



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ**

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών:

**Γεωγραφία και Εφαρμοσμένη  
Γεωπληροφορική**

**Δημιουργία Βάσης Δεδομένων  
Λυμάτων Βιολογικού Καθαρισμού  
Μυτιλήνης**

Προκοπίου Ευστράτιος

A.M.: 1632015018

Επιβλέπων: Βαΐτης Μιχαήλ

Σεπτέμβριος 2018

Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Copyright 2018

## Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	4
Abstract .....	5
1. Εισαγωγή .....	6
1.1. Βιολογικός Καθαρισμός .....	7
1.1.1. Ιστορική Αναδρομή .....	7
1.1.2. Σχετικά με τους Βιολογικούς Καθαρισμούς.....	8
1.1.3. Περίπτωση Μυτιλήνης .....	21
2. Μεθοδολογία .....	32
2.1 Ανάλυση απαιτήσεων .....	32
2.2. Εννοιολογικός Σχεδιασμός.....	33
2.3. Λογικός Σχεδιασμός .....	36
2.4. Υλοποίηση της Βάσης Δεδομένων .....	38
3. Αποτελέσματα.....	50
3.1. Χάρτες.....	50
3.2. Διαγράμματα μετρήσεων.....	55
3.3. Αποτελέσματα και μετρήσεις από τη βάση δεδομένων.....	59
4. Συμπεράσματα .....	74
5. Μελλοντική εξέλιξη .....	75
6. Προβλήματα που συναντήθηκαν.....	75
Παράρτημα.....	77
Βιβλιογραφία .....	77
Πίνακας Εικόνων .....	78

## Περίληψη

Το αντικείμενο αυτής της μεταπτυχιακής διατριβής κινείται γύρω από τη συγκέντρωση στοιχείων για βιολογικό καθαρισμό Μυτιλήνης και το δίκτυο αποχέτευσης της πόλης της Μυτιλήνης με στόχο την δημιουργία μιας βάσης δεδομένων με δυνατότητα αποθήκευσης γεωχωρικών δεδομένων, που θα συγκεντρώνει όλα αυτά τα στοιχεία για περαιτέρω ανάλυση. Γίνεται ανάλυση των σταδίων του βιολογικού καθαρισμού, λεπτομερής ανάλυση των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν και τέλος ανάλυση της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για τη δημιουργία της βάσης δεδομένων και της αποθήκευσης των δεδομένων σε αυτή.

## Abstract

The subject of this thesis is the collection of data concerning the biological wastewater treatment of the city of Mytilene and the sewer system of the city, in order to create a data base, capable of accepting geodata, for further analysis. In the following chapters all the stages of the biological wastewater treatment and the collected data are analyzed. A complete walkthrough of the stages that were followed to create the data base and fill it with data is given afterwards.

# 1. Εισαγωγή

Κάθε ανθρώπινη κοινότητα παράγει υγρά και στερεά απόβλητα ως αποτέλεσμα της δραστηριότητας της. Η δραστηριότητα αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως μια πολύπλοκη διεργασία η οποία χρησιμοποιεί πρώτες ύλες ανάμεσα στις οποίες και το νερό και παράγει προϊόντα χρήσιμα για τον άνθρωπο αλλά και απόβλητα τα οποία πρέπει να επιστραφούν στη φύση. Απόβλητα ονομάζονται τα "παραπροϊόντα" της ανθρώπινης δραστηριότητας τα οποία μιας και δεν έχουν πλέον χρησιμότητα στον άνθρωπο πρέπει να διατεθούν στο φυσικό περιβάλλον. Τα απόβλητα διαχωρίζονται σε υγρά και στερεά ανάλογα με τη βασική τους φάση. Ο Όρος λύματα αναφέρεται στα υγρά απόβλητα από τις κατοικίες (οικιακά λύματα) και τα υγρά απόβλητα από τις συνήθεις δραστηριότητες μιας πόλης. Όταν τα υγρά απόβλητα μιας πόλης περιέχουν και σημαντικές ποσότητες υγρών βιομηχανικών απόβλητων τότε ονομάζονται υγρά αστικά απόβλητα. Η απευθείας αποχέτευση των υγρών αποβλήτων σε ένα φυσικό (συνήθως υδάτινο) αποδέκτη δεν αποτελεί λύση στο πρόβλημα της διαχείρισης των υγρών αποβλήτων. Τα υγρά απόβλητα περιέχουν διάφορους τύπους ρύπων που βρίσκονται σε αιωρούμενη ή κολλοειδή ή διαλυτή μορφή. Οι ρυπαντικές ουσίες εγκυμονούν κινδύνους για τους φυσικούς αποδέκτες και η απευθείας διάθεση αυτών δεν θεωρείται σήμερα αποδεκτή πρακτική. Για την επιτυχή διαχείριση των υγρών αποβλήτων είναι απαραίτητη η γνώση της προέλευσης τους και των χαρακτηριστικών τους ώστε να υποβληθούν σε κατάλληλη επεξεργασία που είναι αποδεκτή από τους ρυθμούς αυτοκαθαρισμού του αποδέκτη διάθεσης τους.

Ο όγκος των πληροφοριών σε ένα βιολογικό καθαρισμό είναι πολύ μεγάλος. Το είδος των δεδομένων διαφέρει ανάλογα με το τι περιγράφουν. Για παράδειγμα τα δεδομένα μπορεί να αφορούν μετρήσεις, όπως ο όγκος νερού, η χημική ανάλυση του νερού, η ανάλυση ποσοτήτων νερού σε κάθε οδό, ο αριθμός των σωλήνων σε κάθε οδό κ.α. Τα δεδομένα μπορεί να είναι και πληροφοριακού χαρακτήρα, όπως το όνομα κάθε οδού, τα ονόματα των αντλιοστασίων, τα είδη αντλιών σε κάθε αντλιοστάσιο κ.α. Όλα αυτά τα δεδομένα, με τη σωστή ταξινόμηση και κατηγοριοποίηση σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων, μπορούν μέσω ανάλυσης να παράγουν αποτελέσματα και πληροφορίες οι οποίες μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα της λειτουργίας του βιολογικού καθαρισμού και κατ' επέκταση την ποιότητα της ζωής σε μία πόλη.

Σκοπός αυτής της μεταπτυχιακής διατριβής είναι η συλλογή δεδομένων για το βιολογικό καθαρισμό της Μυτιλήνης καθώς επίσης και για το δίκτυο αποχέτευσής της, με στόχο τη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων, με δυνατότητα υποστήριξης γεωχωρικών δεδομένων, που θα συγκεντρώνει όλα τα δεδομένα για περαιτέρω ανάλυση. Στα επόμενα κεφάλαια γίνεται ανάλυση του βιολογικού καθαρισμού και των σταδίων που ακολουθούνται, αναφορά στα βήματα που ακολουθούνται για τη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων και τέλος, περιγραφή της υλοποίησης της βάσης δεδομένων και της αποθήκευσης δεδομένων σε αυτή.

## **1.1. Βιολογικός Καθαρισμός**

### **1.1.1. Ιστορική Αναδρομή**

Η ανάγκη οργανωμένης διάθεσης των υγρών αποβλήτων συνειδητοποιήθηκε πολύ νωρίς. Έτσι στα μινωικά ανάκτορα αλλά και στην αρχαία Ρώμη είχαν κατασκευαστεί αποχετευτικοί αγωγοί που στόχευαν κύρια στη διοχέτευση των όμβριων νερών. Στα μέσα του 16ου αιώνα τα υγρά απόβλητα άρχισαν να διατίθενται σε καλλιέργειες, μια πρακτική που εφαρμόστηκε και στην Αγγλία από τις αρχές του 18ου αιώνα . Στα μέσα του 19ου αιώνα άρχισαν να κατασκευάζονται μεικτά (παντοροϊκά) αποχετευτικά συστήματα, δηλαδή για βρόχινα νερά από κοινού με ανθρώπινα υγρά απόβλητα (ακάθαρτα). Η ανάπτυξη της θεωρίας των σπορίων από τους Koch και Pasteur στο δεύτερο μισό του 19ου αιώνα σηματοδότησε την έναρξη μιας νέας περιοχής στην υγειονομική. Μέχρι τότε η σχέση μεταξύ μόλυνσης και ασθένειας δεν ήταν καλά κατανοητή και η επιστήμη της μικροβιολογίας καθώς βρισκόταν σε πρωταρχικό στάδιο, δεν είχε εφαρμοστεί στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

Το 1887 εφαρμόστηκε χημική καθίζηση των αποβλήτων στις ΗΠΑ κάτι που είχε πρωτοδοκιμαστεί στην Αγγλία το 1762. Το 1868 κατασκευάστηκε στην Αγγλία το πρώτο αμμοδιυλητήριο, ενώ το 1882 εφαρμόστηκε αερισμός των υγρών αποβλήτων.

Το 1893 κατασκευάστηκε το πρώτο χαλικοδιωλιστήριο (ετερογενής βιολογική επεξεργασία) στην Αγγλία. Η διεργασία της ενεργού ιλύος που και σήμερα αποτελεί την βασικότερη μέθοδο επεξεργασίας, επινοήθηκε το 1916 στις Η.Π.Α. Σήμερα η τεχνολογία επεξεργασίας, υγρών αποβλήτων έχει εξελιχτεί σε μεγάλο βαθμό με συνεχή επινόηση νέων διεργασιών που στόχο έχουν την αποτελεσματικότερη και πληρέστερη απομάκρυνση των ρυπαντικών τους συστατικών.

### 1.1.2. Σχετικά με τους Βιολογικούς Καθαρισμούς

#### ΤΑ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΜΙΑΣ ΠΟΛΗΣ

Τα υγρά απόβλητα τα οποία συλλέγονται με το σύστημα αποχέτευσης μιας πόλης προέρχονται από τις κατοικίες , από τα κτίρια που στεγάζονται διάφορες υπηρεσίες, από βιοτεχνίες και εμπορικές δραστηριότητες και πιθανόν και από βιομηχανικές μονάδες.

Επίσης το σύστημα αποχέτευσης μιας πόλης παραλαμβάνει τα όμβρια ύδατα και δέχεται εισροές από υπόγεια η και επιφανειακά νερά. Τα υγρά απόβλητα (όπως αναφέρονται παραπάνω) αντιστοιχούν σε επί μέρους ρεύματα τα οποία παροχετεύονται μέσω των αγωγών η υπονόμων του αποχετευτικού δικτύου. Το αποχετευτικό δίκτυο ενδέχεται να απολήγει σε διαφορετικό κεντρικό συλλεκτήριο αγωγό για τα **υγρά βιομηχανικά απόβλητα** και σε διαφορετικό για τα υπόλοιπα επί μέρους ρεύματα που αθροίζονται στο συνολικό υγρό ρεύμα το οποίο ονομάζουμε **αστικά λύματα**. Εάν όμως όλα τα υγρά ρεύματα απολήγουν στον ίδιο κεντρικό συλλεκτήριο αγωγό και παράλληλα το ποσοστό των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων είναι σημαντικό τότε μιλάμε για ροή **υγρών αστικών αποβλήτων** (και όχι απλά για ροή αστικών λυμάτων) στον κεντρικό συλλεκτήριο αγωγό. Το δίκτυο αποχέτευσης αποτελείται από κατάλληλους αγωγούς και μπορεί να είναι **χωριστικό** (δε δέχεται όμβρια) η **μικτό** (δέχεται και όμβρια) η **μερικά χωριστικό** (μερικά τμήματα του δικτύου δέχονται όμβρια και μερικά δε δέχονται).



## ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

Εκτός από την ποσότητα των αστικών λυμάτων που φτάνουν στην εγκατάσταση επεξεργασίας πρέπει να είναι γνωστή και η ισχύ τους για να είναι δυνατόν να γίνει επιτυχής σχεδιασμός των διαφόρων σταδίων επεξεργασίας. Με τον όρο ισχύς των λυμάτων αναφερόμαστε συνήθως στο επίπεδο συγκέντρωσης του οργανικού υλικού. Εκτός όμως από το οργανικό υλικό και άλλα συστατικά που περιέχονται στα λύματα παρουσιάζουν ενδιαφέρον όσον αφορά την επεξεργασιμότητα τους και την αναμενόμενη ποιότητα της επεξεργασμένης εκροής.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αστικών λυμάτων μπορούν να διακριθούν σε φυσικά, χημικά, βιομηχανικά και μικροβιολογικά.

Κατηγορία	Παράμετρος
Φυσικά	Ολικά στερεά (ΟΣ)
	Αιωρούμενα στερεά (ΑΣ)
	Θολότητα
	Χρώμα
	Οσμή
	Θερμοκρασία
Χημικά	Υδατάνθρακες
	Πρωτεΐνες
	Λίπη και έλαια
	Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (ΧΑΟ)
	Ολικός οργανικός άνθρακας (ΟΟΑ)
	Θρεπτικά συστατικά (N και P)
	Διάφορα κατιόντα ( $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Na}^+$ , $\text{NH}_4^+$ )
	Διάφορα ανιόντα ( $\text{NO}_3^-$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{Cl}^-$ )
	Υδροθείο
	Βαρέα μέταλλα
Ιχνοστοιχεία	

Βιοχημικά	Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο 5 ημερών (BAQ <sub>5</sub> )
Μικροβιολογικά	Βακτήρια
	Ιοί
	Πρωτόζωα
	Ελμίνθες (Helminths)
	Κολοβακτηρίδια

**Πίνακας 1 - Ταξινόμηση των κυριότερων χαρακτηριστικών των αστικών  
λυμάτων**

## **ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

### Στερεά

Τα στερεά χαρακτηριστικά που συναντώνται στα λύματα διακρίνονται σε διαλυμένα, κολλοειδή και αιωρούμενα.

Σε διαστάσεις μικρότερες των 0,01 μm συναντώνται τα **διαλυμένα στερεά** καθώς δεν αποτελούν διακριτή μορφή από την υγρή μορφή των λυμάτων.

Σε διαστάσεις από 0,01 έως 1 μm συναντάμε τα **κολλοειδή στερεά** ομοιόμορφα διασπαρμένα .

Τα **αιωρούμενα στερεά** έχουν μεγαλύτερες διαστάσεις από τα κολλοειδή και αποτελούν και εκείνα μια ξεχωριστή στερεά φάση.

Στην περίπτωση των αστικών λυμάτων γίνονται προσδιορισμοί δυο κύριων κατηγοριών στερεών. Η μια κατηγορία είναι τα **ολικά στερεά** και η άλλη είναι τα **αιωρούμενα στερεά**.

### Θολότητα

Με τον όρο θολότητα εννοούμε την απουσία διαύγειας σε ένα υγρό δείγμα που προκαλείται από τα διάφορα τεμαχίδια οργανικού και ανόργανου υλικού (αιωρούμενα ή κολλοειδή) τα οποία είναι διασπαρμένα στην υγρή φάση. Οι μετρήσεις της διαφάνειας ενός υγρού δείγματος γίνονται με το θολερόμετρο το οποίο επινοήθηκε από τους Jackson και Whipple.

### Χρώμα

Με τον όρο **πραγματικό χρώμα** αναφερόμαστε στο χρώμα το δείγματος μετά από αφαίρεση σωματιδίων που προκαλούν θολότητα ενώ με τον όρο **φαινομενικό χρώμα** αναφερόμαστε στο χρώμα του αρχικού δείγματος.

### Οσμή

Η **οσμή** των αστικών λυμάτων οφείλεται στην εκπομπή πτητικών συστατικών που περιέχονται στα λύματα ή προκύπτουν κατά την αποδόμηση οργανικού υλικού τους κάτω από ανοξικές ή αναερόβιες συνθήκες. Η πιο σύνηθες οσμή των αστικών λυμάτων είναι εκείνη που αντιστοιχεί στο υδρόθειο.

### Θερμοκρασία

Σημαντική επίπτωση στον ρυθμό των βιολογικών αντιδράσεων φέρει η **θερμοκρασία** των λυμάτων στην εγκατάσταση επεξεργασίας. Η θερμοκρασία των λυμάτων στο δίκτυο υπονόμων είναι συνήθως υψηλότερη σε σχέση με τη θερμοκρασία του νερού ύδρευσης.

## **ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

### Υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες αποτελούνται από άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο. Οι πιο απλοί υδατάνθρακες είναι οι μονοσακχαρίτες (απλά σάκχαρα) που αποτελούνται από

έξι άτομα άνθρακα (εξόζες). Η γλυκόζη είναι ο πιο κοινός μονοσακχαρίτης που εμπλέκεται στις βιομηχανικές διεργασίες φυτικών και ζωικών κυττάρων. Το άμυλο και το ζωικό άμυλο είναι αντιπροσωπευτικοί πολυσακχαρίτες. Μερικοί υδατάνθρακες είναι διαλυτοί στο νερό (απλά σάκχαρα) ενώ άλλοι είναι αδιάλυτοι (άμυλο). Οι διαλυτοί υδατάνθρακες που υπάρχουν στα λύματα αποδομούνται αρκετά εύκολα ενώ το άμυλο αποδομείται με μεγαλύτερη δυσκολία.

### Πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες είναι οργανικές ενώσεις που περιέχουν σημαντικά ποσοστά αζώτου και αποτελούν τις βασικές δομικές μονάδες της ζώσης ύλης. Το κυτταρόπλασμα που βρίσκεται στο εσωτερικό των κυττάρων αποτελείται κυρίως από πρωτεΐνες. Μερικές πρωτεΐνες είναι αδιάλυτες στο νερό και κατά συνέπεια στα λύματα συναντώνται υπό μορφή αιωρούμενου ή κολλοειδούς οργανικού υλικού.

### Λίπη και Έλαια

Τα λίπη έλαια και γράσα αναφέρονται σε περιπτώσεις με το γενικό όρο λιπίδια. Τα τριγλυκερίδια που είναι υγρά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ονομάζονται έλαια ενώ εκείνα που είναι στερεά ονομάζονται λίπη. Σημειώνεται ότι στα αστικά λύματα απαντώνται επίσης ορυκτά έλαια και γράσα τα οποία εισέρχονται στο δίκτυο αποχέτευσης κυρίως από συνεργεία επισκευής αυτοκινήτων. Ιδιαίτερα όσον αφορά τα ορυκτέλαια θα πρέπει να καταβάλλεται κάθε προσπάθεια για την μείωση των απορρίψεων στο σύστημα αποχέτευσης διότι δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.

### Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο

Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο αντιστοιχεί στο οξυγόνο διχρωμικού καλίου που καταναλώνεται για την οξείδωση των συστατικών των λυμάτων κάτω από καθορισμένες πειραματικές συνθήκες. Κάτω από τις συνθήκες αυτές δεν οξειδώνονται όλες οι οργανικές ενώσεις όπως οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες και η πυριδίνη. Αυτό

έχει ως αποτέλεσμα το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο να μην δίνει ικανοποιητική εικόνα για το οργανικό υλικό του δείγματος.

### Ολικός οργανικός άνθρακας

Ο ολικός οργανικός άνθρακας μας δίνει την συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα σε όλες τις ενώσεις (εύκολα αποδομούμενες, δύσκολα αποδομούμενες και μη αποδομούμενες) που περιέχονται στο δείγμα. Έτσι είναι μια πολύ καλή παράμετρος για έκφραση της συγκέντρωσης του οργανικού υλικού του δείγματος

## **ΔΙΚΤΥΑ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ**

### Τύποι δικτύων

Διακρίνονται δυο τύποι αποχετευτικών συστημάτων: τα παντοροικά, στα οποία τα αστικά υγρά απόβλητα και τα όμβρια ύδατα αποχετεύονται στους ίδιους αγωγούς και τα χωριστικά που αποτελούνται από χωριστούς αγωγούς όμβριων και ακαθάρτων).

### Σχεδιασμός Δικτύου Αποχέτευσης

Η ροή σε ένα αποχετευτικό δίκτυο γίνεται κυρίως με την βοήθεια της βαρύτητας (φυσική ροή). Ένα αποχετευτικό δίκτυο αποτελείται από μεμονωμένους αγωγούς , φρεάτια συλλογής , φρεάτια επίσκεψης, δεξαμενή συλλογής και αντλιοστάσια όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο. Για το σχεδιασμό του δικτύου πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια ώστε τα απόβλητα να αποχετεύονται με τον συντομότερο δρόμο και κατά μήκος υπαρχόντων δρόμων.

Για τον σχεδιασμό ενός δικτύου αποχέτευσης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες παράμετροι:

- Η περίοδος σχεδιασμού και ο προβλεπόμενος πληθυσμός που θα εξυπηρετείται από το δίκτυο.

- Η αναμενόμενη παροχή αποβλήτων.
- Η διαστασιολόγηση των αγωγών.
- Η τοποθέτηση φρεατίων συλλογής και επίσκεψης.
- Τα υλικά κατασκευής των αγωγών.

#### Περίοδος σχεδιασμού-πρόβλεψη πληθυσμού

Ως περίοδο σχεδιασμού λαμβάνεται το διάστημα των 40-50 ετών όπου είναι και ο θεωρητικός χρόνος ζωής των υπονόμων. Για να προσδιορισθεί η παροχή σχεδιασμού λαμβάνεται υπόψη και η αναμενόμενη πληθυσμιακή εξέλιξη για την περίοδο σχεδιασμού.

#### Παροχές σχεδιασμού

Στις ροές των αποβλήτων παρατηρούνται ωριαίες ημερήσιες και εποχικές διακυμάνσεις. Συνήθως, ο σχεδιασμός των δευτερευόντων αγωγών γίνεται με βάση τη μέγιστη ωριαία παροχή. Οι κεντρικοί συλλεκτήριοι αγωγοί σχεδιάζονται με βάση τη μέγιστη ημερήσια παροχή.

#### Διαστασιολόγηση αγωγών

Οι διατομές των αγωγών είναι συνήθως κυκλικές καθώς η γεωμετρία αυτή είναι ευνοϊκότερη από υδραυλική σκοπιά. Σε περιπτώσεις χωριστικών συστημάτων η διάμετρος των αγωγών ακαθάρτων πρέπει να είναι 20-25 cm. Αγωγοί από κατοικίες μέχρι τον δημόσιο αγωγό δεν πρέπει να έχουν διάμετρο μικρότερη από 15 cm.

#### Αντλιοστάσια και Αντλίες Μεταφοράς Λυμάτων

Τα λύματα συλλέγονται σε δίκτυα αποχέτευσης και κατά κανόνα οδηγούνται με βαρύτητα σε αντλιοστάσια. Στόχος των σταθμών αυτών είναι να ανεβάσουν το υψόμετρο ή την πίεση των λυμάτων έτσι ώστε να υπερνικήσουν τις υψομετρικές

διαφορές και τις απώλειες λόγω τριβών μέχρι το επόμενο αντλιοστάσιο η την εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων.

#### ▪ **Αντλίες Κοχλία Αρχιμήδη**

Οι αντλίες αυτές είναι ιδανικές για συστήματα ανοικτής ροής με βαρύτητα. Δεν επηρεάζονται από μεταβολές της παροχής και αντλούν στερεά χωρίς προβλήματα καθώς επίσης διακρίνονται για τον υψηλό ενεργειακό βαθμό απόδοσης.

#### ▪ **Αντλίες Φυγοκεντρικές Vortex η Ελικοειδούς Φτερωτής**

Οι φυγοκεντρικές αντλίες ανεβάζουν την πίεση των λυμάτων μέσα από κλειστές σωληνογραμμές, είναι τύπου επιφανείας για τοποθέτηση σε ξηρά φρεάτια και αντλούν λύματα με στερεά σώματα έως 90mm. Ειδικότερα οι αντλίες με ελικοειδή φτερωτή διακρίνονται για τον πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης τους.

#### ▪ **Αντλίες Λυμάτων Αυτόματης Αναρρόφησης**

Σε ειδικές περιπτώσεις όπου τα λύματα πρέπει να αναρροφηθούν από χαμηλότερη στάθμη η δεν επιτρέπεται πχ λόγω θερμοκρασιών η χρήση υποβρύχιων αντλιών, οι αντλίες αυτόματης αναρρόφησης με ικανότητα διέλευσης στερεών διαστάσεων άνω των 70mm αποτελούν την καλύτερη λύση.

#### Υλικά κατασκευής

Τα υλικά που ενσωματώνονται στην εγκατάσταση αποχέτευσης αστικών λυμάτων είναι τα παρακάτω:

- πλαστικοί σωλήνες (PVC)
- χυτοσίδηροι σωλήνες (DKT)
- τσιμεντοσωλήνες (CEM)

### Τρόπος εγκατάστασης σωληνώσεων αποχέτευσης

Οι σωληνώσεις αποχέτευσης εγκαθίστανται με τέτοιον τρόπο, ώστε η απορροή των προς αποχέτευση υγρών και στερεών που μεταφέρονται από αυτά να συντελείται έτσι που να αποκλείει την οποιαδήποτε απόθεση των στερεών υλικών μέσα σε αυτές. Ειδικά συνδετικά τεμάχια απαιτούνται οποσδήποτε στις συνδέσεις και στις διακλαδώσεις σωληνών όπως επίσης και σε περιπτώσεις αλλαγής υλικού. Η μείωση της διατομής σωληνώσεων κατά την φορά πορείας των λυμάτων δεν επιτρέπεται. Η αλλαγή της διατομής προς μεγαλύτερα μεγέθη πραγματοποιείται μόνο με ειδικά τεμάχια σύνδεσης.

Το βάθος στο οποίο τοποθετούνται οι αγωγοί καθορίζεται έτσι ώστε να διασφαλιστούν:

1. προστασία από θραύση εξαιτίας υπερκείμενων φορτίων (συνήθως 0,6 – 0,75μ επαρκούν).
2. Προστασία από πήξη κάτω από την γραμμή παγετού (για ψυχρά κλίματα).
3. Αποχέτευση υπογείων, λαμβάνοντας υπόψη και τις υδραυλικές απώλειες από εξαρτήματα, σιφόνια και άλλα.

### Ιδιότητες –αντοχές σωληνώσεων αποχέτευσης

Οι σωλήνες μαζί με τα εξαρτήματα και τα ειδικά τεμάχια πρέπει:

- Να είναι ανθεκτικά στις επιδράσεις των λυμάτων και των ατμών που δημιουργούνται από αυτά μέσα στο αποχετευτικό δίκτυο.
- Η γεωμετρική τους διαμόρφωση καθώς και η κατεργασία και επεξεργασία που έχουν υποστεί να είναι κατάλληλη ώστε να αποφεύγεται η συσσώρευση αλάτων η κατάλοιπων στις επιφάνειες τους προκειμένου να αποκλειστούν συνθήκες απόφραξης που μπορούν να προκληθούν από αυτά.
- Να αντέχουν για αποχέτευση λυμάτων με μέγιστη θερμοκρασία 95°C και τα υπόγεια τμήματα σε 45 °C.



- Τα υλικά των σωλήνων και των ειδικών τεμαχίων να είναι συνεργάσιμα μεταξύ τους ώστε να αποφεύγονται μετέπειτα προβλήματα διάβρωσης μεταξύ της σύνδεσης τους.
- Η μηχανική τους αντοχή να επαρκεί στα εξωτερικά και εσωτερικά φορτία.
- Να παρέχουν μεγάλη διάρκεια ζωής.

#### Προστασία στοιχείων αποχέτευσης

Η κατασκευή και η μελέτη ενός δικτύου αποχέτευσης θα πρέπει να παρέχει την μέγιστη διάρκεια ζωής. Για να επιτευχθεί αυτό λαμβάνονται κάποια μέτρα προστασίας:

- Από τον ήλιο
- Από τις κρούσεις
- Από τον παγετό
- Από την είσοδο επιζήμιων υλικών
- Από την επικάθηση αλάτων

#### Τοποθέτηση αγωγών και ανθρωποθυρίδων

Απαραίτητη χρήση φρεατίων επίσκεψης συνίσταται:

- Σε όλες τις συνδέσεις κλάδων.
- Στα σημεία αλλαγής της οριζόντιας κατεύθυνσης.
- Στα σημεία σημαντικής αλλαγής της κατά μήκος κλίσης .
- Στα σημεία αλλαγής μεγέθους των αγωγών.
- Σε διαστήματα 90-150 μέτρα κατά μήκος ευθειών.

Όλα τα παραπάνω καθιστούν εφικτό τον έλεγχο, τον καθαρισμό και την συντήρηση των αγωγών.

## ΠΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΓΡΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Τα αστικά υγρά απόβλητα εισέρχονται στην εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων αφού πρώτα πραγματοποιηθεί ανύψωση στάθμης καθώς οι αγωγοί φτάνουν με κλίση αρκετά κάτω από το έδαφος στην είσοδο της μονάδας. Στη συνέχεια κυρίως με βαρύτητα οδηγούνται στη γραμμή προεπεξεργασίας. Με την Προεπεξεργασία προστατεύονται οι κύριες διεργασίες της μονάδας από ορισμένα χαρακτηριστικά των αποβλήτων που ενδέχεται να δημιουργήσουν πρόβλημα στην λειτουργία τους. Οι επιμέρους διεργασίες που αποτελούν το στάδιο της προεπεξεργασίας των αστικών αποβλήτων είναι:

- Σχάρισμα
- Αμμοσυλλογή
- Λιποσυλλογή
- Εξισορρόπηση Παροχής

Το σχάρισμα απομακρύνει τα χονδρά στερεά τα οποία θα μπορούσαν να δημιουργήσουν πρόβλημα σε διάφορα μηχανικά εξαρτήματα (αεριστήρες, αντλίες και άλλα) η και ανεπιθύμητες εναποθέσεις με συνεπακόλουθες αποφράξεις. Τα σχαρίσματα μπορούν να πολτοποιηθούν η να αλεστούν και να επαναφερθούν στο υγρό ρεύμα, η να οδηγηθούν σε χώρο υγειονομικής ταφής στερεών αποβλήτων.

Από την σχάρα τα απόβλητα οδηγούνται σε αμμοσυλέκτη ο οποίος απομακρύνοντας τα χαλίκια και την χονδρή άμμο προστατεύει όπως και η σχάρα τις επακόλουθες διεργασίες. Ο λιποσυλλέκτης αφαιρεί τα λίπη και έλαια τα οποία εμποδίζουν την δημιουργία ιλύος με καλές ιδιότητες καθίζησης και προξενούν ανεπιθύμητο αφρισμό. Η δεξαμενή εξισορρόπησης παροχής εξουδετερώνει τις ημερήσιες διακυμάνσεις προσφέροντας σταθερή παροχή στις ακόλουθες διεργασίες οι οποίες με αυτόν τον τρόπο ελέγχονται ευκολότερα. Κατά την είσοδο των λυμάτων στην μονάδα επεξεργασίας έχουν έντονα δυσάρεστη οσμή λόγω της σήψης τους κατά την διαδρομή τους στο αποχετευτικό δίκτυο. Για τον λόγο αυτό οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την προεπεξεργασία χωροθετούνται σε κλειστό κτίριο με σύστημα απόσμησης.

### Ανύψωση της στάθμης

Τα λύματα καταλήγουν σε μονάδα επεξεργασίας μέσω του αποχετευτικού δικτύου. Το δίκτυο έχει πάντοτε μια κλίση προκειμένου να διευκολύνεται η ροή των λυμάτων, είτε αυτή γίνεται βαρυτικά είτε πιεστικά μέσω αντλιοστασίων. Επομένως στην είσοδο της μονάδας απαιτείται ανύψωση της στάθμης των λυμάτων μέχρι το επίπεδο της προεπεξεργασίας. Στη συνέχεια τα λύματα μεταφέρονται στις διάφορες δεξαμενές της μονάδας συνήθως με βαρύτητα.

### Υποδοχή βοθρολυμμάτων

Στην είσοδο των μονάδων επεξεργασίας αποβλήτων διατίθενται και τα βοθρολύματα που μεταφέρονται στη μονάδα με βυτιοφόρα. Στη συνέχεια αφού ελεγχθούν ως προς την σύστασή τους (pH, αγωγιμότητα), διέρχονται από εσχάρα και στη συνέχεια οδηγούνται σε δεξαμενή προαερισμού πριν οδηγηθούν στην βιολογική επεξεργασία. Το φορτίο των βοθρολυμμάτων είναι ιδιαίτερα ισχυρό σε σχέση με τα αστικά λύματα επομένως απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στον σχεδιασμό της μονάδας.

### Σχάρισμα

Το πρώτο στάδιο επεξεργασίας που συναντάται σε μια μονάδα επεξεργασίας λυμάτων είναι το σχάρισμα. Μια διάταξη με ανοίγματα όμοιου μεγέθους που χρησιμοποιείται για την συγκράτηση στερεών που βρίσκονται στο εισερχόμενο κατά την μονάδα απόβλητο. Οι σχάρες στοχεύουν στην απομάκρυνση των χονδρών στερεών. Η βασική παράμετρος σχεδιασμού είναι το μέγεθος των διάκενων της σχάρας σύμφωνα με το οποίο κατατάσσονται σε χονδρές και λεπτές. Οι λεπτές σχάρες τοποθετούνται μετά τις χονδρές για την προστασία του περεταίρω εξοπλισμού. Τα υλικά που συλλέγονται από τις σχάρες ονομάζονται σχαρίσματα και απομακρύνονται είτε χειρωνακτικά είτε μηχανικά.

### Αμμοσυλλογή

Μετά τις σχάρες συνήθως ακολουθεί αμμοσυλλέκτης ή αλλιώς εξαμωτής. Η μονάδα αυτή στοχεύει στην απομάκρυνση σωματιδίων διαμέτρου μεγαλύτερης από

200mm. Η αμμοσυλλογή γίνεται σε δεξαμενές-αμμοσυλλέκτες που βασίζονται στην καθίζηση. Γενικά υπάρχουν τέσσερις τύποι καθίζησης:

- Καθίζηση διακεκριμένων σωματιδίων, όπου τα σωματίδια καθιζάνουν χωρίς αλληλεπίδραση με ταχύτητα ανεξάρτητη της συγκέντρωσης στερεών.
- Καθίζηση με συσσωμάτωση, όπου η ταχύτητα καθίζησης εξαρτάται από την συγκέντρωση στερεών.
- Παρεμποδιζόμενη καθίζηση, όπου η ισχυρή συσσωμάτωση οδηγεί σε καθιζάνον στρώμα (καθίζηση κατά ζώνες) .
- Πύκνωση, όπου το στρώμα των στερεών συμπτύσσεται.

#### Λιποσυλλογή

Όταν τα υγρά απόβλητα περιέχουν σημαντικές ποσότητες λιπών συχνά απαιτείται μετά την αμμοσυλλογή να προβλεφθεί και κάποια μονάδα λιποσυλλογής. Οι λιποσυλλέκτες είναι απλές δεξαμενές τυπικού χρόνου παραμονής 3-5 λεπτών. Τα λίπη ως ελαφρύτερα συλλέγονται στην επιφάνεια, η δε εκροή του (απαλλαγμένου από το λίπος )νερού γίνεται από σημείο σε αρκετό βάθος.

#### Ταυτόχρονη Εξάμμιση- Λιποσυλλογή

Η τοποθέτηση ενός ρυθμιστικού διαφράγματος κατά μήκος της δεξαμενής χωρίς όμως να φτάνει μέχρι τον πυθμένα διαχωρίζει τη δεξαμενή σε δυο μέρη. Στο μέρος που εισέρχεται ο αερισμός επικρατεί έντονη ανάδευση ,ενώ στο μέρος που προφυλάσσεται από το διάφραγμα επικρατούν επιφανειακά συνθήκες ηρεμίας. Έτσι τα ελαφρά σωματίδια που παρασύρονται από τις φυσαλίδες του αέρα και εγκλωβίζονται στο ήρεμο τμήμα του αμμοσυλλέκτη επιπλέουν και απομακρύνονται με επιφανειακό ξέστρο.

#### Εξισορρόπηση Παροχής

Στην προεπεξεργασία των λυμάτων συχνά υπάρχει κάποια δεξαμενή εξισορρόπησης η οποία στοχεύει στην εξομάλυνση της παροχής , που τυπικά χαρακτηρίζεται από ημερήσια περιοδική διακύμανση.

### Απόσμιση

Τα λύματα καθώς εισέρχονται στη μονάδα επεξεργασίας είναι ιδιαίτερα δύσσομα εξαιτίας της αναερόβιας σήψης που έχει λάβει χώρα κατά την διαδρομή που ακολούθησαν στο αποχετευτικό δίκτυο μέχρι την μονάδα. Πάντα οι μονάδες προεπεξεργασίας λυμάτων χωροθετούνται σε κλειστά κτίρια ενώ προβλέπεται και επιβάλλεται η τοποθέτηση συστημάτων απόσμισης. Τρία κυρίως συστήματα απόσμισης απαντώνται σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων:

1. Προσρόφηση σε ενεργό άνθρακα
2. Πύργοι καταιονισμού
3. Βιοφίλτρα

### **1.1.3. Περίπτωση Μυτιλήνης**

## **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ**

### **Έργα εισόδου και προεπεξεργασίας**

Τα έργα εισόδου και προεπεξεργασίας περιλαμβάνουν την εγκατάσταση υποδοχής βοθρολυμάτων , το φρεάτιο άφιξης του κεντρικού Αποχετευτικού Αγωγού , το φρεάτιο εισόδου την εσχάρωση την εξάμμωση και τον μετρητή παροχής .Το φρεάτιο εισόδου η εσχάρωση και ο εξαμωτής έχουν τοποθετηθεί σε κλειστό κτίριο προεπεξεργασίας εφοδιασμένο με σύστημα μηχανικού εξαερισμού και απόσμισης. Σε ιδιαίτερα κλειστό χώρο πλήρως ηχομονωμένο του ίδιου κτιρίου έχουν τοποθετηθεί οι αεροσυμπιεστές εξαμωτή και δεξαμενής βοθρολυμάτων. Επίσης η δεξαμενή βοθρολυμάτων είναι κλειστή και εφοδιασμένη με σύστημα αεραγωγών που μεταφέρουν τον αέρα για απόσμιση στο κτίριο της εσχάρωσης.

## Εγκατάσταση υποδοχής Βοθρολυμμάτων



Εικόνα 1 - Φρεάτιο υποδοχής βοθρολυμμάτων (φωτογραφία συγγραφέα)

Κοντά στις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων και σε ειδικά διαμορφωμένα χώρο τα βυτιοφόρα εκκενώνουν σε ειδικό κλειστό κανάλι εκκένωσης εφοδιασμένο με δυο ειδικά αεροστεγείς υποδοχές. Από αυτό το κανάλι εκκένωσης τα βοθρολύματα οδηγούνται σε κλειστή δεξαμενή συγκέντρωσης όπου από εκεί αντλούνται στο φρεάτιο εισόδου. Στη δεξαμενή τα βοθρολύματα αερίζονται με δίκτυο διαχυτήρων και διατηρούνται σε αιώρηση με την βοήθεια μηχανικών αναδευτήρων.

## Φρεάτιο άφιξης Κεντρικού Απογετευτικού Αγωγού

Στο φρεάτιο άφιξης καταλήγει ο καταθλιπτικός κεντρικός Αγωγός της Μυτιλήνης. Από το φρεάτιο άφιξης τα λύματα οδηγούνται με βαρύτητα στο φρεάτιο εισόδου στο κτίριο προεπεξεργασίας.



Εικόνα 2 - Φρεάτιο εισόδου (φωτογραφία συγγραφέα)

### **Φρεάτιο Εισόδου**

Στο φρεάτιο εισόδου καταλήγουν τα λύματα της Μυτιλήνης, τα βοθρολυμματα από τη δεξαμενή βοθρολυμάτων και τα στραγγίδια των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων. Το φρεάτιο έχει διπλό θάλαμο του οποίου τα δυο τμήματα θα μπορούν να απομονωθούν εναλλάξ με χειροκίνητα θυροφράγματα και αφαιρετές αντλίες.



## Εσχάρωση



Εικόνα 3 - Μονάδα εσχάρωσης (φωτογραφία συγγραφέα)

Η Εσχάρωση αποτελείται από μια μηχανική εσχάρα και μια χειροκαθιζόμενη. Επιπλέον υπάρχει διάυλος για τοποθέτηση δεύτερης μηχανικής σχάρας. Τα εσχάρισματα απομακρύνονται με συσκευή μεταφοράς-συμπίεσης και συγκεντρώνονται σε κάδους συλλογής.



## Εξάμμοση



Εικόνα 4 - Μονάδα εξάμμοσης (φωτογραφία συγγραφέα)

Η αφαίρεση της άμμου από τα λύματα γίνεται με δίδυμο αεριζόμενο εξαμμωτή στον οποίο υπάρχουν επιμήκεις χώροι ηρεμίας για την συγκράτηση των λιπών. Η απομάκρυνση της άμμου γίνεται με κινούμενες παλινδρικές γέφυρες και επιφανειακά ξέστρα για τα λίπη. Η άμμος καθιζάνει στους πυθμένες των διαμερισμάτων και αντλείται σε ειδικό κεκλιμένο κοχλία πλύσης και διαχωρισμού του μίγματος άμμου/νερού και καταλήγει σε κάδους συλλογής. Τα λίπη συγκεντρώνονται σε φρεάτια λιπών και απομακρύνονται με βυτιοφόρο, ενώ τα νερά οδηγούνται στο δίκτυο στραγγιδίων.

### **Μέτρηση Παροχής Λυμάτων**

Η μέτρηση παροχής λυμάτων γίνεται με μετρητή Venturi, σε ανοιχτά κανάλια και σε δυο θέσεις. Ένας μετρητής βρίσκεται έναντι του αναερόβιου αντιδραστήρα και ο δεύτερος έναντι της δεξαμενής επαφής.

### **ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**

Τα έργα βιολογικής επεξεργασίας αποτελούνται από τα φρεάτια διανομής, μια αναερόβια δεξαμενή, δυο βιολογικές δεξαμενές, κτίριο αεροσυμπιεστών, δυο δεξαμενές καθίζησης και αντλιοστάσια ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού και ιλύος.

Στο φρεάτιο εισόδου της αναερόβιας δεξαμενής έχει τοποθετηθεί χειροκίνητο θυρόφραγμα και αγωγός παράκαμψης της. Ο αγωγός καταλήγει στο φρεάτιο εκροής της ίδιας δεξαμενής, που είναι συγχρόνως το φρεάτιο διανομής αερισμού. Επίσης στο φρεάτιο διανομής αερισμού έχει τοποθετηθεί χειροκίνητο θυρόφραγμα με αγωγό για την παράκαμψη του αερισμού, της καθίζησης και της απολύμανσης. Ο αγωγός καταλήγει στον θάλαμο εκροής μεταμερισμού.

### **Αναερόβια δεξαμενή**

Η αναερόβια δεξαμενή η οποία χρησιμοποιείται για την βιολογική αφαίρεση του φωσφόρου χωρίζεται σε τέσσερα διαμερίσματα και είναι εγκατεστημένη έναντι του αερισμού. Η δεξαμενή θα λειτουργεί και ως δεξαμενή επιλογής για τον έλεγχο της πιθανής διόγκωσης της ιλύος. Η ανάμιξη του ανάμικτου υγρού στα επιμέρους διαμερίσματα γίνεται με αργόστροφους μηχανικούς αναμκτήρες. Από την αναερόβια δεξαμενή τα λύματα οδηγούνται στο φρεάτιο διανομής αερισμού από όπου ισοκατανέμεται προς τους δυο βιολογικούς αντιδραστήρες.



Εικόνα 5 - Βιολογικές δεξαμενές (φωτογραφία συγγραφέα)

### **Βιολογικές δεξαμενές (ανοξικές-αερισμού)**

Οι δυο γραμμές βιολογικής επεξεργασίας περιλαμβάνουν τις ανοξικές δεξαμενές- όπου απομακρύνονται τα νιτρικά αναγόμενα με αέριο άζωτο (απονιτροποίηση) – και τις δεξαμενές αερισμού – όπου απομακρύνονται οι οργανικές ουσίες και οξειδώνεται η αμμωνία σε νιτρικά (νιτροποίηση). Έναντι της εκροής της αερόβιας ζώνης των δεξαμενών αερισμού βρίσκεται και το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού, που καταθλίβει τα λύματα στις ανοξικές ζώνες για να πραγματοποιείται η απονιτροποίηση. Από τις βιολογικές δεξαμενές τα λύματα υπερχειλίζουν και οδηγούνται στο φρεάτιο διανομής καθίζησης από όπου ισοκατανέμονται προς τις δυο δεξαμενές καθίζησης. Η παροχή οξυγόνου στις δεξαμενές αερισμού γίνεται με έμφυση αέρα στο ανάμικτο υγρό και η ανάμιξη στις δεξαμενές (ανοξικές και αερισμού) γίνεται με αργόστροφους μηχανικούς αναδευτήρες. Οι αεροσυμπιεστές έχουν τοποθετηθεί σε κλειστό κτίριο αεροσυμπιεστών πλήρως ηχομονωμένο. Σε ιδιαίτερα κλειστό χώρο του ίδιου κτιρίου έχει τοποθετηθεί ο ηλεκτρικός πίνακας. Λόγω της εφαρμοζόμενης μεθόδου παρατεταμένου αερισμού η ηλικία της ίλως είναι αρκετά μεγάλη ούτως ώστε η παραγόμενη ίλος να θεωρείται πλήρως σταθεροποιημένη και να μπορεί να παχυνθεί και να αφυδατωθεί χωρίς να απαιτείται περαιτέρω σταθεροποίηση.





Εικόνα 6 - Βιολογικές δεξαμενές (φωτογραφία συγγραφέα)

### Δεξαμενές καθίζησης

Οι δυο δεξαμενές καθίζησης είναι κυκλικές και το ανάμικτο υγρό οδηγείται από το φρεάτιο διανομής στο τύμπανο ηρεμίας κάθε δεξαμενής. Στην περιφέρεια της δεξαμενής τοποθετείται οδοντωτός υπερχειλιστής από τον οποίο υπερχειλίζουν τα επεξεργασμένα λύματα και από περιμετρικό κανάλι καταλήγουν στην μονάδα απολύμανσης. Η ενεργός ίλος καθιζάνει στον πυθμένα της δεξαμενής από όπου ειδικά σχεδιασμένο σύστημα σάρωσης την ωθεί προς τον κεντρικό κώνο συλλογής. Από τον κώνο η καθήμενη ίλος απομακρύνεται με βαρύτητα στο αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ίλους. Στην επιφάνεια κάθε δεξαμενής ανέρχονται οι επιπλέουσες ουσίες οι οποίες

συγκρατούνται από μεταλλικό φράγμα και ωθούνται από επιφανειακό αποξεστήρα προς την ειδική χοάνη συλλογής από όπου καταλήγουν στα φρεάτια αφρών.



Εικόνα 7 - Δεξαμενή καθίζησης (φωτογραφία συγγραφέα)

### **Αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ιλύος**

Στο αντλιοστάσιο ιλύος καταλήγει με βαρύτητα η ίλυς που συλλέγεται στον πυθμένα των δεξαμενών καθίζησης μέσω αγωγών με ηλεκτροδικλείδα. Το μεγαλύτερο ποσοστό της ιλύος (ανακυκλοφορία) αντλείται στην αναερόβια δεξαμενή για να διατηρείται σταθερή η συγκέντρωση των μικροοργανισμών στις βιολογικές δεξαμενές. Η περίσσεια ιλύς απομακρύνεται από την βιολογική επεξεργασία κατά τακτά χρονικά διαστήματα προς την μονάδα μηχανικής πάχυνσης.

### **ΈΡΓΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ**

Η μονάδα απολύμανσης αποτελείται από τον μετρητή παροχής, τη δεξαμενή χλωρίωσης, το φρεάτιο μεταερισμού και τα συγκροτήματα δοσομέτρησης χλωρίου και



θειώδους νατρίου. Το κτίριο αποτελείται από τρεις ανεξάρτητους χώρους (δοσομέτρησης χλωρίου, αποθήκευσης χλωρίου, και δοσομέτρησης/αποθήκευσης θειώδους νατρίου) που είναι εφοδιασμένοι με συστήματα μηχανικού εξαερισμού.

### **Μέτρηση παροχής απολύμανσης**

Τα επεξεργασμένα λύματα από τις δεξαμενές καταλήγουν με βαρύτητα σε ανοικτό κανάλι όπου υπάρχει εγκατεστημένος μετρητής Venturi.

### **Δεξαμενή χλωρίωσης**

Από τον μετρητή παροχής τα επεξεργασμένα λύματα καταλήγουν σε φρεάτιο ανάμιξης στο οποίο γίνεται προσθήκη διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου ( $\text{NaOCl}$ ) και ισοκατανέμεται προς τα δυο διαμερίσματα χλωρίωσης που έχουν μαιανδρική μορφή. Από την δεξαμενή τα επεξεργασμένα λύματα οδηγούνται στο φρεάτιο μεταμερισμού.



Εικόνα 8 - Δεξαμενή χλωρίωσης (φωτογραφία συγγραφέα)

### **Συγκρότημα δοσομέτρησης χλωρίου**

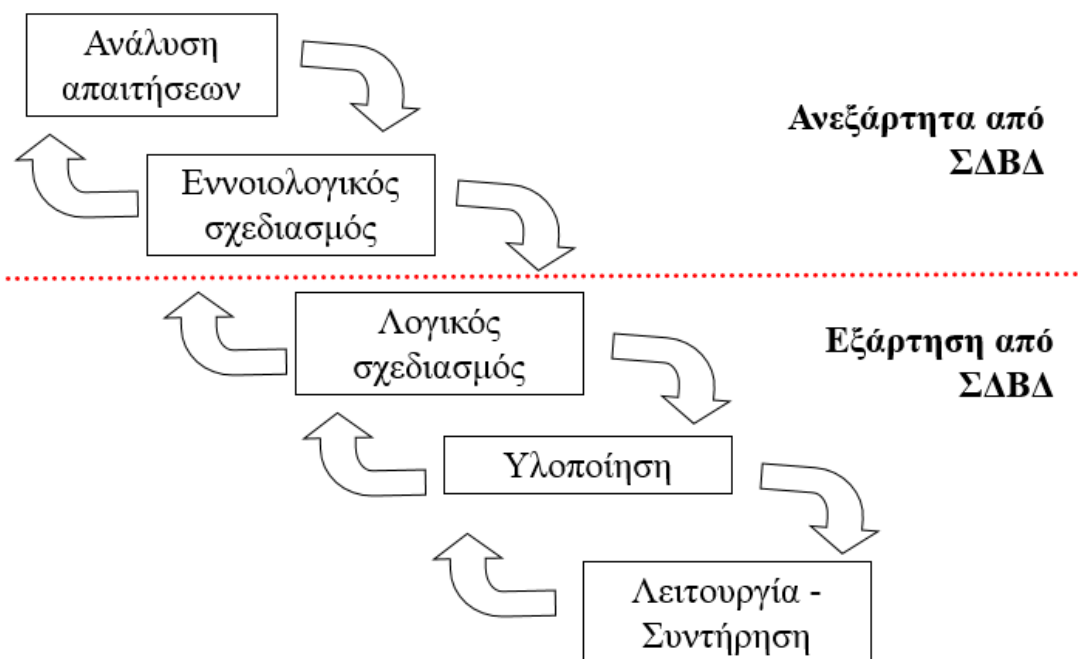
Το συγκρότημα δοσομέτρησης χλωρίου βρίσκεται εγκατεστημένο στο κτίριο χλωρίωσης και περιλαμβάνει αντλίες δοσομέτρησης, δεξαμενή ημερήσιας κατανάλωσης και δεξαμενή αποθήκευσης.

### **Συγκρότημα δοσομέτρησης θειώδους νατρίου**

Το συγκρότημα αποχλωρίωσης βρίσκεται εγκατεστημένο σε ξεχωριστό θάλαμο του οικισμού χλωρίωσης και περιλαμβάνει δοσομετρικές αντλίες και δοχεία αποθήκευσης και τροφοδοσίας διαλύματος θειώδους νατρίου.

## 2. Μεθοδολογία

### ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ ΒΑΣΕΩΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ



Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει παρουσίαση όλων των βημάτων της μεθοδολογίας για την ανάπτυξη της βάσης δεδομένων που θα υλοποιηθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

### 2.1 Ανάλυση απαιτήσεων

Σε αυτή την εργασία γίνεται εστίαση στο βιολογικό καθαρισμό της Μυτιλήνης, της πρωτεύουσας της Λέσβου. Η Μυτιλήνη έχει πληθυσμό 27.545 κατοίκους (μέτρηση 2014). Σύμφωνα με την αναλογία έκτασης – πληθυσμού, το μεγαλύτερο κομμάτι του πληθυσμού κατοικεί στο νότιο νοτιοδυτικό κομμάτι της πόλης. Οι εγκαταστάσεις του βιολογικού καθαρισμού βρίσκονται έξω από την πόλη, βόρεια της Μυτιλήνης. Για την εξυπηρέτηση των αναγκών της πρωτεύουσας της Λέσβου υπάρχουν μέσα στην πόλη τέσσερα αντλιοστάσια που προωθούν λήμματα στις κεντρικές εγκαταστάσεις.

Τα στοιχεία που έχουν συγκεντρωθεί για τον βιολογικό καθαρισμό της Μυτιλήνης είναι τα εξής:



- Μετρήσεις λημμάτων βιολογικού καθαρισμού: Το σύνολο των μετρήσεων που αφορά τα λήμματα που εισέρχονται στο βιολογικό καθαρισμό και εξέρχονται από αυτόν. Δόθηκαν από την Δημόσια Υπηρεσία Ύδρευσης Αποχέτευσης Λέσβου (ΔΕΥΑΛ).
- Σχέδιο δικτύου Αποχέτευσης Μυτιλήνης: Το σχέδιο του δικτύου αποχέτευσης της πόλης της Μυτιλήνης. Δόθηκε σε μορφή σχεδίου AutoCAD από την ΔΕΥΑΛ. Από αυτό το σχέδιο αντλούνται οι συντεταγμένες θέσης των σωληνώσεων και των φρεατίων, το είδος κάθε σωλήνα και κάθε φρεατίου, το υλικό κατασκευής και το έτος κατασκευής.
- Πληροφορίες για αντλιοστάσια: Τα ονόματα, η τοποθεσία και τα είδη των αντλιών για κάθε ένα από τα αντλιοστάσια που υπάρχουν στην Μυτιλήνη.

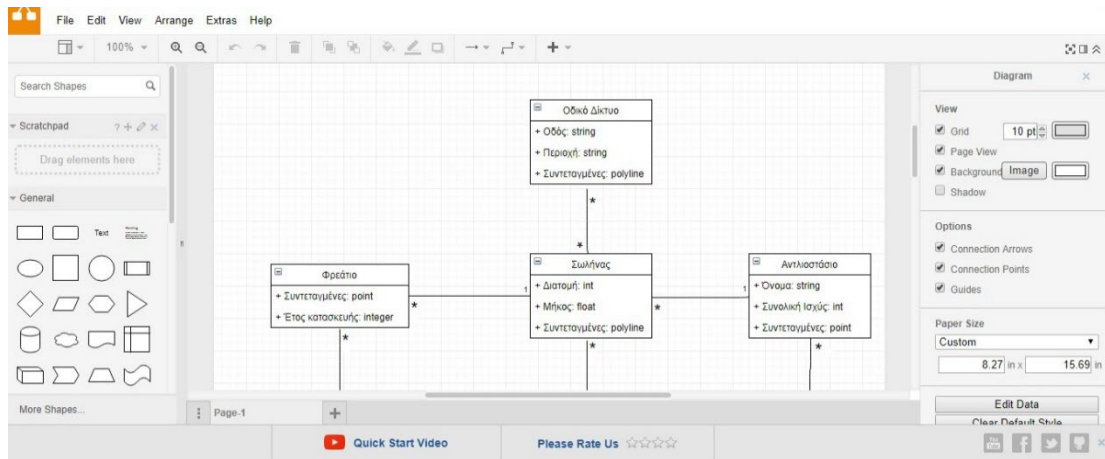
Τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν συγκεντρώνονται όλα σε μία κατάλληλα σχεδιασμένη βάση δεδομένων, για περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία.

## 2.2. Εννοιολογικός Σχεδιασμός

Οι σχεσιακές βάσεις δεδομένων μπορούν να γίνουν εξαιρετικά περίπλοκες ή να μην επιστρέφουν τα επιθυμητά αποτελέσματα αν δεν σχεδιαστούν σωστά. Ειδικά όταν η βάση περιέχει μεγάλο αριθμό πινάκων και συσχετίσεων, ο σχεδιασμός πριν την υλοποίηση μια βάσης δεδομένων είναι αναγκαία.

Για τη σχεδίαση της βάσης δεδομένων που φιλοξενεί τα δεδομένα του βιολογικού καθαρισμού Μυτιλήνης, χρησιμοποιήθηκε η UML (Unified Modeling Language), μία γλώσσα σχεδιασμού μοντέλων για την οπτικοποίηση κάθε είδους συστήματος. Η UML βασίζεται στις αρχές του αντικειμενοστραφή προγραμματισμού από τις αρχές της δεκαετίας του 90. Χρησιμοποιώντας τη UML μπορεί να γίνει το αρχικό σχέδιο λειτουργίας ενός προγράμματος ή μιας βάσης δεδομένων, στο οποίο μπορεί να στηριχτεί στη συνέχεια η υλοποίηση.

Για της ανάγκες της σχεδίασης της βάσης δεδομένων του βιολογικού χρησιμοποιήθηκε μια ιστοσελίδα, η Draw.io, η οποία αυτοματοποιεί τη UML και επιτρέπει στο χρήστη

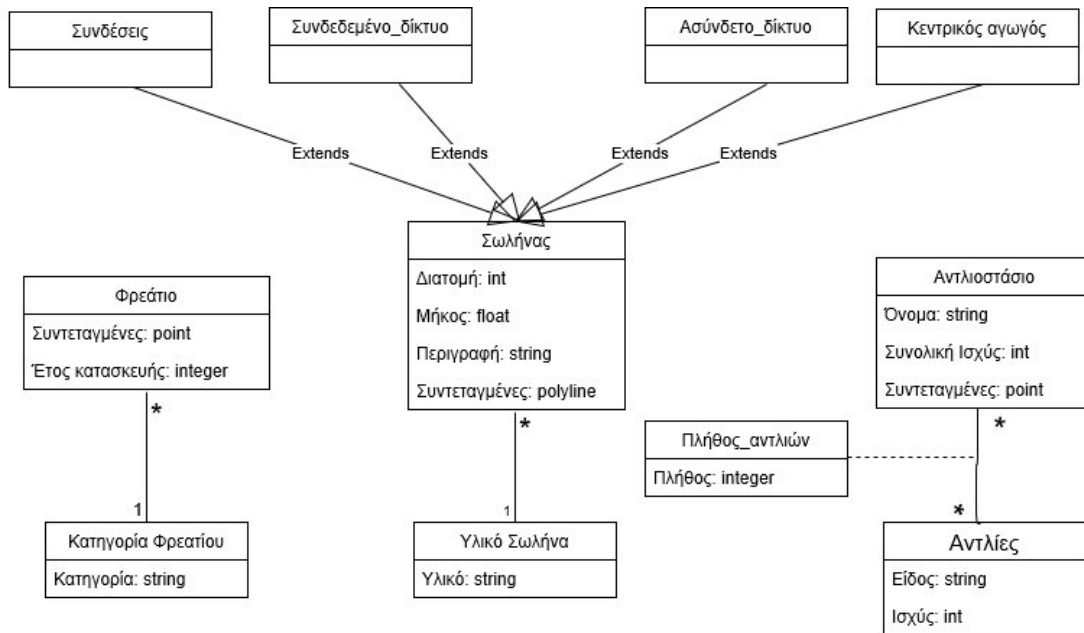


Εικόνα 9 - Περιβάλλον draw.io (φωτογραφία συγγραφέα)

να σχεδιάσει εύκολα και γρήγορα σε UML. Στη συνέχεια αυτό το σχέδιο μπορεί να αποθηκευτεί είτε στον προσωπικό υπολογιστή του χρήστη είτε στο «σύννεφο» (Cloud).

Με βάση τα στοιχεία που έχουν συλλεχθεί για το βιολογικό καθαρισμό, προκύπτουν οι εξής βασικοί πίνακες:

- Στοιχεία/Υπολογισμοί: Ένας πίνακας με όλα τα στοιχεία εισόδου και εξόδου που έχουν συγκεντρωθεί.
- Ανώτατες τιμές: Οι ανώτατες τιμές των στοιχείων εισόδου και εξόδου του βιολογικού καθαρισμού.
- Σωλήνες: Ένας πίνακας που περιέχει όλες τις συγκεντρωμένες πληροφορίες για τους σωλήνες.
- Υλικό σωλήνα: Ο πίνακας που περιέχει όλα τα υλικά των σωληνώσεων.
- Φρεάτια: Ο πίνακας που περιέχει όλες τις πληροφορίες για τα φρεάτια.
- Κατηγορία φρεατίου: Οι κατηγορίες των φρεατίων.
- Οδικό δίκτυο: Ένας πίνακας με τη γεωγραφική θέση και την ονομασία των οδών της πόλης της Μυτιλήνης.
- Αντλιοστάσια: Ο πίνακας με τις πληροφορίες για τα αντλιοστάσια της πόλης.
- Αντλίες: Ο πίνακας με όλες τις πληροφορίες για τις αντλίες των αντλιοστασίων.



Στοιχεία_Υπολογισμοί
+ Μήνας_Έτος: date
+ είσοδος BOD5: float
+ είσοδος COD: float
+ είσοδος SS: float
+ είσοδος TN: float
+ είσοδος TP: float
+ έξοδος BOD5: float
+ έξοδος COD: float
+ έξοδος SS: float
+ έξοδος TN: float
+ έξοδος TP: float
+ έξοδος NO3-N: float
+ έξοδος NH4-N: float
+ Ε.Ε.Λ. BOD: float
+ Kgr απομάκρυνσης BOD ανά ημέρα: float
+ Φόρτιση Λάσπης: float
+ Φόρτιση Όγκου BOD5: float
+ Υδραυλικός Χρόνος Παραμονής: float
+ Μηνιαία ποσότητα Λάσπης: float
+ Ηλικία Λάσπης: float
+ Φορτίσεις καθιζήσεων χρον παρ: float
+ Φορτίσεις καθιζήσεων Επιφαν: float
+ Φορτίσεις καθιζήσεων Στερεων: float
+ Φορτίσεις καθιζήσεων Υπερχ: float

Ανώτατες τιμές
+ ανώτατη τιμή BOD5: float
+ ανώτατη τιμή COD: float
+ ανώτατη τιμή SS: float
+ ανώτατη τιμή TN: float
+ ανώτατη τιμή TP: float
+ ανώτατη τιμή NO3-N: float
+ ανώτατη τιμή NH4-N: float

Εικόνα 10 - Εννοιολογικός σχεδιασμός σε UML (φωτογραφία συγγραφέα)

## 2.3. Λογικός Σχεδιασμός

Το επόμενο βήμα στη σχεδίαση της βάσης δεδομένων είναι ο λογικός σχεδιασμός, μια διαδικασία στην οποία το σχέδιο της UML μετατρέπεται σε κείμενο. Σε αυτή τη διαδικασία οι πίνακες του εννοιολογικού σχεδιασμού γράφονται με όλα τις στήλες που περιέχουν, το είδος το δεδομένων που περιέχει κάθε στήλη, καθώς επίσης ορίζονται τα πρωτεύοντα και τα ξένα κλειδιά κάθε πίνακα. Με την ολοκλήρωση του λογικού σχεδιασμού ξεκινά η υλοποίηση της βάσης δεδομένων.

Ο λογικός σχεδιασμός για τη βάση δεδομένων του βιολογικού καθαρισμού, σύμφωνα με το UML σχέδιο που υλοποιήθηκε παραπάνω, είναι ο εξής:

ΦΡΕΑΤΙΟ ( id : integer : not null, συντεταγμένες : point, έτος\_κατασκευής : string, κατηγορία : int : not null)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ\_ΦΡΕΑΤΙΟΥ ( id : integer : not null, κατηγορία : string(20) : not null)

ΣΩΛΗΝΑΣ ( id : integer : not null, διατομή : integer, μήκος : double, Συντεταγμένες : polyline, υλικό : integer)

ΥΛΙΚΟ\_ΣΩΛΗΝΑ ( id : integer : not null, υλικό : string(20) : not null)

ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ( id : integer : not null, όνομα: string(20) : not null, περιγραφή : string, συντεταγμένες : point)

ΑΝΤΛΙΕΣ ( id : string(20) : not null, είδος : string(20) : not null, ισχύς : integer)

ΕΙΔΟΣ\_ΑΝΤΛΙΑΣ ( id : string (20) : not null, είδος : string(20))

ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ\_ΑΝΤΛΙΕΣ (όνομα\_αντλιοστασίου : integer : not null, είδος\_αντλίας : integer : not null, πλήθος : integer)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ\_ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ( μήνας\_έτος : date : not null, είσοδος\_BOD5: float, είσοδος\_COD: float, είσοδος\_SS: float, είσοδος\_TN: float, είσοδος\_TP: float, έξοδος\_BOD5: float, έξοδος\_COD: float, έξοδος\_SS: float, έξοδος\_TN: float, έξοδος\_TP: float, έξοδος\_NO3-N: float, έξοδος\_NH4-N: float, ΕΕΛ\_BOD: float, Kgr\_απομάκρυνσης\_BOD\_ανά\_ημέρα: float, Φόρτιση\_Λάσπης: float, Φόρτιση\_Όγκου\_BOD5: float, Υδραυλικός\_Χρόνος\_Παραμονής: float, Μηνιαία\_ποσότητα\_Λάσπης: float, Ηλικία\_Λάσπης: float, Φορτίσεις\_καθιζήσεων\_χρον\_παρ: float, Φορτίσεις\_καθιζήσεων\_Επιφαν: float, Φορτίσεις\_καθιζήσεων\_Στερεων: float, Φορτίσεις\_καθιζήσεων\_Υπερχ: float )

ΑΝΩΤΑΤΕΣ\_TIMEΣ ( id : string(20) : not null, ανώτατη\_τιμή\_BOD5: float, ανώτατη\_τιμή\_COD: float, ανώτατη\_τιμή\_SS: float, ανώτατη\_τιμή\_TN: float, ανώτατη\_τιμή\_TP, ανώτατη\_τιμή\_NO3-N: float, ανώτατη\_τιμή\_NH4-N: float)

ΠΙΝΑΚΑΣ	ΠΕΔΙΟ ΞΕΝΟΥ ΚΛΕΙΔΙΟΥ	ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ	ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟ ΚΕΛΙ
ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΑ_ΑΝΤΛΙΕΣ	Antliostasio	ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΑ	ID
ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΑ_ΑΝΤΛΙΕΣ	antlia	ΑΝΤΛΙΕΣ	ID
ΣΩΛΗΝΑΣ	Uliko	ΥΛΙΚΟ ΣΩΛΗΝΑ	ID
ΦΡΕΑΤΙΟ	Kategoria	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΦΡΕΑΤΙΟΥ	ID
ΑΝΤΛΙΕΣ	Eidos	ΕΙΔΟΣΑΝΤΛΙΑΣ	ID

Ως ξένο κλειδί ορίζεται μία στήλη σε κάθε πίνακα της βάσης δεδομένων η οποία περιέχει μοναδική τιμή για κάθε μία εγγραφή του πίνακα. Στις περισσότερες περιπτώσεις αυτή η στήλη έχει όνομα «ID» (Identification , ταυτοποίηση) και περιέχει ακέραιο αριθμό. Για το ID εφαρμόζεται η αυτόματη συμπλήρωση (auto increment) των κελιών με αύξον αριθμό ή αύξουσα σειρά χαρακτήρων αν το ID περιέχει και χαρακτήρες, για την αποφυγή διπλών εγγραφών.

Ως ξένο κλειδί ορίζεται μια στήλη η οποία περιέχει τιμές που σχετίζονται με ένα άλλο πίνακα. Για παράδειγμα στον παραπάνω λογικό σχεδιασμό ο πίνακας των αντλιών περιέχει μια στήλη για το είδος της κάθε αντλίας. Η κάθε εγγραφή περιέχει έναν αριθμό ο οποίος αντιστοιχεί στο ID του υλικού μέσα στον πίνακα των ειδών αντλίας. Η παραπάνω περίπτωση που περιγράφηκε παρουσιάζει μία συσχέτιση «ένα προς πολλά», δηλαδή μία αντλία μπορεί να έχει μόνο ένα είδος, ενώ ένα είδος αντιστοιχεί σε πολλές αντλίες. Στην περίπτωση συσχέτισης «πολλά προς πολλά» δημιουργείται ξεχωριστός πίνακας για την περιγραφή αυτής της συσχέτισης. Για παράδειγμα πολλά αντλιοστάσια μπορούν να έχουν πολλές αντλίες και αντίστοιχα πολλές αντλίες μπορούν να υπάρχουν σε πολλά αντλιοστάσια. Έτσι δημιουργήθηκε ένας πίνακας για να περιγράψει ποιες αντλίες υπάρχουν σε ποια αντλιοστάσια.

Στον παραπάνω λογικό σχεδιασμό οι υπογραμμισμένες λέξεις έχουν την έννοια του πρωτεύοντος κλειδιού. Στο τέλος του λογικού σχεδιασμού υπάρχει ένας πίνακας ο οποίος περιγράφει ποιες στήλες είναι τα ξένα κλειδιά και που αντιστοιχούν αυτά.

## 2.4. Υλοποίηση της Βάσης Δεδομένων

Αφού έχει ολοκληρωθεί ο εννοιολογικός και ο λογικός σχεδιασμός, σειρά έχει η υλοποίηση με βάση τα δύο παραπάνω σχέδια. Παρατηρώντας τον εννοιολογικό σχεδιασμό βλέπουμε ότι οι συνδέσεις μεταξύ των πινάκων συμβολίζονται με γραμμές που συμβολίζουν την αμφίδρομη σχέση. Σε κάθε μία από τις δύο άκρες της γραμμής υπάρχει ένας συμβολισμός για να δείξει το είδος της σχέσης που έχουν οι συσχετιζόμενοι πίνακες. Για παράδειγμα η σχέση ανάμεσα στον πίνακα των κατηγοριών φρεατίων και τον πίνακα των φρεατίων είναι σχέση «ένα προς πολλά», δηλαδή ένα φρεάτιο γίνεται να ανήκει σε μία κατηγορία και πολλά φρεάτια μπορούν

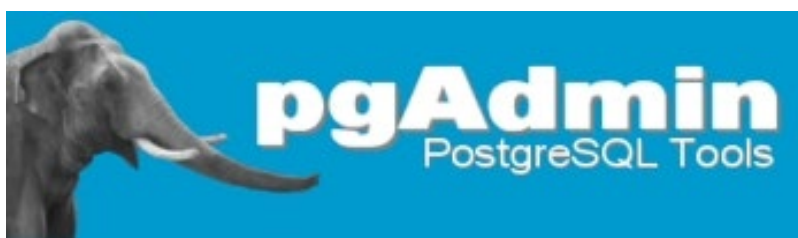
να ανήκουν στην ίδια κατηγορία. Το «ένα» συμβολίζεται με τον αριθμό ένα (1) ενώ τα «πολλά» με τον αστερίσκο (\*).

Εκτός από τη σχέση «ένα προς πολλά», σε αυτή τη βάση υπάρχει ανάμεσα σε κάποιους πίνακες και η σχέση «πολλά προς πολλά», δηλαδή πολλές εγγραφές του ενός πίνακα μπορούν να αντιστοιχούν σε πολλές εγγραφές ενός άλλου πίνακα. Έτσι δημιουργείται ένας πίνακας για να περιγράψει αυτή τη σχέση. Για παράδειγμα κάθε αντλιοστάσιο μπορεί να έχει πολλές αντλίες και ταυτόχρονα πολλές αντλίες ίδιου είδους να αντιστοιχούν σε πολλά αντλιοστάσια. Η σχεδίαση των πινάκων για την περιγραφή των συσχετίσεων αυτών φαίνεται στο λογικό σχεδιασμό.

## **PostgreSQL**

Για την υλοποίηση και διαχείριση της βάσης δεδομένων που σχεδιάστηκε πιο πάνω χρησιμοποιήθηκε το PostgreSQL. Το PostgreSQL είναι ένα σύστημα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων. Είναι ανοιχτού κώδικα και συμβατό με όλα τα διάσημα λειτουργικά συστήματα. Χρησιμοποιεί την SQL και έχει δυνατότητα επεκτάσεων και προσθηκών μέσω τρίτων γλωσσών προγραμματισμού. Το PostgreSQL σχεδιάστηκε το 1986 και από τότε εξελίσσεται συνεχώς.

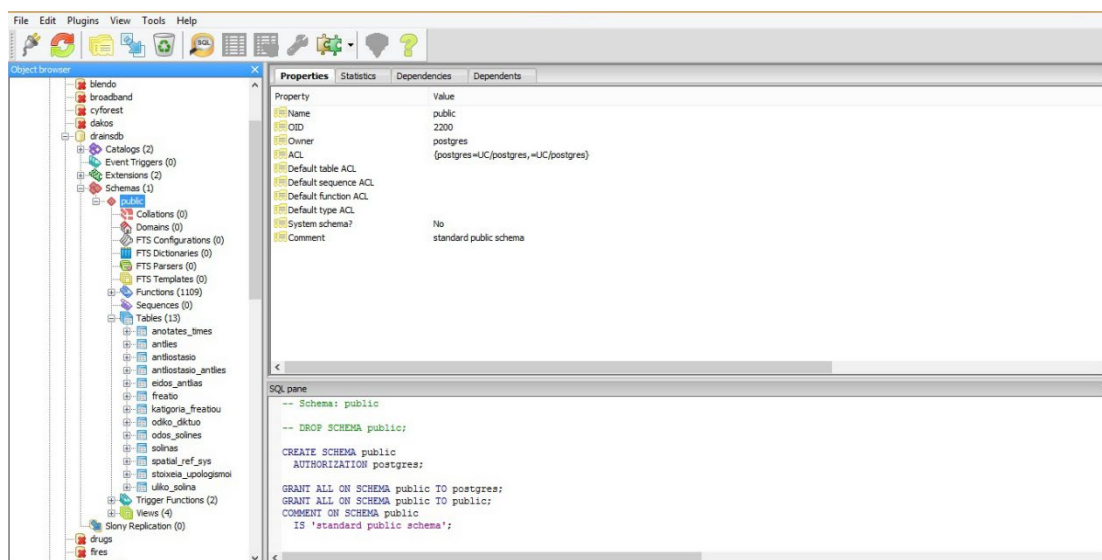
Για τις ανάγκες της υλοποίησης αυτής της βάσης δεδομένων χρησιμοποιήθηκε απομακρυσμένη σύνδεση με το δίκτυο του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Αφού ακολουθήθηκε η διαδικασία για την δημιουργία της σύνδεσης, εγκαταστάθηκε σε προσωπικό υπολογιστή το πρόγραμμα PostgreSQL έκδοσης τρία (3). Έτσι η βάση δεδομένων βρίσκεται σε διαμοιραστή (Server) του πανεπιστημίου και όλοι όσοι έχουν πρόσβαση στο δίκτυο του πανεπιστημίου μπορούν να εισέλθουν και να την δουν.



Εικόνα 11 - Pg Admin logo ( Πηγή: <https://pgadmin.org>)

Με την εκκίνηση του PostgreSQL ζητείται από τον χρήστη να προσθέσει διαμοιραστή.

Εκεί δίνονται τα στοιχεία για σύνδεση στο διαμοιραστή του Πανεπιστημίου και στη συνέχεια, αφού γίνει επιτυχής σύνδεση με τον διαμοιραστή, δημιουργείται η βάση δεδομένων.



Εικόνα 12 - Περιβάλλον PgAdmin (φωτογραφία συγγραφέα)

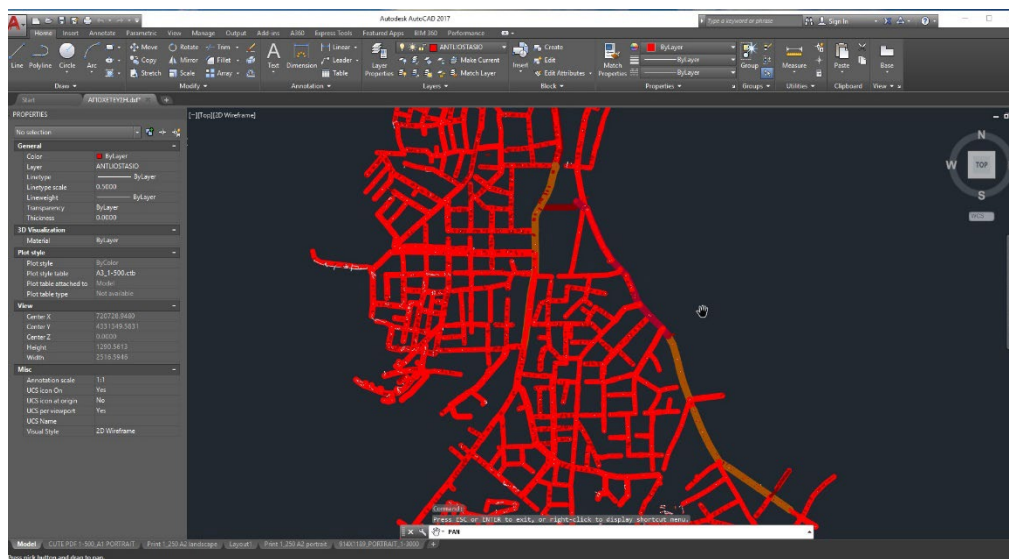
Στη συνέχεια δημιουργούνται οι πίνακες σύμφωνα με το λογικό και τον εννοιολογικό σχεδιασμό. Για κάθε πίνακα πρέπει να οριστούν ακριβώς οι στήλες και ο τύπος περιεχομένου κάθε μιας από αυτές, καθώς επίσης και οι σχέσεις και τα δικαιώματα που έχουν αυτές οι στήλες (πρωτεύον κλειδί, ξένο κλειδί κλπ).

### Συλλογή δεδομένων

Οι κύριες πηγές δεδομένων για τη βάση δεδομένων είναι δύο, το σχέδιο των σωληνώσεων της πόλης της Μυτιλήνης και ένα υπολογιστικό φύλλο με τις μετρήσεις εισόδου και εξόδου στο κεντρικό κτίριο του βιολογικού καθαρισμού μέχρι το 2016. Το υπολογιστικό φύλλο επίσης περιέχει και τις ανώτατες τιμές της κάθε μέτρησης. Και τα δύο αυτά αρχεία παρασχέθηκαν από την Υπηρεσία Ύδρευσης / Αποχέτευσης Λέσβου.



## Σχέδιο AutoCAD

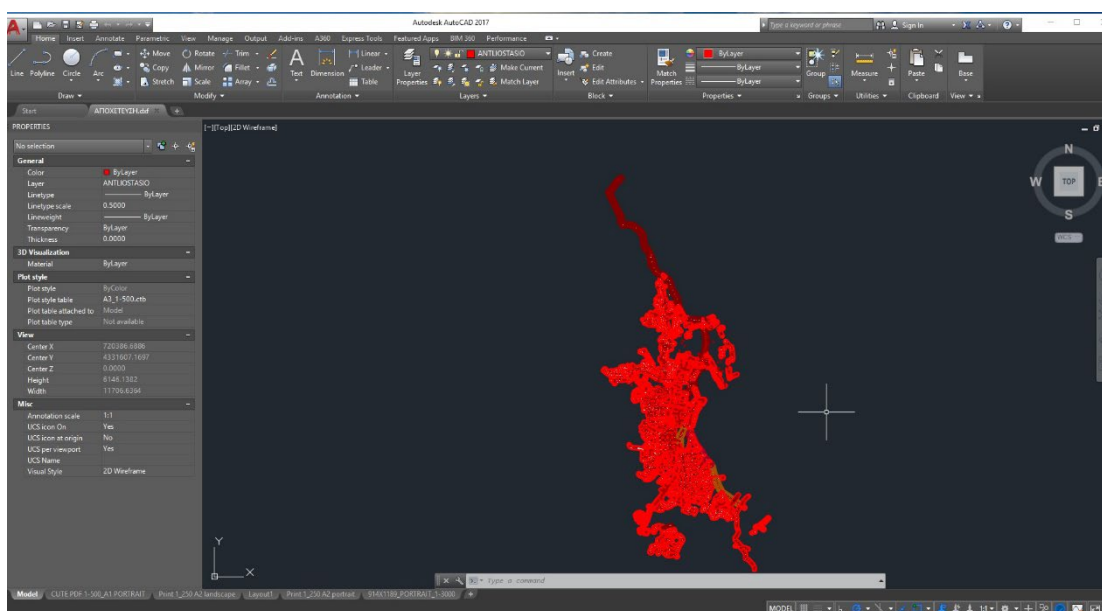


Εικόνα 13 - Σχέδιο AutoCad (φωτογραφία συγγραφέα)

Το σχέδιο των σωληνώσεων της πόλης της Μυτιλήνης είναι ένα αρχείο τύπου dxf (Drawing Exchange Format). Αυτός ο τύπος αρχείου σχεδιάστηκε από την Autodesk για να δίνει τη δυνατότητα στο πρόγραμμα AutoCAD να διαδρά και να ανταλλάσσει πληροφορίες με άλλα σχεδιαστικά προγράμματα. Ανοίγοντας το σχέδιο στο AutoCAD εμφανίζονται όλες οι σωληνώσεις της Μυτιλήνης, τα φρεάτια, τα αντλιοστάσια καθώς επίσης και πληροφορίες για αυτά, όπως είναι το υλικό και η διάμετρος κάθε σωλήνα, το είδος του φρεατίου κλπ. Όλα τα στοιχεία του σχεδίου είναι χωρισμένα σε στρώσεις (layers) για την ευκολότερη περιήγηση μέσα στο σχέδιο και την γρηγορότερη εξαγωγή πληροφοριών και δεδομένων. Οι layers για τους σωλήνες είναι χωρισμένοι ανάλογα με το υλικό και τη διάμετρο σωλήνα, ενώ τα φρεάτια είναι χωρισμένα σε ιδιωτικά ή δημόσια. Όλα τα στοιχεία είναι κάτω από το ίδιο σύστημα συντεταγμένων, το ελληνικό σύστημα συντεταγμένων (Greek Grid).

Στο σχέδιο οι σωλήνες και τα φρεάτια αντιμετωπίζονται ως σχήματα. Τα φρεάτια έχουν την μορφή των σημείων (points) ενώ οι σωλήνες αναγνωρίζονται ως γραμμές (polylines). Για την εξαγωγή στοιχείων και μεταφορά αυτών στο ArcMap, το οποίο αναλύεται παρακάτω, οι layers του σχεδίου του AutoCAD πρέπει να μετατραπούν σε shape files, μια μορφή αρχείου με κατάληξη .shp, η οποία περιέχει τα σχήματα και τις πληροφορίες που αντιστοιχούν σε αυτά, στο ίδιο αρχείο.

Στο σχέδιο του AutoCAD, στην επιλογή «εργαλεία» υπάρχει η επιλογή εξαγωγής αρχείων σε διάφορες μορφές, συμπεριλαμβανομένων και των shape files. Τα shape files που δημιουργούνται είναι δύο, ένα shape file για τα σημεία και ένα για τις γραμμές. Έτσι στην πρώτη εξαγωγή επιλέγεται να συγκεντρωθούν όλοι οι layers που έχουν σχέση με γραμμές, δηλαδή όλοι οι layers των σωληνώσεων. Στη δεύτερη



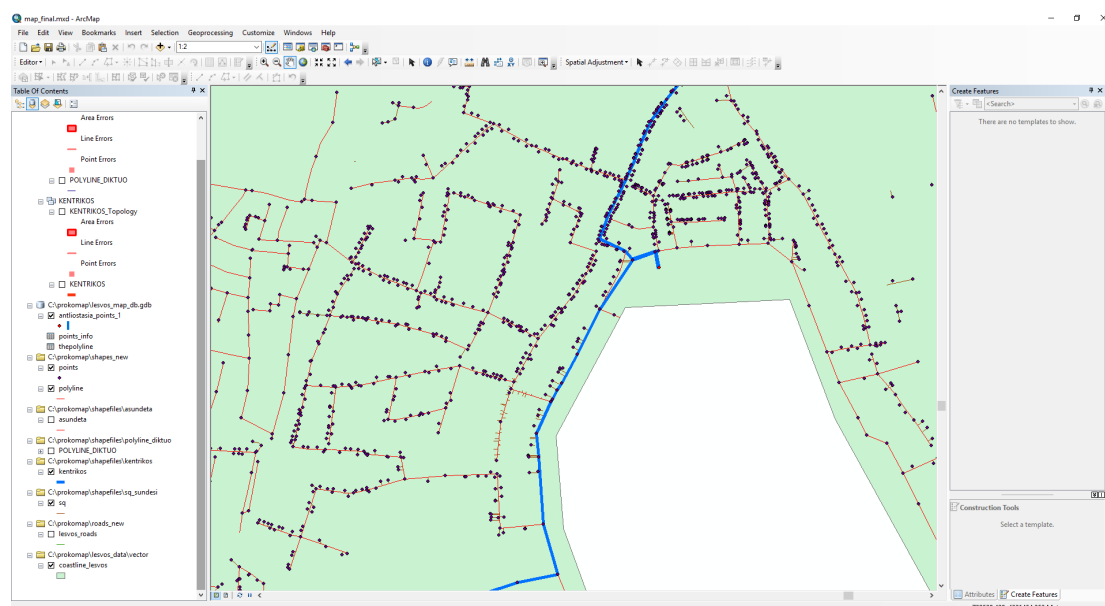
Εικόνα 14 - Σχέδιο AutoCad (φωτογραφία συγγραφέα)

εξαγωγή επιλέγονται όλοι οι layers που έχουν σχέση με σημεία, δηλαδή όλοι οι layers των φρεατίων. Με την παραπάνω διαδικασία δημιουργήθηκαν δύο shape files, ένα που έχει όλες τις γραμμές και ένα που έχει όλα τα σημεία.

### **Εργασία στο ArcMap**

Πιο πάνω αναλύθηκε η δημιουργία των shape files που χρειάζονται ώστε το ArcMap να μπορεί να επεξεργαστεί το σχέδιο των σωληνώσεων της Μυτιλήνης. Τα δύο αρχεία που προέκυψαν μπορούν τώρα να εισαχθούν στο ArcMap. Η διαδικασία

είναι πολύ απλή. Με την επιλογή «εισαγωγή δεδομένων» (import Data), εισάγονται στο πρόγραμμα τα δύο shape files και άμεσα απεικονίζονται στο χάρτη. Για υπόβαθρο επιλέχθηκε ένας γενικός χάρτης με την ακτογραμμή της Λέσβου, ο οποίος παρασχέθηκε από το Πανεπιστήμιο Αιγαίου. Πάνω σε αυτό το χάρτη αποτυπώνονται σε ακριβή θέση τα σημεία και οι γραμμές των δύο shape files που μόλις εισήχθηκαν. Στα αριστερά του παραθύρου φαίνονται οι layers που δημιουργούνται μετά την εισαγωγή των δεδομένων. Με δεξί κλικ πάνω στον layer των points και με επιλογή στο «open attribute table» εμφανίζεται ο πίνακας με όλες τις πληροφορίες που σχετίζονται με κάθε ένα από τα σημεία που εμπεριέχονται σε αυτό τον layer. Όλες αυτές οι πληροφορίες αντλήθηκαν από το αρχικό σχέδιο του AutoCAD. Το ίδιο ισχύει και για τα υπόλοιπα shape files που υπάρχουν μέσα στο σχέδιο. Τέλος, εισάγεται ένα shape file που περιέχει όλους τους δρόμους της Μυτιλήνης με τις ονομασίες τους. Αυτό το αρχείο αντλήθηκε από την ιστοσελίδα του Open Street Map, μιας ιστοσελίδας που περιέχει εμπλουτισμένους χάρτες με γεωχωρικά δεδομένα.



Εικόνα 15 - Περιβάλλον ArcMap (φωτογραφία συγγραφέα)

## Επεξεργασία δεδομένων στο ArcMap, το ArCatalog και το QGIS

Μετά την εισαγωγή όλων των απαραίτητων αρχείων για την αποτύπωση των σωληνώσεων της Μυτιλήνης πάνω στον χάρτη, ακολουθεί η επεξεργασία των

δεδομένων για να γίνει σωστή και ακριβής σύνδεση με τη βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η εξής:

- Έλεγχος συντεταγμένων

Κατά τον σχεδιασμό της βάσης λήφθηκε ως δεδομένο ότι οι συντεταγμένες που χρησιμοποιούνται από το σχέδιο είναι το ελληνικό πλέγμα (Greek Grid) με κωδικό 2100. Οι συντεταγμένες αυτές είναι τύπου PSG (Projected Coordinate System) και χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό χαρτών σε δύο διαστάσεις. Στο σχέδιο του AutoCAD οι συντεταγμένες που χρησιμοποιήθηκαν είναι γεωγραφικού τύπου WSG 1987. Οι συντεταγμένες γεωγραφικού τύπου είναι τριών διαστάσεων. Ο κωδικός WSG 1987 αντιστοιχεί στο ελληνικό πλέγμα 2100. Με την εισαγωγή των shape files από το AutoCAD στο ArcMap οι συντεταγμένες είναι γεωγραφικού τύπου, οι οποίες δεν μπορούν να συμβαδίσουν με τους πίνακες που υπάρχουν στη βάση δεδομένων. Οπότε γίνεται σε όλα τα shape files μετατροπή του συστήματος συντεταγμένων σε PSG 2100 ώστε να ταιριάζει με τα δεδομένα της βάσης δεδομένων. Αυτή η αλλαγή δεν επηρεάζει σε κανένα βαθμό τις τιμές των συντεταγμένων, απλά αφαιρεί την συντεταγμένη του βάθους.

- Διαχωρισμός shapefile

Αφού γίνει η διόρθωση συντεταγμένων, γίνεται διαχωρισμός των δεδομένων των shapefile για την καλύτερη δυνατή διαχείριση. Τα κύρια shape files είναι δύο, ένα shape file σημείων (point), το οποίο αντιστοιχεί σε όλα τα φρεάτια, και ένα shape file γραμμών (polyline), το οποίο περιέχει όλες τις σωληνώσεις του δικτύου της Μυτιλήνης. Επιπλέον shape files είναι η ακτογραμμή της Λέσβου και το οδικό δίκτυο της Μυτιλήνης με τα ονόματα των οδών.

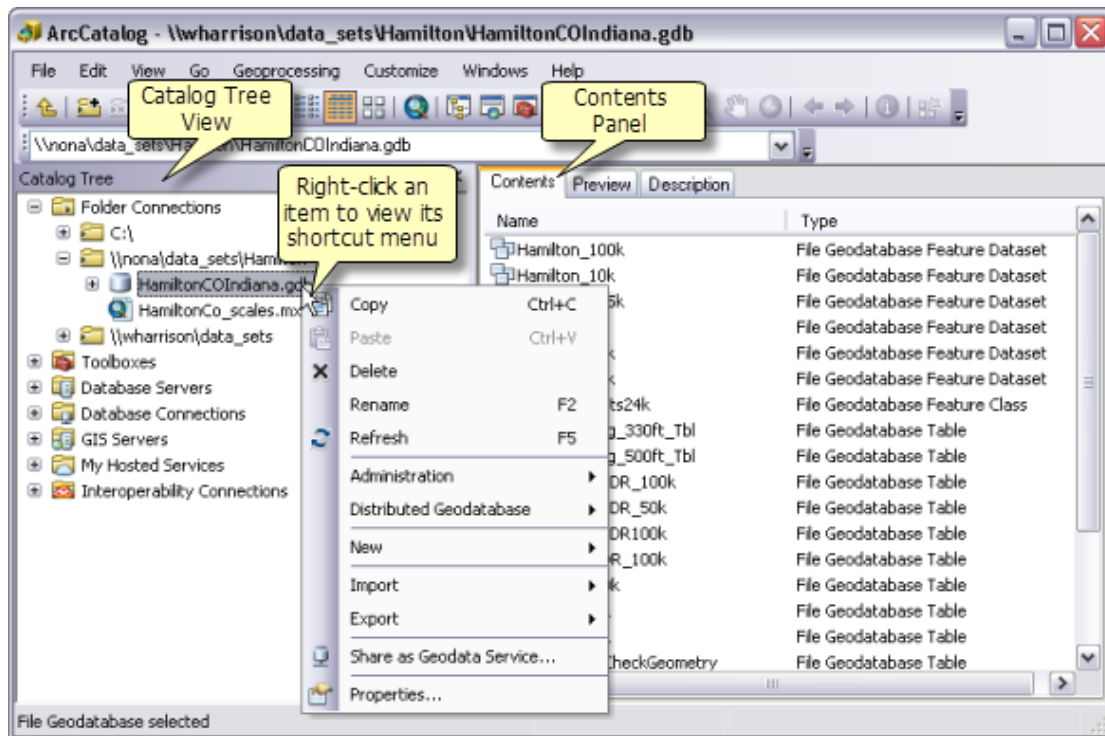
Για το shape file των points δεν γίνεται κάποιος διαχωρισμός στα φρεάτια μιας που είναι ήδη χωρισμένα σε ιδιωτικά και δημόσια. Αυτό που βγαίνει σε ξεχωριστό shape file από το shape file των points είναι οι θέσεις των αντλιοστασίων. Πιο αναλυτικός διαχωρισμός γίνεται στο shape file των polyline. Εν συντομία, ο στόχος είναι η ανάλυση του δικτύου των σωληνώσεων σε σωλήνες συνδέσεων, βοηθητικούς και άλλους σωλήνες, και τέλος τον κεντρικό αγωγό. Πιο αναλυτικά, για τον κεντρικό αγωγό, η διαλογή έγινε με βάση τις συντεταγμένες, οι οποίες συλλέχθηκαν με GPS.

Βάσει αυτών των συντεταγμένων προέκυψε μια πορεία που ξεκινά από το Βιολογικό Καθαρισμό Μυτιλήνης στον Καρα Τεπέ και καταλήγει μετά τον Πύργο της Μυτιλήνης, στην περιοχή Σουράδα. Αυτή η σειρά σωληνώσεων εξάγεται σε ξεχωριστό shape file. Στη συνέχεια γίνεται ξεχωριστό shape file με τις ενώσεις που υπάρχουν ανάμεσα στους σωλήνες και τα ιδιωτικά φρεάτια. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω των εργαλείων που παρέχει το ArcMap. Στον πίνακα δεδομένων για το shape file των polyline υπάρχουν όλες οι πληροφορίες για τις σωληνώσεις, οι οποίες προήλθαν από το σχέδιο του AutoCAD. Μια από αυτές τις πληροφορίες είναι η ονομασία της στρώσης (layer) στις οποίες είναι χωρισμένες οι σωληνώσεις και γενικά όλα τα σχέδια μέσα στο AutoCAD. Η ονομασία για τις συνδέσεις είναι «SQ\_ΣΥΝΔΕΣΗ». Έτσι στον πίνακα δεδομένων μπορεί να γίνει μια αναζήτηση στα δεδομένα και να απομονωθούν όλες οι εγγραφές που το όνομα του layer είναι «SQ\_ΣΥΝΔΕΣΗ». Στη συνέχεια γίνεται αποκοπή και επικόλληση αυτών των εγγραφών σε νέο shape file ώστε να απομονωθούν.

Ο επόμενος διαχωρισμός αφορά το πόσες γραμμές είναι ενωμένες μεταξύ τους. Γίνεται προσεκτική διαλογή χειροκίνητα στο χάρτη του ArcMap. Η χρήση αυτού του διαχωρισμού αναλύεται σε παρακάτω βήμα. Τέλος, σε ένα ξεχωριστό shape file μπαίνουν όσες γραμμές μένουν εκτός από τον παραπάνω διαχωρισμό.

- Δημιουργία Τοπολογίας

Αφού γίνει ο διαχωρισμός των shape files, σειρά έχει η δημιουργία τοπολογίας για τα shape files που θέλουμε να γίνουν δίκτυο. Αυτή η διαδικασία αφορά τα shape files του κεντρικού αγωγού και του δικτύου των συνδεδεμένων μεταξύ τους polyline, ώστε να μπορούν να περαστούν στη βάση δεδομένων ως συνεχείς γραμμές, ενωμένες μεταξύ τους, για να είναι δυνατή η χρήση τους σε μελλοντικές λειτουργίες σχεδίασης και ανάλυσης που έχουν σχέση με τα δεδομένα της βάσης δεδομένων. Επίσης με αυτή τη διαδικασία διορθώνονται τυχόν σχεδιαστικά λάθη, όπως για παράδειγμα πολύ μικρά κενά ανάμεσα στα polyline. Η δημιουργία τοπολογίας γίνεται στο ArcCatalog, το πρόγραμμα διαχείρισης αρχείων του ArcGIS.



Εικόνα 16 - Περιβάλλον ArcCatalog (Πηγή: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/using-arccatalog/what-is-arccatalog-.htm>)

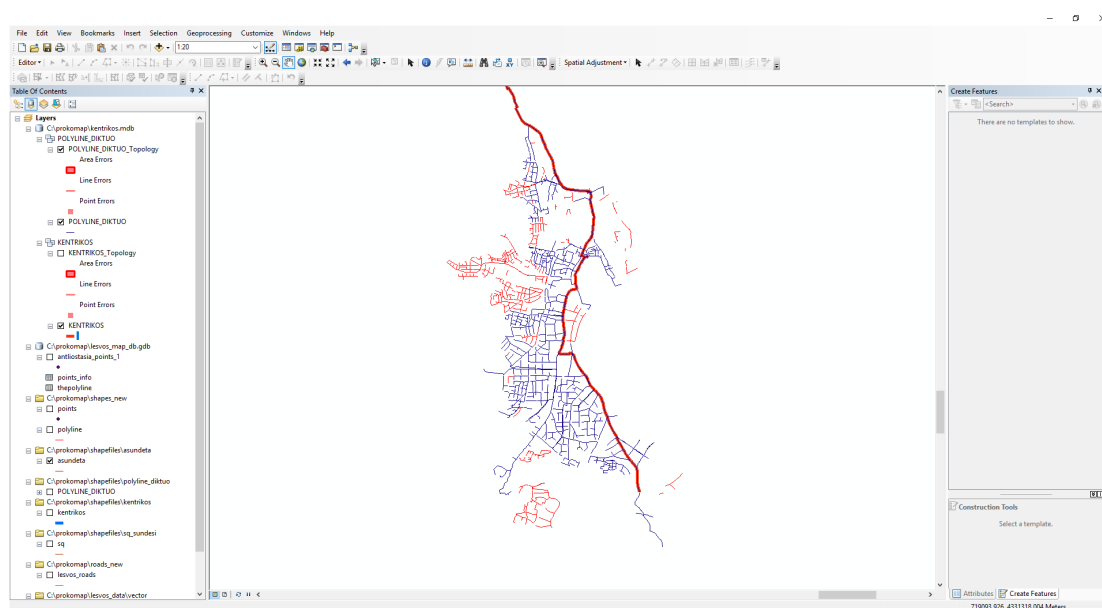
Στο ArcCatalog, δημιουργείται μια καινούρια τοπική βάση η οποία περιέχει όλα τα αρχεία που θα δημιουργηθούν μετά το πέρας της διαδικασίας δημιουργίας τοπολογίας. Στη συνέχεια δημιουργούμε ένα καινούριο feature dataset, στο οποίο προσέχουμε να έχει το ίδιο σύστημα συντεταγμένων με αυτό του shape file που θέλουμε να επεξεργαστούμε. Μετά εισάγουμε το shape file μέσα στο feature dataset που δημιουργήσαμε. Στο παράθυρο εισαγωγής καθορίζουμε ποιο shape file είναι προς επεξεργασία, ποιο είναι το feature dataset και ποιο είναι το όνομα της καινούριας feature class που θα δημιουργηθεί αμέσως μετά την εισαγωγή. Αφού γίνει επιτυχής εισαγωγή του shape file στο feature dataset, σειρά έχει η δημιουργία τοπολογίας. Με δεξί κλικ στο feature dataset επιλέγουμε να δημιουργήσουμε νέα τοπολογία και στο παράθυρο που ανοίγει επιλέγουμε όνομα τοπολογίας, το οποίο για λόγους ευκολίας το ονομάζουμε όμοια με το shape file, επιλέγουμε για ποιο feature class θα δημιουργηθεί η τοπολογία, καθορίζουμε την ευαισθησία των διορθώσεων που θα γίνουν με τη δημιουργία τοπολογίας, επιλέγουμε έναν ή περισσότερους κανόνες διόρθωσης και τέλος επιλέγουμε τρόπο διαχείρισης των λαθών που μπορεί να παρουσιαστούν. Στην περίπτωση των shape files για τα οποία δημιουργούμε τοπολογία, επιλέγουμε ως κανόνα την μη ύπαρξη κενών ανάμεσα στις γραμμές και αφήνουμε επιλεγμένη την προβολή των λαθών. Μετά τη δημιουργία της τοπολογίας γίνεται μια επαλήθευση για

την ορθότητα της. Η δημιουργία τοπολογίας προσθέτει στοιχεία στο attribute table του εκάστοτε shape file, όπως το μήκος του κάθε σχήματος που περιέχεται σε αυτό και ο τύπος γεωμετρίας του.

- Χρήση τοπολογίας

Σε αυτό το βήμα γίνεται εισαγωγή των τοπολογιών που δημιουργήθηκαν παραπάνω στο ArcMap, για διόρθωση τυχόν λαθών που έχουν προκύψει. Η εισαγωγή γίνεται με τον ίδιο τρόπο που εισάγουμε ένα shape file. Το ArcMap παρέχει εργαλεία ελέγχου και διόρθωσης τοπολογίας, οπότε όταν εισαχθούν οι τοπολογίες γίνεται έλεγχος ύπαρξης λαθών μέσω του Error Inspector Tool, που υπάρχει στη γραμμή εργαλείων τοπολογίας. Σε αυτό το εργαλείο επιλέγουμε για ποιο κανόνα θέλουμε να εμφανίσουμε λάθη, είτε για έναν είτε για όλους μαζί. Στην περίπτωση που υπάρχουν λάθη εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα στο χάρτη ώστε να μπορούν να εντοπιστούν και να διορθωθούν. Στην περίπτωση των τοπολογιών που δημιουργήθηκαν στο προηγούμενο βήμα, δεν υπήρξαν λάθη γιατί είχε γίνει διαχωρισμός των shape files και διόρθωση τέτοιων λαθών πριν δημιουργηθεί η τοπολογία.

Αφού τελειώσει και αυτή η διαδικασία, τα feature class μπορούν να αποθηκευτούν ως καινούρια shape files για περαιτέρω χρήση.



Εικόνα 17 - Σχέδιο ArcMap μετά τη διόρθωση τοπολογίας (φωτογραφία συγγραφέα)

- QGIS

Στη συνέχεια μέσω του QGIS γίνεται εισαγωγή των shape files στη βάση. Το QGIS παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης με βάση δεδομένων και παρέχει έτοιμες λύσεις για εισαγωγή shape file στη βάση. Αφού γίνει επιτυχής σύνδεση στη βάση, επιλέγουμε το εργαλείο για την εισαγωγή shape files στη βάση δεδομένων. Επιλέγουμε τη βάση που θέλουμε να γίνει η εισαγωγή και τον πίνακα στον οποίο θα γίνει η εισαγωγή. Αν δεν επιλεγεί πίνακας τότε δημιουργείται νέος πίνακας μέσα στη βάση. Μόλις ολοκληρωθεί επιτυχώς η διαδικασία εμφανίζεται ο καινούριος πίνακας μέσα στη βάση με όλα τα στοιχεία που περιέχει το shape file μέσα στο attribute table του.

- Τοπολογία στη βάση δεδομένων

Αφού εισαχθούν όλα τα shape files στη βάση δεδομένων, ακολουθείται η διαδικασία για τη δημιουργία στηλών δικτύου. Αυτό γίνεται με μια σειρά εντολών που εκτελούνται στο PgAdmin. Επιλέγουμε το κουμπί query που υπάρχει στη γραμμή εργαλείων του PgAdmin και τρέχουμε τις εξής εντολές:

```
alter table *όνομα πίνακα*
```

```
add column source integer,
```

```
add column target integer;
```

Οι παραπάνω εντολές δημιουργούν σε ένα συγκεκριμένο πίνακα δύο καινούριες στήλες που δέχονται ακέραιους αριθμούς. Στο όνομα πίνακα δίνουμε το αντίστοιχο όνομα του πίνακα στον οποίο θέλουμε να εισάγουμε τις καινούριες στήλες. Στη συνέχεια τρέχουμε την παρακάτω εντολή για το γέμισμα των στηλών που μόλις δημιουργήσαμε:

```
select pgr_createTopology(*όνομα πίνακα*, 0.00001, 'geom', 'id');
```

Η παραπάνω εντολή γέμισε τις δύο καινούριες στήλες με αριθμούς αντιστοίχισης, ώστε να φαίνεται ποιες γραμμές εφάπτονται μεταξύ τους. Για



παράδειγμα η γραμμή που έχει στη στήλη source τον αριθμό 2 και στη στήλη target έχει τον αριθμό 3 εφάπτεται με τη γραμμή που έχει στη στήλη target τον αριθμό 2 και τη γραμμή που έχει στη στήλη source τον αριθμό 3. Πρακτικά αυτή η διαδικασία μετατρέπει το δίκτυο σε μια συνεχή γραμμή χωρισμένη σε πολλά τμήματα.

Η παραπάνω εντολές δεν χρειάζεται να τρέξουν για όλα τα shape files που εισάγονται στη βάση, παρά μόνο για αυτά που θέλουμε να εμφανίσουμε και να αναλύσουμε ως δίκτυο.

- Γέμισμα λοιπών πινάκων

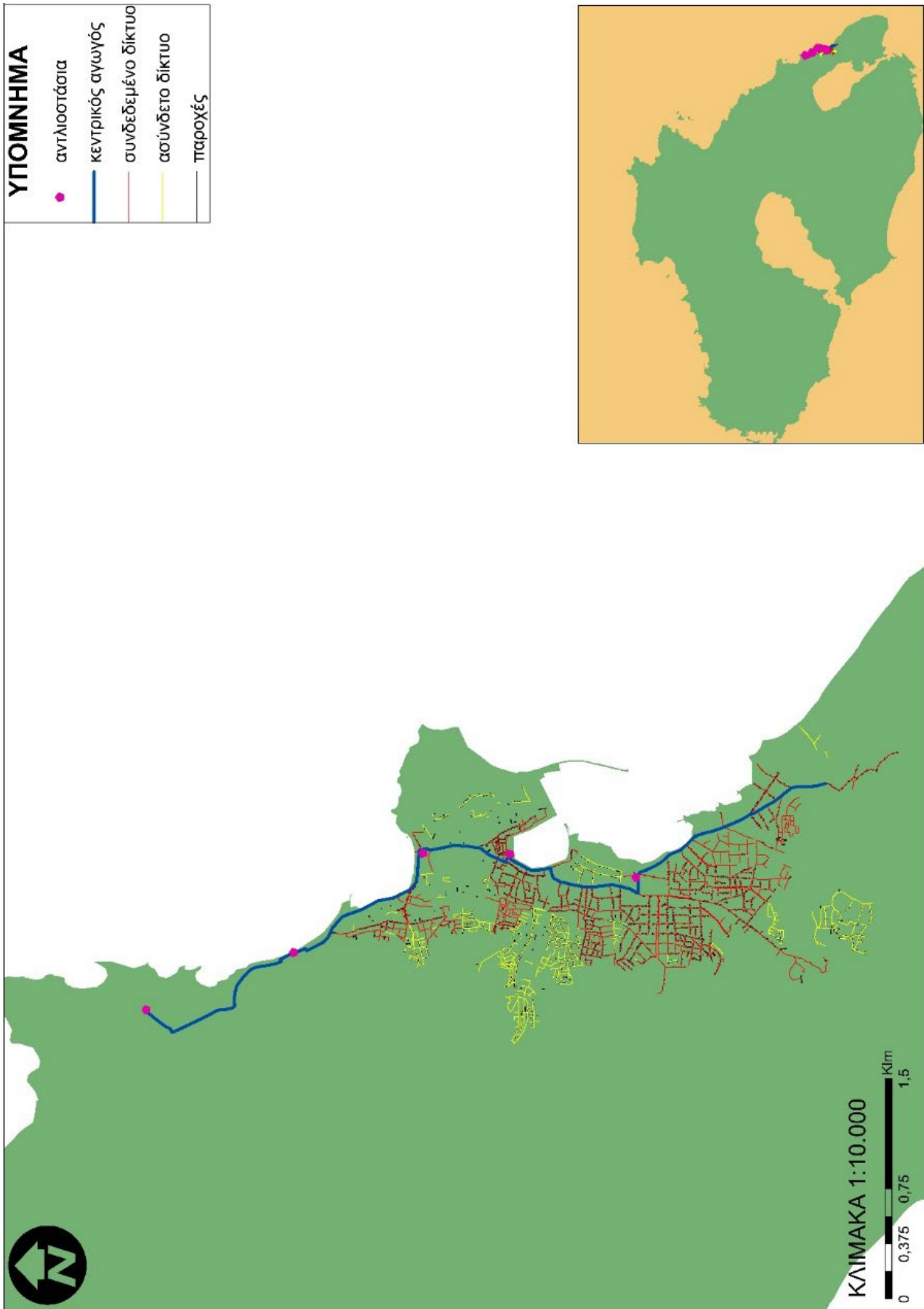
Έχοντας τελειώσει με τη διαδικασία δημιουργίας δικτύων και εισαγωγής των shape files στη βάση δεδομένων, απομένει το γέμισμα των υπόλοιπων πινάκων που υπάρχουν στη βάση δεδομένων. Αυτό γίνεται χειροκίνητα μιας και τα δεδομένα είναι λίγα. Έτσι χειροκίνητα μπορεί να γεμίσει ο πίνακας ειδών αντλίας, αντλιοστασίων, ειδών φρεατίου, ειδών σωληνώσεων, υλικών σωληνώσεων. Ο τρόπος συσχέτισης αυτών των πινάκων αναλύθηκε σε προηγούμενη ενότητα.

## 3. Αποτελέσματα

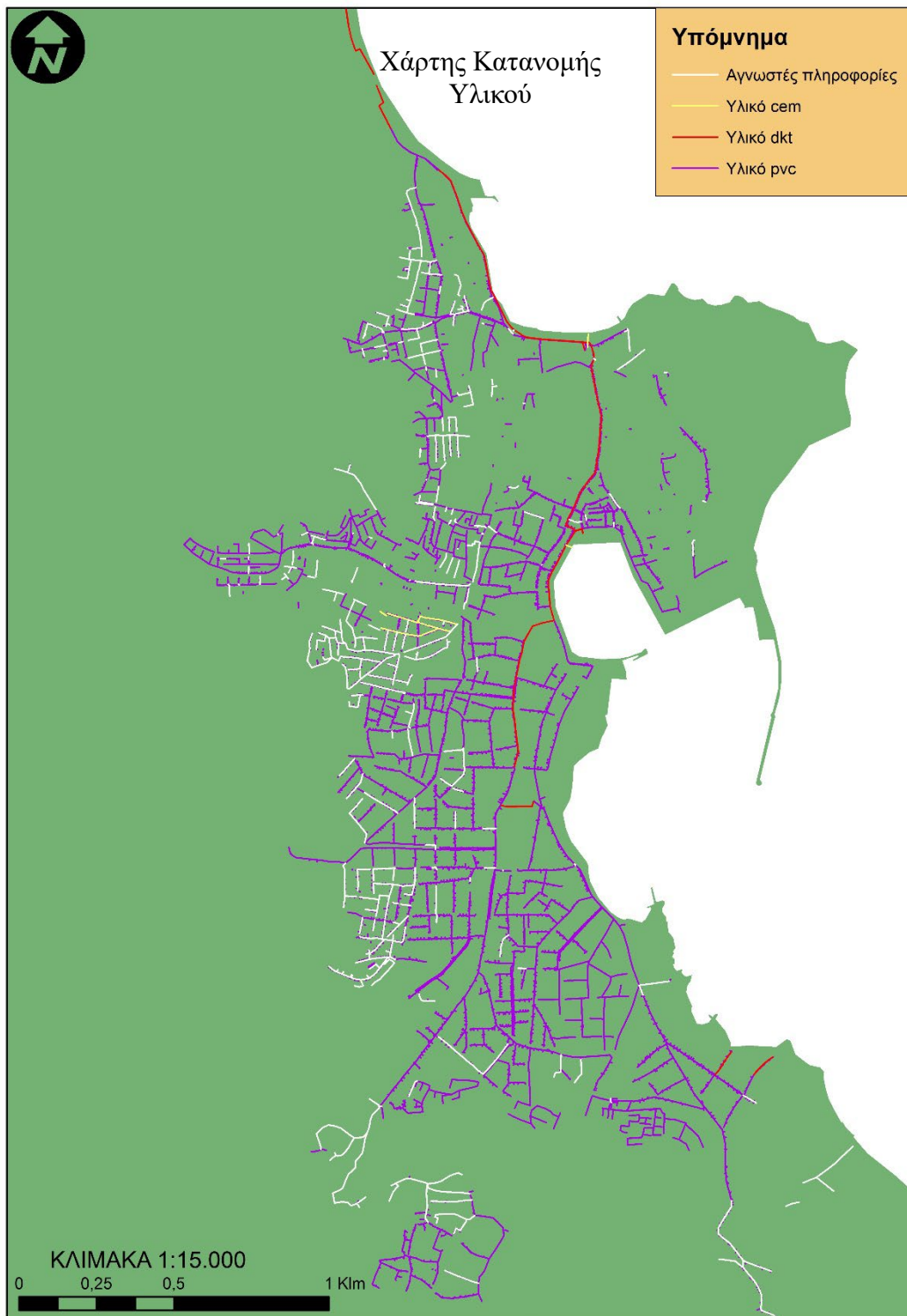
### 3.1. Χάρτες

Παρακάτω παρατίθενται χάρτες με αποτελέσματα που αφορούν υλικό και τη διατομή των σωληνώσεων, την κατηγορία φρεατίου και την ύπαρξη σύνδεσης ή μη μεταξύ των σωληνώσεων μέσα στο σχέδιο (συνδεδεμένο – μη συνδεδεμένο).

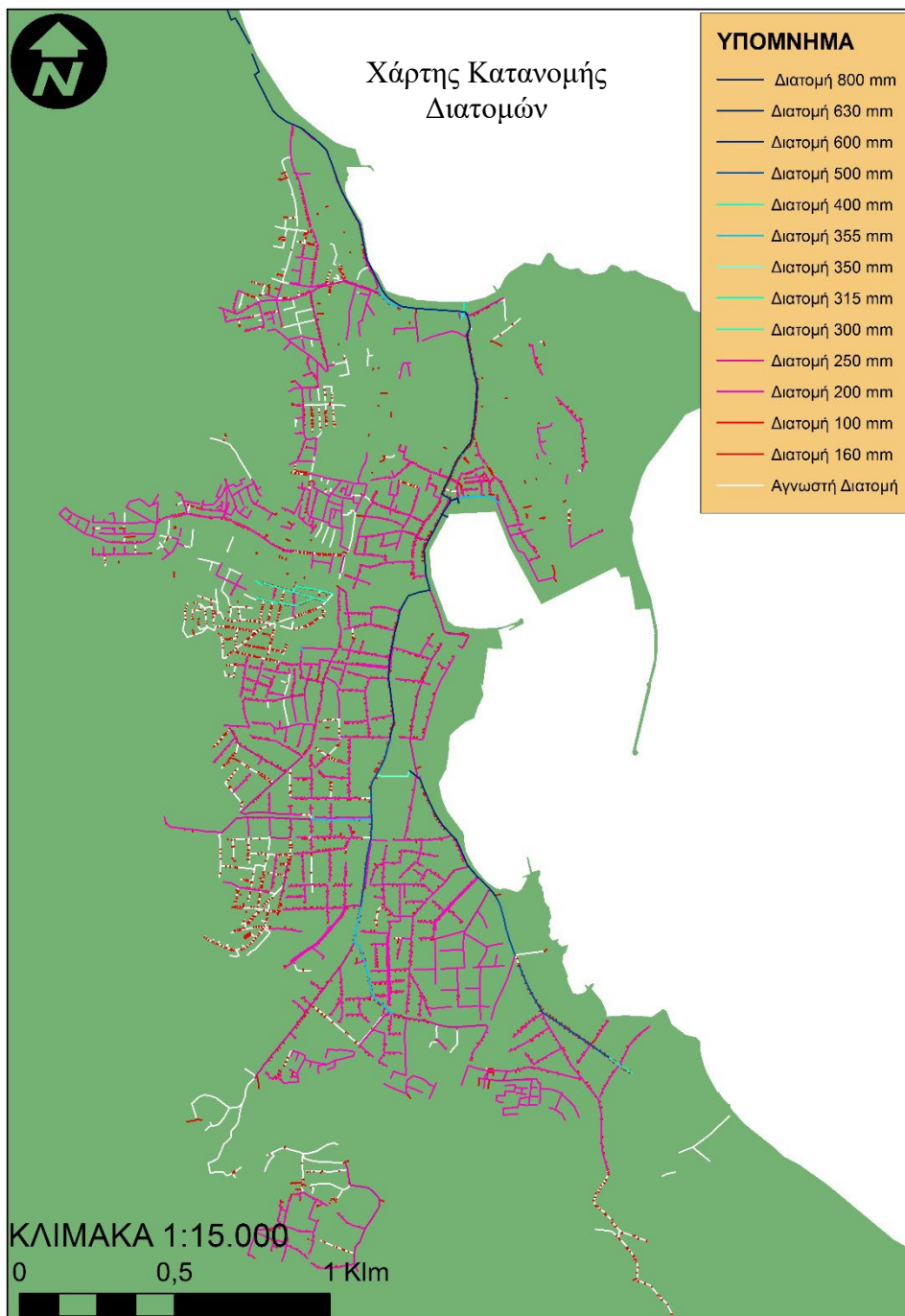
# Αποχετευτικό δίκτυο Μυτιλήνης



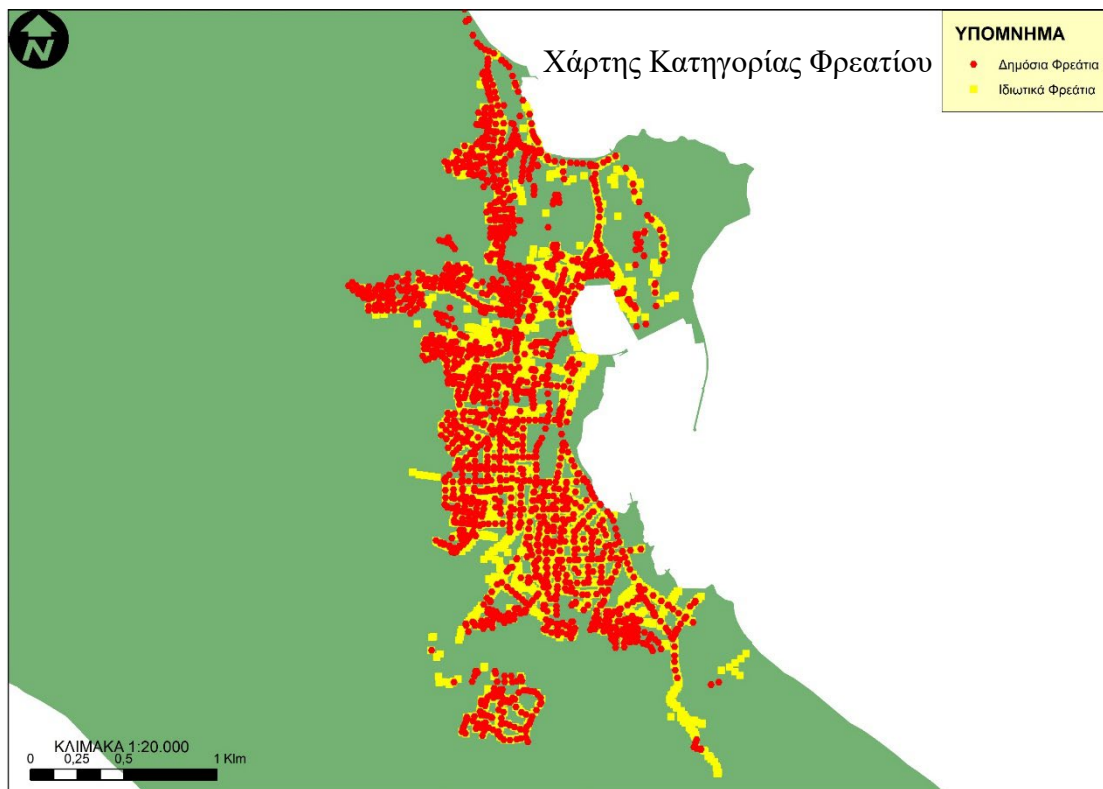
Εικόνα 18 - Αποχετευτικό δίκτυο Μυτιλήνης (φωτογραφία συγγραφέα)



Εικόνα 19 - Χάρτης κατανομής υλικού (φωτογραφία συγγραφέα)



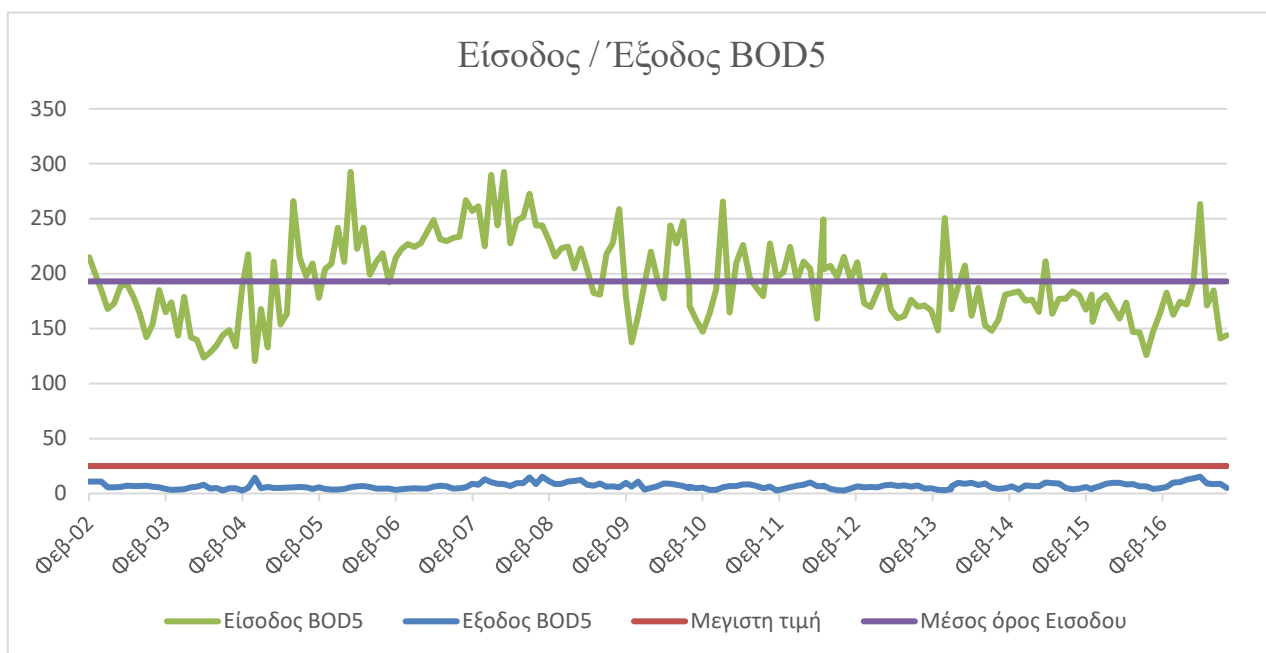
Εικόνα 20 - Χάρτης κατανομής διατομών (φωτογραφία συγγραφέα)



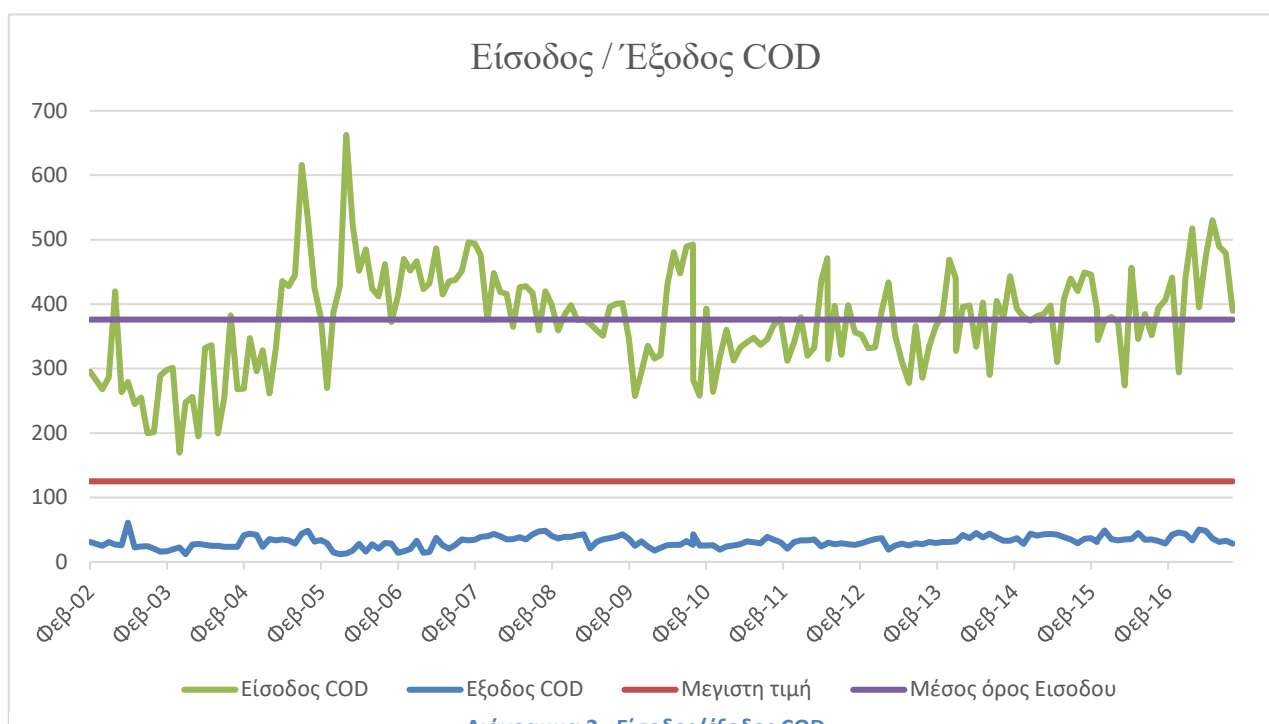
Εικόνα 21 - Χάρτης κατηγορίας φρεατίου (φωτογραφία συγγραφέα)

### 3.2. Διαγράμματα μετρήσεων

Παρακάτω παρατίθενται τα διαγράμματα εισόδου – εξόδου για όλες τις χημικές ενώσεις που σχετίζονται με το βιολογικό καθαρισμό Μυτιλήνης. Τα διαγράμματα αυτά προέκυψαν από το αρχείο μετρήσεων που δόθηκε από την ΔΕΥΑΜ και περιέχει μετρήσεις και δεδομένα από το έτος 2002.

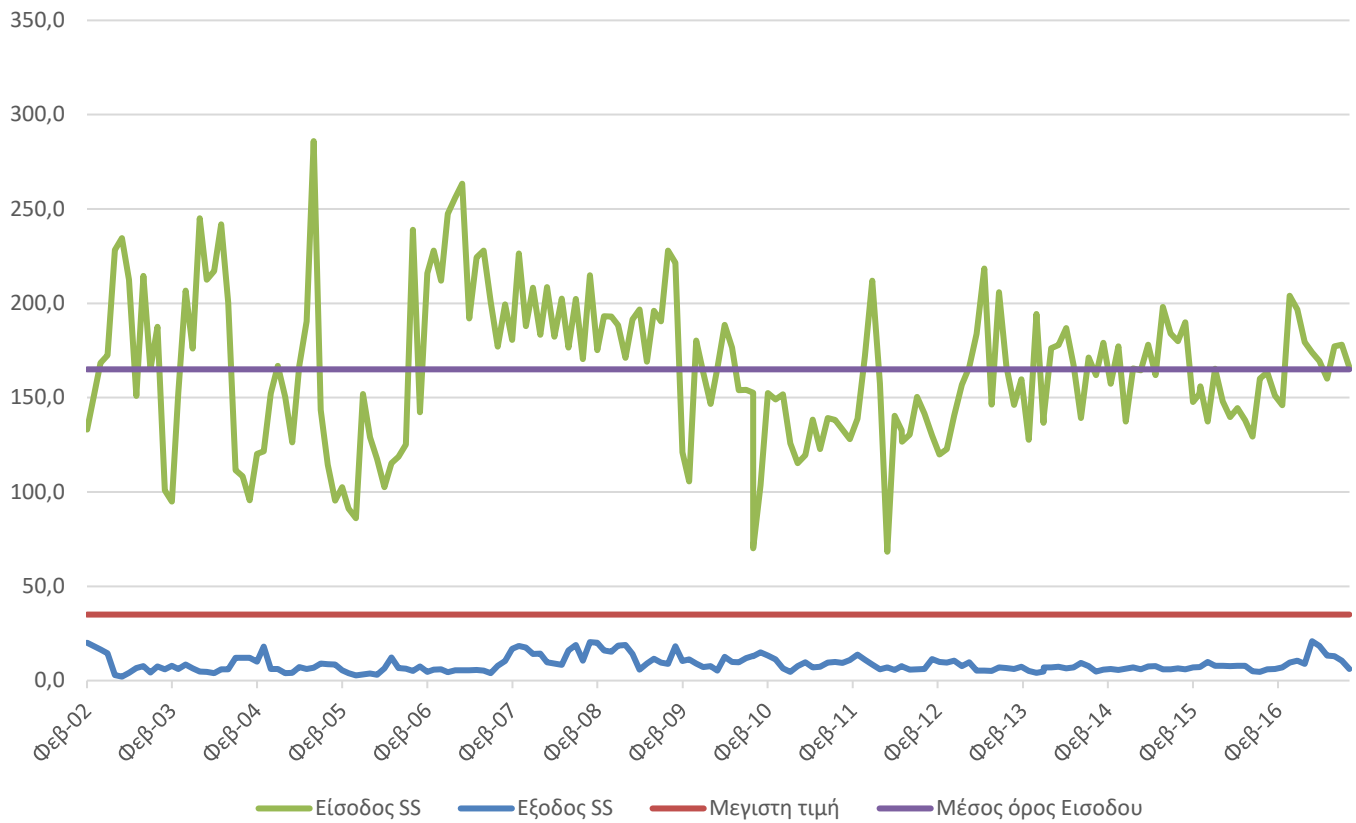


Διάγραμμα 1 - Είσοδος/έξοδος BOD5



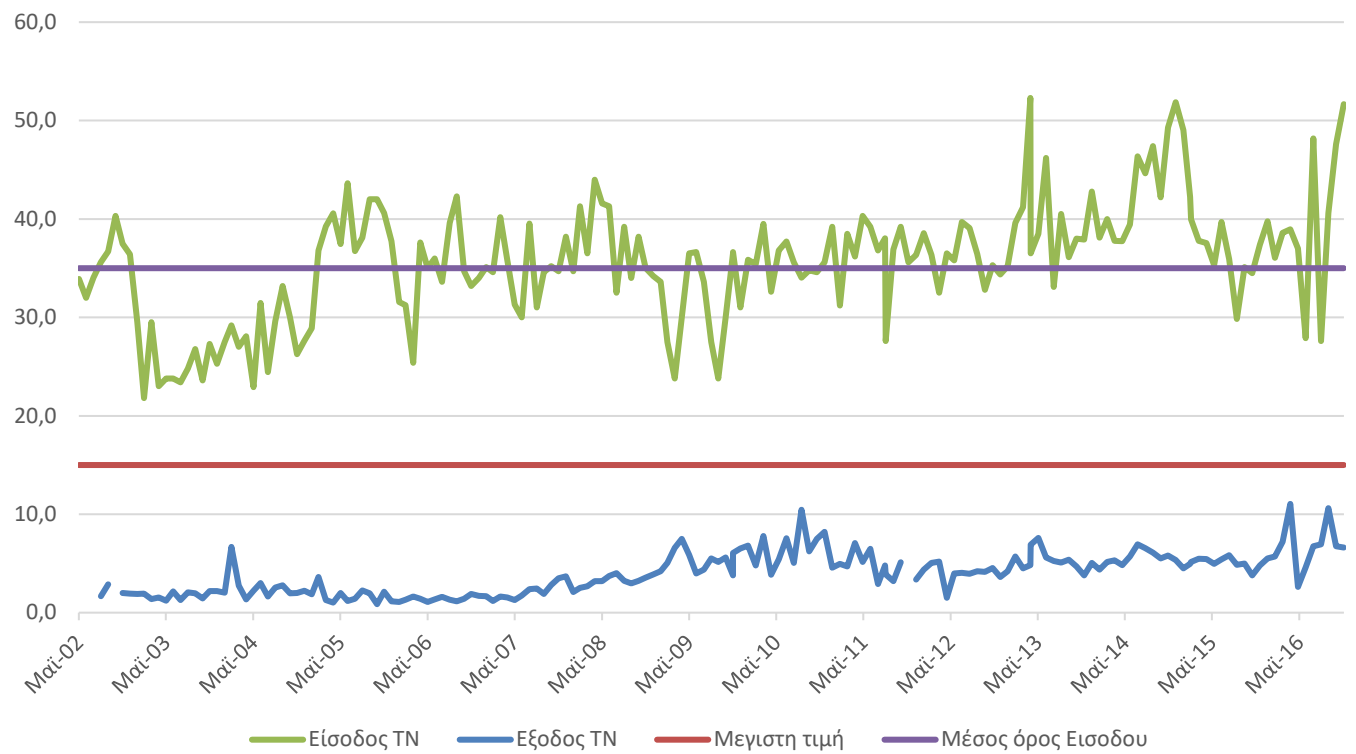
Διάγραμμα 2 - Είσοδος/έξοδος COD

### Είσοδος / Έξοδος Αιωρούμενων Στερεών (SS)



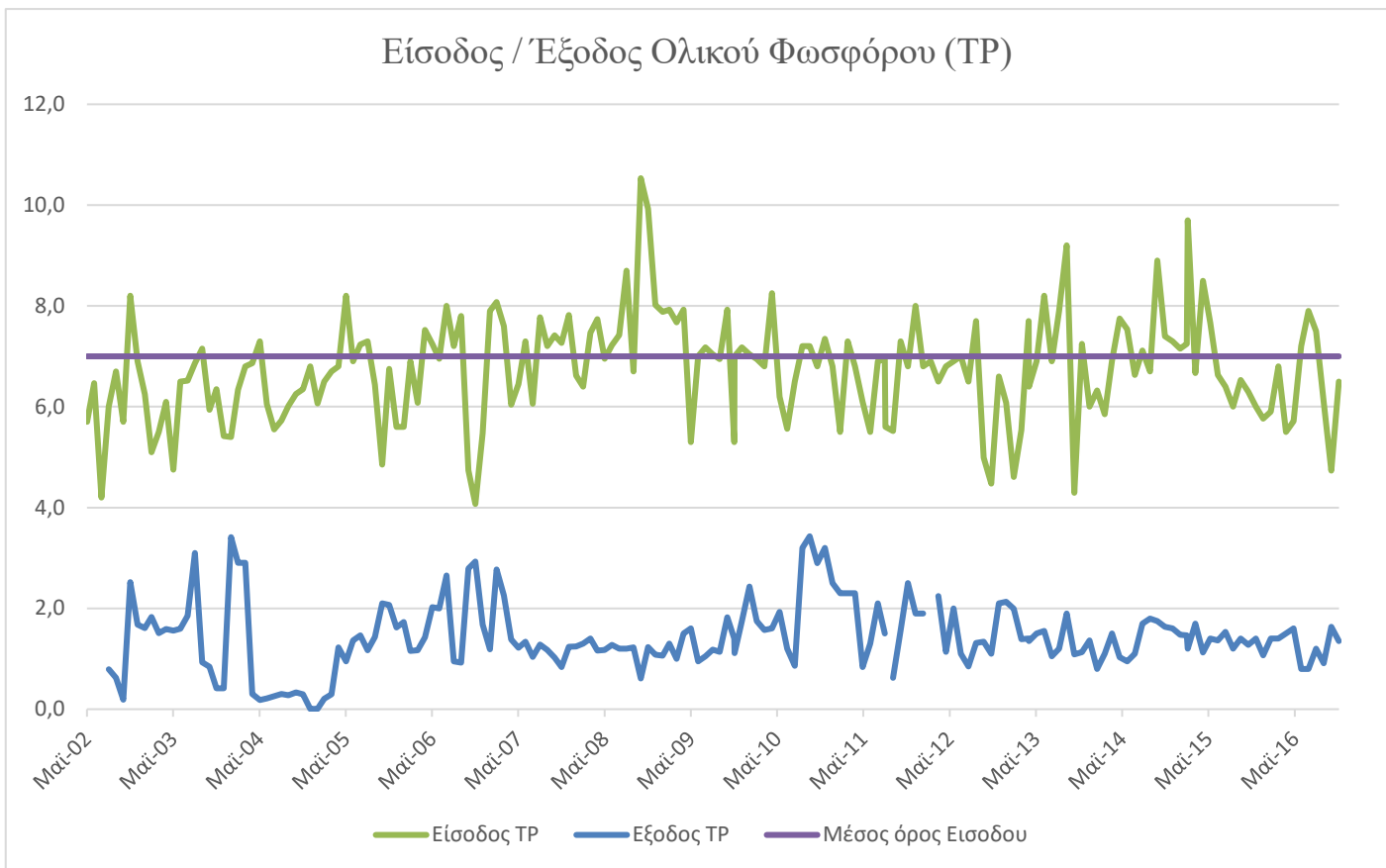
Διάγραμμα 3 - Είσοδος/έξοδος Αιωρούμενων Στερεών (SS)

### Είσοδος / Έξοδος Ολικού Αζώτου (TN)

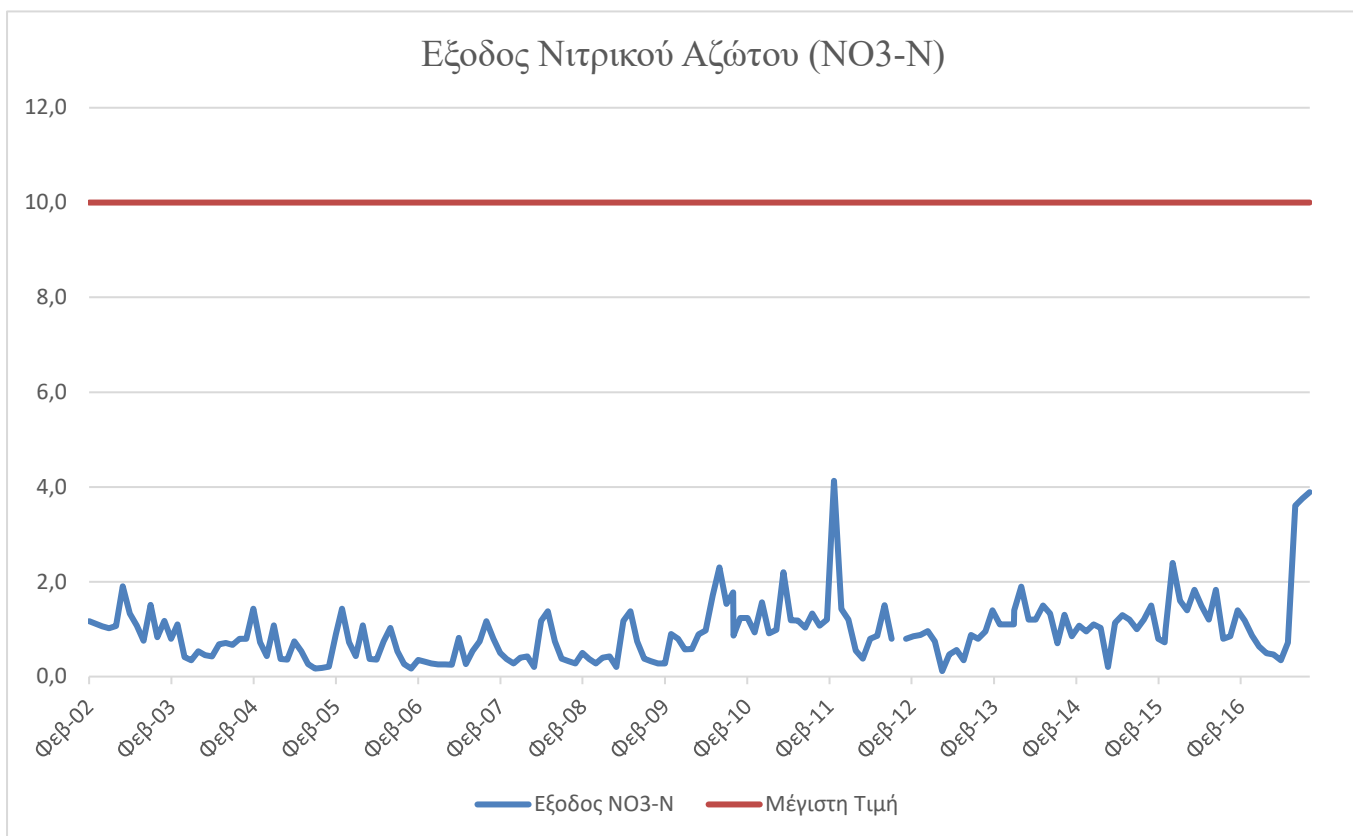


Διάγραμμα 4 – Είσοδος/έξοδος Ολικού αζώτου (TN)

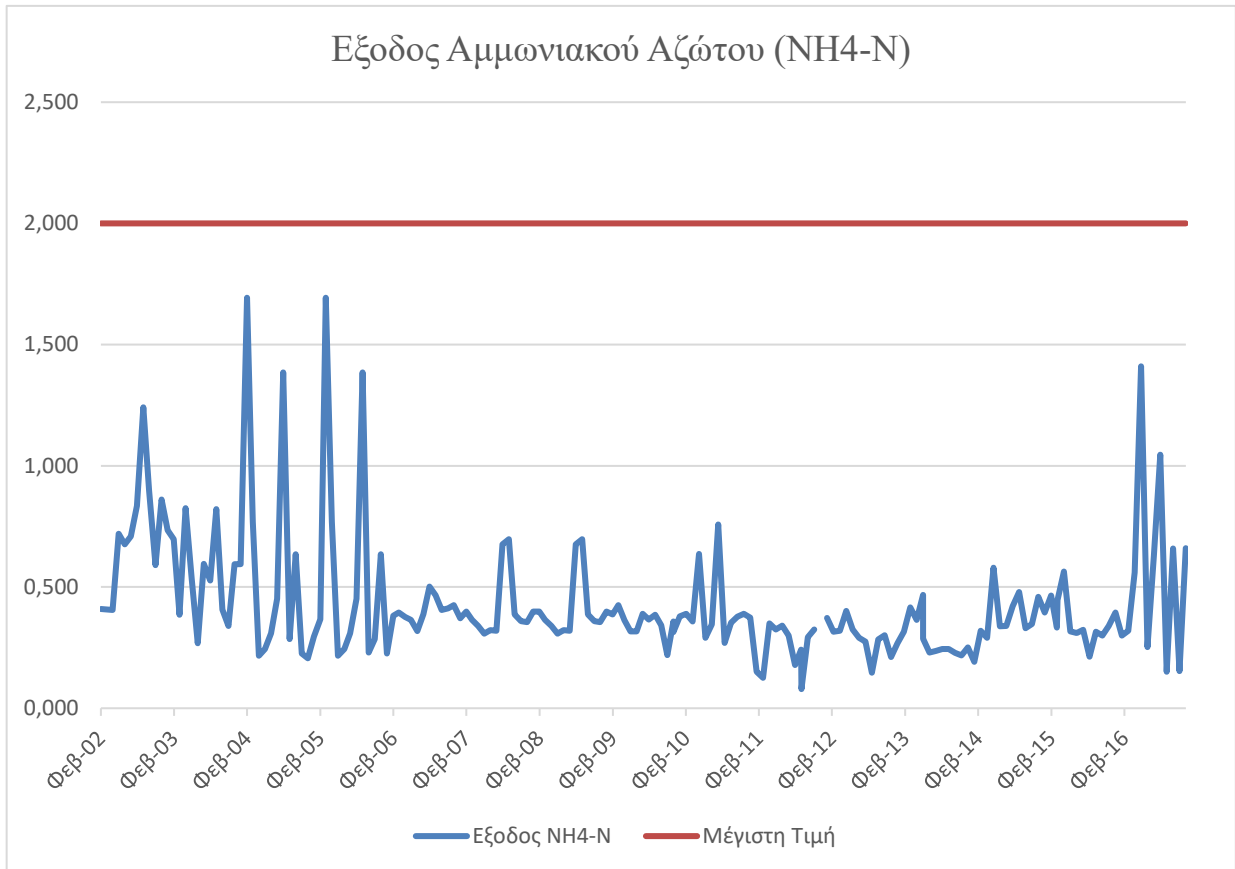




**Διάγραμμα 5 – Είσοδος/έξοδος Ολικού Φώσφορου (TP)**



**Διάγραμμα 6 – Έξοδος Νιτρικού Αζώτου (NO<sub>3</sub>-N)**



Διάγραμμα 7 - Έξοδος Αμμωνιακού Αζώτου (NH<sub>4</sub>-N)

### 3.3. Αποτελέσματα και μετρήσεις από τη βάση δεδομένων

Παρακάτω παρατίθενται κάποια παραδείγματα αποτελεσμάτων και μετρήσεων που προέκυψαν από τη βάση δεδομένων.

#### **Υπολογισμός συνολικού μήκους συνδεδεμένου δικτύου**

Προκύπτει με την εντολή:

```
select round(sum(st_length(geom)))  
  
from polyline_diktuo
```

Αποτέλεσμα: 50865

#### **Υπολογισμός συνολικού μήκους μη συνδεδεμένου δικτύου**

Προκύπτει με την εντολή:

```
select round(sum(st_length(geom)))  
  
from asundeta
```

Αποτέλεσμα: 19720

### **Υπολογισμός συνολικού μήκους συνδέσεων**

Προκύπτει με την εντολή:

```
select round(sum(st_length(geom)))  
  
from sq_sundesl
```

Αποτέλεσμα: 14983

### **Συνολικό μήκος δικτύου**

Αποτέλεσμα: 85.567 μέτρα

### **Μήκος συνδεδεμένου δικτύου ανά υλικό σωλήνα**

Προκύπτει με την εντολή:

```
select uliko_solina.uliko, round(sum(st_length(geom)))  
  
from polyline_diktuo left join uliko_solina on polyline_diktuo.uliko = nid  
  
group by polyline_diktuo.uliko, uliko_solina.uliko
```

Αποτέλεσμα:

agnosto	8.773
plastiko (PVC)	37.797
xutosidiro (DKT)	4.232
tsimento (CEM)	63
sum	50.865

### **Μήκος μη συνδεδεμένου δικτύου ανά υλικό σωλήνα**

Προκύπτει με την εντολή:

```
select uliko_solina.uliko, round(sum(st_length(geom)))  
  
from asundeta left join uliko_solina on asundeta.uliko = nid  
  
group by asundeta.uliko, uliko_solina.uliko
```

Αποτέλεσμα:

agnosto	7.595
plastiko (PVC)	11.544
tsimento (CEM)	581
sum	19.720

### **Μήκος συνδέσεων ανά υλικό σωλήνα**

Προκύπτει με την εντολή:

```
select uliko_solina.uliko, round(sum(st_length(geom)))  
  
from sq_sundesesi left join uliko_solina on sq_sundesesi.uliko = nid  
  
group by sq_sundesesi.uliko, uliko_solina.uliko
```

Αποτέλεσμα:

plastiko (PVC)	14.983
----------------	--------

### Συνολικό μήκος δικτύου ανά υλικό σωλήνα

Αποτέλεσμα:

```
άγνωστο      16.368  
  
plastiko (PVC)    64.324  
  
xutosidiro (DKT)  4.232  
  
tsimento (CEM)   644  
  
sum      85.568
```

### Μήκος συνδεδεμένου δικτύου ανά διατομή

Προκύπτει με την εντολή:

```
select diatomi, round(sum(st_length(geom)))  
  
from polyline_diktuo  
  
group by diatomi  
  
order by diatomi
```

100	183
200	29.715
250	4.797
315	270
350	120
355	875
400	313
500	1.196
600	2.866
630	700
800	1.057
άγνωστο	8.773
sum	50.865

### **Μήκος μη συνδεδεμένου δικτύου ανά διατομή**

Προκύπτει με την εντολή:

```
select diatomi, round(sum(st_length(geom)))  
  
from asundeta  
  
group by diatomi  
  
order by diatomi
```

Αποτέλεσμα:

200	10.545
250	990
300	581
355	9
άγνωστο	7.595
sum	19.720

### **Μήκος συνδέσεων ανά διατομή**

Προκύπτει με την εντολή:

```
select diatomi, round(sum(st_length(geom)))  
  
from sq_sundes  
  
group by diatomi  
  
order by diatomi
```

Αποτέλεσμα:

160	14.983
-----	--------

**Συνολικό μήκος δικτύου ανά διατομή**

100	183
160	14.983
200	40.260
250	5.787
300	581
315	270
350	120
355	875
365	9
400	313
500	1.196
600	2.866
630	700
800	1.057
άγνωστο	16.368
sum	85.568

**Μήκος συνδεδεμένου δικτύου ανά υλικό σωλήνα και διατομή**

Προκύπτει με την εντολή:

```
select uliko_solina.uliko, diatomi, round(sum(st_length(geom)))
```

```
from polyline_diktuo left join uliko_solina on polyline_diktuo.uliko = nid
```



group by polyline\_diktuo.uliko, uliko\_solina.uliko, diatomi

order by uliko\_solina.uliko, diatomi

Αποτέλεσμα:

plastiko (PVC)	200	29715
plastiko (PVC)	250	4770
plastiko (PVC)	315	270
plastiko (PVC)	355	875
plastiko (PVC)	400	270
plastiko (PVC)	500	1196
plastiko (PVC)	630	700
tsimento (CEM)	400	43
tsimento (CEM)	600	20
xutosidiro (DKT)	100	183
xutosidiro (DKT)	250	27
xutosidiro (DKT)	350	120
xutosidiro (DKT)	600	2846
xutosidiro (DKT)	800	1057
agnosto	agnosto	8773
sum		50865

### **Μήκος μη συνδεδεμένου δικτύου ανά υλικό σωλήνα και διατομή**

Προκύπτει με την εντολή:

```
select uliko_solina.uliko, diatomi, round(sum(st_length(geom)))
```

```
from asundeta left join uliko_solina on asundeta.uliko = nid
```

```
group by asundeta.uliko, uliko_solina.uliko, diatomi
```

```
order by uliko_solina.uliko, diatomi
```

Αποτέλεσμα:

plastiko (PVC)	200	10545
plastiko (PVC)	250	990
plastiko (PVC)	355	9
tsimento (CEM)	300	581
agnosto		7595
sum		19720

**Μήκος συνδέσεων ανά υλικό σωλήνα και διατομή**

Αποτέλεσμα:

plastiko (PVC)	160	14983
----------------	-----	-------

**Συνολικό μήκος ανά υλικό σωλήνα και διατομή**

plastiko (PVC)	160	14983
plastiko (PVC)	200	40260
plastiko (PVC)	250	5760
plastiko (PVC)	315	270
plastiko (PVC)	355	884
plastiko (PVC)	400	270
plastiko (PVC)	500	1196
plastiko (PVC)	630	700
sum		64323

tsimento (CEM)	300	581
tsimento (CEM)	400	43
tsimento (CEM)	600	20
sum		644

xutosidiro (DKT)	100	183	
xutosidiro (DKT)	250	27	
xutosidiro (DKT)	350	120	
xutosidiro (DKT)	600	2846	
xutosidiro (DKT)	800	1057	
sum		4233	

agnosto	16368
sum	85568

### Μήκος κεντρικού αγωγού

Προκύπτει με την εντολή:

```
select round(sum(st_length(geom)))
```

```
from kentrikos
```

Αποτέλεσμα:

5.875

### Κεντρικός αγωγός ανά διατομή και είδος υλικού

Προκύπτει με την εντολή:

```
select uliko_solina.uliko, diatomi, round(sum(st_length(geom)))  
  
from kentrikos left join uliko_solina on kentrikos.uliko = nid  
  
group by kentrikos.uliko, uliko_solina.uliko, diatomi  
  
order by uliko_solina.uliko, diatomi
```

Αποτέλεσμα

plastiko (PVC)	200	567
plastiko (PVC)	355	3
plastiko (PVC)	500	541
plastiko (PVC)	630	705
xutosidiro (DKT)	350	120
xutosidiro (DKT)	600	2.846
xutosidiro (DKT)	800	1.057
agnosto	agnosto	36
sum		5.875

### Πλήθος φρεατίων ανά κατηγορία

Προκύπτει με την εντολή:

```
select katigoria_freaiou.katigoria, count(freatia.id)  
  
from freatia left join katigoria_freaiou on freatia.katigoria = katigoria_freaiou.nid  
  
group by freatia.katigoria, katigoria_freaiou.katigoria
```

Αποτέλεσμα:

dimosio	2.374
idiotiko	5.394
sum	7.768

### Αντλίες ανά είδος και ισχύ

Προκύπτει με την εντολή:

```
select eidos_antlias.eidos, isxus, sum(plithos)
from antlies, eidos_antlias, antliostasia_antlies
where antlies.eidos = eidos_antlias.id
and antliostasia_antlies.antlia = antlies.id
group by eidos_antlias.eidos, isxus
order by eidos_antlias.eidos, isxus
```

Αποτέλεσμα:

αντλία επιφάνειας	75	7
αντλία επιφάνειας	90	2
αντλία επιφάνειας	110	2
υποβρύχια	20	3
sum		14

## Φρεάτια κεντρικού αγωγού

Να τέμνονται

Προκύπτει με την εντολή:

```
select count(freatia.id)
from freatia, kentrikos
where st_intersects(freatia.geom, kentrikos.geom)
```

Αποτέλεσμα:

0

Στο μισό μέτρο

Προκύπτει με την εντολή:

```
select count(freatia.id)
from freatia, kentrikos
where st_intersects(st_buffer(freatia.geom, 0.5), kentrikos.geom)
```

Αποτέλεσμα:

149

Στο ένα μέτρο

Προκύπτει με την εντολή:

```
select count(freatia.id)
from freatia, kentrikos
where st_intersects(st_buffer(freatia.geom, 1), kentrikos.geom)
```

Αποτέλεσμα:

211

Στα δύο μέτρα

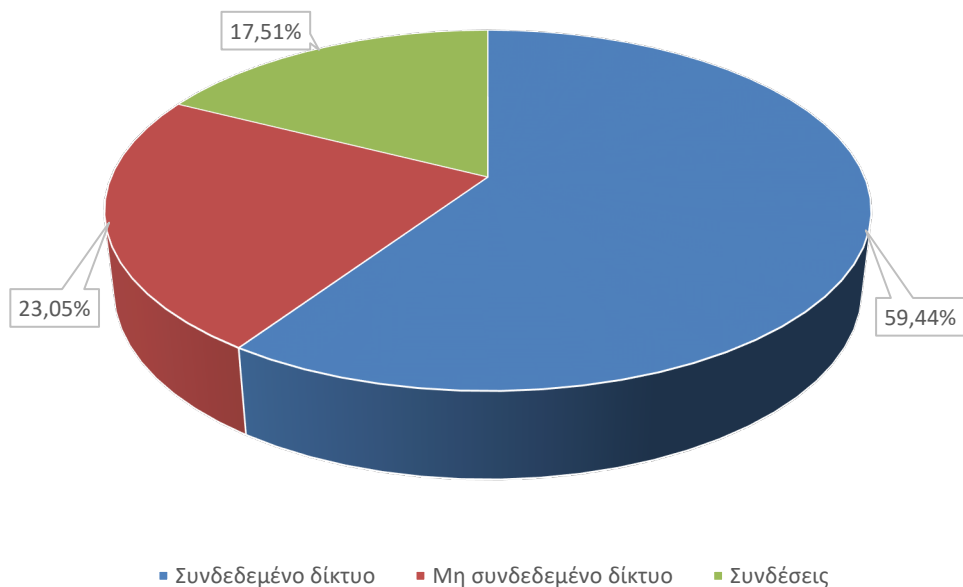
Προκύπτει με την εντολή:

```
select count(freatia.id)
from freatia, kentrikos
where st_intersects(st_buffer(freatia.geom, 2), kentrikos.geom)
```

Αποτέλεσμα:

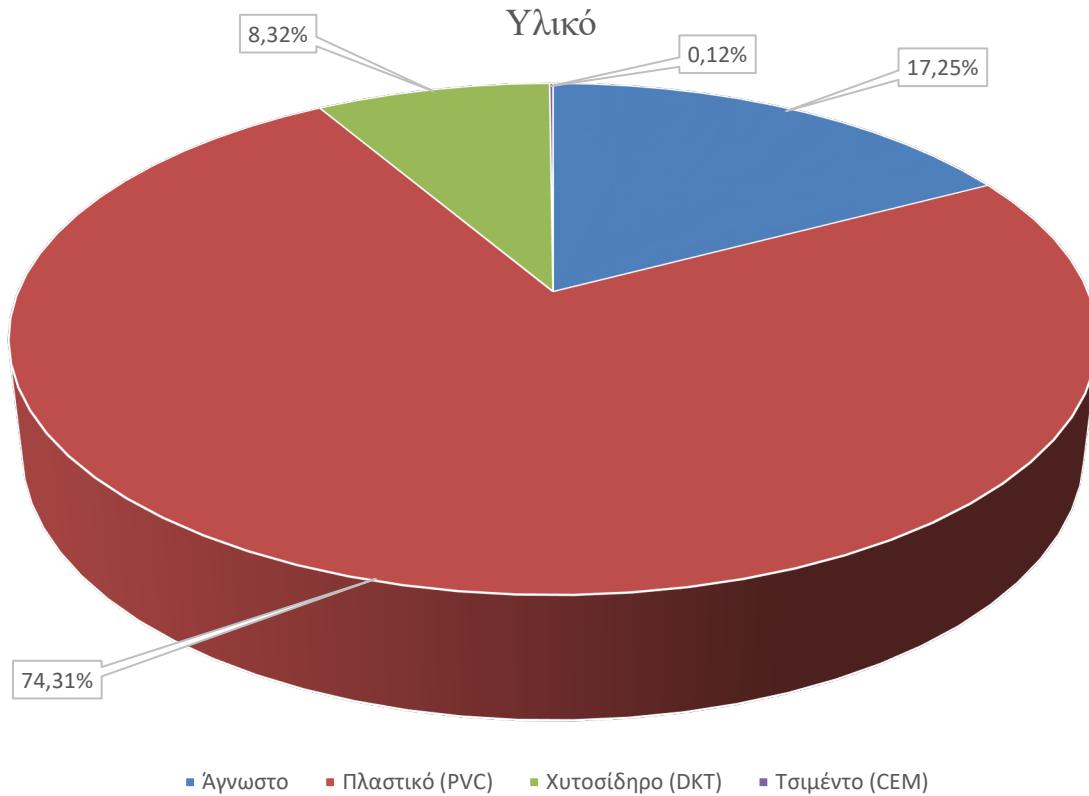
319

### Συνδεδεμένο - Μη συνδεδεμένο - Συνδέσεις



Διάγραμμα 8 - Συνδεδεμένο - Μη συνδεδεμένο - Συνδέσεις

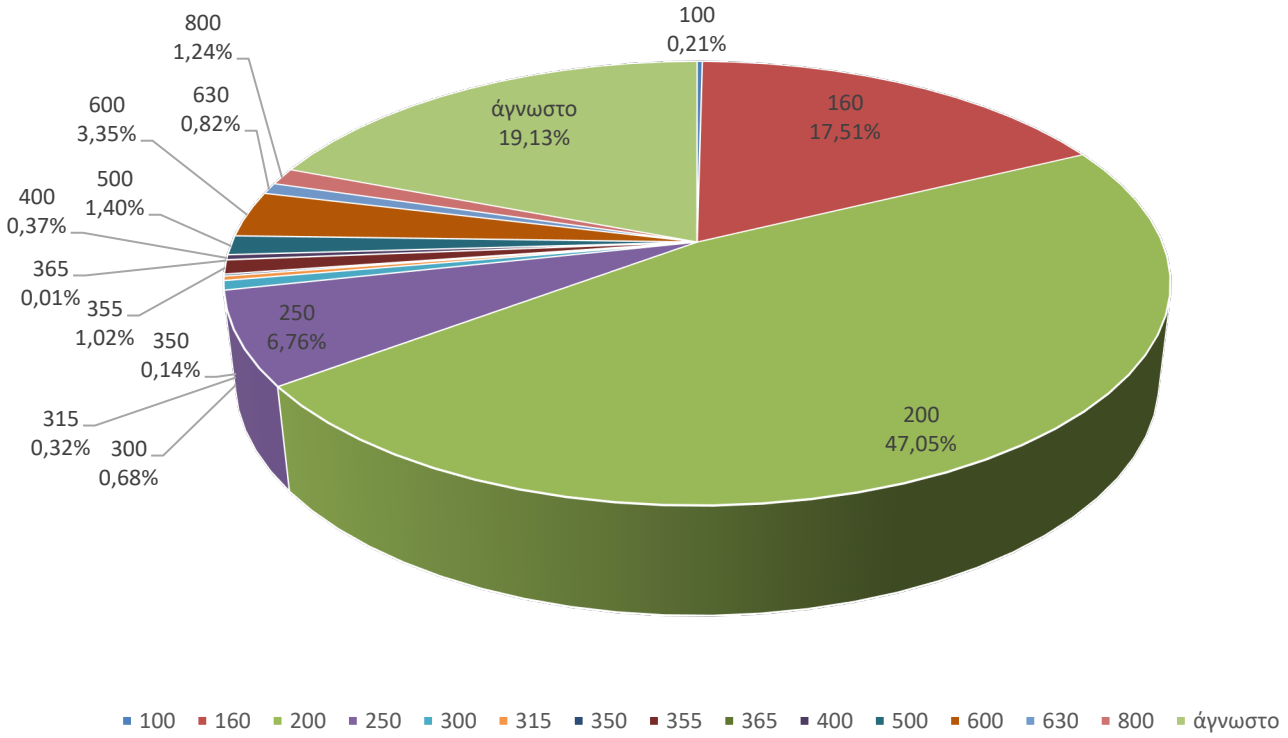
### Υλικό



Διάγραμμα 9 - Υλικό

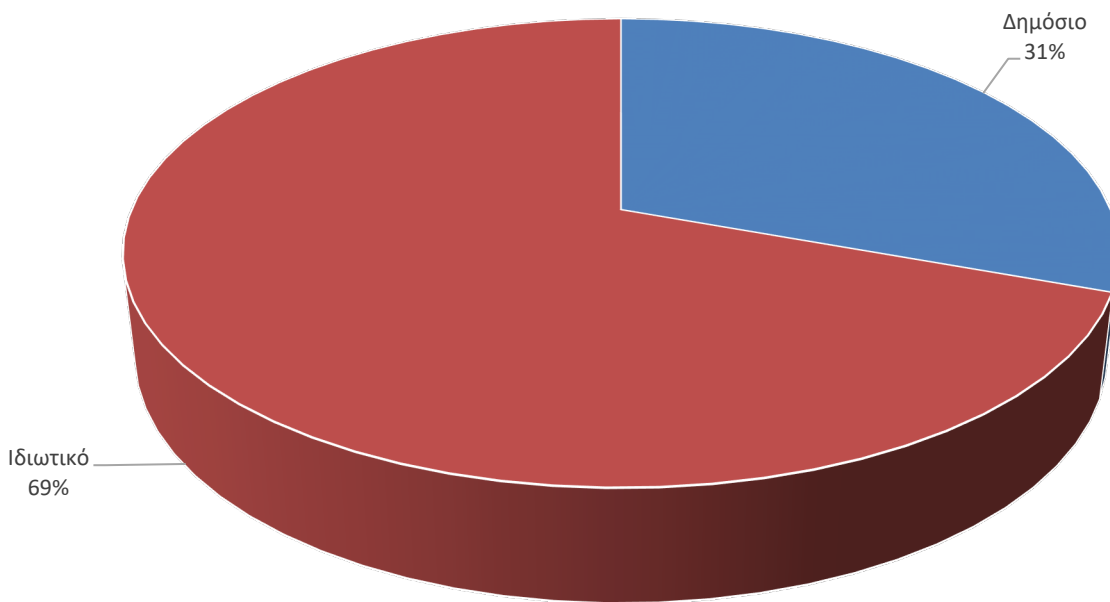


### Μήκος δικτύου ανά διατομή



Διάγραμμα 10 - Μήκος δικτύου ανα διατομή

### Πλήθος φρεατίων ανά κατηγορία



Διάγραμμα 11 - Πλήθος φρεατίων ανα κατηγορία

## 4. Συμπεράσματα

Ο τρόπος με τον οποίο στήθηκε η βάση δεδομένων δίνει στον εκάστοτε χρήστη τη δυνατότητα ανεύρεσης πληροφοριών που δύσκολα θα έβρισκε χωρίς αυτή. Για παράδειγμα, μπορεί εύκολα κάποιος να βρει το μήκος και το υλικό ενός σωλήνα σε μια συγκεκριμένη οδό, πόσα φρεάτια υπάρχουν σε αυτό το σωλήνα, τι μήκος έχει και άλλες τέτοιου είδους πληροφορίες διευκολύνοντας έτσι διαδικασίες όπως είναι η συντήρηση ή η αντικατάσταση ενός σωλήνα. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι είναι πολύ σημαντικός ο τρόπος που αναπτύσσεται ένα πληροφοριακό σύστημα, ώστε να φέρνει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Η βάση δεδομένων που σχεδιάστηκε για αυτή την εργασία, σχεδιάστηκε έτσι ώστε και να επιστρέφει όσο το δυνατό πιο ολοκληρωμένα αποτελέσματα, αναλογικά με τα δεδομένα που υπήρχαν, και να παρέχει τη δυνατότητα επέκτασης και συνδυασμού με άλλα δεδομένα.

Το συμπέρασμα που προκύπτει από την υλοποίηση αυτής της βάσης δεδομένων είναι το γεγονός ότι είναι αναγκαίος ο σχεδιασμός τέτοιου είδους πληροφοριακών συστημάτων, ειδικά όταν η ποσότητα των πληροφοριών και των δεδομένων φτάνει σε δυσθεώρητα σημεία. Αυτού του είδους οι λύσεις μπορούν να φέρουν αποτελέσματα που υπό άλλες συνθήκες δύσκολα θα μπορούσαν να διαπιστωθούν.

Για παράδειγμα μπορεί πολύ εύκολα να διαπιστωθεί η καλή λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού από τη χρήση των διαγραμμάτων που προέκυψαν από το αρχείο των μετρήσεων του βιολογικού καθαρισμού Μυτιλήνης. Επίσης υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός στατιστικών και μετρήσεων που μπορούν να προκύψουν από τα δεδομένα της βάσης δεδομένων, πέρα από τα παραδείγματα που παρατέθηκαν παραπάνω. Ειδικά αν η παραπάνω βάση δεδομένων συνδυαστεί και με άλλα δεδομένα, όπως η πληθυσμιακή κατανομή της πόλης, το εύρος εξυπηρέτησης από κάθε αντλιοστάσιο, άλλων ειδών δίκτυα όπως αυτό της ύδρευσης, το εύρος των λύσεων που μπορούν να προκύψουν είναι πολύ μεγάλο.

## 5. Μελλοντική εξέλιξη

Σε αυτή την εργασία υλοποιήθηκε μια βάση δεδομένων που συγκεντρώνει όλα τα γεωχωρικά δεδομένα του δικτύου σωληνώσεων της πόλης της Μυτιλήνης, καθώς επίσης και στοιχεία και υπολογισμούς που προέρχονται από το βιολογικό καθαρισμό Μυτιλήνης. Η βάση σχεδιάστηκε έτσι ώστε να υποστηρίζει γεωχωρικά δεδομένα, άρα οποιαδήποτε εφαρμογή έχει σχέση με σχεδίαση χάρτη στο ArcMap ή σε παρεμφερές περιβάλλον μπορεί να συνδυαστεί επαρκώς με αυτή τη βάση. Επιπλέον οποιαδήποτε εφαρμογή μπορεί να συσχετιστεί με μια βάση δεδομένων, από εφαρμογή για υπολογιστή μέχρι ιστοσελίδα, είναι δυνατό να λειτουργήσει σε συνδυασμό με αυτή τη βάση δεδομένων. Τέλος η βάση δεδομένων δίνει τη δυνατότητα παραγωγής στατιστικών στοιχείων, πράγμα που επιτρέπει την ανάλυση των δεδομένων που περιέχει σε μεγάλο βάθος.

Η παραπάνω ανάλυση δεδομένων μπορεί να εμπλουτιστεί με επιπλέον δεδομένα για περισσότερα πολύπλοκα αποτελέσματα. Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, η βάση δεδομένων μπορεί να συνδυαστεί με επιπλέον δίκτυα και πληροφορίες, όπως η κατανομή πληθυσμού, ονόματα οδών, άλλα δίκτυα, όπως αυτό της ύδρευσης ή του ηλεκτρισμού. Ιδανικά με το συνδυασμό όλων των δικτύων και των υπηρεσιών μπορεί να προκύψουν στατιστικά όπως πόση ενέργεια χρειάζεται ένας κάτοικος της Μυτιλήνης τη μέρα, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε μια σειρά μέτρων για την βελτιστοποίηση της ποιότητας ζωής μέσα στη Μυτιλήνη.

## 6. Προβλήματα που συναντήθηκαν

- Η δημιουργία της βάσης έγινε μέσω του pgAdmin, με απομακρυσμένη σύνδεση (VPN) στους διαμοιραστές του Πανεπιστημίου. Για το λόγο αυτό ορισμένες λειτουργίες δεν ήταν δυνατό να πραγματοποιηθούν, όπως η προσθήκη πρόσθετων λειτουργιών ή το ανέβασμα αρχείων. Αιτία ήταν τα περιορισμένα δικαιώματα του pgAdmin ως client. Αυτό το πρόβλημα λύθηκε με τη χρήση του QGIS.

- Το σχέδιο του AutoCAD περιέχει πάρα πολλές πληροφορίες που δεν είχαν σχέση με το αντικείμενο της μεταπτυχιακής διατριβής. Δαπανήθηκε αρκετός χρόνος ώστε να εντοπιστούν τα κατάλληλα δεδομένα για να είναι όσο το δυνατό πιο ακριβής η βάση δεδομένων.
- Στο αρχείο των μετρήσεων για το βιολογικό καθαρισμό Μυτιλήνης κάποιες χρονολογίες δεν περιέχουν τιμές, δημιουργώντας προβλήματα στα διαγράμματα των μετρήσεων.
- Έγινε διασταύρωση του σχεδίου AutoCAD με πιο πρόσφατο πολεοδομικό σχέδιο και υπήρχαν διαφοροποιήσεις ως προς τις διατομές των σωληνώσεων του κεντρικού αγωγού. Οι διατομές έμειναν ως έχουν ώστε να υπάρχει ομοιομορφία στα δεδομένα.

# Παράρτημα

## Βιβλιογραφία

Τσόγκας Χρήστος Ερ., 1998, «Δίκτυα Αποχέτευσης & Επεξεργασία λυμάτων», Εκδόσεις ΙΩΝ

Λυμπεράτος Γεράσιμος, 2012, Δημήτριος Βαγενάς, «Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων», Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ

Τσώνης Στυλιανός Π., 2004, «Επεξεργασία Λυμάτων», Εκδόσεις ΠΑΠΑΣΩΤΗΡΙΟΥ

Δημόσια Επιχείρηση Ύδρευσης – Αποχέτευσης Μυτιλήνης (Δ.Ε.Υ.Α.Μ.), Σεπτέμβριος 1996, «Επεξεργασία και Διάθεση Λυμάτων Πόλης Μυτιλήνης, Τόμος 1.1: Εκθέσεις – Υπολογισμοί»

Μανδαμαδιώτης Μιχαήλ, Φεβρουάριος 2017, «Το Ευφυές Δίκτυο Ηλεκτρισμού. Μοντελοποίηση για τη Ν. Λέσβο», Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος

Τερζίδης Γεώργιος, 1997, «Εφαρμοσμένη Υδραυλική», Εκδόσεις ΖΗΤΗ

Επίσημη ιστοσελίδα για τη UML, <http://www.uml.org/>

Ιστοσελίδα draw.io, <https://www.draw.io/>

Ιστοσελίδα PostgreSQL, <https://www.postgresql.org/>

Ιστοσελίδα Open Street Map, <https://www.openstreetmap.org/#map=6/38.359/23.810>

## Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1 - Φρεάτιο υποδοχής βοθρολυμμάτων (φωτογραφία συγγραφέα) .....	22
Εικόνα 2 - Φρεάτιο εισόδου (φωτογραφία συγγραφέα) .....	23
Εικόνα 3 - Μονάδα εσχάρωσης (φωτογραφία συγγραφέα).....	24
Εικόνα 4 - Μονάδα εξάμμωσης (φωτογραφία συγγραφέα).....	25
Εικόνα 5 - Βιολογικές δεξαμενές (φωτογραφία συγγραφέα) .....	27
Εικόνα 6 - Βιολογικές δεξαμενές (φωτογραφία συγγραφέα) .....	28
Εικόνα 7 - Δεξαμενή καθίζησης (φωτογραφία συγγραφέα).....	29
Εικόνα 8 - Δεξαμενή χλωρίωσης (φωτογραφία συγγραφέα).....	30
Εικόνα 9 - Περιβάλλον draw.io (φωτογραφία συγγραφέα).....	34
Εικόνα 10 - Εννοιολογικός σχεδιασμός σε UML (φωτογραφία συγγραφέα).....	35
Εικόνα 11 - Pg Admin logo ( Πηγή: <a href="https://pgadmin.org">https://pgadmin.org</a> ) .....	39
Εικόνα 12 - Περιβάλλον PgAdmin (φωτογραφία συγγραφέα).....	40
Εικόνα 13 - Σχέδιο AutoCad (φωτογραφία συγγραφέα) .....	41
Εικόνα 14 - Σχέδιο AutoCad (φωτογραφία συγγραφέα) .....	42
Εικόνα 15 - Περιβάλλον ArcMap (φωτογραφία συγγραφέα).....	43
Εικόνα 16 - Περιβάλλον ArCatalog (Πηγή: <a href="http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/using-arcatalog/what-is-arcatalog-.htm">http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/using-arcatalog/what-is-arcatalog-.htm</a> ) .....	46
Εικόνα 17 - Σχέδιο ArcMap μετά τη διόρθωση τοπολογίας (φωτογραφία συγγραφέα) .....	47
Εικόνα 18 - Αποχετευτικό δίκτυο Μυτιλήνης (φωτογραφία συγγραφέα).....	51
Εικόνα 19 - Χάρτης κατανομής υλικού (φωτογραφία συγγραφέα).....	52
Εικόνα 20 - Χάρτης κατανομής διατομών (φωτογραφία συγγραφέα) .....	53
Εικόνα 21 - Χάρτης κατηγορίας φρεατίου (φωτογραφία συγγραφέα) .....	54