όχι με τον πληθυσμό:  $P = \min\left(1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_H}}, 3\right)$

### 5.6.2 Υπολογισμός μέγιστης παροχής ακαθάρτων

Το δίκτυο αποχέτευσης ενός οικισμού πρέπει να είναι ικανό να απομακρύνει τη μέγιστη τιμή ακαθάρτων κάθε στιγμή κατά τη διάρκεια της ημέρας με τη μέγιστη κατανάλωση του νερού. Η μέγιστη στιγμιαία παροχή προσεγγίζεται από τη μέγιστη ωριαία τιμή ακαθάρτων και ακολουθείται η εξής διαδικασία (Τσακίρης 2010):

- i. Προσδιορίζεται η μέση ανηγμένη ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο ( $q$ ).
- ii. Υπολογίζεται η συνολική μέση ημερήσια κατανάλωση για τον πληθυσμό σχεδιασμού ( $P_v$ ):  $Q_d = P_v * q$
- iii. Υπολογίζεται η συνολική μέγιστη ωριαία κατανάλωση:  $Q_h^{\max} = F_1 * F_2 * Q_d$  Όπου ο πολλαπλασιαστής  $F_{ολ} = F_1 * F_2$  από 3 μέχρι 9. Ως συνήθης τιμή για τις Ελληνικές πρακτικές επιλέγεται  $F_1 * F_2 = 6$
- iv. Υπολογίζεται η συνολική μέγιστη ωριαία παροχή ακαθάρτων ως ποσοστό της μέγιστης ωριαίας κατανάλωσης (π.χ.  $\mu = 0,80$ )  $QA_h^{\max} = \mu * Q_h^{\max}$ . Σύμφωνα με τις Ελληνικές προδιαγραφές  $QA_h^{\max} = P * QA_d^{\max}$ .

## 5.7 ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ

Οι παροχές των αποχετευτικών αγωγών ακαθάρτων αυξάνονται εξαιτίας των εισροών από τα υπόγεια νερά και από το δίκτυο ομβρίων μέσω μη νόμιμων συνδέσεων. Οι πρόσθετες εισροές εισέρχονται από τα ευάλωτα σημεία του δικτύου όπως οι συνδέσεις αγωγών (αρμοί), οι διάφορες κακοτεχνίες και οι αστοχίες αγωγών (Τσακίρης, 2010).

Ο παρασιτικές εισροές εξαρτώνται από (Τσακίρης, 2004):

1. τη στάθμη του υπόγειου υδροφορέα.
2. τη διαπερατότητα του εδάφους
3. τη παλαιότητα του δικτύου
4. το υλικό των αγωγών καθώς και την ποιότητα κατασκευής τους.
5. την αποτελεσματική συντήρηση του δικτύου

Στην Ελλάδα το πρόβλημα των παρασιτικών εισροών είναι σοβαρό και κυρίως οφείλεται σε παράνομες συνδέσεις ομβρίων. Η ΕΥΔΑΠ για την περιοχή της Αθήνας δίνει τις ακόλουθες τιμές για σύνολο των πρόσθετων εισροών:

-Για περιοχές υψηλού υδροφόρου ορίζοντα: 0.30 L/(s ha) ή 25.9 m<sup>3</sup>/(d ha)

-Για περιοχές χαμηλού υδροφόρου ορίζοντα: 0.25 L/(s ha) ή 21.6 m<sup>3</sup>/(d ha)

Για την περίπτωση που οι πρόσθετες εισροές εκτιμώνται ως ποσοστό της παροχής αιχμής ακαθάρτων η ΕΥΔΑΠ δίνει τις τιμές 30% για περιοχές υψηλού υδροφόρου ορίζοντα και 20% για περιοχές χαμηλού υδροφόρου ορίζοντα.

## 6. ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

Κατά το σχεδιασμό των αγωγών αποχέτευσης συναντούμε τριών ειδών προβλήματα που επιλύονται με την αξιοποίηση των αρχών της υδραυλικής (Κουτσογιάννης 2011):

1. Το σχεδιασμό των αγωγών, δηλαδή την επιλογή κατάλληλων διαστάσεων και κλίσεων
2. Τον έλεγχο της επάρκειας των ήδη κατασκευασμένων αγωγών.
3. Την εκτίμηση των χαρακτηριστικών ροής αγωγών.

### 6.1 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΡΟΗΣ

Στην πραγματικότητα η ροή στο δίκτυο αποχέτευσης είναι μη μόνιμη, με παροχές που αλλάζουν διαρκώς. Όμως στον υδραυλικό υπολογισμό των δικτύων αποχέτευσης γίνεται η παραδοχή της μόνιμης ομοιόμορφης ροής (Τσακίρης, 2010). Κύρια προϋπόθεση για να μπορεί να υπάρχει πάντα ροή με ελεύθερη επιφάνεια των λυμάτων στο δίκτυο, είναι να μην χρησιμοποιείται το 100% της διατομής του αγωγού. Η διάμετρος των αγωγών δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 0,20 m και δεν πρέπει να διοχετεύουμε τα ύδατα ενός αγωγού σε άλλον μικρότερης διαμέτρου. Στον Πίνακα 6.1 παρουσιάζονται τα **μέγιστα ποσοστά πλήρωσης** για κυκλικούς αγωγούς σύμφωνα με τους Ελληνικούς κανονισμούς, καθώς έχουν καθοριστεί για την αποφυγή ασταθειών ροής, την αποφυγή κινδύνων λειτουργίας των αγωγών υπό πίεση και να εξασφαλίζεται ο επαρκής αερισμός των λυμάτων (Τσακίρης, 2004).

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

**Πίνακας 6.1:** Μέγιστα επιτρεπόμενα ποσοστά πλήρωσης για αγωγούς αποχετεύσεων (ΠΔ 696/74)

### 6.2 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΤΡΙΒΗΣ

Η βάση για τον υπολογισμό των απωλειών τριβής σε ροή πρισματικών αγωγών αναπτύχθηκε περί το 1768 από το Γάλλο μηχανικό Antoine Chezy που κατέληξε στη σχέση:  $V = C\sqrt{RS}$  όπου V: η ταχύτητα, R: η υδραυλική ακτίνα, S: η κλίση της επιφάνειας του υγρού, C: ο συντελεστής ο οποίος καθορίζεται από τον τύπο του BAZIN:  $c = \frac{87}{1 + \frac{y}{\sqrt{R}}}$  με τιμή του συντελεστή  $\gamma = 0,25$  για αγωγούς ακαθάρτων.

### 6.2.1 Σχέση Darcy- Weisbach

Με βάση την εξίσωση της συνέχειας έχουμε:  $Q = AU$  όπου  $Q$ : παροχή,  $A$ : εμβαδόν,  $U$ : μέση ταχύτητα ροής στη διατομή, η σχέση Darcy- Weisbach για τις απώλειες είναι:

- i. Γραμμικές απώλειες για κλειστό αγωγό  $h_f = f \frac{LU^2}{D2g}$
- ii. Τοπικές απώλειες  $h_r = k \frac{u^2}{2g}$

Όπου:  $h$ : γραμμικές απώλειες,  $h_r$ : τοπικές απώλειες,  $f$ : συντελεστής γραμμικών απωλειών  
 $k$ : συντελεστής τοπικών απωλειών,  $L$ : μήκος αγωγού,  $D$ : διάμετρος αγωγού.

### 6.2.2 Σχέση Kutter - Manning

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 και ο «μεγάλος τύπος Kutter» όπου εδώ έχουμε εισαγωγή του συντελεστή  $n$ :

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

Η τιμή του  $n$  εξαρτάται από την τραχύτητα της επιφάνειας του αγωγού και επηρεάζει αντιστρόφως ανάλογα την ταχύτητα. Η εξίσωση του Manning προκύπτει από τη σχέση του Chezy αν τεθεί:  $c = \left(\frac{1}{n}\right) R^{\frac{1}{6}}$  η σχέση γίνεται:  $v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} s^{\frac{1}{2}}$

Η εξίσωση του Manning δίνει εξίσου ικανοποιητικά αποτελέσματα με αυτά που δίνει η εξίσωση του Chezy. Το  $n$  στην εξίσωση Manning δεν είναι σταθερό και αντικαθιστά το  $c$  της εξίσωσης Kutter το οποίο μεταβάλλεται με την υδραυλική ακτίνα.

### 6.2.3 Συντελεστής τραχύτητας

Ο συντελεστής τραχύτητας  $n$  συνδέεται με τον αδιάστατο συντελεστή  $f$  του τύπου Darcy - Weisbach με τη σχέση:  $n = (f/8g)^{1/2} R^{1/6}$ . Με εφαρμογή της σχέσης αυτής στον Πίνακα 6.2 έχει υπολογιστεί ενδεικτικά, για μια τυπική τιμή της τραχύτητας  $\varepsilon = 2 \text{ mm}$  και για μεγάλο εύρος γεωμετρικών και υδραυλικών χαρακτηριστικών ο αντίστοιχος συντελεστής Manning. Παρατηρούμε ότι η τιμή του  $n$  είναι περίπου σταθερή. Έτσι μπορεί να θεωρηθεί ότι κατά προσέγγιση ο συντελεστής  $n$  συνδέεται μονοσήμαντα με την τραχύτητα  $\varepsilon$ , με τη σχέση του Müller:  $n \approx \varepsilon^{1/6} / 26$ .

Διάμετρος D (m)	Ταχύτητα $V_0$ (m/s)				
	0.5	1.0	2.0	3.0	6.0
0.2	0.0134	0.0134	0.0133	0.0133	0.0133
0.5	0.0135	0.0135	0.0135	0.0134	0.0135
1.0	0.0138	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137
1.5	0.0140	0.0140	0.0139	0.0139	0.0139
2.0	0.0142	0.0141	0.0141	0.0141	0.0141

**Πίνακας 6.2:** Αντιστοιχία συντελεστή Manning  $n$  προς τραχύτητα  $\varepsilon = 2$  mm για κυκλικούς αγωγούς με ολική πλήρωση (Κουτσογιάννης, 2011)

Η ισοδύναμη τραχύτητα  $\varepsilon$  και κατά συνέπεια οι συντελεστές τραχύτητας  $f$ ,  $n$  επηρεάζονται, στην περίπτωση των αγωγών αποχέτευσης, εκτός από το υλικό των σωληνώσεων, και από πρόσθετους παράγοντες όπως από (Κουτσογιάννης, 2011):

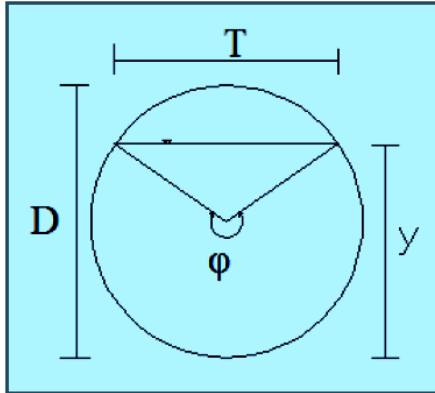
- τους αρμούς των σωληνώσεων,
- τις πλευρικές συνδέσεις ιδιωτικών αποχετεύσεων,
- κακή ευθυγράμμιση των αγωγών, εξαιτίας είτε σφαλμάτων στην κατασκευή είτε διαφορικών καθιζήσεων,
- την ποσότητα και τις διαστάσεις των στερεών υλικών που μεταφέρονται από τα λύματα,
- αποθέσεις των στερεών υλικών σε ορισμένες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

Τα αποτελέσματα ενός αριθμού πραγματικών μετρήσεων σε αγωγούς αποχέτευσης στις ΗΠΑ έδωσαν τιμές του συντελεστή τραχύτητας Manning  $n$  που κυμαίνονται από 0.011 μέχρι 0.016 για αγωγούς σε καλή κατάσταση, και φτάνουν μέχρι 0.020 για αγωγούς με κακή ευθυγράμμιση και αποθέσεις. Οι Αμερικανικές ενώσεις WPCF & ASCE (1976) συνιστούν τιμές του  $n$  στα όρια 0.011 - 0.015 για τα συνήθη υλικά σωληνώσεων αποχέτευσης (σωλήνες από σκυρόδεμα, αμιαντοτσιμέντο, πλαστικοί ή αργιλοπυριτικοί). Οι Greely et al. (1969) συνιστούν την τιμή  $n = 0.015$  για κάλυψη όλων των υδραυλικών απωλειών στις σωληνώσεις, και την τιμή  $n = 0.013$  εάν υπολογίζονται ξεχωριστά οι τοπικές απώλειες στα φρεάτια, τις καμπύλες και τους κόμβους.

### 6.3 ΚΥΚΛΙΚΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΜΕ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΡΟΗ

Με τον όρο ομοιόμορφη ροή καλείται η ροή που εισέρχεται σε έναν αγωγό με σταθερό ρυθμό δηλαδή το βάθος και η μέση ταχύτητα έχουν σταθερή τιμή σε όλο το μήκος του αγωγού. 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. Στην Εικόνα 6.1 και στον Πίνακα 6.3 απεικονίζονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κυκλικών αγωγών.



**Εικόνα 6.1:** Ορισμός μεγεθών σε κυκλικό αγωγό

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά	Μερική πλήρωση (y < D)	Ολική πλήρωση (y = y <sub>0</sub> = D)
Λόγος πλήρωσης, y/D	$\frac{y}{D} = \frac{1 - \cos(\varphi/2)}{2}$	$\frac{y}{D} = 1$
Γωνία, φ	$\varphi = 2 \arccos(1 - 2y/D)$	$\varphi_0 = 2\pi$
Εμβαδό υγρής διατομής, A	$A = (\varphi - \sin\varphi) D^2/8$	$A_0 = \pi D^2/4$
Βρεχόμενη περίμετρος, P	$P = \varphi D/2$	$P_0 = \pi D$
Υδραυλική ακτίνα, R	$R = (1 - \sin\varphi/\varphi)D/4$	$R_0 = D/4$
Πλάτος στην ελεύθερη επιφάνεια, T	$T = D\sin(\varphi/2) = 2\sqrt{y}(D - y)$	0
Λόγος A/A <sub>0</sub>	$A/A_0 = (\varphi - \sin\varphi)/2\pi$	1
Λόγος R/R <sub>0</sub>	$R/R_0 = 1 - \sin\varphi/\varphi$	1

**Πίνακας 6.3:** Γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κυκλικών αγωγών

Με εφαρμογή του τύπου του Manning για ομοιόμορφη ροή (i = J), θεωρώντας ότι οι συντελεστές τραχύτητας για μερική και ολική πλήρωση είναι n και n<sub>0</sub> αντίστοιχα, παίρνουμε τις σχέσεις που απεικονίζονται στον Πίνακα 6.4 για ομοιομορφη ροή σε κυκλικό αγωγό:

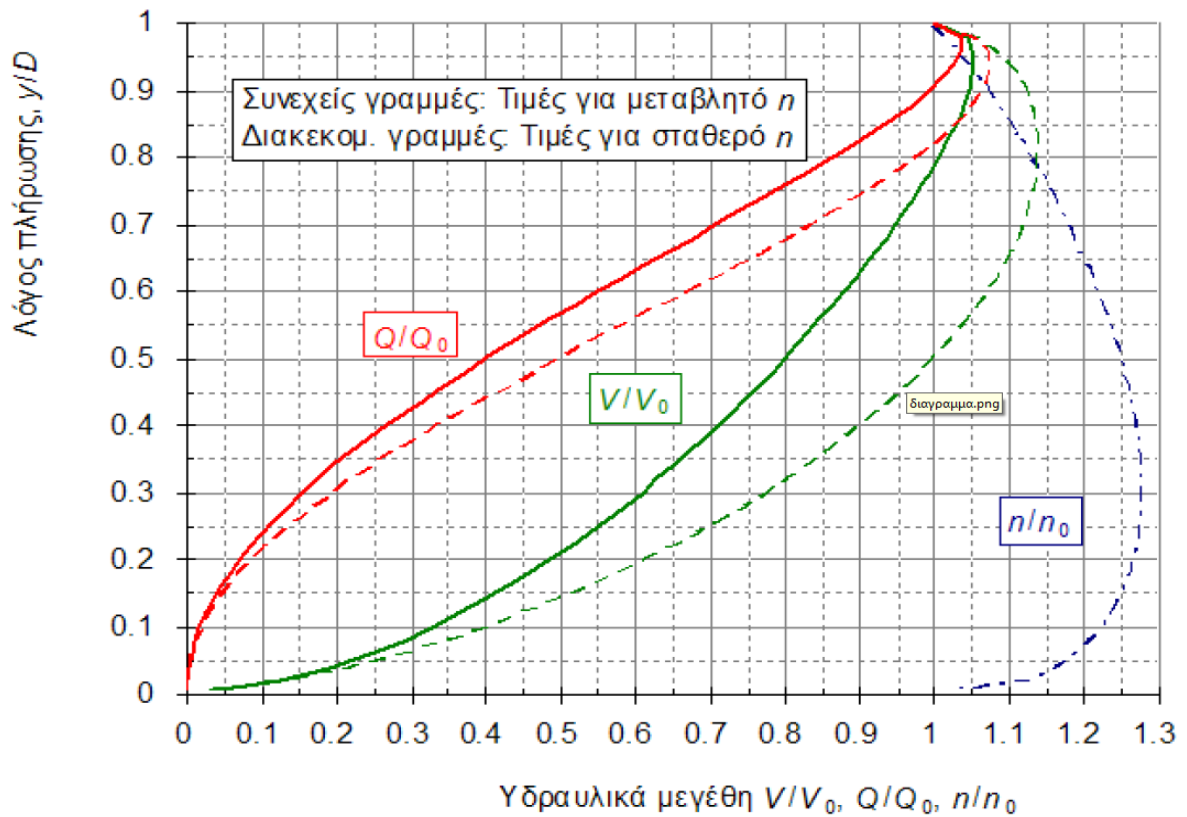
$V = \frac{1}{n} \left(1 - \frac{\sin\varphi}{\varphi}\right)^{2/3} \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3}$	$Q = \frac{1}{2 \cdot 4^{5/3}} \frac{1}{n} \varphi \left(1 - \frac{\sin\varphi}{\varphi}\right)^{5/3} D^{8/3} J^{1/2}$
$V_0 = \frac{1}{n_0} \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} J^{1/2}$	$Q_0 = \frac{\pi}{4^{5/3}} \frac{1}{n_0} D^{8/3} J^{1/2}$
$\frac{V}{V_0} = \frac{n_0}{n} \left(1 - \frac{\sin\varphi}{\varphi}\right)^{2/3}$	$\frac{Q}{Q_0} = \frac{n_0}{n} \frac{\varphi}{2\pi} \left(1 - \frac{\sin\varphi}{\varphi}\right)^{5/3}$

**Πίνακας 6.4:** Υδραυλικοί υπολογισμοί σε κυκλικούς αγωγούς

6.4: Υδραυλικοί υπολογισμοί σε κυκλικούς αγωγούς

Η κυκλική διατομή εφαρμόζεται σε δίκτυα ακαθάρτων όταν χρησιμοποιούνται

προκατασκευασμένοι σωλήνες. Για τη διαστασιολόγηση και τον έλεγχο των αγωγών κυκλικής διατομής, με ελεύθερη επιφάνεια, χρησιμοποιείται ο τύπος του Manning. Για αγωγούς που δεν ρέουν πλήρεις είναι απαραίτητος ο καθορισμός της ταχύτητας και του βάθους ροής. Το νομογράφημα που παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.2 μας επιτρέπει τη γρήγορο υπολογισμό των υδραυλικών στοιχείων κυκλικών διατομών που δεν ρέουν πλήρεις.



**Εικόνα 6.2:** Διάγραμμα ροής με ελεύθερη επιφάνεια σε κυκλικούς αγωγούς (Τσακίρης, 2004).

#### 6.4 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΡΟΗΣ

Στους αγωγούς ακαθάρτων το νερό που κινείται προς τα κατάντη είναι λόγω βαρύτητας όπως φαίνεται και στην Εικόνα 6.3 και η ταχύτητα ροής πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εμποδίζεται η απόθεση των λυμάτων. Η τήρηση της ταχύτητας μέσα σε όρια επιτυγχάνεται με τον καθορισμό κατάλληλης κατά μήκος κλίσης αγωγού.



**Εικόνα 6.3:** Υπόδειγμα προτύπου συστήματος υδραυλικής ροής: το αρχαϊκό μοντέλο που ακολουθεί το φυσικό ανάγλυφο (Σκάγιαννης, 2015)

#### 6.4.1 Μέγιστη ταχύτητα

Η ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων έχει δυσμενείς επιπτώσεις γιατί προκαλεί διαβρώσεις των πυθμένων των αγωγών και των φρεατίων. Επίσης οι μεγάλες ταχύτητες έχουν ως αποτέλεσμα την ύπαρξη υπερκρίσιμης ροής και τη δημιουργία υδραυλικών αλμάτων (Τσακίρης, 2004). Η διαβρωτική ικανότητα της ροής εξαρτάται από το μέγεθος και την ποσότητα των στερεών υλικών που μεταφέρονται από το ρευστό. Έτσι το καθαρό νερό μπορεί να ρέει με μεγάλες ταχύτητες της τάξης των 12 m/s, χωρίς να προκαλεί διάβρωση σε επιμελώς επενδυμένους αγωγούς από σκυρόδεμα. Στους αγωγούς αποχέτευσης όμως, λόγω της στερεοπαροχής, εμφανίζεται διάβρωση ακόμα και για πολύ μικρότερες ταχύτητες. Οι ελληνικές προδιαγραφές (ΠΔ 696, 1974) καθορίζουν ως μέγιστη την ταχύτητα των 6.0 m/s. Η μελετητική εμπειρία πάντως δείχνει ότι για τα δίκτυα ακαθάρτων στα οποία η ροή είναι συνεχής, η μέγιστη ταχύτητα δε πρέπει να υπερβαίνει τα 3.0 m/s (Τσακίρης, 2010).

#### 6.4.2 Ελάχιστη ταχύτητα (ταχύτητα αυτοκαθαρισμού)

Η εμφάνιση πολύ μικρών ταχυτήτων στη ροή στους υπονόμους έχει αποτέλεσμα την καθίζηση στερεών υλικών στον πυθμένα και την προοδευτική δημιουργία αποθέσεων στους αγωγούς. Για το λόγο αυτό είναι σκόπιμο η ταχύτητα να υπερβαίνει κάποιο ελάχιστο όριο. Τυπικές τιμές της ελάχιστης ταχύτητας εφαρμογής σε αγωγούς αποχέτευσης κυμαίνονται από **0.45** μέχρι **0.80 m/s**, με συνηθέστερη τιμή 0.60 m/s. Σύμφωνα με τον Τσακίρη, 2010, η ταχύτητα πλήρωσης  $V_0$  δε πρέπει να είναι μικρότερη από 0,56 m/s που αντιστοιχεί σε αναπτυσσόμενη ταχύτητα ροής 0,30 m/s.

Στα δίκτυα ακαθάρτων η ταχύτητα αυτοκαθαρισμού δεν θα πρέπει να επιτυγχάνεται



μόνο όταν η παροχή είναι ίση με την παροχή σχεδιασμού, αλλά και σε μικρότερες τιμές της παροχής. Θεωρείται συνήθως ικανοποιητικό να επιτυγχάνεται η ταχύτητα αυτοκαθαρισμού για τη μέση ταχύτητα στην αρχή της περιόδου της λειτουργίας του δικτύου. Όμως αυτή η απαίτηση δεν είναι δυνατό να ικανοποιείται πάντοτε, ιδιαίτερα σε τριτεύοντες αγωγούς ακαθάρτων που λειτουργούν με πολύ μικρές παροχές, ακόμα και στην περίοδο αιχμής. Σε τέτοιες περιπτώσεις προβλέπεται περιοδική πλύση των αγωγών με κατασκευή κατάλληλων φρεατίων πλύσης, ή με άλλους τρόπους. Λόγω των πρακτικών δυσκολιών επίτευξης ικανοποιητικών συνθηκών αυτοκαθαρισμού για όλες τις κυμαινόμενες συνθήκες ροής, αντί της απαίτησης της ελάχιστης ταχύτητας χρησιμοποιείται συχνά η απαίτηση της ελάχιστης κλίσης (Κουτσογιάννης, 2011).

## 6.5 ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΚΛΙΣΕΙΣ

Κατά τη διαστασιολόγηση των αγωγών αποχέτευσης, κατά κανόνα ακολουθείται η κλίση του εδάφους, δηλαδή κάθε αγωγός τοποθετείται παράλληλα με τη μηκοτομή του οδοστρώματος. Αυτό όμως δεν είναι δυνατό σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως όταν οι δρόμοι έχουν πολύ μικρές κλίσεις ή είναι πρακτικά οριζόντιοι, και ακόμα σε ορισμένες περιπτώσεις η χάραξη ακολουθεί κατεύθυνση αντίθετη με αυτή που επιβάλλει η κλίση του δρόμου. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις οι αγωγοί τοποθετούνται με την ελάχιστη κλίση, η οποία εξασφαλίζει ικανοποιητική ταχύτητα για αυτοκαθαρισμό. Επίσης σε περίπτωση που η φυσική κλίση είναι πολύ απότομη, για να αποφευχθούν μεγάλες ταχύτητες ακολουθείται βαθμιδωτή χάραξη των αγωγών, με κλίση μικρότερη αυτής του οδοστρώματος.

Οι ελληνικές προδιαγραφές (ΠΔ 696, 1974) συνιστούν οι ελάχιστες κλίσεις των αγωγών να καθορίζονται με τρόπο, ώστε η ταχύτητα που αντιστοιχεί στο 10% της παροχεταιυτικότητας του αγωγού ( $Q/Q_0 = 0.10$ ) να μη υπερβαίνει τα 0.3 m/s, που αντιστοιχεί σε ταχύτητα πλήρωσης  $V_0 = 0.56$  m/s για αγωγούς ακαθάρτων (Τσακίρης, 2010). Σύμφωνα με τα Αμερικανικά πρότυπα, όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.5, η αντίστοιχη ταχύτητα είναι  $V_0 = 0.6$  m/s, χωρίς να γίνεται διάκριση στους αγωγούς ομβρίων ή ακαθάρτων (WPCF & ASCE, 1976). Η διάκριση που επιβάλλουν οι ελληνικές προδιαγραφές στις ελάχιστες κλίσεις των αγωγών ομβρίων και ακαθάρτων είναι εύλογη, δεδομένου ότι τα φερτά υλικά που μεταφέρονται από τα όμβρια είναι πιο ευμεγέθη και με μεγαλύτερο ειδικό βάρος.

Διάμετρος	Αγωγοί ακαθάρτων ( $V_0 = 0.56$ m/s –μεταβλητή τραχύτητα με $n_0 = 0.015$ )			Ελάχιστη κλίση αγωγών ομβρίων & ακαθάρτων κατά τα πρότυπα των ΗΠΑ (για $V_0 = 0.6$ m/s, $n_0 = 0.015$ ) (m/km)
	Ελάχιστη Κλίση	Επιτρεπόμενη Πλήρωση	Αντίστοιχη παροχή	
(cm)	(m/km)	( $y/D$ )	(L/s)	(m/km)
20	3.8	0.5	7.0	4.4
25	2.8	0.5	10.9	3.3
30	2.2	0.5	15.7	2.6
35	1.8	0.5	21.5	2.0
40	1.5	0.5	28.0	1.8
50	1.1	0.6	59.8	1.3

**Πίνακας 6.5:** Εφαρμοστές ελάχιστες κλίσεις για αγωγούς ακαθάρτων (Κουτσογιάννης, 2011)

Πρέπει να σημειωθεί ότι για επισκέψιμους αγωγούς η μέγιστη κλίση  $J_{max}$  δε θα πρέπει να υπερβαίνει το  $1/30$ , διότι τότε δεν είναι εύκολο το βάδισμα ή το σύρσιμο σε αυτούς για εργασίες συντήρησης (Δήμος Αλμωπίας, 2013).

## **ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ: ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ ΣΕ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΠΑΛΑΙΑΣ ΚΟΚΚΙΝΙΑΣ**

### **7. Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ**

#### **7.1 Ο ΔΗΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑ**

##### **7.1.1 Γεωγραφικά Χαρακτηριστικά**

Ο Πειραιάς βρίσκεται στα νοτιοδυτικά παράλια της Αττικής, σε απόσταση οκτώ χιλιομέτρων από την Αθήνα και διαβρέχεται από τα νερά του Σαρωνικού κόλπου. Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό της γεωμορφολογίας της περιοχής του Πειραιά είναι η διαμορφωμένη τεχνητά ακτογραμμή που ορίζει τα λιμάνια του Πειραιά. Τα τρία φυσικά λιμάνια είναι: πρώτον το Κεντρικό λιμάνι (ανάμεσα στην Ηετιώνεια Ακτή και την Ακτή Αλκίμων), δεύτερον πιο ανατολικά το λιμάνι της Ζέας (ανάμεσα στις βορειοανατολικές ακτές της Πειραιϊκής χερσονήσου και τις νοτιοδυτικές ακτές της Καστέλας) και τρίτον το Μικρολίμανο (νοτιοανατολικά του λόφου της Καστέλας). Η Πειραιϊκή χερσόνησος καταλαμβάνει το νοτιοδυτικότερο τμήμα της πόλης, έχει υψόμετρο 57,7 μέτρα και είναι βραχώδης. Ο λόφος της Καστέλας έχει υψόμετρο 86,59 μέτρα, χαρακτηρίζεται από πλήθος σπηλαιωδών μορφών, καταλήγει δε σε κρημνώδεις ακτές. Όσον αφορά το κλίμα της περιοχής είναι εύκρατο, όπως και της υπόλοιπης Αττικής, με χαρακτηριστικά περισσότερο του ηπειρωτικού λόγω της γεωγραφικής του θέσης. Η ξηρότητα της ατμόσφαιρας και οι περιορισμένες βροχοπτώσεις είναι τα κύρια γνωρίσματά του (Μαλικούτη, 2004).

##### **7.1.2 Δημογραφικά Χαρακτηριστικά**

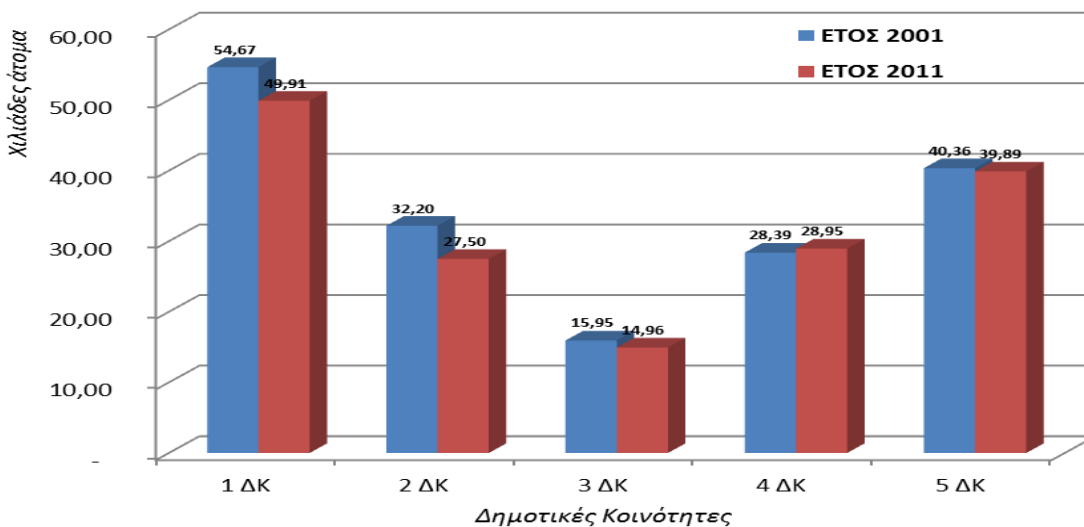
Ο Δήμος Πειραιά, σύμφωνα με την τελευταία απογραφή πληθυσμού (ΦΕΚ 3465/β'/28.12.2012), αριθμεί **163.668 μόνιμους κατοίκους**. Στον Πίνακα 7.1 παρουσιάζονται τα πληθυσμιακά στοιχεία του Δήμου Πειραιά για τα έτη 1991, 2001 και 2011, καθώς και η μεταβολή των μόνιμων κατοίκων για την συγκεκριμένη 20ετία όπως αποτυπώθηκε από τις καταγραφές της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ). Παρατηρείται μια έντονη μείωση του πληθυσμού το 2011 σε σχέση με τα έτη 2001 και 1991 που ανέρχεται σε -10,03% και -12,65% αντίστοιχα.

Εδώ θα πρέπει να σημειώσουμε πως αυτή η μείωση του πληθυσμού που παρατηρήσαμε στον Πίνακα 7.1 δεν αντικατοπτρίζει απαραίτητα και την εικόνα στο μέλλον λόγω των ιδιαίτερων δύσκολων οικονομικών συνθηκών στη χώρα μας. Αντίθετα η περιοχή του Πειραιά έχει μεγάλες προοπτικές ανάπτυξης (ναυτιλία, τουρισμός, κ.α.) που ήδη αρχίζουν να γίνονται αισθητές και αν προστεθούν και οι έντονες μεταναστευτικές ροές που δέχεται η χώρα μας, στο μέλλον θα πρέπει να προβλέψουμε αύξηση του πληθυσμού.

Περιοχή/Έτος	Μόνιμος πληθυσμός (κάτοικοι)			Μεταβολή (%)		
	1991	2001	2011	1991-2001	2001-2011	1991-2011
<b>Χώρα</b>	10.223.32	10.934.097	10.816.26	7,0	-1,08	5,80
<b>Περιφέρεια Αττικής</b>	3.594.817	3.894.573	3.828.434	8,3	-1,70	6,50
<b>Π.Ε. Πειραιώς</b>	467.631	482.356	448.997	3,15	-6,92	-3,98
<b>Δήμος Πειραιά</b>	187.399	181.933	163.688	-2,92	-10,03	-12,65

**Πίνακας 7.1:** Πληθυσμιακά στοιχεία Δήμου Πειραιά (Πηγή: Δήμος Πειραιά, 2015)

Επίσης στην Εικόνα 7.1 απεικονίζεται ο πληθυσμός σε κάθε μια από τις 5 δημοτικές κοινότητες του Δήμου Πειραιά. Η περιοχή που εξετάζουμε ανήκει στη 4<sup>η</sup> δημοτική κοινότητα και εδώ παρατηρούμε, σε αντίθεση με τις άλλες κοινότητες, μια μικρή αύξηση του πληθυσμού από **28.390** σε **28.950** άτομα. Η έκταση 4<sup>η</sup> δημοτικής κοινότητας (στην οποία ανήκει η περιοχή μελέτης) είναι 221,38 ha, με συνέπεια η πυκνότητα πληθυσμού της να είναι 130 κάτοικοι/ ha ή 13.000 κάτοικοι/ km<sup>2</sup> (1 km<sup>2</sup>=100 ha).

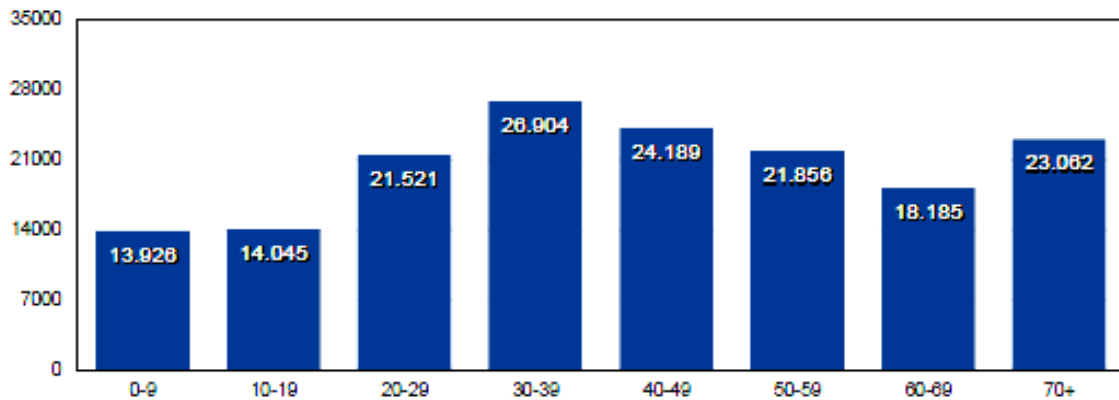


**Εικόνα 7.1:** Πληθυσμός Δημοτικών Κοινοτήτων Δήμου Πειραιά 2001-2011 (Δήμος Πειραιά, 2015)

Ο Δήμος Πειραιά είναι μια περιοχή που παρουσιάζει πυκνότητα κατοίκησης **15.319** άτομα ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (τετρ. χλμ). Το μέγεθος αυτό είναι σχεδόν 2πλάσιο από

το μέσο όρο της Π.Ε. Πειραιώς (8.906 άτομα ανά τετρ. χλμ.), πολύ υψηλότερο (15πλάσιο) του αντίστοιχου μεγέθους της Περιφέρειας Αττικής (1.001,11 άτομα ανά τετρ. χλμ.) ενώ υπερβαίνει κατά πολύ και τον αντίστοιχο εθνικό μέσο όρο (81,97 άτομα ανά τετρ. χλμ.).

Η μέση ηλικία των μόνιμων κατοίκων του Δήμου προσδιορίζεται στα 42,5 έτη, αφού οι ηλικιακές ομάδες 30-39 και 40-49 ετών αποτελούν την πλειοψηφία των ατόμων που ζουν μόνιμα στον Πειραιά όπως δείχνει η Εικόνα 7.2. Σημαντικός είναι ο αριθμός των ατόμων άνω των 70 ετών, που είναι η τρίτη ομάδα στη σειρά ταξινομώντας κατά φθίνουσα σειρά.



Εικόνα 7.2: Ηλικιακή Διαστρωμάτωση μόνιμων κατοίκων του Δήμου (Δήμος Πειραιά, 2015)

### 7.1.3 Χρήσεις γης

Όπως παρατηρείται από το Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο της Εικόνας 7.3, οι χρήσεις γης στο Δήμο Πειραιά ποικίλουν τόσο εντός των δημοτικών διαμερισμάτων όσο και μεταξύ τους. Αν και υπερτερεί η χρήση κατοικίας, εάν ληφθεί υπόψη ως ενιαία (αμιγής και γενική), το οδικό δίκτυο καταλαμβάνει ένα μεγάλο ποσοστό επί της συνολικής έκτασης του εδάφους. Ανάλογα και η βιομηχανία και η βιοτεχνία καταλαμβάνουν υψηλό ποσοστό στη συνολική έκταση του Δήμου, παρά την τάση αποβιομηχάνισης. Η ανάπτυξη των τοπικών κέντρων που στόχο έχουν την εξυπηρέτηση των καθημερινών αναγκών των κατοίκων, είναι εμφανής. Η έκταση που καταλαμβάνουν το πράσινο και οι χώροι αθλητισμού και αναψυχής είναι ιδιαίτερα περιορισμένοι. Τόσο οι χώροι εμπορίου και χονδρεμπορίου όσο και οι χώροι εστίασης είναι σχετικά οριοθετημένοι. Η περιοχή που εξετάζουμε ανήκει στη 4<sup>η</sup> δημοτική κοινότητα που όπως φαίνεται και από την Εικόνα 7.4 οι χρήσεις γης που κυριαρχούν είναι η κατοικία (γενική και αμιγής) και το οδικό δίκτυο.



εγκαταστάθηκαν διάφορες βιοτεχνίες. Οι ιδιοκτήτες των οικοπέδων νοίκιαζαν τα οικόπεδα, τα οποία τα έσκαβαν και δημιουργούσαν τεράστιους λάκκους, για αυτό η περιοχή ονομάστηκε Καμίνια, ενώ η αρχική της ονομασία ήταν Βάρη ή Κάτω Βάρη. Το μεγαλύτερο πρόβλημα της περιοχής ήταν αυτό των πλημμυρών από τις βροχοπτώσεις. (Πατραγάς, 2004).

Η Δ' Κοινότητα περιλαμβάνει τις συνοικίες: Απόλλωνας και Παλαιά Κοκκινιά, Στις χρήσεις γης, ενώ κυριαρχεί η κατοικία και το οδικό δίκτυο, υπάρχουν εγκαταστάσεις μαζικών μεταφορών (αμαξοστάσιο ΟΣΕ). Επίσης υφίστανται οχληρές χρήσεις (βιομηχανίες και βιοτεχνίες) δίπλα από περιοχές κατοικίας που υποβαθμίζουν την περιοχή.

### 7.3 ΣΥΝΟΙΚΙΑ ΤΗΣ ΠΑΛΑΙΑΣ ΚΟΚΚΙΝΙΑΣ

Η Παλαιά Κοκκινιά είναι ιστορική εργατική συνοικία, βόρεια του δήμου Πειραιά. Η Κοκκινιά αρχικά ονομαζόταν "Κοκκινάδα", γιατί το έδαφος της περιοχής είχε κόκκινο χρώμα. Με τον ερχομό των πρώτων εποίκων ονομάστηκε "Κοκκινιά". Ιστορικά είναι συνδεδεμένη με τον δήμο Νίκαιας. Οι δύο περιοχές δεν πρέπει να συγχέονται, αν και έχουν κοινή ιστορία. Με την άφιξη των προσφύγων, κυρίως από την Σμύρνη και τον Πόντο διευρύνθηκε, δυτικά και βόρεια, το δε διευρυμένο τμήμα πήρε το όνομα Νέα Κοκκινιά και στη συνέχεια Νίκαια. Τη δεκαετία του '30 η Παλαιά Κοκκινιά πυκνοκατοικήθηκε, άνοιξαν οδοί και σχηματίστηκαν οικοδομικά τετράγωνα (Πατραγάς, 2004).

Η καρδιά της Παλιάς Κοκκινιάς είναι η πλατεία της Μεταμορφώσεως του Σωτήρος με το πάρκο, το σχολικό συγκρότημα, το γυμναστήριο των 14ου & 15ου Γυμνασίου Πειραιώς και το γήπεδο μπάσκετ, (τα οποία ανήκουν στη περιοχή μελέτης). Δεύτερη πλατεία είναι η «Νεράϊδα» και η τρίτη πλατεία πίσω από τον παλαιό ναό των Αγίων Αναργύρων.

Η Λεωφόρος Θηβών ήταν και παραμένει ένας από τους σημαντικότερους και μεγαλύτερους οδικούς κόμβους σε ολόκληρη την Αττική που ξεκινά από το εργοστάσιο του Ρετσίνα διασχίζει την συνοικία στην μέση, υπάρχουν επιπλέον τα εκκλησάκια της Ευαγγελιστριάς και της Ανάστασης.

Η γεωγραφική της θέση φαίνεται στην Εικόνα 7.5, συνορεύει στα βόρεια με τον δήμο Νίκαιας, νότια με την συνοικία της Ρετσίνας, ανατολικά με τον δήμο Αγίου Ιωάννη Ρέντη και δυτικά με τα Μανιάτικα. Επίσης γειτονικές περιοχές είναι τα Καμίνια στα νότια και ο Παπαστράτος στα δυτικά (Πηγή: [el.wikipedia.org/wiki/Παλαιά\\_Κοκκινιά](http://el.wikipedia.org/wiki/Παλαιά_Κοκκινιά)).





Εικόνα 7.5: Η γεωγραφική θέση της Παλαιάς Κοκκινιάς (Πηγή: Google Earth)

#### 7.4 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η περιοχή στην οποία σχεδιάσαμε το δίκτυο ακαθάρτων ανήκει στο 4ο διαμέρισμα (Καμίνια) του Δήμου Πειραιά, στη συνοικία Παλαιά Κοκκινιά, στην ενορία Μεταμόρφωση Σωτήρος και ορίζεται από τις οδούς Αργυροκάστρου, Θηβών, Αγρινίου και Κορυτσάς. Η επιλογή της περιοχής έγινε μετά από προσεκτική μελέτη αρκετών πινακίδων του ΟΑΠ, με **κριτήρια**: να ορίζεται από μεγάλες οδούς, να φαίνονται με ακρίβεια οι λεκάνες απορροής του κάθε αγωγού, και να υπάρχει η δυνατότητα επιλογής της αρχής και του τέλους, (δηλαδή του πρώτου και του τελικού φρεατίου), του επιμέρους δικτύου που σχεδιάσαμε, για την ομαλή ροή των ακαθάρτων. Στο δίκτυο που τελικά επιλέξαμε η αρχή του δικτύου (το πρώτο φρεάτιο) βρίσκεται βορειοδυτικά, στη διασταύρωση Κορυτσάς και Κωπαΐδας και το τέλος (το τελευταίο φρεάτιο) νοτιοανατολικά, στην οδό Θηβών. Επίσης προσπαθήσαμε να υπάρχει ένα εμβληματικό κτίριο, ώστε η περιοχή μελέτης να είναι ευκολότερα αναγνωρίσιμη, και εδώ έχουμε το ναό Μεταμορφώσεως του Σωτήρος στην ομώνυμη πλατεία. Η περιοχή που επιλέξαμε έχει κυρίως χρήση γης: γενικής και αμιγούς κατοικίας και οδικού δικτύου (επί της Θηβών). Ο Συντελεστής Δόμησης της περιοχής μελέτης είναι 2,6 και έχει έκταση περίπου 110 στρέμματα (μετρήθηκε στο AutoCAD).

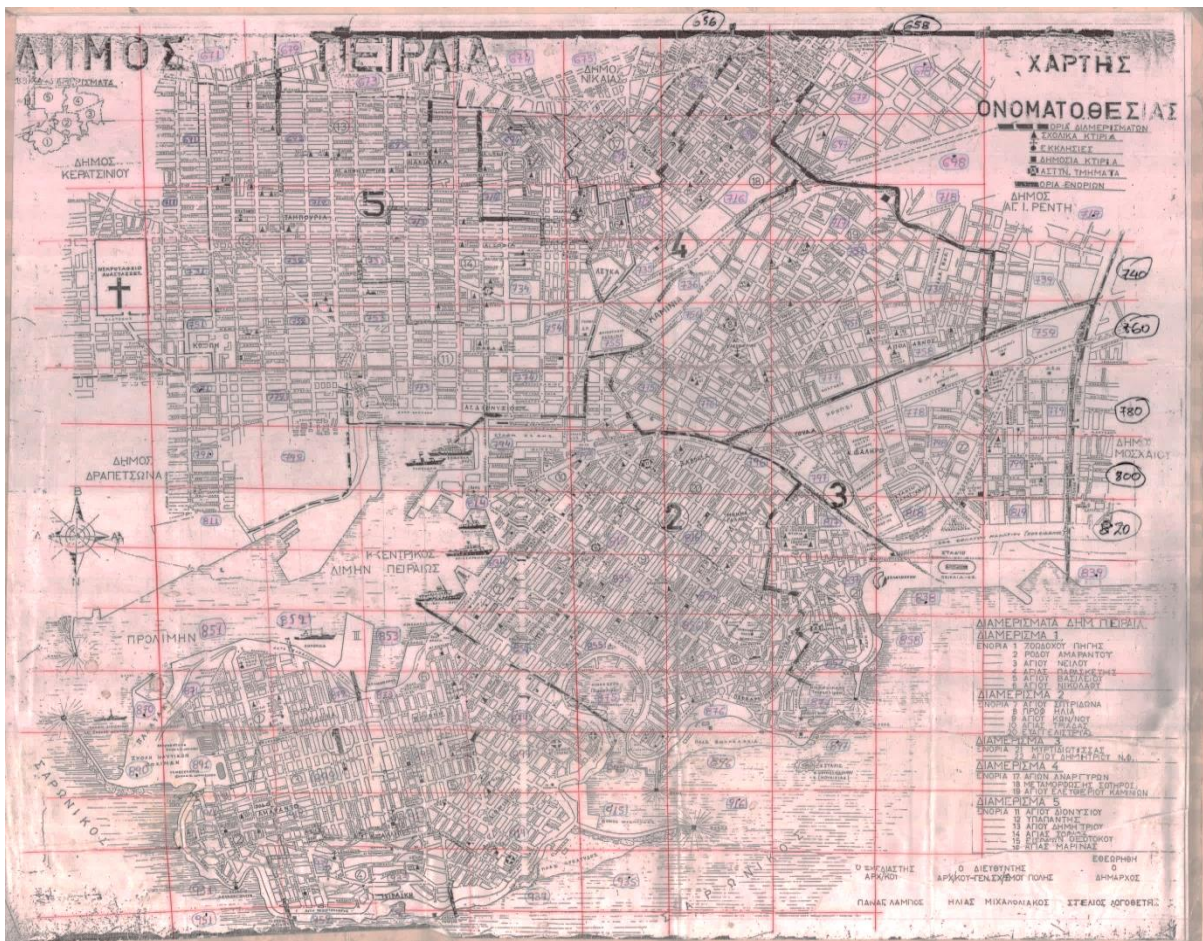


## 8. ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ

Αρχικά ζητήσαμε από την ΕΥΔΑΠ στοιχεία και χάρτινους ή ψηφιοποιημένους χάρτες για το δίκτυο αποχέτευσης ακαθάρτων της περιοχής. Μας απάντησε πως πρέπει να κάνουμε αίτηση, η απάντηση θα είναι χρονοβόρα και πως οι χάρτες αυτοί είναι διαθέσιμοι πλέον με χρηματικό αντίτιμο. Συνεπώς αναγκαστικά αρκεστήκαμε στους χάρτες του ΟΑΠ (Οργανισμός Αποχέτευσης Πρωτεύουσας) που εξασφάλισαμε από την Διεύθυνση Οδοποιίας και Αποχέτευσης του Δήμου Πειραιά και αφού τους σκανάραμε, κάναμε τη ψηφιοποίηση μόνοι μας.

### 8.1 ΧΑΡΤΕΣ ΟΑΠ

Ολόκληρος ο Δήμος Πειραιά έχει χωριστεί σε αριθμημένα ορθογώνια πινακίδων, κλίμακας 1:500 όπως φαίνεται και στο χάρτη διανομής - ονοματοθεσίας στην Εικόνα 8.1.

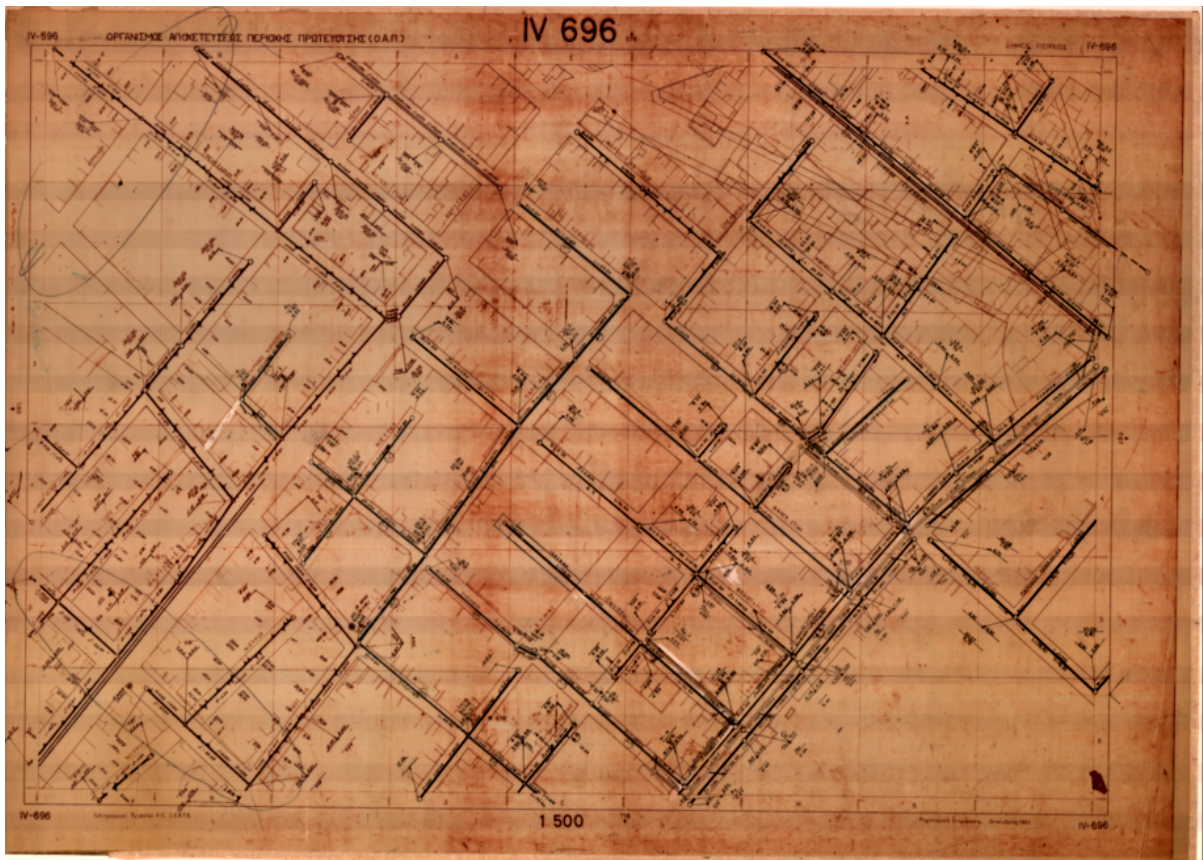


**Εικόνα 8.1:** Χάρτης διανομής – ονοματοθεσίας Δήμου Πειραιά  
Πηγή: Διεύθυνση Οδοποιίας και Αποχέτευσης Δήμου Πειραιά

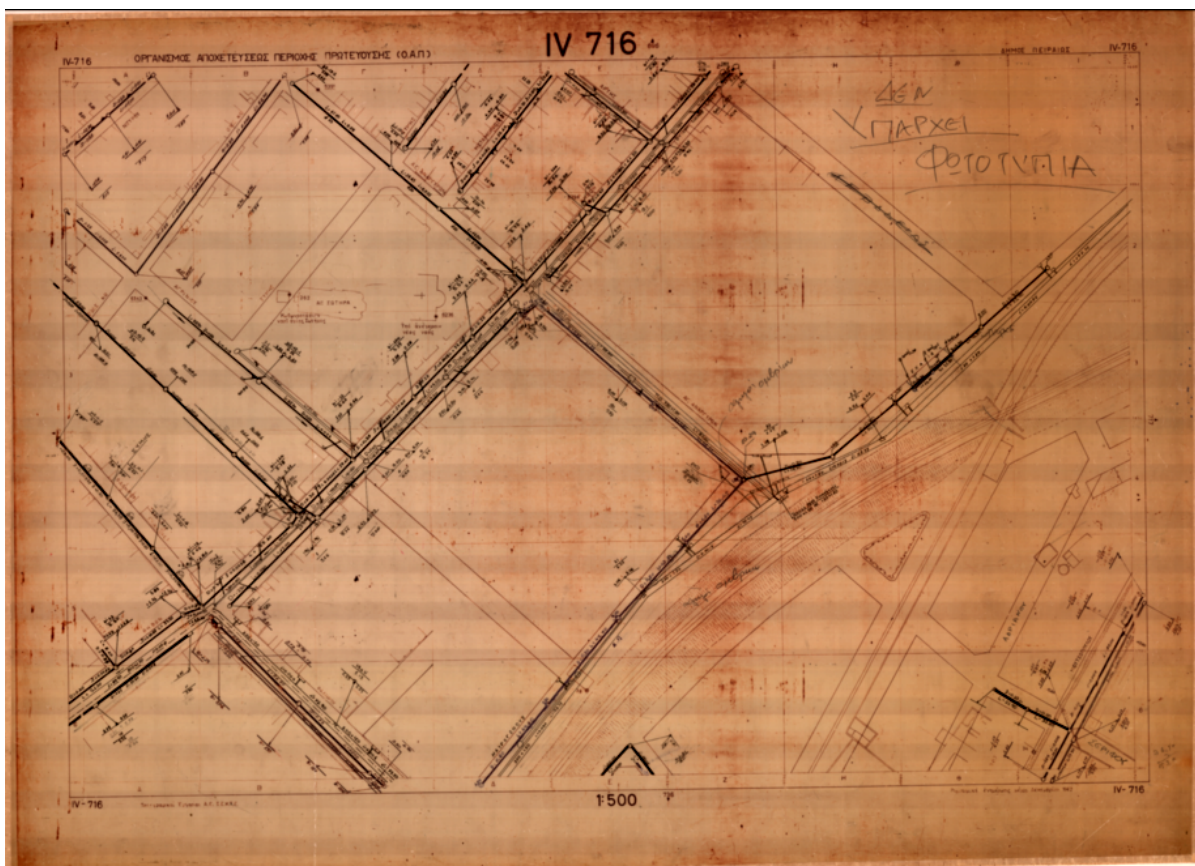


Η περιοχή μελέτης καλύπτεται από 2 αριθμημένα ορθογώνια. Ο λατινικός αριθμός υποδηλώνει το Δημοτικό Διαμέρισμα στο οποίο ανήκουν τα ορθογώνια. Οι αποχετευτικοί αγωγοί ακαθάρτων εκτείνονται σε όλο το μήκος των οδών της περιοχής. Υπόβαθρο είχαμε τα σχέδια πινακίδων του ΟΑΠ, που αντιστοιχούν στα ορθογώνια με αρίθμηση **IV 696** (Εικόνα 8.2) και **IV 716** (Εικόνα 8.3), μεγέθους Α<sub>0</sub> και κλίμακας 1:500 που εξασφαλίσαμε από τη Διεύθυνση Οδοποιίας και Αποχέτευσης του Δήμου Πειραιά.

Στη συνέχεια σκανάραμε αυτά τα σχέδια και κάναμε ψηφιοποίηση των οικοδομικών τετραγώνων και του δικτύου ακαθάρτων, σε περιβάλλον AutoCad Map 3D 2016. Πρέπει εδώ να τονίσουμε πως σχεδιάσαμε το νέο δίκτυο πάνω στο υφιστάμενο και δεν αλλάξαμε τα φρεάτια ή τις γραμμές των αγωγών, παρά μόνο τη κλίση, διότι δεν υπήρχε ιδιαίτερος λόγος και γιατί η διάνοιξη και εκσκαφή νέων φρεατίων ή νέου δικτύου αγωγών, σε αστικό περιβάλλον είναι εξαιρετικά δύσκολη και με μεγάλο κόστος.



**Εικόνα 8.2:** Σκαναρισμένο σχέδιο πινακίδας του ΟΑΠ - IV 696 (βόρεια περιοχή μελέτης)  
Πηγή: Διεύθυνση Οδοποιίας και Αποχέτευσης Δήμου Πειραιά



**Εικόνα 8.3:** Σκαναρισμένο σχέδιο πινακίδας του ΟΑΠ - IV 716 (νότια περιοχή μελέτης)  
Πηγή: Διεύθυνση Οδοποιίας και Αποχέτευσης Δήμου Πειραιά

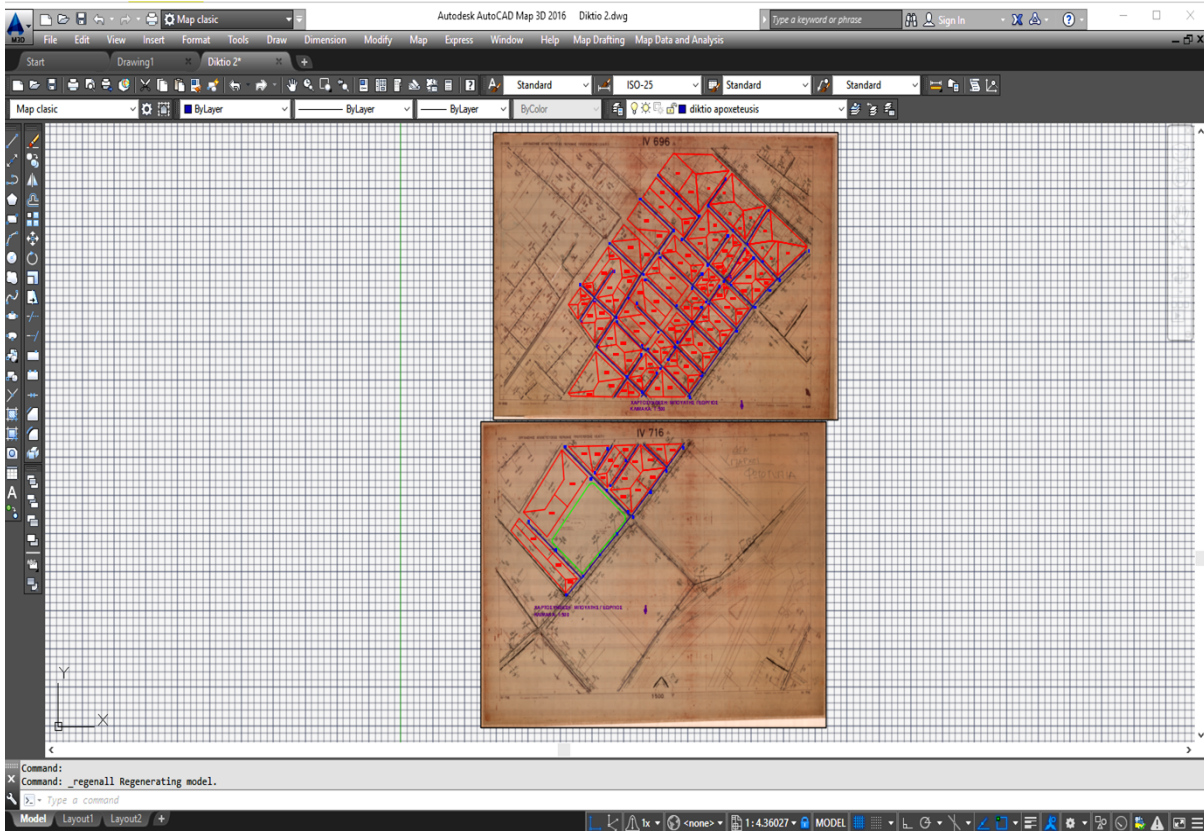
## 8.2 ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ AUTOCAD MAP 3D 2016

Μια από τις πλέον χαρακτηριστικές και χρήσιμες εφαρμογές των Η/Υ, ιδιαίτερα στις επιστήμες των μηχανικών, είναι η σχεδίαση με τη βοήθεια Η/Υ ή CAD, όπως έχει επικρατήσει διεθνώς από τα αρχικά των λέξεων Computer Aided Design. Τα συστήματα CAD βασίζονται στη δυνατότητα δημιουργίας και επεξεργασίας γραφικών στην οθόνη ενός Η/Υ. Η σημασία της δυνατότητας αυτής είναι πολύ μεγάλη, γιατί η εικόνα είναι ένα από τα ισχυρότερα εργαλεία επικοινωνίας και δημιουργίας.

Όπως προαναφέρθηκε, στην παρούσα πτυχιακή εργασία χρησιμοποιήθηκε το AutoCad Map 3D 2016. Η βασική οθόνη του έχει την κλασική μορφή των προγραμμάτων των Windows όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.4. στην οποία επιλέξαμε Workspace το Map classic. Αποτελείται από τη γραμμή τίτλου, στο πάνω μέρος, το μενού και τη βασική εργαλειοθήκη. Ακριβώς από κάτω βρίσκεται η περιοχή σχεδίασης με τις δύο εργαλειοθήκες



σχεδίασης και μορφοποίησης στα αριστερά της. Η γραμμή εντολών στο κάτω μέρος είναι ένα από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του σχεδιαστικού αυτού πακέτου. Σε αυτή μπορεί να πληκτρολογηθεί μια εντολή ή να προσδιοριστούν οι παράμετροι για την εκτέλεσή της.



Εικόνα 8.4: Η βασική οθόνη του AutoCad Map 3D 2016

Ένα άλλο χαρακτηριστικό του AutoCAD είναι οι δύο διαφορετικές καταστάσεις της περιοχής σχεδίασης, που προσδιορίζονται από τις ετικέτες (tabs) στο κάτω αριστερό άκρο της. Στην κατάσταση Model, η περιοχή σχεδίασης δεν έχει όρια και επιπλέον δεν έχει κλίμακα, που να ανταποκρίνεται σε πραγματικό φυσικό μέγεθος. Εάν, δηλαδή, για παράδειγμα, σχεδιαστεί ένα αντικείμενο με μήκος 10 μονάδων αυτές οι μονάδες δεν αντιστοιχούν σε κάποια πραγματική φυσική μονάδα μήκους (π.χ m, cm). Οι μονάδες μέτρησης στην κατάσταση Model έχουν νόημα μόνο για το AutoCAD και ορίζουν απλά τις αναλογίες των διαφόρων αντικειμένων. Στις καταστάσεις Layout, υπάρχουν και όρια και συγκεκριμένη κλίμακα που ορίζεται από εμάς. Συνεπώς η κλίμακα 1:500 των χαρτών που δημιουργήσαμε, στις εικόνες που ακολουθούν και παρουσιάζουμε, δεν ανταποκρίνεται σε πραγματικά φυσικά μεγέθη. Άλλωστε δεν μπορούν να μεταφερθούν με τη κλίμακα 1:500

στο Word λόγω έλλειψης χώρου. Παρόλα αυτά υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής και εκτύπωσης σε χαρτί, με ακρίβεια, σε κλίμακα 1:500, σε κατάσταση Layout.

### **8.3 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΠΙΝΑΚΙΔΩΝ**

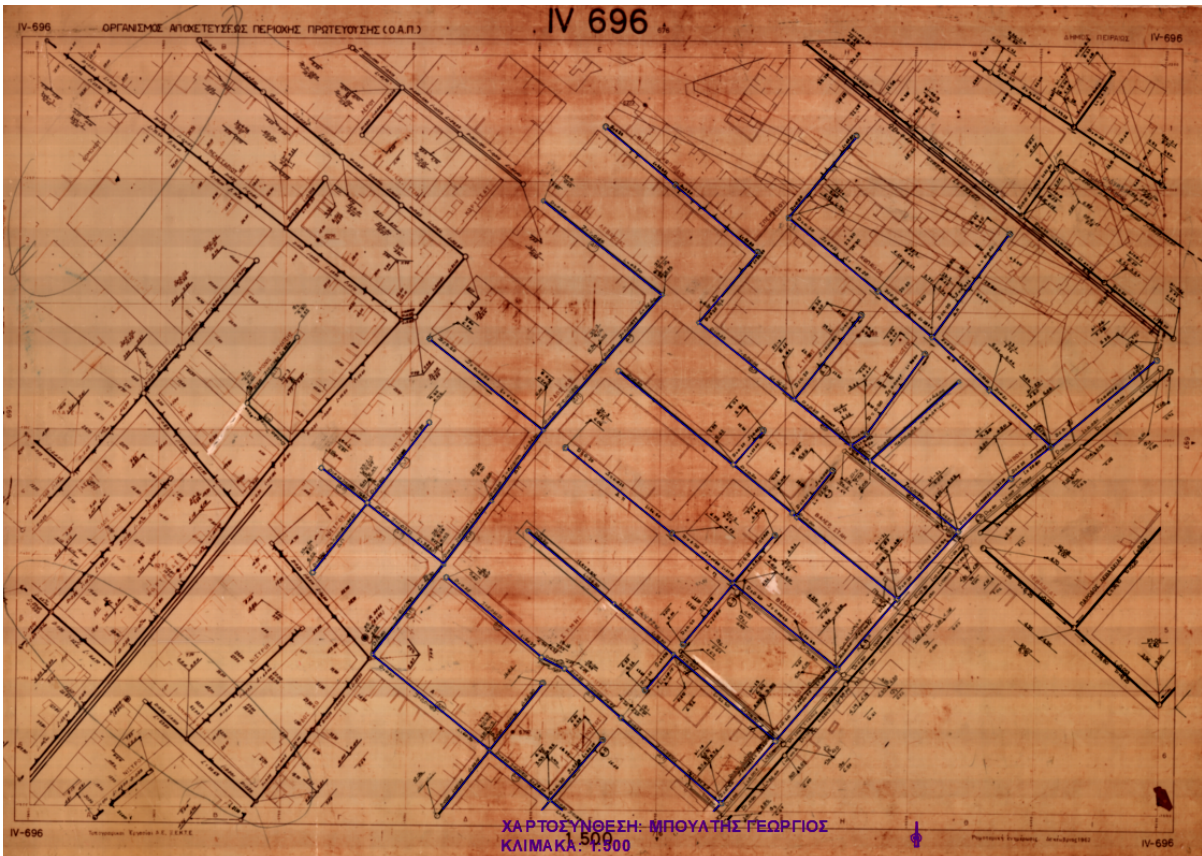
Τα σχέδια πινακίδων του ΟΑΠ, μετά το σκανάρισμα, τα περάσαμε στο AutoCad με την εντολή Insert → Raster Image Reference. Έχοντας αυτά σαν υπόβαθρο με την εντολή Scale τα φέραμε σε κλίμακα 1:500 έτσι ώστε η 1 μονάδα μέτρησης στην ετικέτα Model του AutoCad να αντιστοιχεί σε 1 μέτρο (1 m). Συνεπώς μετρώντας για παράδειγμα, με την εντολή Dimension→ Aligned, τον αγωγό (1-2), 40,8 μονάδες, αυτές αντιστοιχούν σε 40,8 μέτρα (m). Στη συνέχεια δημιουργούμε 6 Layer διαφορετικού πάχους και χρώματος για κάθε ένα από τα βασικά στοιχεία του χάρτη που θέλουμε να ψηφιοποιήσουμε.

### **8.4 ΦΡΕΑΤΙΑ**

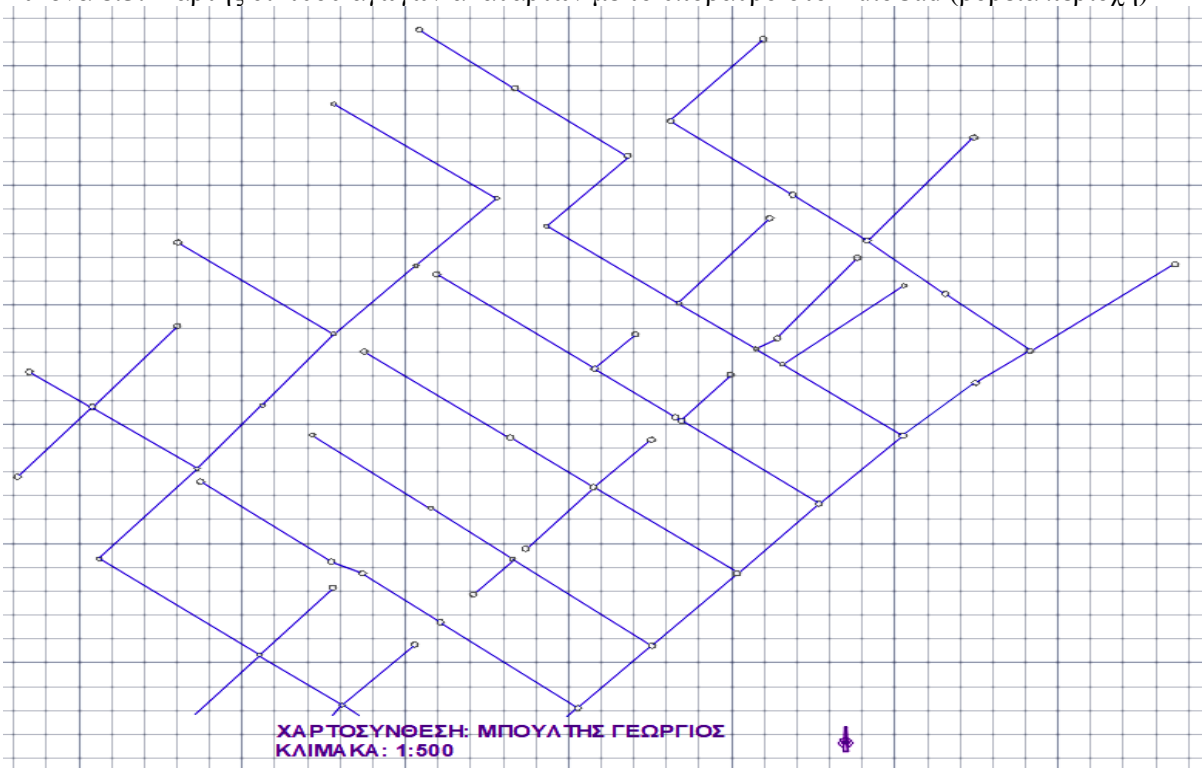
Σχεδιάσαμε τα φρεάτια, έχοντας σαν υπόβαθρο τις δύο πινακίδες, στο Autocad με γκρι κύκλους διαμέτρου ανάλογης με το μέγεθος τους με την εντολή Circle. Τα αριθμήσαμε με μπλε νούμερα από το 1-78. Η αρίθμηση των φρεατίων ξεκινάει από το φρεάτιο που βρίσκεται στο υψηλότερο υψόμετρο και συνεχίζουμε με το επόμενο χαμηλότερο. Στα σχέδια που ψηφιοποιήσαμε υπήρχαν στοιχεία για κάθε φρεάτιο όπως τα υψόμετρα του καλύμματος του φρεατίου και της ροής των αγωγών.

### **8.5 ΑΓΩΓΟΙ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ**

Τους αγωγούς ακαθάρτων τους σχεδιάσαμε με μπλε γραμμές, όπως δείχνουν οι Εικόνες 8.5, 8.6, 8.7 και 8.8 οι οποίες ορίζονται από τα αντίστοιχα φρεάτια (π.χ. 1-2, 2-3, 3-4 κλπ) με την εντολή Line. Στα σχέδια που ψηφιοποιήσαμε υπήρχαν στοιχεία όπως το μήκος των αγωγών L, η διάμετρος D και η κλίση του αγωγού S. Οι υπάρχοντες, παλιοί (κατά πλειοψηφία πήλινοι) αγωγοί έχουν διαμέτρους D=200 mm, D=250 mm και ελάχιστοι D=300 mm. Ο τελικός αποδέκτης του δικτύου είναι ένας υπάρχων αγωγός που καταλήγει στο χαμηλότερο φρεάτιο (78) της περιοχής μελέτης.

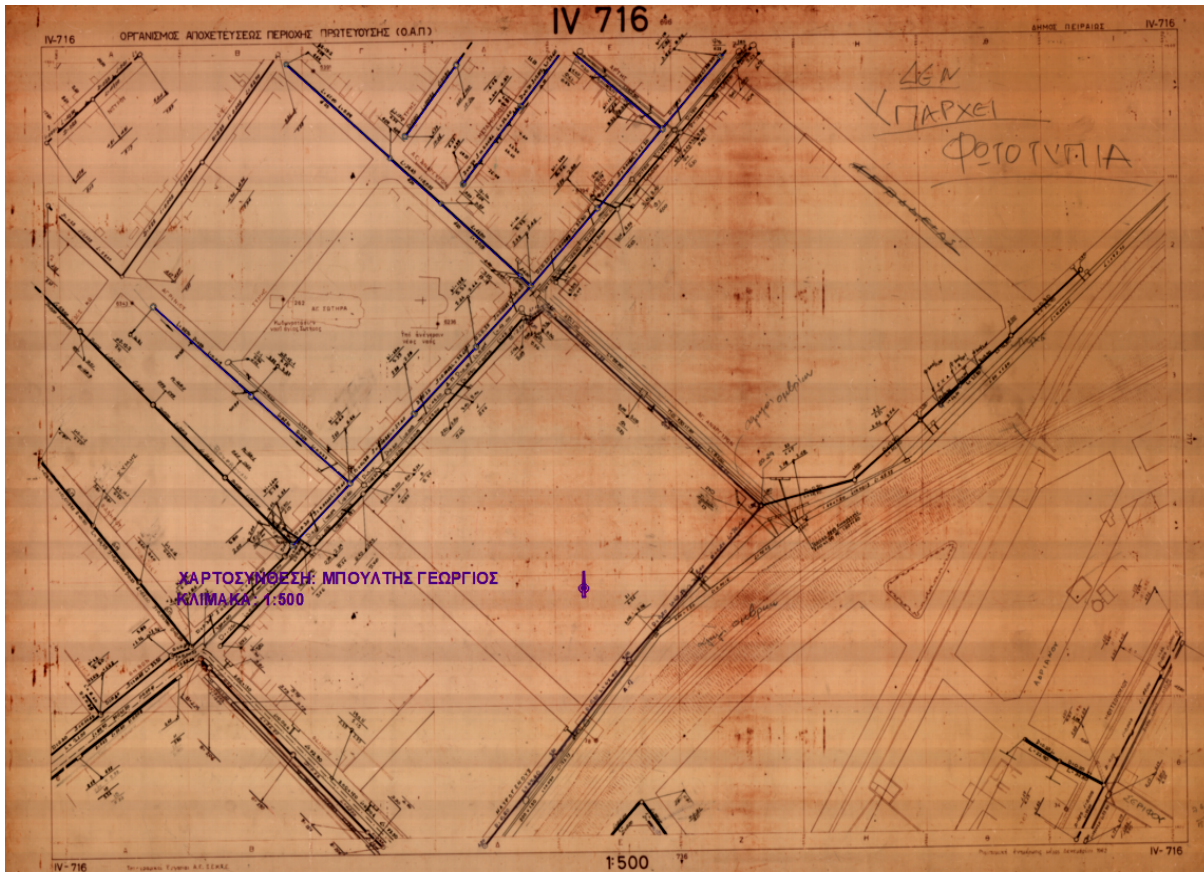


Εικόνα 8.5: Χάρτης δικτύου αγωγών ακαθάρτων με το υπόβαθρο στο AutoCad (βόρεια περιοχή)

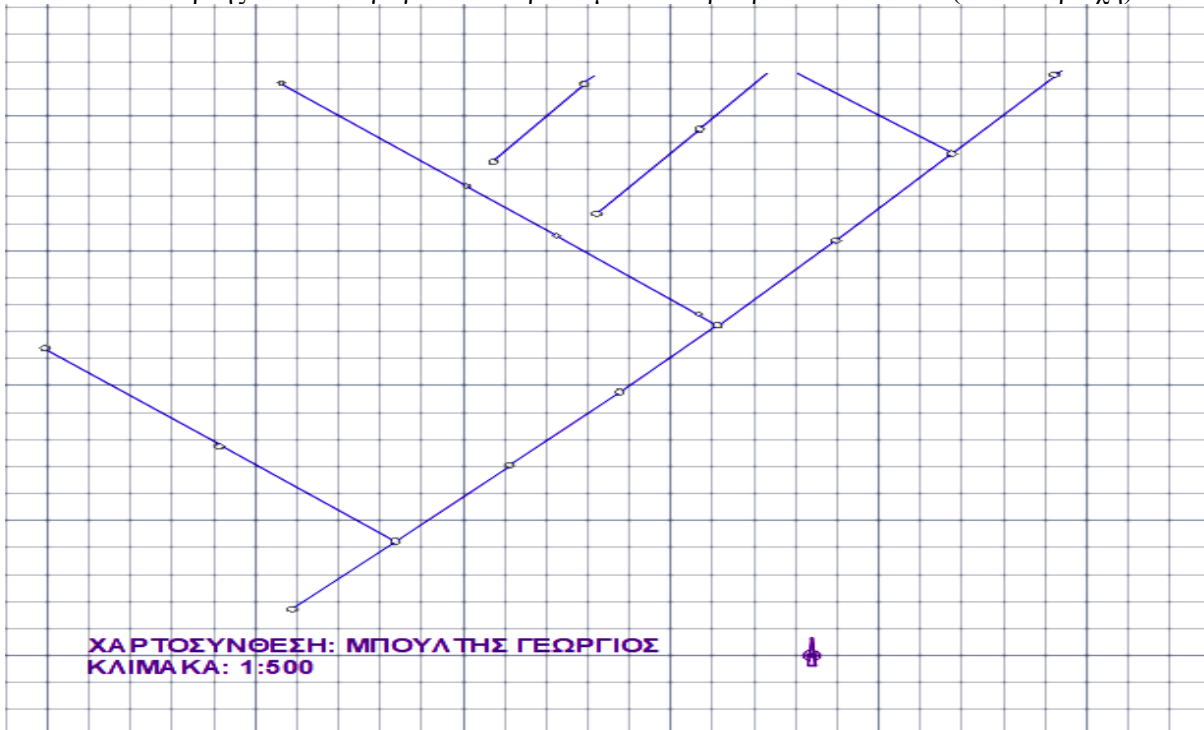


Εικόνα 8.6: Χάρτης δικτύου αγωγών ακαθάρτων στο AutoCad (βόρεια περιοχή)





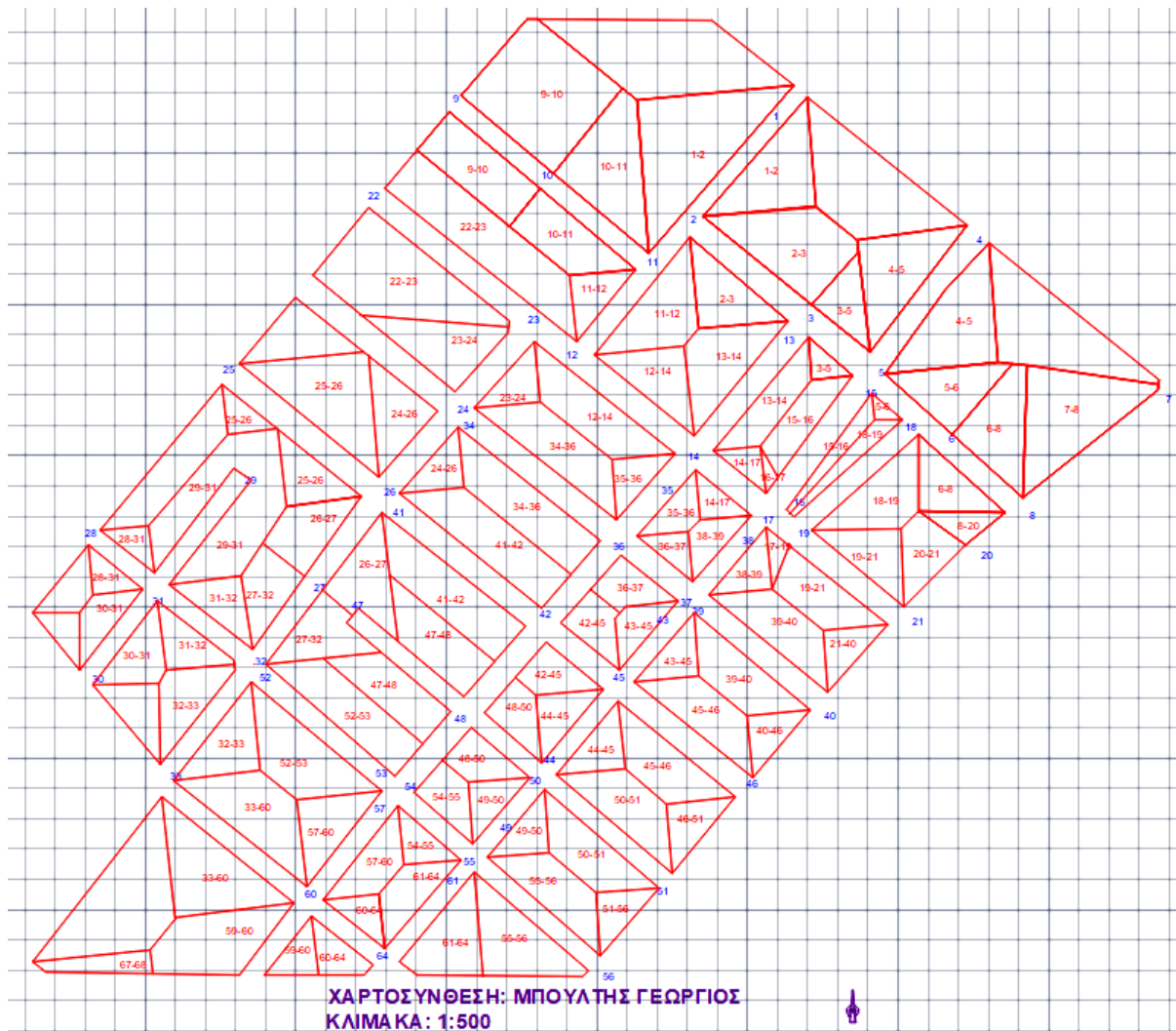
Εικόνα 8.7: Χάρτης δικτύου αγωγών ακαθάρτων με το υπόβαθρο στο AutoCad (νότια περιοχή)



Εικόνα 8.8: Χάρτης δικτύου αγωγών ακαθάρτων στο AutoCad (νότια περιοχή)

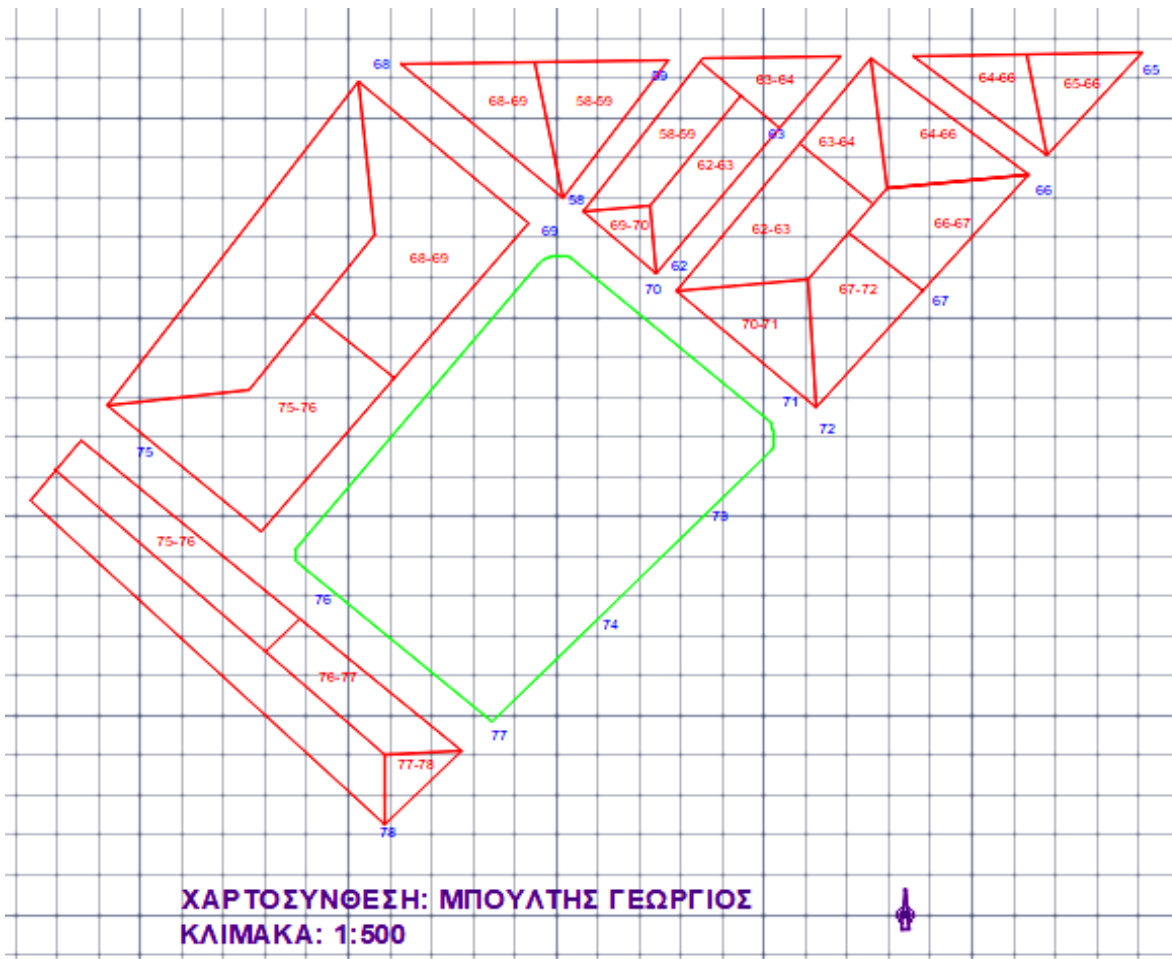
## 8.6 ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΑ

Τα οικοδομικά τετράγωνα τα σχεδιάσαμε με κόκκινες γραμμές ενώ τους χώρους αναψυχής (πάρκα κ.α.) με πράσινη γραμμή όπως φαίνεται στις εικόνες 8.9 και 8.10 με την εντολή Polyline. Στη συνέχεια διχοτομήσαμε τις γωνίες των οικοδομικών τετραγώνων με κόκκινες γραμμές και ενώσαμε τις τομές των διχοτόμων. Με αυτό τον τρόπο θέλαμε να αντιστοιχήσουμε σε κάθε τμήμα του αγωγών το ανάλογο τμήμα εμβαδού οικοδομικών τετραγώνων, δηλαδή να βρούμε τη λεκάνη απορροής του κάθε αγωγού. Κάποια κομμάτια των οικοδομικών τετραγώνων τα οποία δεν έχουν αριθμηση αντιστοιχούν σε διπλανούς αγωγούς αποχέτευσης, από το δίκτυο που σχεδιάσαμε, με αποτέλεσμα να μην υπολογίζουμε τα εμβαδά απορροής τους.



Εικόνα 8.9: Χάρτης οικοδομικών τετραγώνων και διχοτόμων στο AutoCad (βόρεια περιοχή)

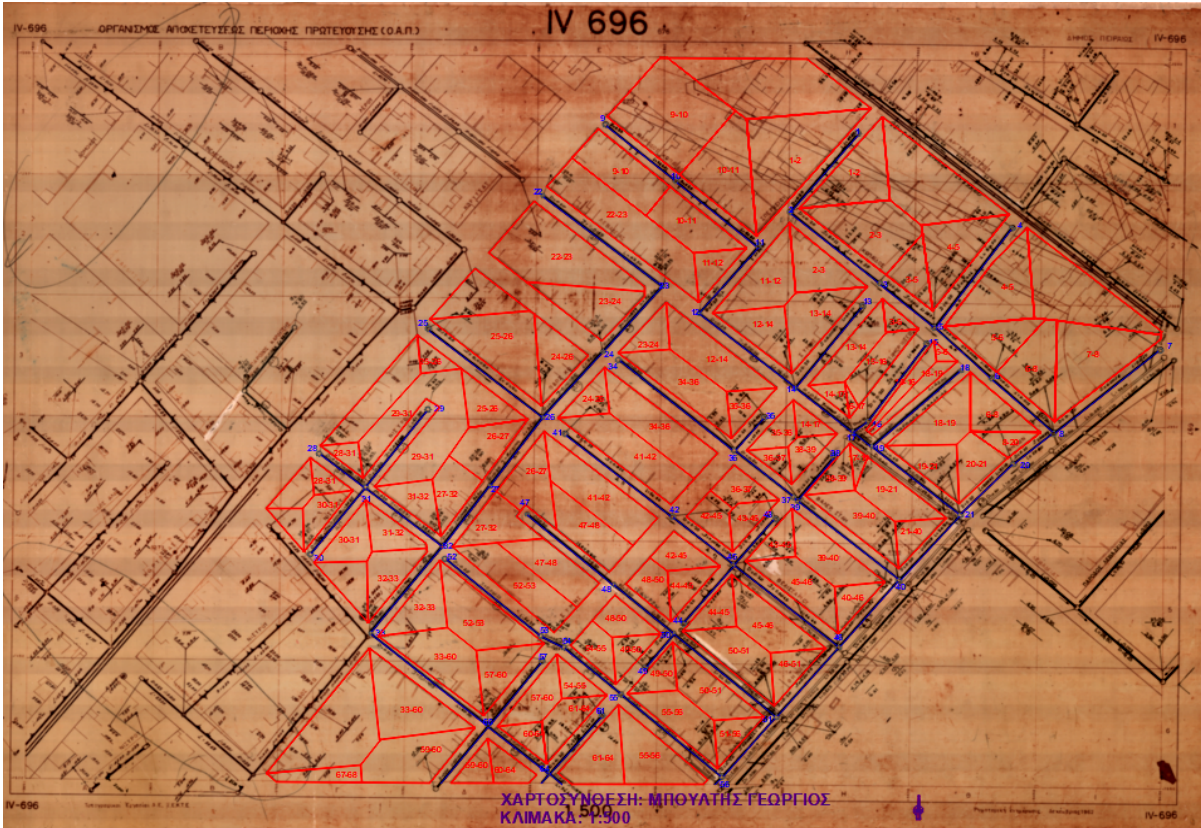




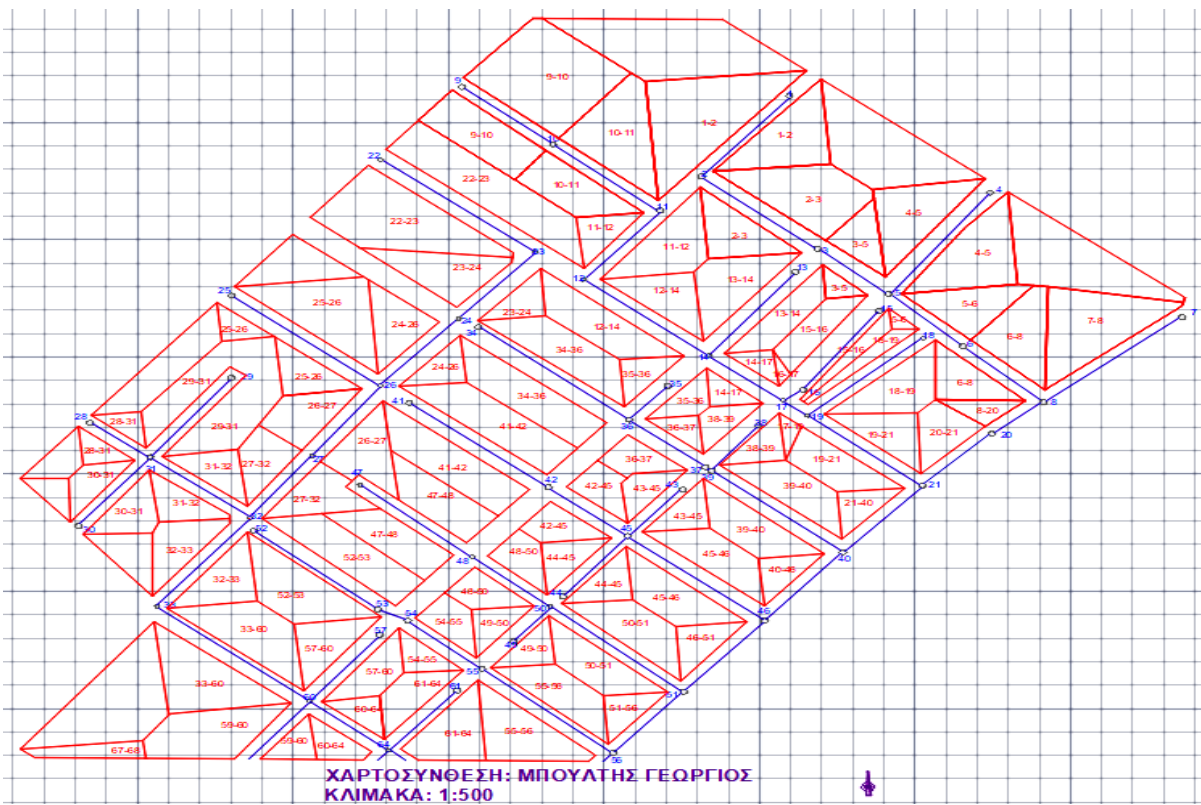
Εικόνα 8.10: Χάρτης οικοδομικών τετραγώνων και διχτοτόμων στο AutoCad (νότια περιοχή)

## 8.7 ΤΕΛΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ

Το τελικό σχέδιο του αποχετευτικού δικτύου που σχεδιάσαμε μαζί με το υπόβαθρο που χρησιμοποιήσαμε απεικονίζεται στις Εικόνες 8.11 και 8.13. Σε κάθε αγωγό μπορεί να αντιστοιχούν όπως φαίνεται στους χάρτες στις Εικόνες 8.12 και 8.14, κομμάτια από 1,2,3 ή 4 γειτονικά οικοδομικά τετράγωνα. Με τον τρόπο αυτό προκύπτουν τα εμβαδά των επιφανειών απορροής (A) τα οποία υπολογίζουμε με τη βοήθεια του Autocad, με την εντολή Area. Η συνολική έκταση των τοπογραφικών εμβαδών των οικοδομικών τετραγώνων που υπολογίστηκε στο AutoCad είναι 0,0583 km<sup>2</sup> ενώ η συνολική έκταση της περιοχής μελέτης είναι περίπου 0,11 km<sup>2</sup>.

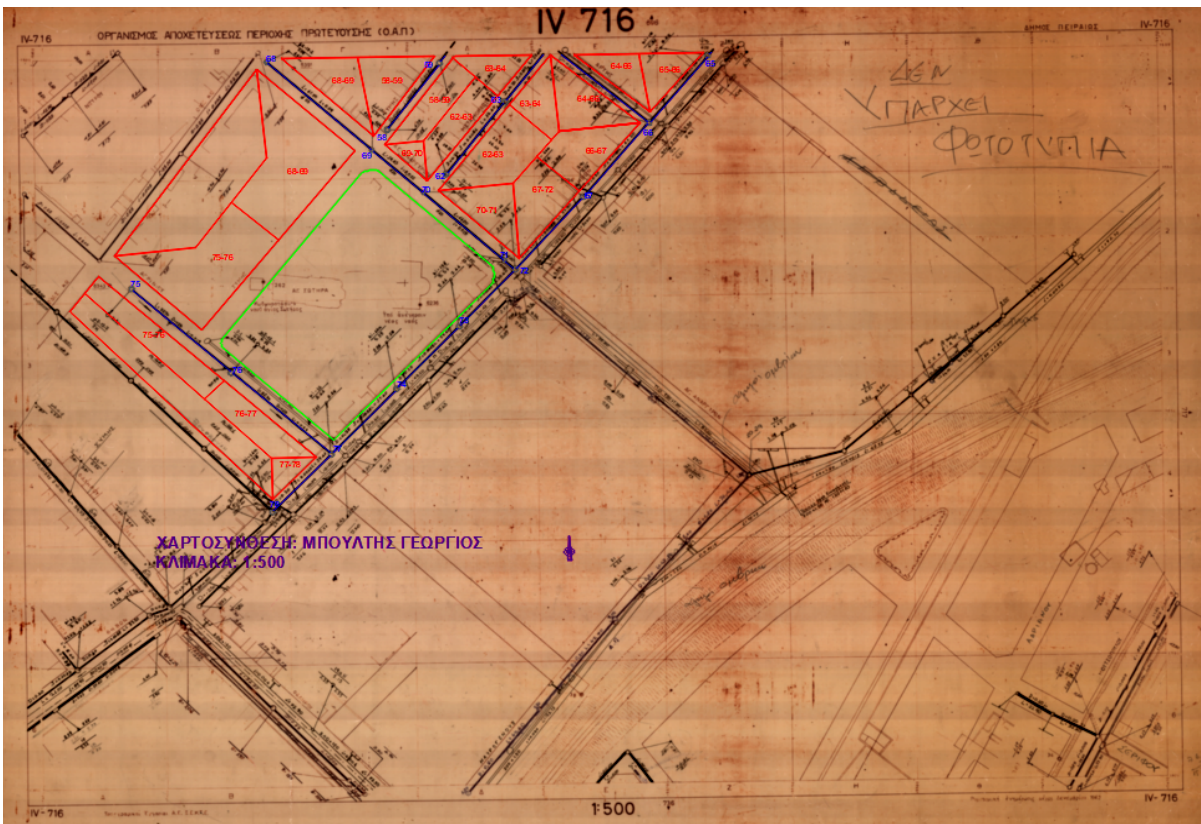


Εικόνα 8.11: Τελικός χάρτης δικτύου αποχέτευσης με το υπόβαθρο στο AutoCad (βόρεια περιοχή)

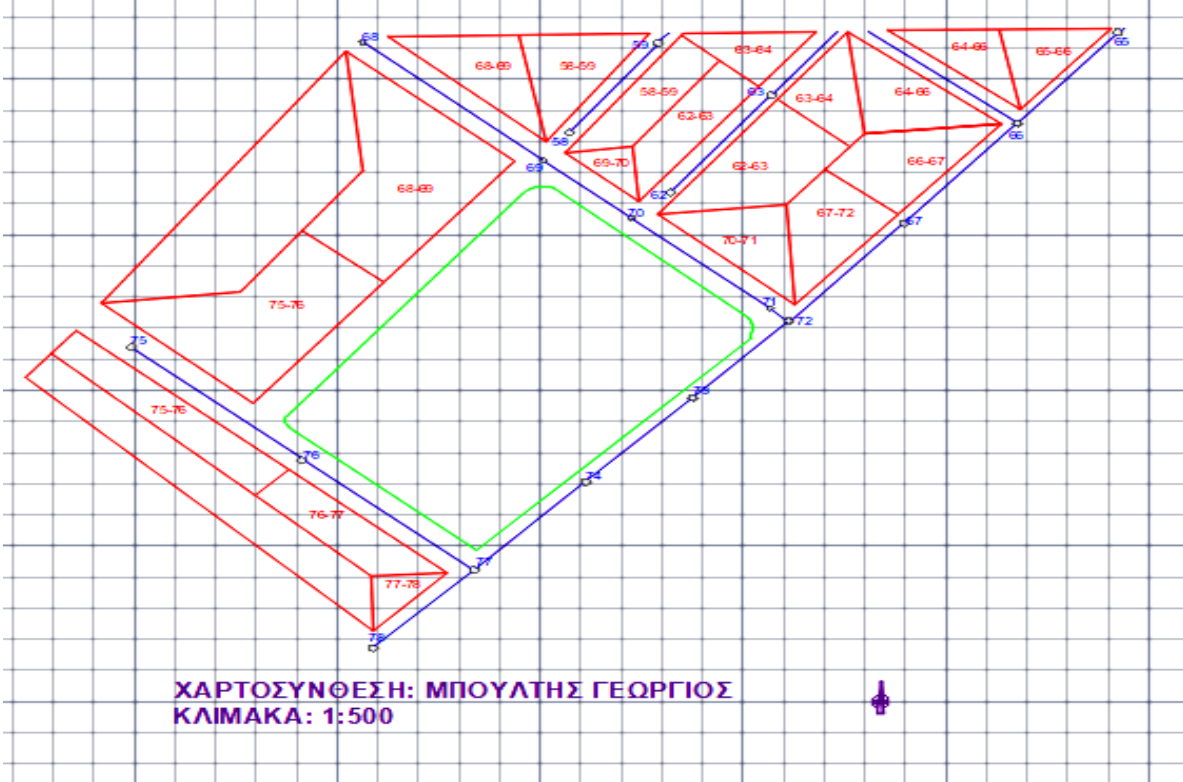


Εικόνα 8.12: Τελικός χάρτης δικτύου αποχέτευσης ακαθάρτων στο AutoCad (βόρεια περιοχή)





Εικόνα 8.13: Τελικός χάρτης δικτύου αποχέτευσης με το υπόβαθρο στο AutoCad (νότια περιοχή)



Εικόνα 8.14: Τελικός χάρτης δικτύου αποχέτευσης ακαθάρτων στο AutoCad (νότια περιοχή)



## ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ: ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ ΣΕ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΠΑΛΑΙΑΣ ΚΟΚΚΙΝΙΑΣ

### 9. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

#### 9.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Η επίλυση του υδραυλικού μοντέλου ακαθάρτων της περιοχής μελέτης έγινε με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή και την εφαρμογή του λογισμικού Excel της Microsoft, με καθοδήγηση από τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Β. Τσιχριντζή. Όπως έχει αναλυθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο ο υπολογισμός των απωλειών τριβής γίνεται με τη χρήση της εξίσωσης Manning. Η τιμή του συντελεστή τραχύτητας η οποία επιλέχθηκε για τους υδραυλικούς υπολογισμούς της παρούσας μελέτης είναι  $n = 0,014$  ώστε να καλύψουμε όλες τις υδραυλικές απώλειες στις σωληνώσεις.

Από τις διάφορες σχέσεις απωλειών τριβής η εξίσωση του Manning έχει επικρατήσει διεθνώς για εφαρμογές σε ανοιχτούς αγωγούς και κατά συνέπεια και σε αγωγούς αποχέτευσης λόγω της απλότητάς της, της συλλογής πολλών πειραματικών δεδομένων, βάσει των οποίων έχουν δοθεί τιμές του συντελεστή της τραχύτητας  $n$  για ποικιλία περιπτώσεων. Για το λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμη η επίλυση του δικτύου με την εφαρμογή της εξίσωσης του Manning. Η περίοδος σχεδιασμού των αγωγών αποχέτευσης επιλέχθηκε να είναι 40 έτη.

Για τον υπολογισμό των βασικών υδραυλικών μεγεθών του δικτύου, επιλέγουμε αρχικά, **με βάση τη θεωρία** που αναφέραμε στα προηγούμενα κεφάλαια, κάποια βασικά μεγέθη που θα χρησιμοποιήσουμε στους υδραυλικούς υπολογισμούς στο Excel στη συνέχεια. Στη συνέχεια θα υπολογίσουμε άλλα μεγέθη, εισάγοντας στο Excel, τους τύπους που αναφέραμε στο 6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, οι οποίοι αφορούν υδραυλικούς υπολογισμούς σε κυκλικούς αγωγούς, για κάθε αγωγό του δικτύου που σχεδιάσαμε ξεχωριστά. Σημειώνεται ότι οι σχετικοί υπολογισμοί είναι απλούστατοι, ενώ η δυσκολία βρίσκεται στην υιοθέτηση σωστών παραδοχών, που να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα.

#### 9.2 ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ EXCEL

Οι λειτουργίες του Excel της Microsoft σχετίζονται με μια ευρύτερη στατιστική επεξεργασία δεδομένων και πληροφοριών, με στόχο την καλύτερη δυνατή ανάλυση και

παρουσίαση τους. Με την έννοια δεδομένα αναφερόμαστε σε κείμενο και αριθμούς, η επεξεργασία δε των δεδομένων αφορά αριθμούς που χρησιμοποιούνται ως μεγέθη, ποσοστά, μετρήσεις, ποσά, κλπ.

Για τον υπολογισμό λοιπόν των υδραυλικών μεγεθών που αναζητούμε, εισάγαμε σε ένα φύλλο του Excel, σε κάποια κελιά στοιχεία των αγωγών και βασικά μεγέθη που επιλέξαμε με βάση τη θεωρία του 5<sup>ου</sup> Κεφαλαίου και του 6<sup>ου</sup> Κεφαλαίου της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ώστε να βρούμε τα αντίστοιχα υδραυλικά μεγέθη. Τα υδραυλικά μεγέθη παρουσιάζονται ανά στήλη του Excel και αφορούν τόσο τις σημερινές όσο και τις μελλοντικές συνθήκες που σχεδιάσαμε.

Η κάθε γραμμή του Excel αναφέρεται σε κάθε αγωγό (ο οποίος ορίζεται από τον άνω και κάτω κόμβο) ξεχωριστά, και στα αντίστοιχα υδραυλικά μεγέθη του αγωγού. Επίσης στο δεξιό μέρος του φύλλου εισάγαμε έναν πίνακα με τα υδραυλικά χαρακτηριστικά της κυκλικής διατομής σε αδιάστατη μορφή τα οποία ήταν απαραίτητα για τους υπολογισμούς μας.

Αξίζει να σημειώσουμε πως υπάρχουν στην αγορά ειδικά προγράμματα από ιδιωτικές εταιρείες για τη διαστασιολόγηση του δικτύου αποχέτευσης, όπως το πρόγραμμα «Δίκτυα αποχέτευσης v 10.0» της Τεχνολογισμικής.

The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet with the following structure:

- Columns:** A-Z, AA-AE. Columns B-E contain input data for pipes (ID, diameter, length, Manning's n). Columns F-M contain calculated hydraulic parameters (flow rate, velocity, head loss). Columns N-O contain dimensionless coefficients for circular cross-sections.
- Formulas:** Several cells contain formulas, such as  $Q_{\text{αγωγού}} = 13000 \text{ cap/km}^2$  and  $n \text{ του Manning} = 0,014$ .
- Table of Dimensionless Coefficients:** A table with columns for  $AR^{0,75}$ ,  $\gamma_D$ ,  $\gamma_{\text{π.π}}$ ,  $KD$ , and  $U_{\text{π.π}}$ . The table lists values for different pipe diameters and flow conditions.

Εικόνα 9.1: Η βασική οθόνη του φύλλου Excel με τα υδραυλικά μεγέθη

## 9.3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΩΝ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

### 9.3.1 Υπολογισμός πυκνότητας πληθυσμού περιοχής μελέτης

Όπως αναφέραμε στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο, η πυκνότητα του πληθυσμού για τομείς μέσης δόμησης (διπλοκατοικίες, τριπλοκατοικίες), όπως είναι η περιοχή μελέτης είναι 10.000-15.000 άτομα ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Η πυκνότητα πληθυσμού της 4<sup>ης</sup> δημοτικής κοινότητας είναι 130 κάτοικοι/ ha ή 13.000 κάτοικοι/ km<sup>2</sup> (1 km<sup>2</sup>=100ha).

Οι μεταβολές των κοινωνικών και οικονομικών συνθηκών σε γενικό (π.χ. τουρισμός, μεταναστευτικές ροές) και τοπικό επίπεδο μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντικές μεταβολές στην εξέλιξη του πληθυσμού. Για αυτό επιλέγουμε μια σημαντική μελλοντική αύξηση της πυκνότητας πληθυσμού στη τιμή: 20.000 cap / km<sup>2</sup>.

### 9.3.2 Υπολογισμός ημερήσιας παροχής αιχμής περιοχής μελέτης

Για τον υπολογισμό της ημερήσιας παροχής αιχμής περιοχής μελέτης χρησιμοποιούμε τη διαδικασία του Τσακίρη (2010) που αναφέραμε στην Ενότητα 5.6.2.

- ✓ Προσδιορίζεται η μέση ανηγμένη ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο (q) η οποία για το λεκανοπέδιο της Αττικής προτείνεται από την ΕΥΔΑΠ στη τιμή: 235 L/(d κατ), για περιοχές μέσης και κατώτερης εισοδηματικής τάξης, που ταιριάζει με τη περιοχή μελέτης.
- ✓ Υπολογίζεται η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο:  $q_h^{max} = F_1 * F_2 * q_d$ . Για τις Ελληνικές πρακτικές  $F_1 * F_2 = 6$ . Άρα  $q_h^{max} = 6 * 235 = 1410$  L/d/cap
- ✓ Υπολογίζεται η μέγιστη ημερήσια παροχή ακαθάρτων ως ποσοστό της μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης ( $\mu = 0,80$ )  $qA_h^{max} = \mu * q_h^{max} = 1128$  L/d/cap
- ✓ Υπολογίζουμε και τις πρόσθετες εισροές που εισέρχονται στο δίκτυο που εκτιμώνται ως ποσοστό της παροχής αιχμής ακαθάρτων από την ΕΥΔΑΠ: 20% για περιοχές χαμηλού υδροφόρου ορίζοντα, δηλαδή 226 L/d/cap και τις προσθέτουμε στη προηγούμενη τιμή
- ✓ Συνεπώς καταλήγουμε, προθέτοντας τη μέγιστη ημερήσια παροχή ακαθάρτων και τις πρόσθετες εισροές για την ημερήσια παροχή αιχμής στη τιμή: **1350 L/d/cap.**

## 9.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΚΩΝ ΚΑΙ ΚΛΙΣΕΩΝ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

Στους πίνακες που ακολουθούν παρατίθενται τα αποτελέσματα της υδραυλικής επίλυσης των βαρυντικών αγωγών του δικτύου από το πρόγραμμα του Excel. Ο κάθε αγωγός

αποχέτευσης ακαθάρτων ορίζεται από δύο φρεάτια, ένα φρεάτιο στον άνω κόμβο και ένα φρεάτιο στο κάτω κόμβο. Αυτοί οι κόμβοι απεικονίζονται στη 1<sup>η</sup> και 2<sup>η</sup> στήλη των Πινάκων 9.1, 9.2 και 9.3. Στη 3<sup>η</sup> στήλη απεικονίζεται το μήκος  $L$  του κάθε αγωγού το οποίο ή καταγραφόταν στις πινακίδες του ΟΑΠ (στις περισσότερες περιπτώσεις) ή υπολογίστηκε με μέτρηση στο Autocad με την εντολή Dimension - Aligned. Παρατηρούμε πως το συνολικό μήκος των αγωγών του δικτύου είναι **2.812,7 m**

Στη 4<sup>η</sup> στήλη απεικονίζεται η υπάρχουσα κλίση του κάθε αγωγού  $S$  ή  $J$ , η οποία είτε καταγραφόταν στις πινακίδες του ΟΑΠ (στις περισσότερες περιπτώσεις), είτε υπολογίστηκε έμμεσα από τα υψόμετρα των δύο αντίστοιχων φρεατίων. Για τον υπολογισμό της κλίσης του εδάφους χρησιμοποιούμε τη σχέση:  $S = \Delta H / L$  όπου:  $\Delta H$  η υψομετρική διαφορά των αγωγών και  $L$  το μήκος των αγωγών. Στη 5<sup>η</sup> στήλη επιλέγουμε την ελάχιστη κλίση  $S$  με βάση τα πρότυπα του Πίνακα 6.5 για αγωγούς ακαθάρτων και επιλέγουμε  $S_{min} = 0,0044$ . Τέλος στην 6<sup>η</sup> στήλη υπολογίζουμε τη κλίση σχεδιασμού επιλέγοντας τη μεγαλύτερη τιμή της κλίσης από τις δύο προηγούμενες στήλες.

## **9.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΜΒΑΔΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΟΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΩΝ ΤΕΤΡΑΓΩΝΩΝ**

Αρχικά χωρίσαμε τα οικοδομικά τετράγωνα σε τρίγωνα ή πολύγωνα (επιφάνειες απορροής), που αντιστοιχούν στο κάθε αγωγό και που προκύπτουν στο Autocad διχοτομώντας τις γωνίες του τετραγώνου ή προσφεύγοντας σε κατάλληλες γεωμετρικές διαιρέσεις, όπως αναλύσαμε στην Ενότητα 8.6. Στη συνέχεια μετρήσαμε το τοπογραφικό εμβαδό της αποχετευόμενης επιφάνειας απορροής, που αντιστοιχεί σε κάθε αγωγό, στο Autocad, με την εντολή Area. Για να υπολογίσουμε το οικοδομήσιμο εμβαδό (E) των πολυγώνων που ανήκουν στα οικοδομικά τετράγωνα, πολλαπλασιάζουμε το τοπογραφικό εμβαδό με τον αντίστοιχο Συντελεστή Δόμησης (ΣΔ) που για τη περιοχή είναι 2,6.

Έπειτα από αυτή τη διαδικασία, στον Πίνακα 9.1 στη 7<sup>η</sup> στήλη απεικονίζουμε το εμβαδό της επιφάνειας των οικοδομικών τετραγώνων που αποχετεύει ο κάθε αγωγός. Στην 8<sup>η</sup> στήλη υπολογίζουμε το συνολικό εμβαδό (δηλαδή και το εμβαδό που αποχετεύουν οι προηγούμενοι, ανάντη αγωγοί). Παρατηρούμε πως το συνολικό εμβαδό των επιφανειών, των αποχετευόμενων οικοδομικών τετραγώνων της περιοχής μελέτης είναι **0,1516 km<sup>2</sup>** τον οποίο αποχετεύει ο τελικός κόμβος (78) του δικτύου μας.



1 Άνω Κόμβος	2 Κάτω Κόμβος	3 Μήκος L (m)	4 Κλίση S εδάφους	5 Κλίση S <sub>min</sub>	6 Κλίση S σχεδιασμού	7 Εμβαδόν E km <sup>2</sup>	8 Εμβαδόν ΣΕ km <sup>2</sup>
1	2	40,8	0,0110	0,0044	0,0110	0,0052	0,0052
2	3	49,2	0,0110	0,0044	0,0110	0,0034	0,0087
3	5	28,7	0,0110	0,0044	0,0110	0,0010	0,0097
4	5	50,7	0,0110	0,0044	0,0110	0,0038	0,0038
5	6	33,1	0,0094	0,0044	0,0094	0,0013	0,0149
6	8	32,7	0,0120	0,0044	0,0120	0,0025	0,0173
7	8	53,1	0,0076	0,0044	0,0076	0,0026	0,0026
8	20	20,8	0,0072	0,0044	0,0072	0,0004	0,0204
9	10	34,5	0,0100	0,0044	0,0100	0,0055	0,0055
10	11	40,8	0,0100	0,0044	0,0100	0,0036	0,0091
11	12	35,4	0,0100	0,0044	0,0100	0,0022	0,0113
12	14	46,4	0,0106	0,0044	0,0106	0,0029	0,0142
13	14	43,6	0,0089	0,0044	0,0089	0,0026	0,0026
14	17	31	0,0161	0,0044	0,0161	0,0004	0,0172
15	16	38,7	0,0067	0,0044	0,0067	0,0014	0,0014
16	17	7,2	0,0130	0,0044	0,0130	0,0001	0,0015
17	19	12,7	0,0205	0,0044	0,0205	0,0002	0,0189
18	19	42	0,0200	0,0044	0,0200	0,0018	0,0018
19	21	44,35	0,0074	0,0044	0,0074	0,0022	0,0229
20	21	31,15	0,0057	0,0044	0,0057	0,0009	0,0213
21	40	34,9	0,0068	0,0044	0,0068	0,0006	0,0448
22	23	63,5	0,0165	0,0044	0,0165	0,0062	0,0062
23	24	36,4	0,0058	0,0044	0,0058	0,0021	0,0083
24	26	34	0,0088	0,0044	0,0088	0,0017	0,0100
25	26	61,7	0,0084	0,0044	0,0084	0,00338	0,0034
26	27	34,7	0,0170	0,0044	0,0170	0,00234	0,0157
27	32	34,5	0,0067	0,0044	0,0067	0,0021	0,0178
28	31	26,8	0,0317	0,0044	0,0317	0,0007	0,0007
29	31	41,35	0,0108	0,0044	0,0108	0,0034	0,0034
30	31	34,65	0,0043	0,0044	0,0044	0,0015	0,0015
31	32	38,6	0,0207	0,0044	0,0207	0,0015	0,0070
32	33	46,3	0,0079	0,0044	0,0079	0,0022	0,0270
33	60	60,7	0,0148	0,0044	0,0148	0,0039	0,0309
34	36	60,33	0,0100	0,0044	0,0100	0,0038	0,0038
35	36	17,7	0,0130	0,0044	0,0130	0,0011	0,0011
36	37	29,83	0,0175	0,0044	0,0175	0,0010	0,0059
37	39	0,41	0,0175	0,0044	0,0175	0,0000	0,0059
38	39	22,5	0,0200	0,0044	0,0200	0,0011	0,0011
39	40	52,48	0,0110	0,0044	0,0110	0,0028	0,0097
40	46	36,6	0,0760	0,0044	0,0760	0,0005	0,0550
41	42	56,5	0,0110	0,0044	0,0110	0,0041	0,0041
42	45	32,75	0,0088	0,0044	0,0088	0,0014	0,0055
43	45	24,1	0,0190	0,0044	0,0190	0,0011	0,0011

44	45	27,8	0,0180	0,0044	0,0180	0,0013	0,0013
45	46	54,45	0,0045	0,0044	0,0045	0,0028	0,0107
46	51	38,9	0,0079	0,0044	0,0079	0,0007	0,0664
47	48	44,2	0,0100	0,0044	0,0100	0,0028	0,0028
48	50	33,5	0,0100	0,0044	0,0100	0,0013	0,0041
49	50	18,1	0,0360	0,0044	0,0360	0,0010	0,0010
50	51	52,5	0,0114	0,0044	0,0114	0,0028	0,0079
51	56	35,1	0,0042	0,0044	0,0044	0,0005	0,0748
52	53	54,25	0,0162	0,0044	0,0162	0,0037	0,0037
53	54	5,85	0,0051	0,0044	0,0051	0,0000	0,0037
54	55	26,95	0,0083	0,0044	0,0083	0,0012	0,0049
55	56	51,95	0,0100	0,0044	0,0100	0,0030	0,0079
56	65	6,75	0,0077	0,0044	0,0077	0,0000	0,0827
57	60	34,3	0,0010	0,0044	0,0044	0,0020	0,0020
58	59	34,85	0,0055	0,0044	0,0055	0,0028	0,0028
59	60	33,15	0,0013	0,0044	0,0044	0,0023	0,0051
60	64	28,5	0,0070	0,0044	0,0070	0,0010	0,0389
61	64	32,1	0,0180	0,0044	0,0180	0,0023	0,0023
62	63	35,4	0,0081	0,0044	0,0081	0,0035	0,0035
63	64	27,6	0,0120	0,0044	0,0120	0,0018	0,0052
64	66	54,4	0,0116	0,0044	0,0116	0,0024	0,0488
65	66	38,5	0,0077	0,0044	0,0077	0,0009	0,0837
66	67	41,2	0,0080	0,0044	0,0080	0,0016	0,1341
67	72	37,9	0,0085	0,0044	0,0085	0,0016	0,1356
68	69	61,7	0,0900	0,0044	0,0900	0,0064	0,0064
69	70	24,45	0,0220	0,0044	0,0220	0,0004	0,0068
70	71	44	0,0150	0,0044	0,0150	0,0013	0,0081
71	72	6,5	0,0150	0,0044	0,0150	0,0000	0,0081
72	73	30,6	0,0049	0,0044	0,0049	0,0000	0,1437
73	74	33,6	0,0045	0,0044	0,0045	0,0000	0,1437
74	77	37,6	0,0310	0,0044	0,0310	0,0000	0,1437
75	76	52,7	0,0190	0,0044	0,0190	0,0060	0,0060
76	77	52,3	0,0230	0,0044	0,0230	0,0014	0,0074
77	78	29,6	0,0030	0,0044	0,0044	0,0004	0,1516
		<b>2812,7</b>				<b>0,1516</b>	

**Πίνακας 9.1:** Μήκη, κλίσεις αγωγών και εμβαδά αποχετευόμενων οικοδομικών τετραγώνων (Excel)

## 9.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΕΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ

Στον επόμενο Πίνακα 9.2 στην 9<sup>η</sup> στήλη και 10<sup>η</sup> στήλη με βάση την ημερήσια παροχή αιχμής που υπολογίσαμε στην Ενότητα 9.3.2, και γνωρίζοντας τη πυκνότητα του πληθυσμού και το εμβαδό της λεκάνης απορροής κάθε αγωγού, υπολογίζουμε στο λογισμικό Excel την αιχμή της παροχής ακαθάρτων Q ανά αγωγό, στη σημερινή και στη μελλοντική (σχεδιασμού) κατάσταση, σε m<sup>3</sup>/s.

Στη 11<sup>η</sup> στήλη υπολογίζουμε τη θεωρητική διάμετρο του κάθε αγωγού με βάση τον

$$\text{τύπο: } D = \left( \frac{4^{5/3} \cdot n \cdot Q}{\pi \cdot S^{1/2}} \right)^{3/8} \text{ σε mm.}$$

Στη συνέχεια στη 12<sup>η</sup> στήλη επιλέγουμε την διάμετρο D σχεδιασμού των νέων αγωγών ακαθάρτων ώστε να είναι μεγαλύτερη από τη θεωρητική διάμετρο, με βάση τη τυποποίηση σωλήνων από uPVC για αποχέτευση ακαθάρτων (σειρές 41 και 51 κατά ΕΛΟΤ 476 του Πίνακα 2.1). Για την εργασία μας επιλέγουμε τη σειρά uPVC 41.

Απαιτούμενη συνθήκη στην επιλογή της διαμέτρου D σχεδιασμού είναι να ικανοποιούνται οι περιοριστικές διατάξεις του Π.Δ. 696/714 που αναφέραμε στο 6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο. Δηλαδή η διάμετρος D σχεδιασμού (mm) επιλέχθηκε ύστερα από διαδοχικές δοκιμές να είναι η μικρότερη δυνατή και να καλύπτει κάποιες προϋποθέσεις, όπως να μην έχουμε βαρυντική ροή από αγωγό μεγαλύτερης διαμέτρου σε αγωγό μικρότερης διαμέτρου. Επίσης επιδιώξαμε να καλύπτονται κατά το δυνατόν οι περιοριστικές διατάξεις όπως τα μέγιστα όρια ποσοστά πλήρωσης του Πίνακα 6.1 και η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της ταχύτητας ροής που αναφέραμε στην Ενότητα 6.4.

Αποτέλεσμα της διαστασιολόγησης των αγωγών που κάναμε είναι: 29 αγωγοί με εξωτερική διάμετρο 200 mm, 1 αγωγός με διάμετρο 250 mm, 5 αγωγοί με διάμετρο 315 mm και 4 αγωγοί με διάμετρο 355 mm.

1 Άνω Κόμβος	2 Κάτω Κόμβος	9 Qσήμερα Αιχμή (m <sup>3</sup> /s)	10 Qμέλλον Αιχμή (m <sup>3</sup> /s)	11 Θεωρητική D (mm)	12 Σχεδιασμού D (mm)
1	2	0,0011	0,0016	66	200
2	3	0,0018	0,0027	79	200
3	5	0,0020	0,0030	83	200
4	5	0,0008	0,0012	58	200
5	6	0,0030	0,0046	100	200
6	8	0,0035	0,0054	101	200
7	8	0,0005	0,0008	54	200
8	20	0,0041	0,0064	118	200
9	10	0,0011	0,0017	68	200
10	11	0,0018	0,0028	82	200
11	12	0,0023	0,0035	89	200
12	14	0,0029	0,0044	96	200
13	14	0,0005	0,0008	53	200
14	17	0,0035	0,0054	95	200
15	16	0,0003	0,0004	44	200
16	17	0,0003	0,0005	40	200

17	19	0,0038	0,0059	95	200
18	19	0,0004	0,0006	39	200
19	21	0,0047	0,0072	123	200
20	21	0,0043	0,0066	126	200
21	40	0,0091	0,0140	161	200
22	23	0,0013	0,0020	65	200
23	24	0,0017	0,0026	88	200
24	26	0,0020	0,0031	87	200
25	26	0,0007	0,0011	59	200
26	27	0,0032	0,0049	91	200
27	32	0,0036	0,0056	114	200
28	31	0,0001	0,0002	25	200
29	31	0,0007	0,0010	56	200
30	31	0,0003	0,0005	49	200
31	32	0,0014	0,0022	65	200
32	33	0,0055	0,0084	129	200
33	60	0,0063	0,0096	121	200
34	36	0,0008	0,0012	59	200
35	36	0,0002	0,0003	35	200
36	37	0,0012	0,0018	63	200
37	39	0,0012	0,0018	63	200
38	39	0,0002	0,0003	33	200
39	40	0,0020	0,0030	83	200
40	46	0,0112	0,0172	110	200
41	42	0,0008	0,0013	60	200
42	45	0,0011	0,0017	70	200
43	45	0,0002	0,0004	33	200
44	45	0,0003	0,0004	35	200
45	46	0,0022	0,0033	101	200
46	51	0,0135	0,0207	181	250
47	48	0,0006	0,0009	53	200
48	50	0,0008	0,0013	61	200
49	50	0,0002	0,0003	29	200
50	51	0,0016	0,0025	76	200
51	56	0,0152	0,0234	211	315
52	53	0,0008	0,0012	54	200
53	54	0,0008	0,0012	67	200
54	55	0,0010	0,0015	68	200
55	56	0,0016	0,0025	78	200
56	65	0,0168	0,0259	198	315
57	60	0,0004	0,0006	54	200
58	59	0,0006	0,0009	59	200
59	60	0,0010	0,0016	77	200
60	64	0,0079	0,0122	152	200
61	64	0,0005	0,0007	44	200
62	63	0,0007	0,0011	60	200

63	64	0,0011	0,0016	65	200
64	66	0,0099	0,0152	150	200
65	66	0,0170	0,0261	198	315
66	67	0,0272	0,0419	235	315
67	72	0,0276	0,0424	233	315
68	69	0,0013	0,0020	48	200
69	70	0,0014	0,0021	64	200
70	71	0,0016	0,0025	73	200
71	72	0,0016	0,0025	73	200
72	73	0,0292	0,0449	264	355
73	74	0,0292	0,0449	269	355
74	77	0,0292	0,0449	187	355
75	76	0,0012	0,0019	62	200
76	77	0,0015	0,0023	65	200
77	78	0,0308	0,0474	275	355

**Πίνακας 9.2:** Παροχές και διαμέτροι αγωγών ακαθάρτων από το Excel

## 9.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

Έχοντας σαν βάση το τυπολόγιο των κυκλικών αγωγών με ομοιόμορφη ροή που αναλύσαμε στην Ενότητα 6.3, το εισάγουμε στα κελιά του Excel σε κάθε γραμμή που αφορά έναν αγωγό (π.χ. 1-2) και με τη βοήθεια των τιμών των προηγούμενων στηλών των Πινάκων 9.1 και 9.2, υπολογίζονται τα υπόλοιπα υδραυλικά χαρακτηριστικά του δικτύου στις σημερινές και μελλοντικές συνθήκες. Για τις τιμές της διαμέτρου του αγωγού  $D$ , βάζουμε τις τιμές που επιλέξαμε με τη διαστασιολόγηση. Υπολογίζουμε δηλαδή στο Excel κατά σειρά ανά αγωγό τα μεγέθη: το μέγεθος  $AR^{2/3}/D^{8/3}$ , το λόγο πλήρωσης  $y/D$ , το βάθος ροής  $y$  (m), το πηλίκο της υδραυλικής ακτίνας της υγρής διατομής προς τη διάμετρο του αγωγού  $R/D$ . Επίσης υπολογίζουμε τη ταχύτητα ροής σε κάθε αγωγό από τη σχέση:  $V = \frac{1}{n} (R)^{2/3} S^{1/2}$ .

Κόμβοι		Μελλοντικές Συνθήκες					Σημερινές Συνθήκες				
		$AR^{2/3}/D^{8/3}$	$y/D$	y, m	R/D	U m/s	$AR^{2/3}/D^{8/3}$	$y/D$	y, m	R/D	U, m/s
1	2	0,02	<b>0,15</b>	0,03	0,09	0,53	0,01	<b>0,12</b>	0,02	0,08	0,46
2	3	0,03	<b>0,19</b>	0,04	0,12	0,61	0,02	<b>0,15</b>	0,03	0,09	0,53
3	5	0,03	<b>0,20</b>	0,04	0,12	0,63	0,02	<b>0,16</b>	0,03	0,10	0,55
4	5	0,01	<b>0,12</b>	0,02	0,08	0,46	0,01	<b>0,10</b>	0,02	0,06	0,41
5	6	0,05	<b>0,26</b>	0,05	0,15	0,67	0,03	<b>0,21</b>	0,04	0,13	0,59
6	8	0,05	<b>0,27</b>	0,05	0,16	0,78	0,03	<b>0,21</b>	0,04	0,13	0,67
7	8	0,01	<b>0,11</b>	0,02	0,07	0,36	0,01	<b>0,09</b>	0,02	0,06	0,32
8	20	0,08	<b>0,33</b>	0,07	0,18	0,67	0,05	<b>0,26</b>	0,05	0,15	0,59
9	10	0,02	<b>0,15</b>	0,03	0,09	0,50	0,01	<b>0,12</b>	0,02	0,08	0,44

10	11	0,03	<b>0,20</b>	0,04	0,12	0,60	0,02	<b>0,16</b>	0,03	0,10	0,52
11	12	0,04	<b>0,22</b>	0,04	0,13	0,63	0,02	<b>0,18</b>	0,04	0,11	0,56
12	14	0,04	<b>0,25</b>	0,05	0,15	0,70	0,03	<b>0,20</b>	0,04	0,12	0,61
13	14	0,01	<b>0,11</b>	0,02	0,07	0,39	0,01	<b>0,09</b>	0,02	0,06	0,34
14	17	0,04	<b>0,25</b>	0,05	0,15	0,86	0,03	<b>0,20</b>	0,04	0,12	0,76
15	16	0,01	<b>0,08</b>	0,02	0,05	0,28	0,00	<b>0,07</b>	0,01	0,05	0,25
16	17	0,00	<b>0,07</b>	0,01	0,05	0,35	0,00	<b>0,06</b>	0,01	0,04	0,32
17	19	0,04	<b>0,24</b>	0,05	0,14	0,95	0,03	<b>0,20</b>	0,04	0,12	0,85
18	19	0,00	<b>0,07</b>	0,01	0,05	0,44	0,00	<b>0,06</b>	0,01	0,04	0,40
19	21	0,09	<b>0,35</b>	0,07	0,19	0,70	0,06	<b>0,28</b>	0,06	0,16	0,62
20	21	0,09	<b>0,36</b>	0,07	0,20	0,63	0,06	<b>0,29</b>	0,06	0,17	0,56
21	40	0,17	<b>0,53</b>	0,11	0,26	0,82	0,11	<b>0,41</b>	0,08	0,22	0,73
22	23	0,02	<b>0,15</b>	0,03	0,09	0,64	0,01	<b>0,12</b>	0,02	0,08	0,56
23	24	0,04	<b>0,22</b>	0,04	0,13	0,48	0,02	<b>0,18</b>	0,04	0,11	0,42
24	26	0,03	<b>0,22</b>	0,04	0,13	0,59	0,02	<b>0,17</b>	0,03	0,10	0,51
25	26	0,01	<b>0,13</b>	0,03	0,08	0,42	0,01	<b>0,1</b>	0,02	0,06	0,36
26	27	0,04	<b>0,23</b>	0,05	0,14	0,84	0,03	<b>0,19</b>	0,04	0,12	0,75
27	32	0,07	<b>0,32</b>	0,06	0,18	0,64	0,05	<b>0,25</b>	0,05	0,15	0,56
28	31	0,00	<b>0,04</b>	0,01	0,03	0,38	0,00	<b>0,02</b>	0,00	0,01	0,24
29	31	0,01	<b>0,12</b>	0,02	0,08	0,45	0,01	<b>0,1</b>	0,02	0,06	0,40
30	31	0,01	<b>0,10</b>	0,02	0,06	0,26	0,00	<b>0,08</b>	0,02	0,05	0,22
31	32	0,02	<b>0,15</b>	0,03	0,09	0,72	0,01	<b>0,12</b>	0,02	0,08	0,63
32	33	0,10	<b>0,38</b>	0,08	0,21	0,76	0,06	<b>0,3</b>	0,06	0,17	0,67
33	60	0,08	<b>0,34</b>	0,07	0,19	0,98	0,05	<b>0,27</b>	0,05	0,16	0,86
34	36	0,01	<b>0,13</b>	0,03	0,08	0,46	0,01	<b>0,1</b>	0,02	0,06	0,39
35	36	0,00	<b>0,06</b>	0,01	0,04	0,32	0,00	<b>0,05</b>	0,01	0,03	0,28
36	37	0,01	<b>0,14</b>	0,03	0,09	0,63	0,01	<b>0,11</b>	0,02	0,07	0,55
37	39	0,01	<b>0,14</b>	0,03	0,09	0,63	0,01	<b>0,11</b>	0,02	0,07	0,55
38	39	0,00	<b>0,05</b>	0,01	0,03	0,35	0,00	<b>0,05</b>	0,01	0,03	0,35
39	40	0,03	<b>0,20</b>	0,04	0,12	0,63	0,02	<b>0,16</b>	0,03	0,10	0,55
40	46	0,06	<b>0,30</b>	0,06	0,17	2,07	0,04	<b>0,24</b>	0,05	0,14	1,83
41	42	0,01	<b>0,13</b>	0,03	0,08	0,48	0,01	<b>0,1</b>	0,02	0,06	0,41
42	45	0,02	<b>0,16</b>	0,03	0,10	0,49	0,01	<b>0,13</b>	0,03	0,08	0,43
43	45	0,00	<b>0,06</b>	0,01	0,04	0,39	0,00	<b>0,05</b>	0,01	0,03	0,34
44	45	0,00	<b>0,06</b>	0,01	0,04	0,38	0,00	<b>0,05</b>	0,01	0,03	0,33
45	46	0,05	<b>0,27</b>	0,05	0,16	0,48	0,03	<b>0,21</b>	0,04	0,13	0,41
46	51	0,13	<b>0,45</b>	0,11	0,23	0,95	0,09	<b>0,35</b>	0,09	0,19	0,84
47	48	0,01	<b>0,11</b>	0,02	0,07	0,41	0,01	<b>0,09</b>	0,02	0,06	0,36
48	50	0,01	<b>0,13</b>	0,03	0,08	0,46	0,01	<b>0,11</b>	0,02	0,07	0,41
49	50	0,00	<b>0,05</b>	0,01	0,03	0,47	0,00	<b>0,04</b>	0,01	0,03	0,41
50	51	0,02	<b>0,18</b>	0,04	0,11	0,60	0,02	<b>0,15</b>	0,03	0,09	0,54
51	56	0,11	<b>0,40</b>	0,13	0,21	0,79	0,07	<b>0,32</b>	0,10	0,18	0,70
52	53	0,01	<b>0,11</b>	0,02	0,07	0,53	0,01	<b>0,09</b>	0,02	0,06	0,46
53	54	0,02	<b>0,15</b>	0,03	0,09	0,36	0,01	<b>0,12</b>	0,02	0,08	0,31
54	55	0,02	<b>0,15</b>	0,03	0,09	0,46	0,01	<b>0,12</b>	0,02	0,08	0,40
55	56	0,03	<b>0,19</b>	0,04	0,12	0,58	0,02	<b>0,15</b>	0,03	0,09	0,50

56	65	0,09	<b>0,36</b>	0,1	0,20	0,98	0,06	<b>0,29</b>	0,09	0,17	0,88
57	60	0,01	<b>0,11</b>	0,02	0,07	0,27	0,01	<b>0,09</b>	0,02	0,06	0,24
58	59	0,01	<b>0,13</b>	0,03	0,08	0,34	0,01	<b>0,1</b>	0,02	0,06	0,29
59	60	0,02	<b>0,18</b>	0,04	0,11	0,37	0,02	<b>0,15</b>	0,03	0,09	0,33
60	64	0,15	<b>0,48</b>	0,10	0,24	0,80	0,10	<b>0,38</b>	0,08	0,21	0,71
61	64	0,01	<b>0,08</b>	0,02	0,05	0,45	0,00	<b>0,06</b>	0,01	0,04	0,38
62	63	0,01	<b>0,13</b>	0,03	0,08	0,41	0,01	<b>0,1</b>	0,02	0,06	0,35
63	64	0,02	<b>0,15</b>	0,03	0,09	0,55	0,01	<b>0,11</b>	0,02	0,07	0,45
64	66	0,14	<b>0,47</b>	0,09	0,24	1,01	0,09	<b>0,37</b>	0,07	0,20	0,90
65	66	0,09	<b>0,36</b>	0,11	0,20	0,98	0,06	<b>0,29</b>	0,09	0,17	0,88
66	67	0,14	<b>0,47</b>	0,15	0,24	1,14	0,09	<b>0,37</b>	0,12	0,20	1,02
67	72	0,14	<b>0,46</b>	0,14	0,24	1,17	0,09	<b>0,36</b>	0,11	0,20	1,03
68	69	0,01	<b>0,10</b>	0,02	0,06	1,17	0,00	<b>0,07</b>	0,01	0,05	0,93
69	70	0,01	<b>0,14</b>	0,03	0,09	0,71	0,01	<b>0,11</b>	0,02	0,07	0,61
70	71	0,02	<b>0,17</b>	0,03	0,10	0,66	0,01	<b>0,14</b>	0,03	0,09	0,59
71	72	0,02	<b>0,17</b>	0,03	0,10	0,66	0,01	<b>0,14</b>	0,03	0,09	0,59
72	73	0,14	<b>0,47</b>	0,17	0,24	0,97	0,09	<b>0,37</b>	0,13	0,20	0,86
73	74	0,15	<b>0,48</b>	0,17	0,24	0,94	0,10	<b>0,38</b>	0,13	0,21	0,84
74	77	0,06	<b>0,28</b>	0,10	0,16	1,87	0,04	<b>0,23</b>	0,08	0,14	1,67
75	76	0,01	<b>0,14</b>	0,03	0,09	0,66	0,01	<b>0,11</b>	0,02	0,07	0,57
76	77	0,02	<b>0,15</b>	0,03	0,09	0,76	0,01	<b>0,12</b>	0,02	0,08	0,66
77	78	0,16	<b>0,50</b>	0,18	0,25	0,94	0,10	<b>0,39</b>	0,14	0,21	0,84

**Πίνακας 9.3:** Υδραυλικά μεγέθη αγωγών ακαθάρτων

## 9.7 ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ

### 9.7.1 Ελάχιστες διαμέτροι αγωγών του δικτύου

Από τον Πίνακα 9.2 συμπεραίνουμε πως μετά τη διαστασιολόγηση τηρείται η διάταξη (Π.Δ.696/74, άρθρο 209, §6.β) για ελάχιστη διάμετρο Φ200 για αγωγούς ακαθάρτων.

### 9.7.2 Μέγιστα ποσοστά πλήρωσης του δικτύου

Παρατηρώντας τον Πίνακα 9.3 συμπεραίνουμε πως τηρείται η διάταξη (Π.Δ. 696/74, άρθρο 209, § 6.α) για μέγιστο λόγο πλήρωσης  $y/D= 0,50$  για αγωγούς ακαθάρτων με διάμετρο D από 200 mm έως 400 mm. Με την χρήση της παραπάνω συνθήκης πληρώσεως εξασφαλίζεται ο ικανοποιητικός αερισμός και η σταθερότητα της ροής. Ο μεγαλύτερος λόγος πληρώσεως στο δίκτυο που σχεδιάσαμε, είναι στον τελευταίο αγωγό 77-78 (στις μελλοντικές συνθήκες) και ισούται με 0,50.

### 9.7.3 Μέγιστες ταχύτητες ροής του δικτύου

Οι ελληνικές προδιαγραφές (ΠΔ 696/1974, άρθρο 209, ξε) καθορίζουν ως **μέγιστη ταχύτητα** ροής την τιμή των 6,0m/s Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία και εμπειρία για την αποφυγή φαινομένων όπως διάβρωση των αγωγών, αστάθειες ροής κ.α., είναι σκόπιμο η ταχύτητα ροής στους αγωγούς να μην υπερβαίνει τα **3,0m/s** Το όριο των 3,0m/s υιοθετείται και στην παρούσα μελέτη και είναι επιτεύξιμο, όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 9.3 χωρίς την απαίτηση ειδικών τεχνικών έργων όπως αναβαθμοί, φρεάτια πτώσης κ.α. Η μέγιστη ταχύτητα του δικτύου που σχεδιάσαμε εντοπίζεται στον αγωγό 40-46 και είναι 1,83 m/s για τις σημερινές συνθήκες και 2,07 m/s για τις μελλοντικές συνθήκες.

### 9.7.4 Ελάχιστες ταχύτητες ροής του δικτύου

Ο πραγματικός σκοπός του καθορισμού ελαχίστων ταχυτήτων είναι να αυτοκαθαρίζονται συχνά οι εναποθέσεις που δημιουργούνται με τις χαμηλές παροχές. Τυπικές τιμές της **ελάχιστης ταχύτητας** εφαρμογής σε αγωγούς αποχέτευσης κυμαίνονται από 0,30 μέχρι 0,80 m/s. Όμως η απαίτηση δεν είναι δυνατό να ικανοποιείται πάντοτε, ιδιαίτερα σε τριτεύοντες αγωγούς ακαθάρτων που λειτουργούν με πολύ μικρές παροχές, ακόμα και στην περίοδο αιχμής. Στη παρούσα μελέτη εφαρμόζουμε τη τιμή **0,30 m/s**, την οποία επιτυγχάνουμε, εκτός από τους αγωγούς 15-16, 30-31, 57-60 και 58-59 οι οποίοι είναι συλλεκτήριοι και η τιμή τους είναι ελάχιστα μικρότερη από το παραπάνω όριο όπως φαίνεται από τον Πίνακα 9.3. Η μικρότερη ταχύτητα του δικτύου που σχεδιάσαμε εντοπίζεται στον αγωγό 30-31 και είναι 0,22 m/s για τις σημερινές συνθήκες και 0,26 m/s για τις μελλοντικές συνθήκες.

### 9.7.5 Ελάχιστες κλίσεις του δικτύου.

Για τον καθορισμό των ελαχίστων κλίσεων των αγωγών συνιστάται (Π.Δ 696/74, άρθρο 209 § 6) για λόγο παροχών 0,1 ταχύτητα αυτοκαθαρισμού τουλάχιστον  $V=0,3$  m/s και σε κάθε περίπτωση η ελάχιστη κλίση δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 1m/km δηλαδή 0,001. Επειδή η ελάχιστη κλίση θα πρέπει να έχει επιλεγθεί ώστε να αποφεύγεται η επιβράδυνση της ροής, γεγονός που γίνεται αίτιο καθίζησης των αιωρούμενων σωματιδίων, επιλέξαμε για τη μελέτη μας, όπως είδαμε και στον Πίνακα 9.1, ελάχιστη κλίση σύμφωνα με τους Αμερικανικούς κανονισμούς  $S_{min} = 0,0044$  η οποία επιλογή ικανοποιεί και τους Ελληνικούς κανονισμούς.



## 10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο υδραυλικός σχεδιασμός ενός δικτύου αποχέτευσης ακαθάρτων. Η περιοχή στην οποία μελετάμε το σχεδιασμό του δικτύου αποχέτευσης ακαθάρτων είναι ένα τμήμα της Παλαιάς Κοκκινιάς που ανήκει στο 4<sup>ο</sup> δημοτικό διαμέρισμα (Καμίνια) του Δήμου Πειραιά.

Τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν για τις εργασίες εκπόνησης της διπλωματικής μελέτης είναι καταρχήν το πρόγραμμα Autocad Map 3D 2016 της Autodesk, στο περιβάλλον του οποίου σχεδιάστηκε το δίκτυο και αποτέλεσε τη βάση για την εξαγωγή της απαιτούμενης γεωμετρικής πληροφορίας. Επίσης το πρόγραμμα Excel της Microsoft με το οποίο δημιουργήθηκε το φύλλο υπολογισμού των υδραυλικών μεγεθών του δικτύου και το Word της Microsoft στο οποίο γράφτηκε το κείμενο.

Η γενική αναφορά στις αποχετεύσεις, στην ιστορική εξέλιξη και σημασία τους και η εξέταση των συστημάτων και των τύπων των αποχετευτικών δικτύων είναι απαραίτητη για την εξοικείωση με το αντικείμενο των αποχετεύσεων. Επίσης η ανάλυση της τεχνολογίας των αγωγών αποχέτευσης, που αποτελούν το σημαντικότερο κομμάτι του δικτύου, καθώς και των βοηθητικών τους εγκαταστάσεων, είναι απαραίτητη για τη κατανόηση της λειτουργίας του δικτύου των ακαθάρτων.

Η ανάλυση και ο σχεδιασμός του δικτύου έγινε σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Π.Δ 696/1974 τόσο για τη μέθοδο υπολογισμού των ποσοτήτων των ακαθάρτων όσο και για τις διαμέτρους και τα ποσοστά πλήρωσης των αγωγών, τις μέγιστες ταχύτητες, τις ελάχιστες κλίσεις κτλ. Επίσης μελετήσαμε την Ελληνική, τη διεθνή βιβλιογραφία καθώς και συναφείς μελέτες και εργασίες, ώστε να καταλήξουμε στο θεωρητικό υπόβαθρο, στις αρχές και τη μεθοδολογία, πάνω στα οποία βασιστήκαμε, για το σχεδιασμό του δικτύου ακαθάρτων και τον υπολογισμό των βασικών του υδραυλικών μεγεθών.

Η εξέταση ιστορικών, γεωγραφικών και δημογραφικών στοιχείων της περιοχής είναι σημαντική γιατί αυτά τα στοιχεία είναι απαραίτητα στον προσδιορισμό της υδατικής κατανάλωσης και κατά συνέπεια της παροχής των ακαθάρτων, καθώς και των διακυμάνσεών τους. Στη περιοχή που εξετάζουμε οι χρήσεις γης που κυριαρχούν είναι η κατοικία (γενική και αμιγής) και το οδικό δίκτυο. Ο Συντελεστής Δόμησης της περιοχής μελέτης είναι 2,6 και έχει έκταση περίπου 110 στρέμματα.

Η επιλογή της περιοχής έγινε με κριτήρια: να ορίζεται από μεγάλες οδούς, να διακρίνονται τα οικοδομικά τετράγωνα που αντιστοιχούν σε κάθε αγωγό, και να υπάρχει η δυνατότητα επιλογής της αρχής και του τέλους του δικτύου που σχεδιάσαμε, για την ομαλή ροή των ακαθάρτων. Επίσης προσπαθήσαμε να είναι εύκολα αναγνωρίσιμη, καθώς και να υπάρχει η ανάγκη σχεδιασμού ενός νέου δικτύου. Εδώ πραγματικά το νέο δίκτυο είναι απαραίτητο, καθώς όπως πληροφορηθήκαμε από τη Διεύθυνση Οδοποιίας και Αποχέτευσης του Δήμου Πειραιά, το παλιό δίκτυο ακαθάρτων στη περιοχή σχεδιάστηκε τη δεκαετία του '50 και αποτελείται κατά μεγάλο μέρος από πήλινους αγωγούς αποχέτευσης.

Οι χάρτες (πινακίδες) του ΟΑΠ είναι κλίμακας 1:500, συνεπώς μεγάλου φυσικού μεγέθους και οι πιο πολλοί σε κακή κατάσταση. Αποτέλεσμα αυτών των συνθηκών ήταν η διαδικασία της επιλογής, του σκαναρίσματος και της ψηφιοποίησης στο Autocad, των χαρτών του υφιστάμενου δικτύου να καταστεί δύσκολη και χρονοβόρα υπόθεση. Παρόλα αυτά το τελικό αποτέλεσμα των χαρτών που δημιουργήσαμε κρίνεται ικανοποιητικό και είναι στη διάθεση οποιουδήποτε ενδιαφερόμενου.

Οι υδραυλικοί υπολογισμοί για τους αγωγούς βαρύτητας με ελεύθερη επιφάνεια τους οποίους κάναμε στο λογισμικό Excel αποσκοπούν κυρίως στους υπολογισμούς :

- ✓ Των κλίσεων σχεδιασμού των αγωγών
- ✓ Των παροχών σχεδιασμού
- ✓ Της διαστασιολόγησης των αγωγών
- ✓ Του ποσοστού πλήρωσης, που αντιστοιχεί στην παροχή σχεδιασμού
- ✓ Του βάθους ροής για την παροχή σχεδιασμού
- ✓ Της ταχύτητας, που αντιστοιχεί στην παροχή σχεδιασμού

Τα αποτελέσματα που βρήκαμε και παρουσιάσαμε στους Πίνακες του 9<sup>ου</sup> Κεφαλαίου κρίνονται φυσιολογικά και αναμενόμενα με βάση ανάλογες υδραυλικές μελέτες άλλων περιοχών που είχαμε στη διάθεση μας. Μόνο στους αγωγούς 15-16, 30-31, 57-60 και 58-59 ίσως θα θέλαμε τη ταχύτητα ροής (αυτοκαθαρισμού) λίγο μεγαλύτερη, κάτι όμως που δεν επηρεάζει ιδιαίτερα τη λειτουργία του δικτύου.

Η σχεδίαση του νέου δικτύου έγινε με βάση την ύπαρξη του παλιού δικτύου και των ήδη κατασκευασμένων φρεατίων καθώς η σχεδίαση εντελώς νέου, ειδικά σε πυκνοκατοικημένη αστική περιοχή, κρίνεται ασύμφορη οικονομικά και θα δημιουργούσε μεγάλες οχλήσεις στη περιοχή και στους κατοίκους της.

Αυτό που προτείνεται ώστε να αντιμετωπιστεί και μια πιθανή σημαντική μελλοντική αύξηση του πληθυσμού είναι καταρχήν η αλλαγή της κλίσης κάποιων αγωγών ώστε να αυξηθεί η ταχύτητα ροής, η οποία εμποδίζει τη δημιουργία αποθέσεων στους αγωγούς, με έργα εκσκαφής μικρής κλίμακας. Οι αγωγοί στους οποίους προτείνουμε η κλίση να αυξηθεί είναι οι: 57-60 (S=0,0010), 59-60 (S=0,0013) και 77-78 (S=0,003) και να αντικατασταθεί με την κλίση σχεδιασμού που επιλέξαμε (Σχεδιασμού = 0,0044).

Ακόμη προτείνεται η αντικατάσταση των παλιών αγωγών αποχέτευσης ακαθάρτων, με νέους από PVC οι οποίοι έχουν πολλά πλεονεκτήματα όπως καλή στεγανότητα, μικρό βάρος και κόστος και αντοχή στη χημική διάβρωση. Επίσης προτείνουμε την αλλαγή των διαμέτρων κάποιων αγωγών με βάση τη διαστασιολόγηση που κάναμε, ώστε να ικανοποιείται συνθήκης πληρώσεως  $y/D= 0,50$  για αγωγούς ακαθάρτων με διάμετρο D από 200 mm έως 400 mm. Έτσι εξασφαλίζεται ο ικανοποιητικός αερισμός και η σταθερότητα της ροής. Οι αγωγοί του παλιού δικτύου στους οποίους προτείνεται η αλλαγή της υπάρχουσας διαμέτρου D είναι δέκα και απεικονίζονται στον Πίνακα 10.1. Οι υπόλοιποι αγωγοί του δικτύου σχεδιάζονται με ίδια διάμετρο με τη παλιά D= 200 mm.

Άνω Κόμβος	Κάτω Κόμβος	Υφιστάμενη D (mm)	Σχεδιασμού D (mm)
46	51	200	250
51	56	200	315
56	65	200	315
65	66	200	315
66	67	200	315
67	72	200	315
72	73	250	355
73	74	250	355
74	77	250	355
77	78	300	355

**Πίνακας 10.1:** Υφιστάμενη διάμετρος D και διάμετρος D σχεδιασμού

Η μεθοδολογία που ακολουθήσαμε, η ψηφιοποίηση και ο σχεδιασμός του δικτύου αποχέτευσης ακαθάρτων που κάναμε, καθώς και τα υδραυλικά μεγέθη στα οποία καταλήξαμε, μπορούν να βοηθήσουν στον εκσυγχρονισμό του δικτύου της συγκεκριμένης περιοχής ή να συμπληρώσουν μια ευρύτερη υδραυλική μελέτη ολόκληρης της Παλαιάς Κοκκινιάς, ή όλου του Δήμου Πειραιά, κάτι που δεν ήταν δυνατό να γίνει στα πλαίσια μιας διπλωματικής εργασίας.

Κλείνοντας, θα πρέπει να τονιστεί πως με το πέρας αυτής της διπλωματικής εργασίας αποκομίσθηκαν πολλές γνώσεις και εμπειρία σε θέματα μόρφωσης και σχεδιασμού δικτύων αποχέτευσης και κατανοήθηκαν σε πολύ μεγάλο βαθμό τα θέματα υδραυλικής των αγωγών με ελεύθερη επιφάνεια που εφαρμόζονται για την ανάλυση και το σχεδιασμό των δικτύων αποχέτευσης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

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.

Αφτιάς Μ. (1992): «Υδρεύσεις», Έκδοση ΕΜΠ

Angelakis, A. N., D. Koutsoyiannis, & G. Tchobanoglous (2005): Urban wastewater and stormwater technologies in ancient Greece, *Water Research*, 39 (1), 210-220.

Arc News (2012): Town Sharpens Proactive Sewer System Management By Alan Saine, Civil Engineer, Town of Mooresville, North Carolina.

Βλυσίδης Α. (2007): Χαρακτηριστικά Αστικών Λυμάτων, ΕΜΠ, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Αθήνα.

Clark, J. W., W. Viessman Jr. & M. J. Hammer (1977): *Water Supply and Pollution Control*, 3rd edition T.Y. Crowell, New York.

Fair, G., Gayer, J. and Okun, D., 1981. «Elements of Water Supply and Wastewater Disposal», 2nd edition, John Wiley & Sons.

Δήμος Αλμωπίας (2013): Κατασκευή αποχετευτικού δικτύου ακαθάρτων οικισμού Αριδαίας, Αριδαία.

Δήμος Διρφύων-Μεσσαπίων (2017): «Μελέτη δικτύου αποχέτευσης ακαθάρτων οικισμού Πολιτικών», Τεύχος υδραυλικής μελέτης.

Δήμος Πειραιά (1986): Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο (Τεύχος 1,2).

Δήμος Πειραιά (2015): «Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Πειραιά 2015-2019», Α' Φάση.

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

Greeley, S. A., W. E. Stanley & D. Newton (1969): Sewage quantities, sewers and pumping stations, *Handbook of Applied Hydraulics* (C. V. Davis & K. E. Sorensen eds.), Mc Graw Hill.

Hvitved – Jacobsen, T., Vollertsen, J., Tanaka, N., (2002): The sewer as a bioreactor – a dry weather approach. *Water Sci. technol.* 45:11-24.

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

Μαλικούτη, Σ. (2004): «Πειραιάς 1834-1912. Λειτουργική συγκρότηση και πολεοδομική εξέλιξη». Πολιτιστικό Ίδρυμα Ομίλου Πειραιώς, Αθήνα.

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

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.

Πατραγάς, Χ. (2004). Μεγάλο Πειραιϊκό Λεύκωμα, Μυτιληναίος Α.Ε., Πειραιάς

Πέρρου Κ. (2016): Πλημμύρες σε αστικά περιβάλλοντα: Η περίπτωση του Δήμου Πειραιά, Διπλωματική Εργασία, Π.Μ.Σ, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.

Προεδρικό Διάταγμα 696/1974, ΦΕΚ 301 Α\_74.

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

Σκάγιαννης Π (2015): «Τα αστικά υδραυλικά συστήματα και η μεταμόρφωση των πόλεων. Διαχρονική προσέγγιση μιας στενής σχέσης». Άρθρο στο Επιστημονικό Περιοδικό «Αειχώρος»: Ειδικό τεύχος αφιέρωμα «Πόλη και νερό», Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.

Σωτηροπούλου, Δ. , Καλύβα, Ε. (2015): Στοιχεία Υδραυλικού σχεδιασμού δικτύων αποχέτευσης, με εφαρμογή σε τμήμα της πόλεως του Αγρινίου. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε., ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας.

Τσακίρης, Γ. (1995): Υδατικοί Πόροι: 1. Τεχνική Υδρολογία, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.

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.

Τσόγκας, Χ. (1998): Δίκτυα Αποχέτευσης & Επεξεργασία Λυμάτων, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΈΡΓΩΝ (2003): Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων, Πρότυπα Τεύχη για Περιφερειακά Έργα, Οδηγός Επίβλεψης Μελετών και Κατασκευών Επίβλεψη μελετών – Υδραυλικά Έργα, Σύμβουλος: Κ/ΞΙΑ NAMA-MARNET- ΣΑΛΦΩ, Κωδ. Αρ. Τεύχους: OEMK-A-2.1, Έκδοση 1, Αθήνα.

ΥΠΔΕ (Υπουργείο Δημόσιων Έργων) (1984): Προδιαγραφή σωλήνων από σπλισμένο σκυρόδεμα με ή χωρίς προστατευτική επένδυση για μεταφορά οικιακών λυμάτων, βιομηχανικών αποβλήτων και ομβρίων, υπουργική απόφαση ΥΠΔΕ ΕΔ2α/02/44 /Φ.1.1/4.4. - ΦΕΚ Β 253/1984.04.24.

ΦΕΚ 846 / Αριθ. Δ16γ/010/178/Γ. (2009): Έγκριση του Κανονισμού Λειτουργίας Δικτύου Αποχέτευσης (Κ.Λ.Δ.Α) της ΕΥΔΑΠ Α.Ε.

Φουρνιώτης, Ν. Θ. (2004): Ανάλυση και σχεδιασμός δικτύου αποχετεύσεως ομβρίων σε αστική περιοχή με εφαρμογή στην περιοχή Ρουπακιά της πόλεως του Αγρινίου, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Χατζηαγγέλου, Η. (2002): Υδραυλικά έργα Ι, Τεχνική Υδρομηχανική Τεύχος 1.

WPCF (Water Pollution Control Federation) & ASCE (American Society of Civil Engineers) (1976): Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers, WPCF Manual of Practice No 9, ASCE Manual of Engineering Practice No 37.

Zhang. L., Schryver, P., Cusseme, B., Muynck, W., Boon, N., (2008): Chemical and biological technologies for hydrogen sulfide emission control in sewer systems: A review. Water Research 42:1-12.

## **ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ**

Google Earth Pro

<https://www.b2green.gr/>

<http://el.construct-yourself.com>

<https://el.decorexpro.com>

<https://www.eydap.gr/>

<https://el.wikipedia.org>

<https://www.google.com/>

<http://www.ktirio.gr>

<https://opencourses.auth.gr>

<http://patt.gov.gr/>

<https://piraeus.gov.gr/>

<http://repository.library.teimes.gr>

<https://www.sewerhistory.org/>

<http://www.statistics.gr>

<https://www.ydrofili.gr>

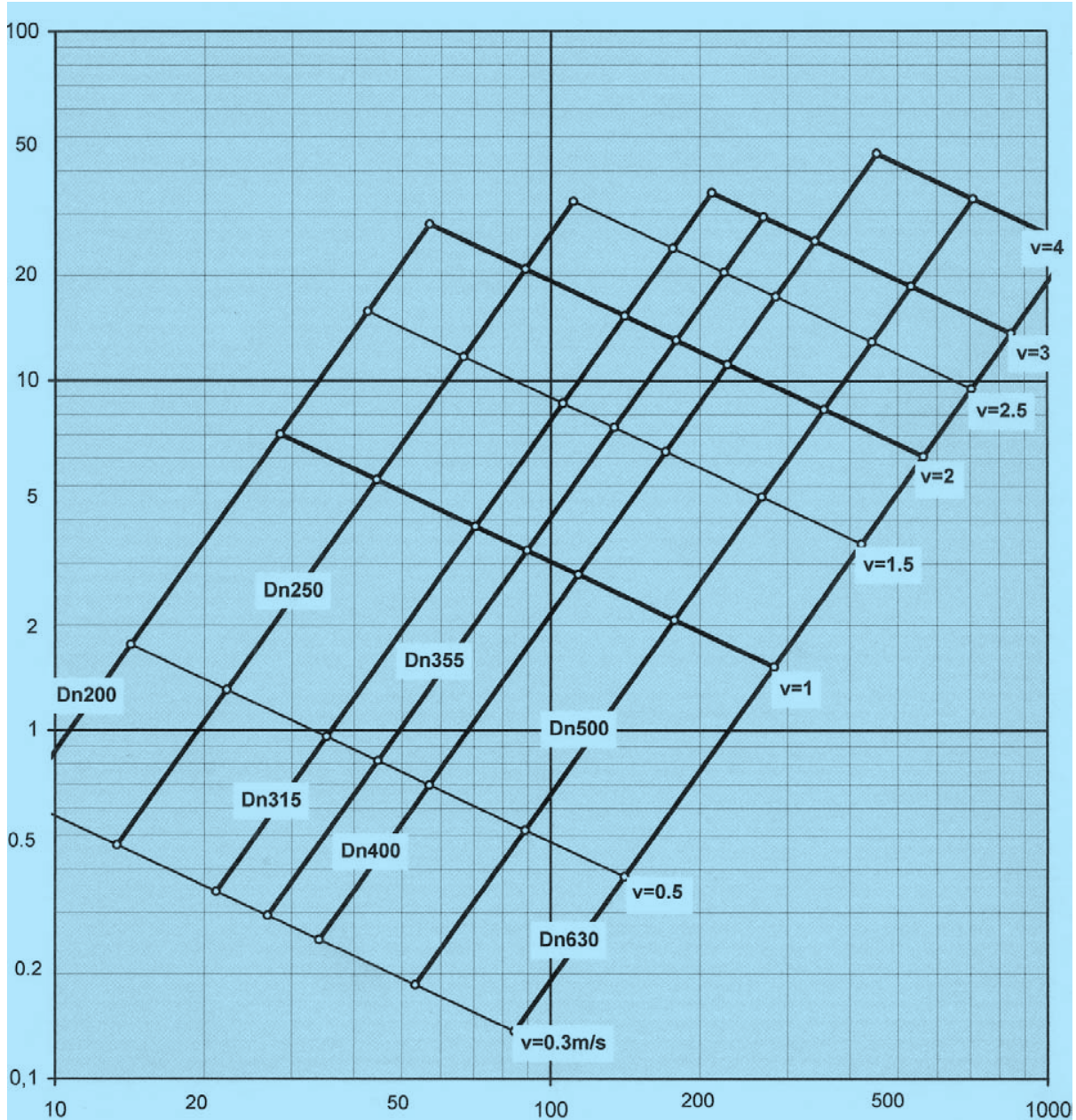
<http://www.ypeka.gr>



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Δεξαμενή Μικτούλη Γεωργίου																									ΠΙΝΑΚΑΣ								
Ποικιλότητα Πληθυσμού = Ημερήσια Παροχή Αχμής = Συντελεστής η του Manning =		Σήμερα 13000 αρ/κμ <sup>2</sup> 1350 κί/αρ 0,014	Μέλλον 20000 αρ/κμ <sup>2</sup> 1350 κί/αρ																						0,01	0,0000	0,01	0,01					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12,000	13,000	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	0,07	0,0035	0,07	0,05					
Ανα Κορβός	Κατω Κορβός	Μήκος, m	S <sub>τοίχος</sub>	S <sub>α</sub>	S <sub>επιπέδων</sub>	Εμβαδόν E, κμ <sup>2</sup>	ΣΕ, κμ <sup>2</sup>	Μέση Όψωση (m <sup>2</sup> /s)	Μέση Ομίση (m <sup>2</sup> /s)	Συντε- λεστής Αχμής	Αχμής Q <sub>επιπέδων</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Αχμής Q <sub>αερίων</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Αρχική η D (mm)	D Στόβα σμού (mm)	AR <sup>1/3</sup> D <sup>1/3</sup>	γD	γ, m	RD	U m/s	AR <sup>1/3</sup> D <sup>1/3</sup>	γD	γ, m	RD	U, m/s	0,08	0,0045	0,08	0,05					
1	2	40,8	0,0110	0,0044	0,0110	0,0052	0,0052	0,0011	0,0016		0,0011	0,0016	66	200	0,02	0,15	0,03	0,09	0,53	0,01	0,12	0,02	0,08	0,46	0,01	0,12	0,02	0,08	0,46	0,09	0,0035	0,09	0,06
2	3	49,2	0,0110	0,0044	0,0110	0,0034	0,0087	0,0018	0,0027		0,0018	0,0027	79	200	0,03	0,19	0,04	0,12	0,61	0,02	0,15	0,03	0,09	0,53	0,10	0,0065	0,10	0,06	0,02	0,004	0,02	0,01	
3	5	28,7	0,0110	0,0044	0,0110	0,0010	0,0097	0,0020	0,0030		0,0020	0,0030	83	200	0,03	0,20	0,04	0,12	0,63	0,02	0,16	0,03	0,10	0,55	0,11	0,0082	0,11	0,07	0,03	0,008	0,03	0,02	
4	5	50,7	0,0110	0,0044	0,0110	0,0038	0,0038	0,0008	0,0012		0,0008	0,0012	58	200	0,01	0,12	0,02	0,08	0,46	0,01	0,10	0,02	0,06	0,41	0,12	0,0100	0,12	0,08	0,04	0,011	0,04	0,03	
5	6	33,1	0,0094	0,0044	0,0094	0,0013	0,0149	0,0030	0,0046		0,0030	0,0046	100	200	0,05	0,26	0,05	0,15	0,67	0,03	0,21	0,04	0,13	0,59	0,13	0,0117	0,13	0,08	0,05	0,015	0,05	0,03	
6	8	32,7	0,0120	0,0044	0,0120	0,0025	0,0173	0,0035	0,0045		0,0035	0,0045	101	200	0,05	0,27	0,05	0,16	0,78	0,03	0,21	0,04	0,13	0,67	0,14	0,0135	0,14	0,09	0,04	0,011	0,04	0,03	
7	8	53,1	0,0076	0,0044	0,0076	0,0026	0,0026	0,0005	0,0008		0,0005	0,0008	54	200	0,01	0,11	0,02	0,07	0,36	0,01	0,09	0,02	0,06	0,32	0,15	0,0152	0,15	0,09	0,05	0,015	0,05	0,03	
8	20	20,8	0,0072	0,0044	0,0072	0,0004	0,0204	0,0041	0,0064		0,0041	0,0064	118	200	0,08	0,33	0,07	0,18	0,67	0,05	0,26	0,05	0,15	0,59	0,16	0,0176	0,16	0,10	0,06	0,0025	0,06	0,04	
9	10	34,5	0,0100	0,0044	0,0100	0,0055	0,0055	0,0011	0,0017		0,0011	0,0017	68	200	0,02	0,15	0,03	0,09	0,50	0,01	0,12	0,02	0,08	0,44	0,17	0,0200	0,17	0,10	0,06	0,0025	0,06	0,04	
10	11	40,8	0,0100	0,0044	0,0100	0,0036	0,0091	0,0018	0,0028		0,0018	0,0028	82	200	0,03	0,20	0,04	0,12	0,60	0,02	0,16	0,03	0,10	0,52	0,18	0,0225	0,18	0,11	0,05	0,015	0,05	0,03	
11	12	35,4	0,0100	0,0044	0,0100	0,0022	0,0113	0,0023	0,0033		0,0023	0,0033	89	200	0,04	0,22	0,04	0,13	0,63	0,02	0,18	0,04	0,11	0,56	0,19	0,0249	0,19	0,12	0,06	0,0025	0,06	0,04	
12	14	46,4	0,0106	0,0044	0,0106	0,0029	0,0142	0,0029	0,0044		0,0029	0,0044	96	200	0,04	0,25	0,05	0,15	0,70	0,03	0,20	0,04	0,12	0,61	0,20	0,0273	0,20	0,12	0,07	0,011	0,07	0,05	
13	14	43,6	0,0089	0,0044	0,0089	0,0026	0,0026	0,0005	0,0008		0,0005	0,0008	53	200	0,01	0,11	0,02	0,07	0,39	0,01	0,09	0,02	0,06	0,34	0,21	0,0304	0,21	0,13	0,08	0,0035	0,08	0,05	
14	17	31	0,0161	0,0044	0,0161	0,0004	0,0172	0,0035	0,0054		0,0035	0,0054	95	200	0,04	0,25	0,05	0,15	0,86	0,03	0,20	0,04	0,12	0,67	0,22	0,0335	0,22	0,13	0,08	0,0035	0,08	0,05	
15	16	38,7	0,0067	0,0044	0,0067	0,0014	0,0014	0,0003	0,0004		0,0003	0,0004	44	200	0,01	0,08	0,02	0,05	0,28	0,00	0,07	0,01	0,05	0,25	0,23	0,0365	0,23	0,14	0,09	0,0035	0,09	0,06	
16	17	7,2	0,0130	0,0044	0,0130	0,0001	0,0015	0,0005	0,0005		0,0005	0,0005	40	200	0,00	0,07	0,01	0,05	0,35	0,00	0,06	0,01	0,04	0,25	0,24	0,0396	0,24	0,14	0,09	0,0035	0,09	0,06	
17	19	12,7	0,0205	0,0044	0,0205	0,0002	0,0189	0,0038	0,0059		0,0038	0,0059	95	200	0,04	0,24	0,05	0,14	0,95	0,03	0,20	0,04	0,12	0,85	0,25	0,0427	0,25	0,15	0,09	0,0035	0,09	0,06	
18	19	42	0,0200	0,0044	0,0200	0,0018	0,0018	0,0004	0,0006		0,0004	0,0006	39	200	0,00	0,07	0,01	0,05	0,44	0,00	0,06	0,01	0,04	0,40	0,26	0,0464	0,26	0,15	0,09	0,0035	0,09	0,06	
19	21	44,35	0,0074	0,0044	0,0074	0,0022	0,0229	0,0047	0,0072		0,0047	0,0072	123	200	0,09	0,35	0,07	0,19	0,70	0,06	0,28	0,06	0,16	0,62	0,27	0,0500	0,27	0,16	0,09	0,0035	0,09	0,06	
20	21	31,15	0,0057	0,0044	0,0057	0,0009	0,0213	0,0043	0,0066		0,0043	0,0066	126	200	0,09	0,36	0,07	0,20	0,63	0,06	0,29	0,06	0,17	0,66	0,28	0,0533	0,28	0,16	0,09	0,0035	0,09	0,06	
21	40	34,9	0,0068	0,0044	0,0068	0,0006	0,0448	0,0091	0,0140		0,0091	0,0140	161	200	0,17	0,53	0,11	0,26	0,82	0,11	0,41	0,08	0,22	0,73	0,29	0,0573	0,29	0,17	0,09	0,0035	0,09	0,06	
22	23	63,5	0,0165	0,0044	0,0165	0,0062	0,0062	0,0013	0,0020		0,0013	0,0020	65	200	0,02	0,15	0,03	0,09	0,64	0,01	0,12	0,02	0,08	0,56	0,30	0,0610	0,30	0,17	0,09	0,0035	0,09	0,06	
23	24	36,4	0,0058	0,0044	0,0058	0,0021	0,0083	0,0017	0,0026		0,0017	0,0026	88	200	0,04	0,22	0,04	0,13	0,48	0,02	0,18	0,04	0,11	0,42	0,31	0,0652	0,31	0,18	0,09	0,0035	0,09	0,06	
24	26	34	0,0088	0,0044	0,0088	0,0017	0,0100	0,0020	0,0031		0,0020	0,0031	87	200	0,03	0,22	0,04	0,13	0,59	0,02	0,17	0,03	0,10	0,51	0,32	0,0694	0,32	0,18	0,09	0,0035	0,09	0,06	
25	26	61,7	0,0084	0,0044	0,0084	0,00338	0,0034	0,0007	0,0011		0,0007	0,0011	59	200	0,01	0,13	0,03	0,08	0,42	0,01	0,1	0,02	0,06	0,36	0,33	0,0736	0,33	0,18	0,09	0,0035	0,09	0,06	
26	27	34,7	0,0170	0,0044	0,0170	0,00234	0,0157	0,0032	0,0049		0,0032	0,0049	91	200	0,04	0,23	0,05	0,14	0,84	0,03	0,19	0,04	0,12	0,75	0,34	0,0778	0,34	0,19	0,09	0,0035	0,09	0,06	
27	32	34,5	0,0067	0,0044	0,0067	0,0021	0,0178	0,0036	0,0056		0,0036	0,0056	114	200	0,07	0,32	0,06	0,18	0,64	0,05	0,25	0,05	0,15	0,56	0,35	0,0820	0,35	0,20	0,09	0,0035	0,09	0,06	
28	31	26,8	0,0317	0,0044	0,0317	0,0007	0,0007	0,0001	0,0002		0,0001	0,0002	25	200	0,00	0,04	0,01	0,03	0,38	0,00	0,02	0,00	0,01	0,24	0,36	0,0866	0,36	0,20	0,09	0,0035	0,09	0,06	
29	31	41,35	0,0108	0,0044	0,0108	0,0034	0,0034	0,0007	0,0010		0,0007	0,0010	56	200	0,01	0,12	0,02	0,08	0,45	0,01	0,1	0,02	0,06	0,40	0,37	0,0912	0,37	0,20	0,09	0,0035	0,09	0,06	
30	31	34,65	0,0043	0,0044	0,0043	0,0015	0,0015	0,0003	0,0005		0,0003	0,0005	49	200	0,01	0,10	0,02	0,06	0,26	0,00	0,08	0,02	0,05	0,22	0,38	0,0958	0,38	0,21	0,09	0,0035	0,09	0,06	
31	32	38,6	0,0207	0,0044	0,0207	0,0015	0,0070	0,0014	0,0020		0,0014	0,0020	65	200	0,02	0,15	0,03	0,09	0,72	0,01	0,12	0,02	0,08	0,62	0,39	0,1004	0,39	0,21	0,09	0,0035	0,09	0,06	
32	33	46,3	0,0079	0,0044	0,0079	0,0022	0,0270	0,0055	0,0084		0,0055	0,0084	129	200	0,10	0,38	0,08	0,21	0,76	0,06	0,3	0,06	0,17	0,67	0,40	0,1050	0,40	0,21	0,09	0,0035	0,09	0,06	
33	60	60,7	0,0148	0,0044	0,0148	0,0039	0,0039	0,0063	0,0096		0,0063	0,0096	121	200	0,08	0,34	0,07	0,19	0,98	0,05	0,27	0,05	0,16	0,86	0,41	0,1100	0,41	0,22	0,09	0,0035	0,09	0,06	

Εικόνα Π.1: Το φύλλο του Excel που υπολογίστηκαν τα μεγέθη της υδραυλικής μελέτης



Στον άξονα  $x$  η παροχή σε  $m^3/s$  και στον  $y$  η κλίση απωλειών φορτίου  $S$  (Πηγή: Τσακίρης, 2004)

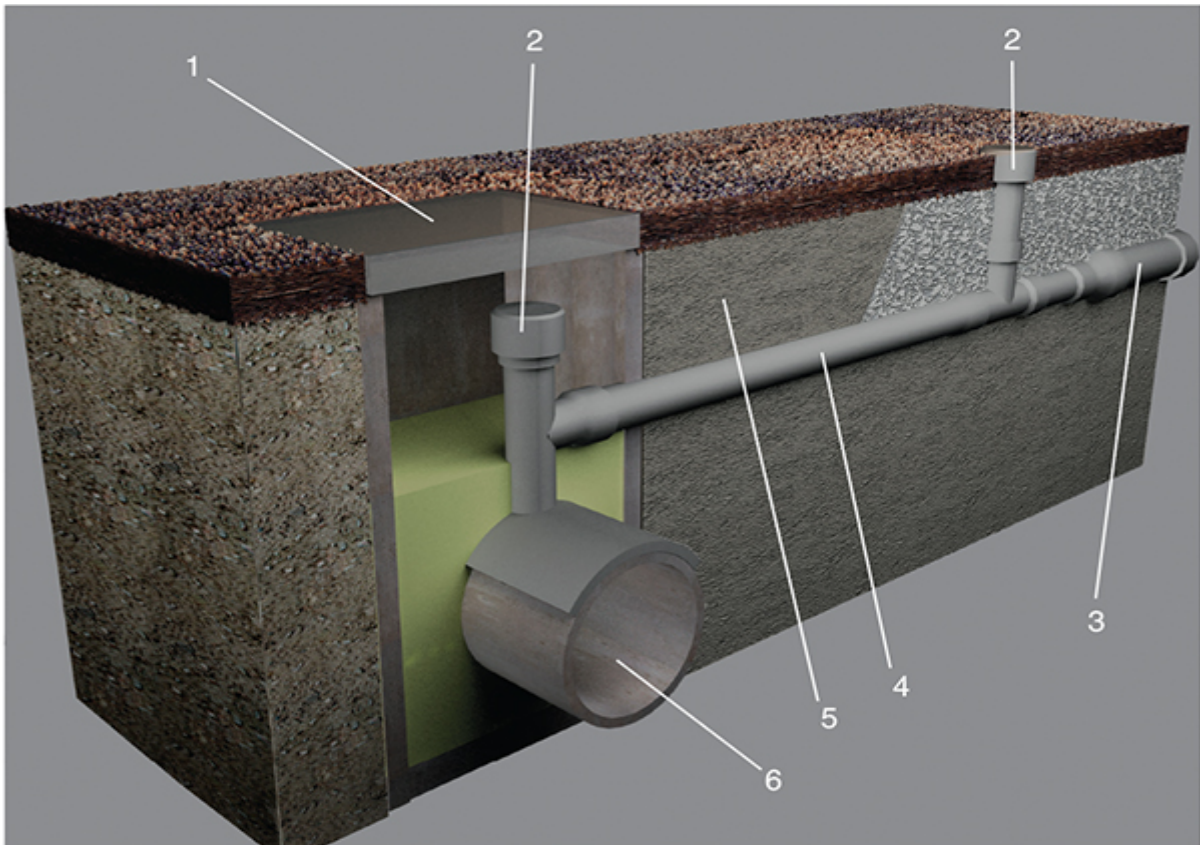
**Εικόνα Π.2:** Διάγραμμα επίλυσης δικτύων αποχέτευσης ακαθάρτων για αγωγούς από PVC



**Εικόνα Π.3:** Πλαστικοί σωλήνες uPVC

Πηγή: <https://www.google.com/search?q=σωληνες+αποχετευσης+πολυκατοικιας>





**Εικόνα Π.4:** Ιδιωτική σύνδεση σε χωριστικό δίκτυο (Πηγή: [www.ktirio.gr](http://www.ktirio.gr))

1. Φρεάτιο επιθεώρησης – 2. Τάπα ελέγχου – 3. Οικιακός αγωγός λυμάτων – 4. Αγωγός λυμάτων από PVC - 5. Ελάχιστο πάχος επιχωμάτωσης 30 cm – 6. Κεντρικός αγωγός



**Εικόνα Π.5 :**Σκέπαστρο φρεατίου στη Τσεχία



**Εικόνα Π.6 :**Σκέπαστρο φρεατίου στην Ιαπωνία

Πηγή: [www.sewerhistory.org/photosgraphics/manhole-covers-history-early-designs-and-examples](http://www.sewerhistory.org/photosgraphics/manhole-covers-history-early-designs-and-examples)





**Εικόνα Π7:** Πανοραμική άποψη της περιοχής μελέτης (Πηγή: Google Earth Pro)



**Εικόνα Π8:** Τμήμα της πλατείας Μεταμορφώσεως του Σωτήρα στη περιοχή μελέτης