

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ - ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ &  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΥΓΙΕΙΝΗ:**

**ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΥΔΑΤΩΝ &  
ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ**



**Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία**

# **«ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΟΧΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ»**

**ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ ΣΙΔΑΣ  
ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Α.Π.Θ**

**2013**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ - ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΥΓΙΕΙΝΗ:

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΥΔΑΤΩΝ &  
ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ



**Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία**

## **«ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΟΧΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ»**

**Τριμελής επιτροπή:**

Δρ. Χρήστος Χατζηχριστοδούλου

Δρ. Ραχιώτης Γεώργιος

Δρ. Πουρνάρας Σπύρος

2013

*Στην σύζυγό μου Μαρία και στα παιδιά μου Απόστολο και Αλίκη.*

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να εντοπίσει τους κινδύνους από την χρήση του βρόχινου νερού το οποίο αποθηκεύεται σε δεξαμενές και προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Όταν λέμε ανθρώπινη κατανάλωση, εννοούμε όλες τις χρήσεις, όπως πόση, μαγείρεμα, προπαρασκευή τροφής, ή άλλες οικιακές χρήσεις.

Από αναζήτηση ξένης και ελληνικής βιβλιογραφίας διαπιστώθηκε η αναγκαιότητα αυτού του ελέγχου, εξαιτίας της ολοένα και αυξανόμενης χρήσης του βρόχινου νερού.

Η δειγματοληψία πραγματοποιείται στην νήσο Αλόννησο όπου η αποθήκευση και χρήση του βρόχινου νερού είναι πάρα πολύ συχνό φαινόμενο εξαιτίας του μεγάλου προβλήματος υδροδότησης κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες.

Δεδομένου ότι το νερό πριν αποθηκευτεί μπορεί να μολυνθεί, κυρίως μικροβιολογικά με διάφορους τρόπους (περιττώματα πουλιών, φύλλα, σκόνη, κ.α) πραγματοποιήθηκαν κυρίως μικροβιολογικοί έλεγχοι, αλλά και σε περιορισμένο αριθμό δειγμάτων πραγματοποιήθηκαν και κάποιες φυσικοχημικές μετρήσεις, σύμφωνα με την Υ2/2600/2001 που αφορά το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης.

Οι αναλύσεις των δειγμάτων αυτών, μετά την συλλογή τους, πραγματοποιήθηκαν στο Περιφερειακό Εργαστήριο Δημόσιας Υγείας (Π.Ε.Δ.Υ) Θεσσαλίας στην Λάρισα. Από τις αναλύσεις διαπιστώθηκε ότι η πλειονότητα των δειγμάτων ήταν εκτός ορίων που ορίζεται από την νομοθεσία όσον αφορά τις μικροβιολογικούς παραμέτρους, αλλά εντός των ορίων σε όλα τα δείγματα όσον αφορά τις φυσικοχημικές παραμέτρους.

Συμπερασματικά, το βρόχινο νερό το οποίο συλλέγεται σε δεξαμενές προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για ανθρώπινη κατανάλωση θα πρέπει προηγουμένως να επεξεργαστεί κατάλληλα έτσι ώστε να μην ενέχει κινδύνους για την δημόσια υγεία.

## **Abstract**

The aim of this dissertation is to pinpoint the risks of the use of rainwater which is stored in tanks and is intended for human use. Human use is defined as use of rainwater for drinking, cooking, food preparation and for other household uses.

After a thorough research of foreign and Greek bibliography, the necessity for controls has been revealed, due to the increasing use of rain water.

The sampling took place on Alonissos Island, where the storing and the use of rainwater is a very frequent phenomenon due to the water supply problem, especially in summer months.

Taking into consideration that water before is stored, it may be infected microbiologically in several ways (bird droppings, leaves, dust, etc), microbiological tests have been conducted mainly, but in limited number of samples physicochemical measurements as well, according to Y2/2600/2001, as far as water for human consumption is considered.

After the sample collection, samples have been processed and analyzed at the Regional Public Health Laboratory of Thessaly, in Larisa. From the analysis of samples, it has been found that the majority of them were out of limits which legislation defines for microbiological parameters, but within limits in all samples, as far as physicochemical parameters is concerned.

In conclusion, rainwater which is collected in tanks in order to be used for human consumption, it has to be processed appropriately previously, so that it will be not dangerous for public health.

## Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες .....	i
Κατάλογος πινάκων .....	ii
Κατάλογος Γραφημάτων .....	iii
Κατάλογος εικόνων .....	iv
Πρόλογος .....	v
Εισαγωγή .....	vi
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	1
1.1. Νερό και υδατογενή νοσήματα : .....	1
1.2. Μικροοργανισμοί που υπάρχουν στο νερό .....	2
1.3. Νοσήματα τα οποία σχετίζονται με την ύπαρξη παθογόνων μικροοργανισμών .....	3
1.4. Η χρήση του βρόχινου νερού σε επίπεδο οικίας .....	6
1.4.1 Στην Ελλάδα σήμερα .....	7
1.4.2. Στην νήσο Αλόνησο .....	8
1.4.3 Σε άλλες περιοχές της Ευρώπης .....	11
1.5 Τρόποι μόλυνσης του Βρόχινου νερού το οποίο αποθηκεύεται σε δεξαμενές .....	12
1.6 Ισχύουσα νομοθεσία σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης .....	15
Έννοιες - ορισμοί .....	15
1.7 Λόγοι χρήσης του βρόχινου νερού .....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....	18
2.1. Σκοποί και στόχοι .....	18
2.2. Υλικά και μεθοδολογία .....	18
2.3. Είδος παραμέτρων που ελέγχθηκαν .....	20
2.3.1 Μικροβιολογικοί δείκτες .....	20
2.3.2 Φυσικοχημικοί παράμετροι .....	23
2.4. Διαγράμματα ροής διενέργειας μικροβιολογικών αναλύσεων στο Περιφερειακό Εργαστήριο Δημόσιας Υγείας στην Λάρισα .....	27
2.5. Υπολογισμός του αναμενόμενου αριθμού Μονάδων Σχηματισμού Αποικιών .....	33
2.6. Διαγράμματα ροής διενέργειας φυσικοχημικών αναλύσεων στο Περιφερειακό εργαστήριο δημόσιας υγείας στην Λάρισα .....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....	42
3.1. Αποτελέσματα .....	42
2.4 Παραδοχές .....	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .....	71
4.1 Συμπεράσματα -Συζήτηση .....	71

4.2	Προτάσεις για επεξεργασία του βρόχινου νερού.....	75
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		79

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Χ. Χατζηχριστοδούλου για την δυνατότητα την οποία μου έδωσε να παρουσιάσω το θέμα αυτό, τους καθηγητές κ. Γ. Ραχιώτη και κ. Σ. Πουρνάρα για τις συμβουλές, καθώς και τους συναδέλφους από το Περιφερειακό Εργαστήριο Δημόσιας Υγείας Θεσσαλίας για την πολύτιμη βοήθεια την οποία προσέφεραν έτσι ώστε να αποπερατωθεί αυτή η εργασία.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κατοίκους της νήσου Αλοννήσου οι οποίοι ανταποκρίθηκαν στο αίτημά μου για συλλογή δειγμάτων από τις δεξαμενές στις οικίες τους.

## Κατάλογος πινάκων

<i>Πίνακας 1: Υδατογενή νοσήματα τα οποία σχετίζονται με την ύπαρξη βακτηρίων στο νερό (Δρ. E.N. Βελονάκης) .....</i>	<i>4</i>
<i>Πίνακας 2: Υδατογενή νοσήματα τα οποία σχετίζονται με την ύπαρξη μυκήτων στο νερό(Δρ. E.N. Βελονάκης) .....</i>	<i>5</i>
<i>Πίνακας 3 : Υδατογενή νοσήματα τα οποία σχετίζονται με την ύπαρξη ιών στο νερό (Δρ. E.N. Βελονάκης) .....</i>	<i>5</i>
<i>Πίνακας 4 : Υδατογενή νοσήματα τα οποία σχετίζονται με την ύπαρξη παρασίτων στο νερό (Δρ. E.N. Βελονάκης) .....</i>	<i>5</i>
<i>Πίνακας 5 : Παράμετροι μικροβιολογικού ελέγχου .....</i>	<i>23</i>
<i>Πίνακας 6 : Παράμετροι Φυσικοχημικού Ελέγχου .....</i>	<i>26</i>
<i>Πίνακας 7 : Αποτελέσματα μικροβιολογικών αναλύσεων δειγμάτων βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης.....</i>	<i>43</i>
<i>Πίνακας 8 : Μέσος όρος, ελάχιστο και μέγιστο αποτελεσμάτων μικροβιολογικών .....</i>	<i>45</i>
<i>Πίνακας 9 : Αποτελέσματα φυσικοχημικών αναλύσεων δειγμάτων βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης.....</i>	<i>46</i>
<i>Πίνακας 10 : Μέσος όρος , ελάχιστο και μέγιστο των αποτελεσμάτων φυσικοχημικών αναλύσεων .....</i>	<i>47</i>

## Κατάλογος Γραφημάτων

<i>Γράφημα 1 : Αριθμός αποικιών κοινών αερόβιων βακτηρίων στους 37 °C στα δείγματα βρόχινου νερού δεξαμενών .....</i>	<i>49</i>
<i>Γράφημα 2 : Αριθμός αποικιών κοινών αερόβιων βακτηρίων στους 22 °C σε δείγματα βρόχινου νερού δεξαμενών .....</i>	<i>50</i>
<i>Γράφημα 3 : Αριθμός αποικιών ολικών κολοβακτηριοειδών σε δείγματα βρόχινου νερού αποθηκευμένου σε δεξαμενές .....</i>	<i>51</i>
<i>Γράφημα 4 : αριθμός αποικιών E- Coli σε δείγματα βρόχινου νερού αποθηκευμένου σε δεξαμενές .....</i>	<i>52</i>
<i>Γράφημα 5 : Αριθμός αποικιών εντεροκόκκων σε δείγματα βρόχινου νερού αποθηκευμένου σε δεξαμενές.....</i>	<i>53</i>
<i>Γράφημα 6: Αριθμός αποικιών Cl. Perfringens σε δείγματα βρόχινου νερού αποθηκευμένου σε δεξαμενές.....</i>	<i>54</i>
<i>Γράφημα 7 : Παθογόνοι δείκτες σε δείγματα βρόχινου νερού το οποίο αποθηκεύεται σε δεξαμενές για χρήση. ....</i>	<i>56</i>
<i>Γράφημα 8 : Ποσοστό των δειγμάτων το οποίο ήταν ή όχι σύμφωνο με την νομοθεσία για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης. ....</i>	<i>57</i>
<i>Γράφημα 9 : Τιμή του pH στα δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες ...</i>	<i>59</i>
<i>Γράφημα 10 : Τιμή της Αγωγιμότητας σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες .....</i>	<i>60</i>
<i>Γράφημα 11 : Τιμή της σκληρότητας σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες .....</i>	<i>61</i>
<i>Γράφημα 12 : Τιμή της αλκαλικότητας σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες .....</i>	<i>62</i>
<i>Γράφημα 13 : Τιμή χλωριόντων σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες .....</i>	<i>63</i>
<i>Γράφημα 14 : Τιμή στα νιτρώδη σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες .....</i>	<i>64</i>
<i>Γράφημα 15 : Τιμή νιτρικών σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες</i>	<i>65</i>
<i>Γράφημα 16 : Τιμή της αμμωνίας σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες .....</i>	<i>66</i>
<i>Γράφημα 17 : τιμή του BOD σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες</i>	<i>67</i>
<i>Γράφημα 18: Τιμή του Μολύβδου σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες .....</i>	<i>68</i>
<i>Γράφημα 19: Τιμή του χρωμίου σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες .....</i>	<i>69</i>

## Κατάλογος εικόνων

<i>Εικόνα 1 : Συστήματα συλλογής βρόχινου νερού για διάφορες χρήσεις .....</i>	<i>7</i>
<i>Εικόνα 2 : Σύστημα συλλογής βρόχινου νερού σε οικία στην Αλόννησο .....</i>	<i>9</i>
<i>Εικόνα 3 : Υπόγεια δεξαμενή αποθήκευσης βρόχινου νερού σε οικία στην περιοχή Μπαμπακιές Αλόννησου. ....</i>	<i>9</i>
<i>Εικόνα 4 : Δίκτυο ομβριοσυλλογής και προεπεξεργασίας του νερού πριν να εισέλθει στην δεξαμενή αποθήκευσης σε κτίριο στο Πατητήρι Αλόννησου. ....</i>	<i>10</i>
<i>Εικόνα 5 : Συλλογή ομβρίων υδάτων από σκεπή κτιρίου και αποθήκευση σε υπόγεια δεξαμενή στο Παλαιό Χωριό Αλοννήσου .....</i>	<i>10</i>
<i>Εικόνα 6 : ομβριοσυλλογή και αποθήκευση σε υπόγεια δεξαμενή μπροστά από την οικία στην περιοχή Π. Χωριό Αλοννήσου. ....</i>	<i>11</i>
<i>Εικόνα 7 : Πορεία των ρύπων σε σύστημα ομβριοσυλλογής από στέγες. (Abbasi T. and Abbasi, S. A,) .....</i>	<i>14</i>
<i>Εικόνα 8: :Σύστημα καθαρισμού – απολύμανσης βρόχινου νερού με UV.....</i>	<i>20</i>
<i>Εικόνα 9 : Εμβολιασμός σε θρεπτικό υλικό “agar” με την μέθοδο της ενσωμάτωσης .....</i>	<i>29</i>
<i>Εικόνα 10 : Διήθηση για την καταμέτρηση κολοβακτηριοειδών και E. coli.....</i>	<i>29</i>
<i>Εικόνα 11 : Τοποθέτηση του τρυβλίου σε αναερόβιες συνθήκες για την επώαση .....</i>	<i>31</i>
<i>Εικόνα 12 : Μέτρηση αποικιών με σκοτεινό κίτρινο χρώμα και επιβεβαιωτική δοκιμασία με έκθεση σε ατμούς υδροξειδίου του αμμωνίου. ....</i>	<i>31</i>
<i>Εικόνα 13 : Φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης (Atomic Absorption Spectroscopy) .....</i>	<i>41</i>
<i>Εικόνα 14 : Προτεινόμενο σύστημα αυτόματου ελέγχου επιπέδου χλωρίου και χλωρίωσης σε βρόχινο νερό δεξαμενής για ανθρώπινη κατανάλωση. ....</i>	<i>77</i>
<i>Εικόνα 15 : Σχέδιο εγκατάστασης συστήματος επεξεργασίας βρόχινου νερού με απολύμανση UV78</i>	
<i>Εικόνα 16 : Σύστημα επεξεργασίας βρόχινου νερού (Melidis Paraschos, Akratos S. Christos, Tsihrintzis A. Vassilios, Trikilidou Eleni, 2007 ).....</i>	<i>78</i>

## Πρόλογος

Η μελέτη αυτή διεξήχθη στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος Ειδίκευσης του Εργαστηρίου Υγιεινής και Επιδημιολογίας της Σχολής Επιστημών Υγείας – τμήμα Ιατρικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η εργασία ανατέθηκε από τον καθηγητή κ. Χ. Χατζηχριστοδούλου.

Με την εργασία αυτή έγινε προσπάθεια να αποτυπωθούν όσο το δυνατό οι ενδεχόμενοι κίνδυνοι από την χρήση του βρόχινου νερού για οικιακή κατανάλωση χωρίς προηγουμένως να έχει υποστεί καμία επεξεργασία. Είναι σημαντικό να γνωρίζουν οι πολίτες τους παραπάνω κινδύνους όπως επίσης και τι μπορούν να κάνουν έτσι ώστε να προστατευτούν.

Δεδομένης της σημερινής κατάστασης στην Ελλάδα αλλά και εξαιτίας της λειψυδρίας κυρίως στις νησιωτικές περιοχές θεωρώ ότι η χρήση του βρόχινου νερού είναι επιβεβλημένη, εφόσον όμως τηρηθούν οι απαραίτητες διαδικασίες συλλογής και επεξεργασίας αυτού.

## Εισαγωγή

Το νερό είναι ένα από τα πολυτιμότερα αγαθά τα οποία μας έχει δώσει η φύση. Είναι απαραίτητο σε όλες τις γνωστές μορφές της ζωής. Μόνο το 2,5% του νερού της γης είναι «γλυκό» ενώ το 98,8% του πόσιμου νερού βρίσκεται στους πάγους και στα υπόγεια ύδατα. Λιγότερο από 0,3% του γλυκού νερού της γης βρίσκεται σε ποτάμια, λίμνες και στην ατμόσφαιρα και ακόμη μικρότερο ποσοστό (0,003%) περιέχεται στα σώματα των βιολογικών όντων και σε ανθρώπινης παραγωγής προϊόντα.

Το νερό προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για ανθρώπινη κατανάλωση θα πρέπει να πληροί κάποιες προδιαγραφές όπως αυτές καθορίζονται από την νομοθεσία. Εφόσον είναι εκτός των προδιαγραφών αυτών, θα πρέπει να επεξεργαστεί κατάλληλα προκειμένου να γίνει σύμφωνο με την νομοθεσία έτσι ώστε να είναι ασφαλές για τον καταναλωτή.

Δυστυχώς όμως εξαιτίας της συνεχής ρύπανσης του πλανήτη μας αλλά και της υπερκατανάλωσης η ποιότητα του νερού συνεχώς υποβαθμίζεται με αποτέλεσμα να απαιτούνται ολοένα δυσκολότερες αλλά και ενεργοβόρες διαδικασίες εξυγίανσης έτσι ώστε να καταστεί κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση.

Η εργασία αυτή έχει ως σκοπό να εξάγει αποτελέσματα για την ποιότητα του βρόχινου νερού το οποίο συλλέγεται και αποθηκεύεται σε δεξαμενές, από τις στέγες και τις ταράτσες με σκοπό την χρήση για διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τρόποι μόλυνσης του βρόχινου νερού και γενικά του πόσιμου νερού, τα νοσήματα τα οποία πιθανό να προκύψουν από κατανάλωση του μολυσμένου νερού καθώς επίσης και η νομοθεσία για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρονται οι σκοποί και οι στόχοι της παρούσας διπλωματικής εργασίας, και η μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε έτσι ώστε να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητοι έλεγχοι σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης.

Στο τρίτο κεφάλαιο απεικονίζονται τα αποτελέσματα σε πίνακες και διαγράμματα.

Και στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων των παραπάνω αναλύσεων καθώς και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την έρευνα και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Επίσης προτείνονται διάφοροι τρόποι επεξεργασίας

του βρόχινου νερού έτσι ώστε αυτό να γίνει σύμφωνο με τις προδιαγραφές της νομοθεσίας για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1.1. Νερό και υδατογενή νοσήματα :

Το νερό είναι ένα πολύτιμο αγαθό για τον άνθρωπο αλλά προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για ανθρώπινη κατανάλωση θα πρέπει να τηρούνται όλα τα απαραίτητα μέτρα προστασίας και υγιεινής έτσι ώστε να είναι ασφαλές. Η ελάχιστη επεξεργασία στο νερό είναι η απολύμανση. Πριν την εφαρμογή της απολύμανσης στο πόσιμο νερό εκατομμύρια άνθρωποι σε όλο τον κόσμο πέθαναν από λοιμώδεις νόσους όπως η χολέρα και ο τυφοειδής πυρετός. Με την εφαρμογή της χλωρίωσης, σαν μέσο απολύμανσης του πόσιμου νερού, περίπου το 1990 σταμάτησε στις ανεπτυγμένες χώρες ο μαζικός θάνατος ανθρώπων από μολυσμένο νερό.

Ακόμη και σήμερα όμως, σε κάποιες αναπτυσσόμενες χώρες οι υδατογενείς λοιμώξεις αποτελούν την πρώτη αιτία θανάτου κυρίως στα μικρά παιδιά. Οι λοιμώξεις αυτές οφείλονται κυρίως στην παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών οι οποίοι εισέρχονται στο πόσιμο νερό μέσω των λυμάτων και μεταδίδουν τα διάφορα υδατογενή νοσήματα με διάφορους τρόπους (εισπνοή σταγονιδίων, πόση).

Εκτός όμως από τους διάφορους παθογόνους μικροοργανισμούς στο νερό υπάρχουν και διάφορες χημικές ενώσεις οι οποίες προκαλούν διάφορες ασθένειες στον άνθρωπο. Τέτοιες ουσίες είναι βαριά μέταλλα , οργανικές ενώσεις και άλλες οι οποίες προέρχονται είτε από βιομηχανικά απόβλητα τα οποία εισέρχονται στον υδροφόρο ορίζοντα είτε και από την μόλυνση της ατμόσφαιρας.

Το νερό μπορεί να φαίνεται καθαρό και διαυγές αλλά μπορεί να μην είναι υγιεινό και να προκαλέσει διάφορες ασθένειες στους καταναλωτές.

Νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση πρέπει να είναι απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς. Γι αυτό είναι απαραίτητη η συνεχής παρακολούθηση των μικροβιολογικών του χαρακτηριστικών. Τέλος θα πρέπει να γίνει κατανοητό ότι με μία μικροβιολογική εξέταση του νερού δεν είμαστε σε θέση να εκτιμήσουμε την καταλληλότητα του ή όχι.

## 1.2. Μικροοργανισμοί που υπάρχουν στο νερό

Στο νερό υπάρχουν πολλοί μικροοργανισμοί αλλά δεν είναι όλοι παθογόνοι. Επίσης η παθογονικότητά τους εξαρτάται και από τον αριθμό αυτών μέσα στο νερό καθώς και επίσης και από τις συνθήκες.

Μερικοί από αυτούς τους μικροοργανισμούς είναι :

- ✓ **Ιοί:** είναι μικροσκοπικά σωματίδια με μέγεθος 15-400 nm. Δεν αναπτύσσονται εκτός ζωντανού κυττάρου αλλά το νερό είναι το μέσο μεταφοράς τους στον άνθρωπο και στα ζώα όπου η μόλυνση γίνεται είτε με την κατάποση είτε με σταγονίδια. Αυτοί που προκαλούν το μεγαλύτερο πρόβλημα και φυσικά είναι παθογόνοι για τον άνθρωπο είναι οι εντερικοί ιοί. η μετάδοση γίνεται συνήθως μέσω της ανθρώπινης στοματοπρωκτικής οδού, της κατανάλωσης μολυσμένων τροφίμων και νερού, της μετάδοσης από άτομο σε άτομο, μέσω επαφής ή με απελευθέρωση υδατοσταγονιδίων. Τα τρόφιμα μπορούν επίσης να μολυνθούν από τα χέρια μολυσμένων χειριστών τροφίμων ή με επαφή με λύματα ή μολυσμένα νερά.
- ✓ **Βακτήρια:** Μονοκύτταροι οργανισμοί με μέγεθος από 0,5  $\mu\text{m}$  έως 5  $\mu\text{m}$ . Μπορούν ανά αναπτυχθούν στο νερό κάτω από κατάλληλες συνθήκες και είναι πολύ ευαίσθητα στις αλλαγές του pH.
- ✓ **Μύκητες:** είναι ευκαριωτικοί οργανισμοί και είναι περισσότερο ανθεκτικά σε όξινο περιβάλλον και σε ξηρό από τα βακτήρια. 100.000 είδη από αυτά τα 400 παθογόνα και είναι ευρέως διαδεδομένοι στον αέρα, έδαφος, νερό.
- ✓ **Άλγη:** Φωτοσυνθετικά φυτά με περιορισμένη ικανότητα κίνησης. Η παρουσία τους στο νερό προκαλεί δυσάρεστη οσμή και γεύση εξαιτίας της απορρόφησης του οξυγόνου από το νερό προκειμένου να αναπτυχθούν.
- ✓ **Πρωτόζωα:** Είναι σχετικά ευμεγέθη σωματίδια και απομακρύνονται εύκολα στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας
- ✓ **Παράσιτα:** Τα παράσιτα προήλθαν από την εξέλιξη ελευθέρως διαβιούντων οργανισμών ,οι οποίοι προσαρμόσαν τις λειτουργίες τους , έτσι ώστε να είναι ικανοί να επιβιώσουν και να εξελιχθούν στους ξενιστές τους. Τα παράσιτα δεν διαθέτουν επίσης μεγάλη ικανότητα κίνησης , διότι αυτή τους είναι άχρηστη και τις περισσότερες φορές όταν μετακινούνται υφίστανται βλάβη . Τα είδη των παρασίτων προκειμένου να διατηρήσουν την ύπαρξή τους, παράγουν πολύ μεγάλο αριθμό

αυγών έτσι ώστε η πιθανότητα μόλυνσης ενός νέου ξενιστή και της διατήρησης του είδους να είναι αυξημένη . Παράλληλα άλλα είδη παρασίτων όταν βρεθούν σε δυσμενές περιβάλλον μετατρέπονται ή παράγουν ανθεκτικές μορφές, οι οποίες επιβιώνουν και εξελίσσονται σε ώριμες μορφές όταν πλέον οι συνθήκες του περιβάλλοντος είναι κατάλληλες και ευνοούν την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό τους. Τα περισσότερα παράσιτα προκειμένου να υπερνικήσουν τους μηχανισμούς απώθησης του ξενιστή έχουν αναπτύξει όργανα , τα οποία βοηθούν στη συγκράτησή τους , όπως επίσης έχουν υποστεί βιοχημικές και ανοσολογικές μεταλλαγές , έτσι ώστε να μην υφίστανται βλάβες από το αμυντικό σύστημα των ξενιστών τους .

Από ιατρικής πλευράς το παράσιτο είναι ένα παθογόνο, του οποίου η επιβίωση εξαρτάται από το ξενιστή και ταυτόχρονα προκαλεί βλάβη σ' αυτόν.

Λαμβάνοντας υπόψη το παραπάνω, ορισμένοι οργανισμοί, οι οποίοι καλούνται παράσιτα στην πραγματικότητα ζουν σε ισορροπία με τον ξενιστή τους διότι δεν του προκαλούν βλάβη αλλά ούτε τον ωφελούν (*Entamoeba coli*).

### **1.3. Νοσήματα τα οποία σχετίζονται με την ύπαρξη παθογόνων μικροοργανισμών**

Κατά τον Bradley, τα υδατογενή νοσήματα που οφείλονται στο πόσιμο νερό είναι δυνατόν να ταξινομηθούν ως εξής:

- Υδατογενή νοσήματα που οφείλονται στην κατανάλωση του νερού ως ποσίμου(στοματο-πρωκτική οδός, πχ. χολέρα, τυφοειδής πυρετός, κρυπτοσπορίδιο κλπ.)
- Υδατογενή νοσήματα που προκύπτουν από μη επαρκή ποσότητα νερού (επιπεφυκίτιδες, τράχωμα, γαστρεντερίτιδες κλπ.)
- Υδατογενή νοσήματα από μικροοργανισμούς με το νερό να παίζει σημαντικό ρόλο στον κύκλο ζωής τους (σχιστοσωμίαση, δρακοντίαση)
- Υδατογενή νοσήματα που οφείλονται σε έντομα με εκκόλαψη στο νερό ή που τσιμπούν κοντά σε συλλογές νερού (κίτρινος πυρετός, φιλαρίαση, ελονοσία κ.α.).

Σε σχέση με την πύλη εισόδου που ο παθογόνος μικροοργανισμός που υπάρχει μέσα

στο νερό χρησιμοποιεί για να εισέλθει στον οργανισμό και να προκαλέσει νόσο είναι δυνατόν να υπάρξει η παρακάτω κατηγοριοποίηση των υδατογενών νοσημάτων (Δρ.Ε.Ν. Βελονάκης):

- Με πύλη εισόδου το γαστρεντερικό
- Με πύλη εισόδου το δέρμα και τους επιπεφυκότες (κύρια με την επαφή τους με τα νερά αναψυχής είτε πρόκειται για φυσικά, είτε για νερά σε τεχνητό περιβάλλον)
- Με πύλη εισόδου το αναπνευστικό (λεγεωνέλλα, άτυπα μυκοβακτηρίδια κ.α.)

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα διάφορα υδατογενή νοσήματα που μπορεί να προκύψουν ανάλογα με το είδος του μικροοργανισμού.

**Πίνακας 1:** Υδατογενή νοσήματα τα οποία σχετίζονται με την ύπαρξη βακτηρίων στο νερό (Δρ. Ε.Ν. Βελονάκης)

<b>Βακτήρια</b>	<b>Υδατογενές νόσημα</b>
<i>Salmonella typhi</i>	Τυφοειδής πυρετός
<i>Salmonella paratyphi A,</i>	B Παράτυφος
<i>Shigella spp</i>	Μικροβιακή δυσεντερία
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Μικροβιακή γαστρεντερίτιδα
<i>E. coli O 157: H 7</i>	Μικροβιακή γαστρεντερίτιδα
<i>Campylobacter jejuni</i>	Μικροβιακή γαστρεντερίτιδα
<i>Vibrio cholerae</i>	Χολέρα
<i>Vibrio cholerae biot. El - Tor</i>	Χολέρα
<i>Legionella pneumophila</i>	Πνευμονία, Πυρετός Pontiac
<i>Atypical Mycobacteria</i>	Κοκκιώματα, Νοσήματα αναπνευστικού, όπως φυματίωση κ.α.
<i>Aeromonas hydrophila, sobria</i>	Δερματικές-μυϊκές λοιμώξεις, διάρροιες, πνευμονίες, σηψαιμία
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ωτίτιδες, επιπεφυκίτιδες, δερματίτιδες, πνευμονία
<i>Staphylococcus spp</i>	Δερματίτιδες, αποστήματα δέρματος, επιμολύνσεις τραυμάτων κ.ά.
<i>Vibrio: vulnificus, parahaemolyticus, alginolyticus</i>	Σηψαιμία σε ανοσοκατασταλμένα άτομα, γαστρεντερίτιδες, ωτίτιδες

**Πίνακας 2:** Υδατογενή νοσήματα τα οποία σχετίζονται με την ύπαρξη μυκήτων στο νερό (Δρ. Ε.Ν. Βελονάκης)

Μύκητες	Υδατογενές νόσημα
<i>Candida albicans</i>	Δερματίτιδες
<i>Aspergillus</i>	Δερματίτιδες
<i>Mucor</i>	Δερματίτιδες
<i>Fusarium</i>	Δερματίτιδες
<i>Rhizopus</i>	Δερματίτιδες

**Πίνακας 3 :** Υδατογενή νοσήματα τα οποία σχετίζονται με την ύπαρξη ιών στο νερό (Δρ. Ε.Ν. Βελονάκης)

Ιοί	Υδατογενές νόσημα
HAV	Ηπατίτιδα Α
Polio I, II, III viruses	Εντεροϊώσεις
Coxsackie A, B viruses	Εντεροϊώσεις
Echo viruses	Εντεροϊώσεις
Rota virus	Εντεροϊώσεις
Parvo virus	Εντεροϊώσεις
Norwalk agent virus	Εντεροϊώσεις

**Πίνακας 4 :** Υδατογενή νοσήματα τα οποία σχετίζονται με την ύπαρξη παρασίτων στο νερό (Δρ. Ε.Ν. Βελονάκης)

Παράσιτα	Υδατογενές νόσημα
<i>Entamoeba histolytica</i>	Γαστρεντερίτιδες
<i>Giardia lamblia</i>	Γαστρεντερίτιδες
<i>Cryptosporidium spp</i>	Γαστρεντερίτιδες
<i>Balantidium coli</i>	Γαστρεντερίτιδες
<i>Naegleria fowleri</i>	Μηνιγγίτιδα
<i>Leptospira hictrohaemorrhagiae</i>	Μηνιγγίτιδα με ηπατονεφρική ανεπάρκεια
<i>Acanthamoeba spp</i>	Κερατίτιδα, αποστήματα & έμφρακτα εγκεφάλου

Οι απομόνωση και η ταυτοποίηση όλων αυτών των μικροοργανισμών είναι δύσκολη για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε τους δείκτες μόλυνσης νερού η παρουσία των οποίων αποτελεί δείγμα μόλυνσης νερού. Μερικοί από αυτούς είναι: τα ολικά κολοβακτηριοειδή, ο συνολικός αριθμός βακτηρίων στους 37 °C και στους 22 °C, οι στρεπτόκοκκοι κοπράνων, οι εντερόκοκκοι, οι ψευδομονάδες, και τα θειοαναγωγικά κλωστρίδια.

#### **1.4. Η χρήση του βρόχινου νερού σε επίπεδο οικίας**

Η συλλογή του βρόχινου νερού σε δεξαμενές, τις γνωστές σε όλους στέρνες, ήταν μια κοινή πρακτική που εφάρμοζαν Αιγύπτιοι, Παλαιστίνιοι, Ιρανοί, Ιρακινοί, πολίτες της Υεμένης, οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι ήδη από το 4000 π.Χ

Οι στέρνες είναι δεξαμενές οι οποίες βρίσκονται συνήθως στο υπόγειο της οικίας αλλά και στην ταράτσα ή την αυλή. Η συλλογή του βρόχινου νερού γίνεται είτε από τις στέγες είτε από τις ταράτσες μέσω των υδρορροών. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια ομβριοσυλλογής τόσο πιο μεγαλύτερη είναι και η ποσότητα νερού που συλλέγεται. Σε κάποιες περιπτώσεις, πριν από την είσοδο στην δεξαμενή χρησιμοποιούν χαλίκι ή σήτα για την φίλτρανση του νερού. Στην συνέχεια με την βοήθεια κάποιου πιεστικού μηχανήματος το νερό οδηγείται στην οικία για διάφορες χρήσεις.

Το βρόχινο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πλύσιμο, μαγείρεμα, αφεψήματα, πότισμα και οτιδήποτε άλλο αλλά είναι ακατάλληλο για πόση. Αυτό συμβαίνει διότι είναι πολύ «μαλακό» νερό δηλαδή με μηδενική σκληρότητα (άλατα ασβεστίου και μαγνησίου) και εξαιτίας του φαινομένου της οσμώσεως μπορεί να προκαλέσει πολλά προβλήματα στον ανθρώπινο οργανισμό. Για το λόγο αυτό, σε παλαιότερα χρόνια μέσα στις δεξαμενές τοποθετούσαν ένα κομμάτι ασβέστη έτσι ώστε να προσδώσουν μεγαλύτερη σκληρότητα στο νερό.



*Εικόνα 1 : Συστήματα συλλογής βρόχινου νερού για διάφορες χρήσεις*

#### **1.4.1 Στην Ελλάδα σήμερα**

Σήμερα στην Ελλάδα η συλλογή του βρόχινου νερού έχει εγκαταλειφτεί κυρίως στις μεγαλουπόλεις εξαιτίας της νέας αρχιτεκτονικής με αποτέλεσμα να στηρίζεται αποκλειστικά στα συστήματα διανομής νερού από τις εταιρίες ύδρευσης . Στις πόλεις μεγάλες επιφάνειες καλύπτονται από μπετό και άσφαλτο με αποτέλεσμα μεγάλες ποσότητες νερού να ρέουν επιφανειακά και να διοχετεύονται σε ποτάμια, λίμνες χωρίς να εμπλουτίζουν τον υδροφόρο ορίζοντα (Ahmed W, Gardner T, and Toze S, 2011).

Εξάλλου στις μεγαλουπόλεις είναι δύσκολη η συλλογή του βρόχινου νερού. Επίσης, σε πολλά νησιά μετέτρεψαν τις δεξαμενές νερού σε δωμάτια έτσι ώστε να τα εκμεταλλευτούν για άλλες χρήσεις .

Παρόλα αυτά, τα τελευταία χρόνια όμως, εξαιτίας της έλλειψης νερού, κυρίως στα χωριά και στα νησιά, επανήλθε στο προσκήνιο η συλλογή του βρόχινου νερού σε δεξαμενές για ανθρώπινη χρήση και όχι μόνο για πότισμα.

Ήδη στις Κυκλάδες (στους Δήμους Νάξου, Πάρου, Τήνου και Σύρου) εφαρμόζεται ένα πρόγραμμα συλλογής βρόχινου νερού από στέγες και επιφάνειες σε δεξαμενές μικρές η μεγάλες και χρήση αυτού για διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες με σκοπό την εξοικονόμηση του νερού.

#### 1.4.2. Στην νήσο Αλόννησο

Η Αλόννησος είναι ένα νησί στο οποίο πριν από λίγα χρόνια το πρόβλημα της λειψυδρίας ήταν πολύ έντονο και οι κάτοικοι ήταν αναγκασμένοι να αποθηκεύουν το βρόχινο νερό σε δεξαμενές έτσι ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες τους. Το νερό από το δημοτικό δίκτυο ύδρευσης διοχετευόταν συγκεκριμένες ώρες και ημέρες για να καλύψει μόνο τις βασικές ανάγκες των κατοίκων.

Στην συνέχεια μετά την ανόρυξη κάποιων γεωτρήσεων και την εύρεση νερού πόσιμου οι ανάγκες για συλλογή του βρόχινου νερού μειώθηκαν. Παρόλα αυτά και πάλι κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες το νερό δεν επαρκεί και για τους μόνιμους κατοίκους αλλά και τους τουρίστες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι δεξαμενές συλλογής να είναι ακόμα απαραίτητες.

Οι δεξαμενές αυτές έχουν χωρητικότητα από ένα κυβικό μέχρι και 200 κυβικά σε αρκετές περιπτώσεις. Στις δεξαμενές αυτές υπάρχει η δυνατότητα να προσθέτουν νερό δικτύου ή βρόχινο νερό ή ανάμιξη αυτών, αναλόγως με την περίπτωση.

Σε όλες οι νέες οικίες οι οποίες κτίζονται στο νησί, απαραίτητη προϋπόθεση είναι το κτίσιμο δεξαμενής αποθήκευσης νερού. Στις εκτός σχεδίου οικίες όπου δεν υπάρχει δίκτυο ύδρευσης είναι αυτονόητη η συλλογή και χρήση του βρόχινου νερού για την εξυπηρέτηση των αναγκών. Τα σπίτια κατασκευάζονται έτσι ώστε να εκμεταλλεύονται όλη την στέγη ή τις ταράτσες και σε πολλές περιπτώσεις ακόμα και τις αυλές.

Πολλές φορές όμως, οι δεξαμενές αυτές δεν καθαρίζονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα και το νερό πριν να εισέλθει σε αυτές δεν φιλτράρεται, με αποτέλεσμα να υπάρχει επιμόλυνση του νερού αυτού από διάφορους μολυσματικούς παράγοντες.



***Εικόνα 2 :** Σύστημα συλλογής βρόχινου νερού σε οικία στην Αλόννησο*



***Εικόνα 3 :** Υπόγεια δεξαμενή αποθήκευσης βρόχινου νερού σε οικία στην περιοχή Μπαμπακιές Αλόννησου.*



**Εικόνα 4 :** Δίκτυο ομβριοσυλλογής και προεπεξεργασίας του νερού πριν να εισέλθει στην δεξαμενή αποθήκευσης σε κτίριο στο Πατητήρι Αλόννησου.



**Εικόνα 5 :** Συλλογή ομβρίων υδάτων από σκεπή κτιρίου και αποθήκευση σε υπόγεια δεξαμενή στο Παλαιό Χωριό Αλοννήσου



**Εικόνα 6 :** ομβριοσυλλογή και αποθήκευση σε υπόγεια δεξαμενή μπροστά από την οικία στην περιοχή Π. Χωριό Αλοννήσου.

### 1.4.3 Σε άλλες περιοχές της Ευρώπης

Στην Γερμανία σε μια πόλη με το όνομα Giessen η δημοτική αρχή προωθεί την συλλογή και την χρήση του βρόχινου νερού. Για το λόγο αυτό έχει εκδώσει και έναν οδηγό με τις τεχνικές προδιαγραφές που θα πρέπει να έχουν τα συστήματα συλλογής του βρόχινου νερού και μάλιστα επιδοτεί την προσπάθεια αυτή.

Στο Βερολίνο πολλές μεγάλες εταιρίες όπως η Chrysler και η Belss – Luedecke – Strasse στα κτήρια τους εφαρμόζουν ένα πρόγραμμα συλλογής αποθήκευσης και χρήσης του βρόχινου νερού από τις στέγες αλλά και από τα παρκινγκ, δρόμους. Το νερό αυτό χρησιμοποιείται για πότισμα κήπων και τις τουαλέτες (Villarreala, Edgar L. Dixon Andrew, 2005)

Στην Αυστραλία η αποθήκευση και η χρήση του βρόχινου νερού είναι πολύ συχνό φαινόμενο για τους κατοίκους και για το λόγο αυτό το υπουργείο υγείας της

Αυστραλίας έχει εκδώσει και οδηγό για την σωστή χρήση των ομβρίων υδάτων από δεξαμενές αποθήκευσης.

Αξίζει λοιπόν στην Ελλάδα να προωθηθεί μια τέτοια προσπάθεια έτσι ώστε να γίνεται εξοικονόμηση των φυσικών αλλά και οικονομικών πόρων όταν μάλιστα αρκετές περιοχές της Ελλάδας αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της λειψυδρίας ή το πρόβλημα χρήσης νερού επιβαρυνμένου με διάφορες τοξικές και καρκινογόνες ουσίες σαν αποτέλεσμα της υπεράντλησης.

### **1.5 Τρόποι μόλυνσης του Βρόχινου νερού το οποίο αποθηκεύεται σε δεξαμενές**

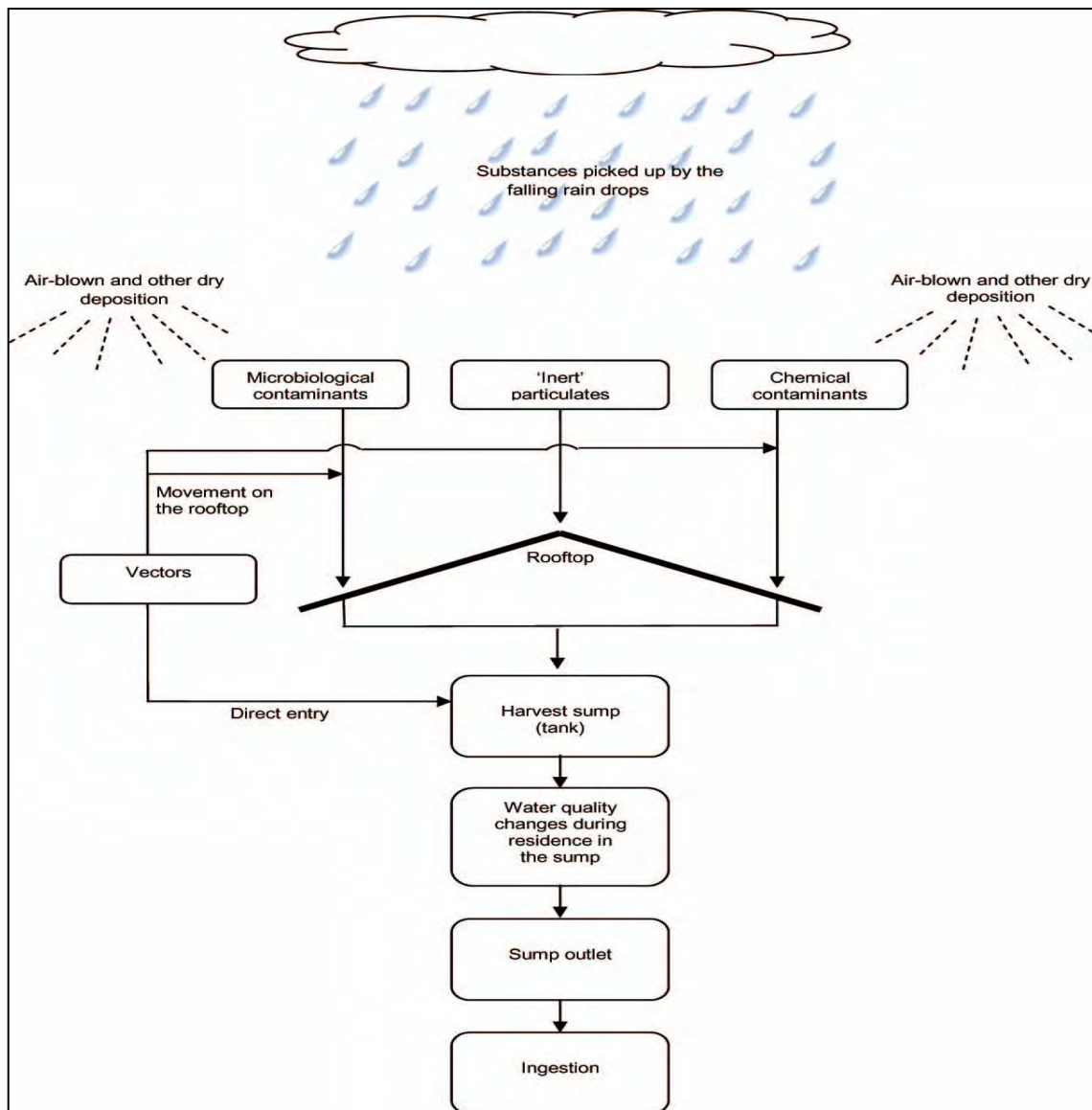
Αντίθετα με την αντίληψη την οποία επικρατεί σε πολλούς ανθρώπους ότι το βρόχινο νερό που συλλέγεται από τις στέγες και τις σκεπές είναι καθαρό και υγιεινό ωστόσο ένας μεγάλος αριθμός μολυσματικών παραγόντων μπορεί να υπάρχει μέσα σε αυτό.

Το νερό είναι ένας ισχυρός διαλύτης τόσο που διαλύει μεγάλο μέρος από τις περισσότερες ουσίες οι οποίες έρχονται σε επαφή με αυτό. Κατά την διαδρομή του από τα σύννεφα μέχρι την δεξαμενή συλλογής στεγών μπορεί να μολυνθεί χημικά, φυσικά ή μικροβιολογικά. Είναι χαρακτηριστικό ότι όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια των βροχοπτώσεων, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ποσότητα των ρυπογόνων παραγόντων που θα μεταφερθούν με την πρώτη απορροή (*Thomas & Grenne, 1993, Vasudevan, 2002*)

Ακολουθώντας λοιπόν την διαδρομή αυτή, μπορεί να διαπιστωθεί με ποιο τρόπο αλλά και από ποιες ουσίες μπορεί να μολυνθεί το βρόχινο νερό έως ότου χρησιμοποιηθεί από τις δεξαμενές αποθήκευσης αυτού.

- Κατά την διάρκεια της βροχής το νερό «εμπλουτίζεται» από την ατμόσφαιρα με διάφορες ουσίες (σωματίδια, διαλύτες, κολλοειδή σωματίδια κ.α). Έτσι το λιγότερο που μπορούν να περιέχει είναι θειικά, Νιτρικά, Νιτρώδη και διοξείδιο του άνθρακα. Σε περίπτωση που το νερό αυτό περνάει μέσα από βιομηχανική περιοχή ή εάν έχει γίνει αεροψεκασμός, μπορεί να μολυνθεί και με διάφορες άλλες πιο επικίνδυνες ουσίες. Επίσης το νερό μπορεί να έχει χαμηλό pH (όξινη βροχή) με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η έκπλυση διαφόρων ουσιών κυρίως μέταλλα από τις επιφάνειες συλλογής. (*Abbasi and Soni 1983- 1984*).

- Στην συνέχεια πέφτοντας στην στέγη μπορεί και εκεί να μολυνθεί με χημικές ουσίες όπως είναι ο μόλυβδος και χρώμιο από τα υλικά της σκεπής και των υδρορροών. Επίσης διάφορα χρώματα τα οποία χρησιμοποιούνται στις στέγες και στις σκεπές μπορεί να μεταφέρουν καρκινογόνες – τοξικές ουσίες το νερό της βροχής πριν αυτό αποθηκευτεί.
- Από την στέγη μπορεί να μεταφέρει διάφορα απορρίμματα όπως φύλλα, σκόνες και άλλα σωματίδια μέσα στο νερό της δεξαμενής όπου αργότερα θα αποτελέσουν υπόστρωμα ανάπτυξης μικροοργανισμών εντός της δεξαμενής
- Επίσης μπορεί να έχουμε και μικροβιολογική μόλυνση από περιττώματα ζώων, πουλιών, είτε από νεκρά πουλιά, σαύρες, ποντικούς, αρουραίους και έντομα τα οποία πιθανόν να βρίσκονται στις στέγες , με ότι συνεπάγεται αυτό . Τέλος εξαιτίας της κοπρανώδους μόλυνσης δεν έχουμε μόνο μικροβιολογική επιμόλυνση αλλά μπορεί να έχουμε και αύξηση των φωσφορικών, Νιτρικών και Αμμωνία στο βρόχινο νερό.



**Εικόνα 7 :** Πορεία των ρύπων σε σύστημα ομβριοσυλλογής από στέγες. (Abbasi T. and Abbasi, S. A.)

Η χρήση του βρόχινου νερού δεν έχει συσχετιστεί με διάφορες ασθένειες σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία. Σύμφωνα με τους (Dilaha, Zolan 1985) το νερό της βροχής το οποίο συλλέγεται από τις στέγες και σκεπές είναι αποδεκτής ποιότητας και δεν έχει παρουσιάσει αυξημένο κίνδυνο γαστρεντερικών διαταραχών από την κατανάλωση συγκριτικά πάντα με αυτό των δικτύων ύδρευσης (Heyworth 2001). Εκατομμύρια άνθρωποι στις αγροτικές περιοχές σε όλο τον κόσμο εξαρτώνται από βρόχινο νερό το οποίο χρησιμοποιούν και για πόση και άλλες οικιακές χρήσεις και παρόλα αυτά ο αριθμός των κρουσμάτων σοβαρών προβλημάτων υγείας που σχετίζονται με το νερό της βροχής είναι πολύ λίγες

Επίσης σε μία άλλη μελέτη η οποία πραγματοποιήθηκε στην Αυστραλία και αφορούσε την πιθανότητα εμφάνισης γαστρεντερικών διαταραχών σε παιδιά έως 6 ετών που κατανάλωναν βρόχινο νερό δεξαμενών σε σχέση με αυτά που κατανάλωναν νερό δικτύου ύδρευσης έδειξε ότι δεν υπάρχει αυξημένη πιθανότητα.

Όμως το βρόχινο νερό το οποίο συλλέγεται από τις στέγες και τις σκεπές θα μπορούσε να αποτελέσει κίνδυνο για την δημόσια υγεία. Σύμφωνα με διάφορες μελέτες έχει αποδειχτεί και βρεθεί πλήθος παθογόνων μικροοργανισμών αλλά και διάφορων άλλων μολυσματικών ενώσεων.

Σε μια μελέτη η οποία πραγματοποιήθηκε στο Νιούκαστλ στην Ανατολική Ακτή της Αυστραλίας κατά την οποία έγινε συλλογή δειγμάτων νερού και έλεγχος μολυσματικών παραγόντων διαπιστώθηκε πλήθος αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών, των οποίων ο αριθμός επηρεάστηκε και από τις ταχύτητες του ανέμου. Επίσης σε μια σειρά μελετών (Gould (1999)) έχουν εντοπιστεί πλήθος παθογόνων μικροοργανισμών όπως *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio*, *Clostridium*, *Legionella*, *Campylobacter*, *Cryptosporidium* και *Giardia spp*, σε δείγματα τα οποία συλλέχθηκαν από δεξαμενές όμβριων υδάτων

## **1.6 Ισχύουσα νομοθεσία σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.**

Η ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/EK του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3ης Νοεμβρίου 1998 είναι η Κοινή Υπουργική Απόφαση Υ2/2600/2001. Σκοπός της παραπάνω απόφασης είναι η προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας προς την οδηγία 98/83/EK του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης που δημοσιεύθηκε στην επίσημη εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 3ης Νοεμβρίου 1998, με στόχο την προστασία της ανθρώπινης υγείας από τις δυσμενείς επιπτώσεις που οφείλονται στη ρύπανση ή και μόλυνση του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, διασφαλίζοντας ότι είναι υγιεινό και καθαρό. (ΕΕ L330/98)

### **Έννοιες - ορισμοί**

Σύμφωνα με την παραπάνω νομοθεσία «**Νερό ανθρώπινης κατανάλωσης**» ορίζεται ως :

A. Το νερό, είτε σε φυσική του κατάσταση είτε μετά από επεξεργασία, που προορίζεται για πόση, μαγείρεμα, προπαρασκευή τροφής, ή άλλες οικιακές χρήσεις, ανεξάρτητα από την προέλευση του και από το εάν παρέχεται από δίκτυο διανομής, από βυτίο ή σε φιάλες ή σε δοχεία.

B. το νερό που χρησιμοποιείται στις επιχειρήσεις παραγωγής τροφίμων για την παρασκευή, επεξεργασία, συντήρηση ή εμπορία προϊόντων ή ουσιών, που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.

**Οικιακές Χρήσεις :** χρήσεις του νερού, κατά τρόπο που να έρχεται σε άμεση ή έμμεση επαφή με τον ανθρώπινο οργανισμό.

**Οικιακά συστήματα διανομής :** Οι σωληνώσεις, τα εξαρτήματα και οι συσκευές που έχουν εγκατασταθεί μεταξύ κρουνών που συνήθως χρησιμοποιούνται για παροχή νερού ανθρώπινης κατανάλωσης και του δικτύου διανομής, αλλά μόνο εφόσον αυτά δεν υπάγονται στην ευθύνη του φορέα ύδρευσης, υπό την ιδιότητά του αυτή.

## 1.7 Λόγοι χρήσης του βρόχινου νερού

Η συλλογή και χρήση του βρόχινου νερού είναι μια λύση η οποία προσφέρει μια σειρά από πλεονεκτήματα όπως :

1. Το βρόχινο νερό αποτελεί την πιο καθαρή πηγή νερού από όλες τις άλλες και κοστίζει πολύ λιγότερο από το νερό του δικτύου ύδρευσης. Το συνολικό κόστος από την χρήση του βρόχινου νερού είναι περίπου τρεις με πέντε φορές μικρότερο από αυτό της ύδρευσης.
2. Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του είναι πολύ καλύτερα από αυτό των περισσότερων δικτύων ύδρευσης όπως αλατότητα, αγωγιμότητα, σκληρότητα κ.α και συνεπώς είναι το καταλληλότερο νερό για πολλές χρήσεις όπως πλυντήρια, καζανάκια, πότισμα, πυρόσβεση κ.α.
3. Γίνεται εξοικονόμηση πόσιμου νερού μέσω της μείωσης στην κατανάλωση νερού από το δημοτικό δίκτυο ύδρευσης με ότι συνεπάγεται αυτό (μείωση κόστους, μείωση υπεράντλησης, κ.α)
4. Είναι λιγότερο επικίνδυνο σε σύγκριση με αυτό των ποταμιών και λιμνών (*Mwenge Kahinda et al 2007, Heijnen 2001*)

5. Προστασία του περιβάλλοντος αφού δεν γίνεται υπεράντληση και επομένως υφαλμύρωση των υπόγειων υδάτων

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1. Σκοποί και στόχοι

Σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι να διαπιστώσει κατά πόσο το βρόχινο νερό το οποίο συλλέγεται σε δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες, για χρήση σε διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες πληροί της προδιαγραφές της νομοθεσίας για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης. Τα ερωτήματα τα οποία γεννιούνται είναι τα εξής :

- Μπορεί το νερό αυτό να χρησιμοποιηθεί από τους κατοίκους με ασφάλεια ;
- Τι μπορεί να περιέχει το οποίο θα μπορούσε να απειλήσει την υγεία τους ;
- Με ποιους τρόπους μπορεί το νερό αυτό να μολυνθεί ;
- Τι θα μπορούσε να γίνει έτσι ώστε να μειώσουν τους κινδύνους αυτούς ;

Μέσω της παρούσας εργασίας έχει γίνει μια προσπάθεια έτσι ώστε να επιλυθούν όλα τα παραπάνω ερωτήματα.

### 2.2. Υλικά και μεθοδολογία

Η συλλογή των δειγμάτων έχει γίνει από δεξαμενές συλλογής βρόχινου νερού σε οικίες στην νήσο Αλόνησο, δεδομένου ότι η νήσος Αλόνησος είναι ένα από τα λίγα νησιά όπου ακόμα συλλέγουν το βρόχινο νερό σε δεξαμενές. Η διαδικασία δειγματοληψίας ήταν ως εξής :

- Η συλλογή δειγμάτων νερού έγινε σε επιμελώς καθαρές φιάλες. Όταν πρόκειται να πραγματοποιηθούν έλεγχοι στις μικροβιολογικές παραμέτρους, τα δοχεία δειγματοληψίας ήταν αποστειρωμένα.
- Κάθε δοχείο δειγματοληψίας σημαίνεται με ετικέτα, όπου σημαίνεται με ένα αριθμό, και όλες οι απαραίτητες πληροφορίες για την αναγνώριση του δείγματος γράφονται σε ειδικά δελτία δειγματοληψίας, που συνόδευαν τις φιάλες δειγματοληψίας. Από τα δελτία δειγματοληψίας προσπαθήσαμε να συλλέξουμε πληροφορίες σχετικά με το πόσο συχνά καθαρίζονται οι δεξαμενές

με το είδος του καθαριστικού καθώς και εάν έχουν συστήματα καθαρισμού του νερού πριν μπει στην δεξαμενή αλλά και μετά πριν από την χρήση αυτού.

Τα δείγματα αφού συλλέχτηκαν, μεταφέρθηκαν από την Αλόννησο στην Λάρισα εντός 24<sup>ωv</sup> ωρών μέσα σε ισοθερμικά δοχεία έτσι ώστε να πραγματοποιηθούν οι προβλεπόμενες αναλύσεις.

Δεδομένου ότι το νερό πριν αποθηκευτεί μπορεί να μολυνθεί, κυρίως μικροβιολογικά με διάφορους τρόπους (περιττώματα πουλιών, φύλλα, σκόνη, κ.α) πραγματοποιήθηκαν κυρίως μικροβιολογικοί έλεγχοι.

Επίσης σε περιορισμένο αριθμό δειγμάτων πραγματοποιήθηκαν και φυσικοχημικές μετρήσεις.

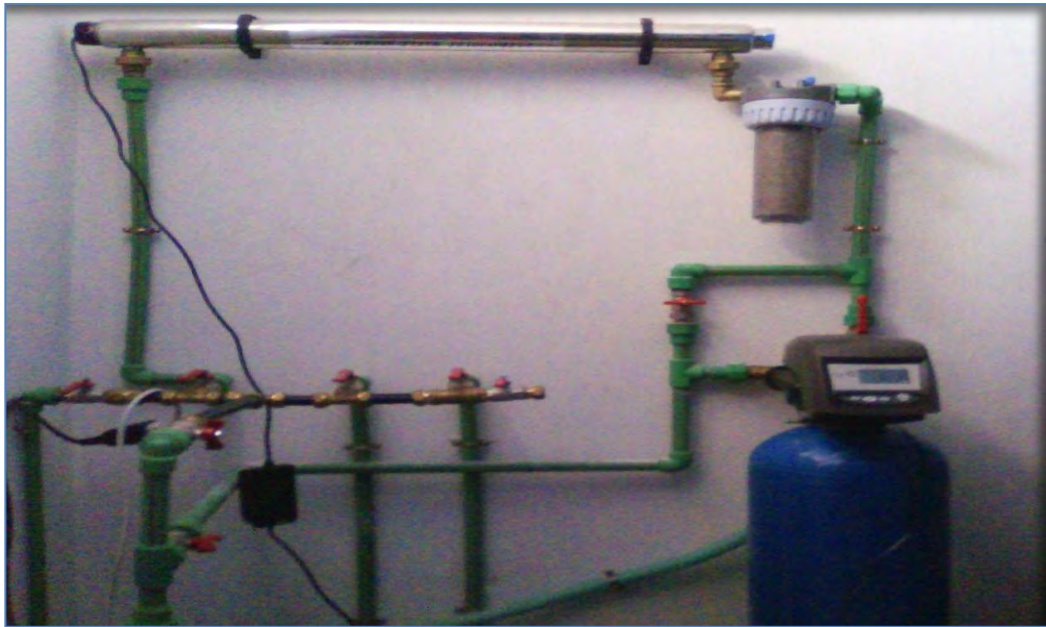
Συνολικά, πραγματοποιήθηκε έλεγχος σε μικροβιολογικές παραμέτρους σε 39 δείγματα βρόχινου νερού. Από αυτά τα δείγματα τα 34 προήλθαν από δεξαμενές βρόχινου νερού στις οποίες δεν έχει γίνει καμία επεξεργασία πριν να χρησιμοποιηθεί συμπεριλαμβανομένου και η απολύμανση.

Σε 5 δείγματα από τα παραπάνω έγινε επαναληπτική δειγματοληψία και έλεγχος στις μικροβιολογικούς παραμέτρους αφού πραγματοποιήθηκε κάποια μορφή επεξεργασίας.

Συγκεκριμένα τα δείγματα N<sup>ο</sup> 35, 37 και 38 προέκυψαν από δεξαμενές στις οποίες έγινε προσθήκη σταθεροποιημένου διαλύματος διοξειδίου του χλωρίου ClO<sub>2</sub> 1% w/v σε αναλογία 10 ml / m<sup>3</sup> νερού.

Το δείγμα N<sup>ο</sup> 36 συλλέχθηκε από δεξαμενή αποθήκευσης στην οποία προστέθηκε διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου 4,8% w/w σε αναλογία 10 ml/m<sup>3</sup>. Κατά την επαναληπτική δειγματοληψία το ελεύθερο χλώριο ήταν 0,5 ppm.

Τέλος, το δείγμα N<sup>ο</sup> 39 συλλέχθηκε από το δίκτυο οικίας η οποία τροφοδοτείται με βρόχινο νερό το οποίο έχει υποστεί επεξεργασία. Συγκεκριμένα έχει τοποθετηθεί διάταξη για τον καθαρισμό και την απολύμανση του νερού όπου αποτελείται από φίλτρο άμμου με αυτόματη κεφαλή, φίλτρο 5 μm και σύστημα απολύμανσης UV. Η τοποθέτηση έχει γίνει μετά το πιεστικό συγκρότημα το οποίο διοχετεύει το νερό στην οικία. Η διάταξη αυτή φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



*Εικόνα 8: :Σύστημα καθαρισμού – απολύμανσης βρόχινου νερού με UV*

Η δειγματοληψία από τις δεξαμενές στις οποίες τοποθετήθηκε απολυμαντικό μέσο έγινε μετά από 4 ημέρες (αφότου έγινε η προσθήκη του απολυμαντικού μέσου).

## **2.3. Είδος παραμέτρων που ελέχθησαν**

### **2.3.1 Μικροβιολογικοί δείκτες**

Προκειμένου να διασφαλίσουμε την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης θα πρέπει να απομονώσουμε και να προσδιορίσουμε όλους τους παθογόνους μικροοργανισμούς που βρίσκονται σε αυτό. Επειδή ο προσδιορισμός όλων των παθογόνων μικροβίων απαιτεί ποικιλία πολύπλοκων, χρονοβόρων και πολυέξοδων αναλύσεων, χρησιμοποιούνται μικροοργανισμοί που ονομάζονται δείκτες. Οι δείκτες αυτοί είναι μικροοργανισμοί των οποίων η παρουσία επιβεβαιώνει μόλυνση του νερού.

Οι δείκτες αυτοί πρέπει να έχουν τα κάτωθι χαρακτηριστικά :

- Να ανιχνεύονται με μεθόδους ταχείς ώστε οι απαντήσεις να δίνονται γρήγορα
- Να συνυπάρχουν με τα παθογόνα βακτήρια
- Η συγκέντρωσή τους να είναι ανάλογη της μόλυνσης

- Οι μέθοδοι ανίχνευσης να μην απαιτούν εξοπλισμό υψηλής τεχνολογίας και να μην χρειάζονται εξειδικευμένο προσωπικό
- Να μην υπάρχουν στα καθαρά νερά
- Να είναι εύκολα ανιχνεύσιμοι

Για όλους τους παραπάνω λόγους έχουν επιλεγθεί από την Ελληνική Αλλά και την Ευρωπαϊκή νομοθεσία οι παρακάτω δείκτες, οι οποίοι ανιχνεύτηκαν και στην περίπτωση μας.

**Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα (Ο.Μ.Χ) :** συμπεριλαμβάνει όλα τα αερόβια και τα προαιρετικά αερόβια βακτήρια .Αυτά τα οποία αναπτύσσονται στους 37 °C είναι κυρίως βακτήρια του εδάφους ή βακτήρια λυμάτων. Στους 22 °C περιλαμβάνονται όλα τα παραπάνω βακτήρια αλλά και αυτά τα οποία δεν μπορούν να αναπτυχθούν στους 37 °C. Ο προσδιορισμός τους δεν είναι τόσο μεγάλης σημασίας όπως των υπόλοιπων μικροοργανισμών αλλά είναι απαραίτητος για την γενική μικροβιολογική εκτίμηση στο νερό. Μια απότομη μεταβολή στον αριθμό των αποικιών στους 37 °C αποτελεί μια προειδοποίηση σοβαρής μόλυνσης, σε αντίθεση με αυτούς στους 22 °C όπου οι μεταβολές αυτές δεν έχουν ιδιαίτερη σημασία.

**Ολικά κολοβακτηριοειδή :** Τα Ολικά Κολοβακτηριοειδή είναι Gram αρνητικά βακτήρια δυνητικά αναερόβια. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται τα γένη *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, και *Klebsiella*. Είναι ευρέως διαδεδομένοι στην φύση και προέρχονται όχι μόνο από τα κόπρανα των ανθρώπων και ζώων αλλά και από το χώμα και τα φυτά. Η παρουσία τους στο νερό εφόσον δεν συνυπάρχουν και άλλες βακτηριολογικές παράμετροι στα αποτελέσματα μιας εξέτασης νερού, θα μπορούσε π.χ. να επισημαίνει ενδεχόμενη, περιβαλλοντικής προέλευσης μόλυνση του νερού. Η απουσία όμως αυτών θεωρείται η βάση για να θεωρηθεί το νερό κατάλληλο για πόση.

**E. coli:** Τα E.Coli είναι μέλος της ομάδας των κολοβακτηριοειδών κοπράνων και η παρουσία τους στο νερό δείχνουν ότι υπάρχει πρόσφατη μόλυνση κοπρανόδους προέλευσης συνοδευόμενη πιθανός και από εντερικά βακτήρια.

**Εντερόκοκκοι :** είναι μια υποομάδα των Στρεπτόκοκκων κοπράνων και περιλαμβάνει τα είδη *S. gallinarum*, *S. equinus*, *S. faecium* & *S. Faecalis*. Βρίσκονται στον εντερικό σωλήνα των θερμόαιμων θηλαστικών και στα έντερα των ανθρώπων και αποτελεί ένα καλό δείκτη μόλυνσης του νερού. Η παρουσία αυτών των μικροοργανισμών

επιβεβαιώνει τη μόλυνση του νερού από λύματα και ιδίως όταν δεν ανευρίσκονται *E.coli*, με δεδομένη μάλιστα τη μεγαλύτερη αντοχή τους στην οριακή χλωρίωση αυξάνει η αξία τους στην εκτίμηση της μικροβιολογικής ποιότητας.

***Cl. perfringens***: είναι Gram θετικά αναερόβια, σπορογόνα βακτήρια που ανάγουν τα θειικά σε θειούχα και επιζούν σε αντίξοες συνθήκες και είναι ανθεκτικά στην χλωρίωση. Τα βακτήρια αυτά έχουν σχέση με μόλυνση κοπρανώδους προέλευσης. Όταν ανιχνευτούν στο νερό χωρίς την παρουσία άλλων μικροοργανισμών κοπρανώδους προέλευσης υποδηλώνουν παλαιά μόλυνση. Η ανίχνευσή του θεωρείται ότι έχει ιδιαίτερη σημασία για τις ελλείψεις που αφορούν στα μικρά συστήματα υδρεύσεων που δεν είναι δυνατόν να ελέγχονται σε τακτική βάση. Η παρουσία του αποτελεί απόδειξη μόλυνσης του νερού ακόμη και στις περιπτώσεις εκείνες που δεν ανιχνεύεται *E. coli*, οπότε και εκτιμάται ότι η μόλυνση είναι παλιά.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά οι παράμετροι οι οποίοι ελέγχθησαν καθώς επίσης και τα όρια βάση της Ελληνικής νομοθεσίας Υ2/2600/2001 & ΚΥΑ 38295/07.

**Πίνακας 5 : Παράμετροι μικροβιολογικού ελέγχου**

ΕΞΕΤΑΣΗ	ΜΕΘΟΔΟΣ	ΟΡΙΑ ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΚΥΑ Υ2/2600/2001 & ΚΥΑ 38295/07
Κοινά αερόβια βακτήρια Στους 37°C (cfu/ml)	ΕΛΟΤ EN ISO 6222:2000	ΑΝΕΥ ΑΣΥΝΗΘΟΥΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ
Κοινά αερόβια βακτήρια Στους 22°C (cfu/ml)	ΕΛΟΤ EN ISO 6222:2000	ΑΝΕΥ ΑΣΥΝΗΘΟΥΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ
Ολικά κολ/δη (cfu/100 ml)	ΕΛΟΤ EN ISO 9308- 1:2001	0
<i>E coli</i> (cfu/100 ml)	ΕΛΟΤ EN ISO 9308- 1:2001	0
Εντερόκοκκοι (cfu/100 ml)	ΕΛΟΤ EN ISO 7899- 2:2001	0
<i>Cl. perfringens</i> (cfu/100 ml) (συμπεριλαμβανομένων και των σπόρων)	ΚΥΑ Υ2/2600/2001 & ΚΥΑ 38295/07	0

### 2.3.2 Φυσικοχημικοί παράμετροι

Οι φυσικοχημικοί παράμετροι οι οποίοι επιλέχθηκε να ελεγχθούν είναι οι κάτωθι :

**PH:** Είναι η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου στο νερό και αποτελεί ένα μέτρο ισορροπίας όξινων και αλκαλικών ενώσεων που βρίσκονται σε διάλυση (Σκληβανιώτης). Παρόλα αυτά και είναι δύσκολο να προσδιοριστεί μια συσχέτιση της τιμής του PH με την ανθρώπινη υγεία.

**Αγωγιμότητα :** Είναι πολύ σημαντικός παράγοντας διότι επηρεάζει, εκτός των άλλων, και την ανάπτυξη των φυτών και των ζώων. Με την μέτρηση της αγωγιμότητας μπορεί να γίνει μια γρήγορη εκτίμηση της ποσότητας των διαλυμένων ιόντων στο νερό.

**Σκληρότητα :** Αναφέρεται στα διαλυμένα άλατα Ασβεστίου και Μαγνησίου στο νερό. Το βρόχινο νερό επειδή έχει πολύ χαμηλή σκληρότητα δεν είναι σωστό να καταναλώνεται για πόση.

**Αλκαλικότητα :** Είναι η ικανότητα του νερού να αποτρέπει τις απότομες μεταβολές του pH εξουδετερώνοντας τα οξέα ή τις βάσεις και διατηρώντας το έτσι σταθερό. Χαμηλές τιμές της αλκαλικότητας (< 50 ppm) ευνοούν τις απότομες μεταβολές στο pH του νερού (για παράδειγμα όταν έχουμε όξινη βροχή).

**Χλωριόντα :** Είναι ευρέως διαδεδομένα στη φύση σαν άλατα νατρίου, καλίου και ασβεστίου. Δεν έχουν επιβλαβή επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις δίνουν στο πόσιμο νερό γλυφή γεύση. Η απότομη αύξηση των χλωριόντων στο βρόχινο νερό θα μπορούσε να σημαίνει και πιθανή ρύπανση από λύματα και απαιτείται άμεση επιτόπια υγειονομική επιθεώρηση.

**Νιτρώδη και Νιτρώδη :** Αποτελούν τμήμα του κύκλου του αζώτου στη φύση, επομένως υπάρχουν στα φυσικά νερά, αλλά η συγκέντρωση νιτρικών είναι συνήθως χαμηλή. Το νερό μπορεί να επιμολυνθεί από τις ουσίες αυτές μέσω των λιπασμάτων αλλά και μέσω των ανθρώπινων και ζωικών αποβλήτων. Υπάρχουν ακόμη και στον αέρα, λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με αποτέλεσμα να παρασύρονται από τη βροχή ή να αποτίθενται στο έδαφος. Σε αερόβιες συνθήκες τα νιτρικά διεισδύουν στον υδροφόρο ορίζοντα. .

**Αμμωνία :** Η αμμωνία σε υψηλές συγκεντρώσεις στο νερό δηλώνει κοπρανώδη μόλυνση και ευνοεί την ανάπτυξη των βακτηρίων και φυκιών αφού αποτελεί βασικό θρεπτικό συστατικό αυτών. Επίσης δημιουργεί προβλήματα οσμής και γεύσης στο νερό αν οι συγκεντρώσεις είναι μεγαλύτερες από 0,2 mg/l.

**BOD:** είναι το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο και είναι μια παράμετρος η οποία μας δίνει μια εκτίμηση της οργανικής ρύπανσης στο νερό κυρίως από λύματα. Είναι η ποσότητα του οξυγόνου την οποία καταναλώνουν αερόβια βακτήρια για την βιολογική και χημική οξείδωση των οργανικών ουσιών που περιέχονται σε αυτό.

**Μόλυβδος :** είναι τοξικός είτε κατά την εισπνοή είτε κατά την κατάποση και επηρεάζει κυρίως το νευρικό σύστημα, το αίμα και τα νεφρά. Μπορεί να μεταφερθεί κυρίως από τα υλικά που χρησιμοποιούνται στο δίκτυο ομβριοσυλλογής.

**Χρώμιο :** Το χρώμιο ( $\text{Cr}^{+6}$ ) από διάφορες επιδημιολογικές μελέτες έχει αποδειχτεί ότι ακόμα και εισπνεόμενο είναι καρκινογόνο και προσβάλλει τον πνεύμονα και έχει καταταγεί από το IARC στην κατηγορία I (καρκινογόνο για τον άνθρωπο). Μπορεί να μεταφερθεί από τα υλικά στο δίκτυο ομβριοσυλλογής

Συνοπτικά έχουμε τον κάτωθι πίνακα :

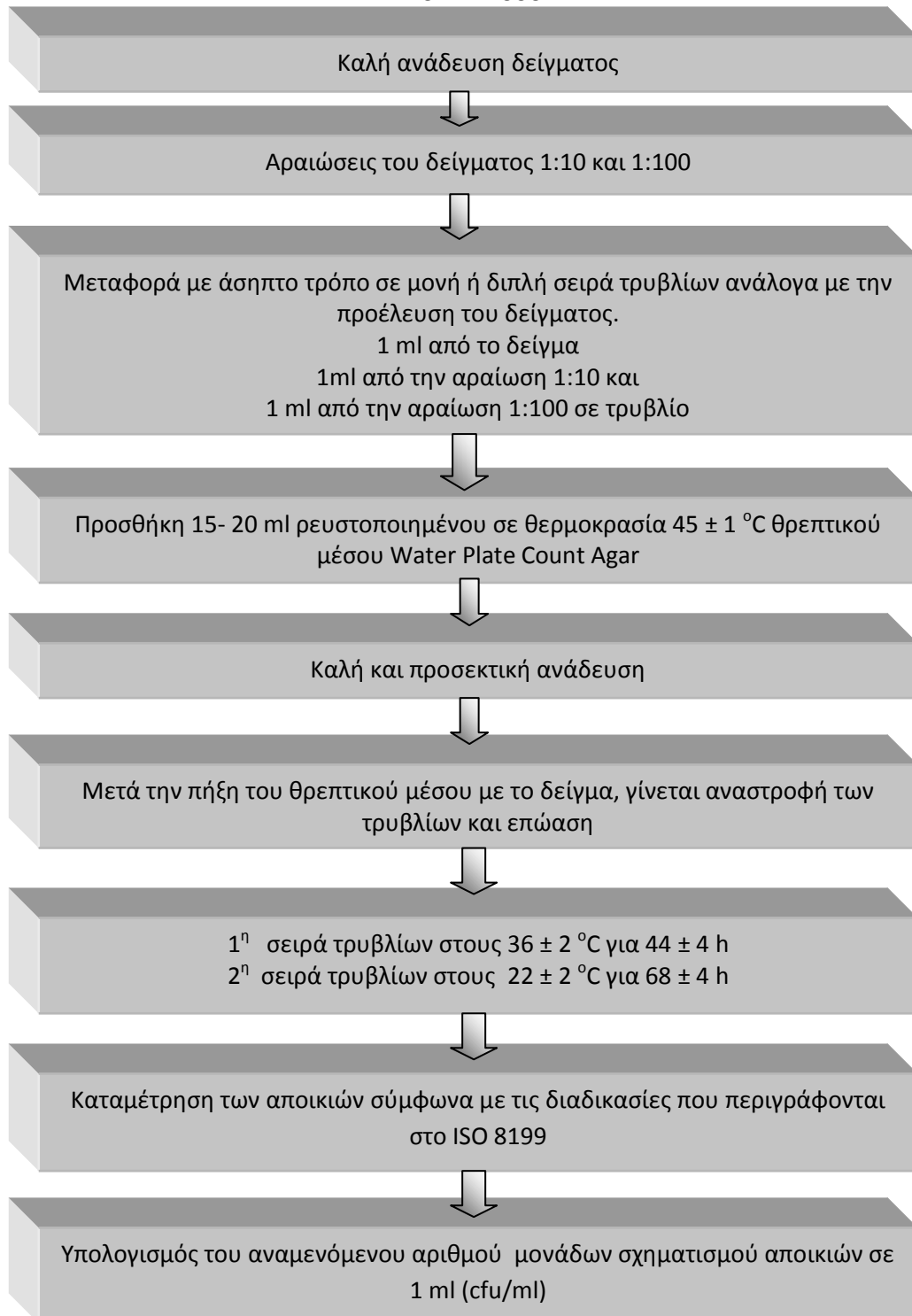
**Πίνακας 6 :** Παράμετροι Φυσικοχημικού Ελέγχου

ΕΞΕΤΑΣΗ	ΜΕΘΟΔΟΣ	ΟΡΙΑ ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΚΥΑ Υ2/2600/2001 & ΚΥΑ 38295/07
PH στους 25 °C	APHA: 2005 4500-H <sup>+</sup>	6,5 – 9.5
Αγωγιμότητα μS/cm (στοις 25 °C)	APHA: 2005 2510-B	2500
Σκληρότητα (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	APHA: 2005 2340-C	-
Αλκαλικότητα (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	APHA: 2005 2320-B	-
Χλωρίοντα (mg/l)	APHA: 2005 4500 Cl-B	250
Νιτρώδη (mg NO <sub>2</sub> /l)	Εσωτερική μέθοδος MX - 09	0,50
Νιτρικά (mg NO <sub>3</sub> /l)	Εσωτερική μέθοδος MX – 08	50
Αμμωνία (mg NH <sub>3</sub> /l)	Εσωτερική μέθοδος Εργαστηρίου	0,50
BOD <sub>5</sub>	Εσωτερική μέθοδος εργαστηρίου MX-13	-
Μόλυβδος (μg/L)	Εσωτερική μέθοδος MX- 14 Βάσει APHA 3113-B	10
Χρώμιο (μg/L)	Εσωτερική μέθοδος MX- 14 Βάσει APHA 3113-B	50

## 2.4. Διαγράμματα ροής διενέργειας μικροβιολογικών αναλύσεων στο Περιφερειακό Εργαστήριο Δημόσιας Υγείας στην Λάρισα

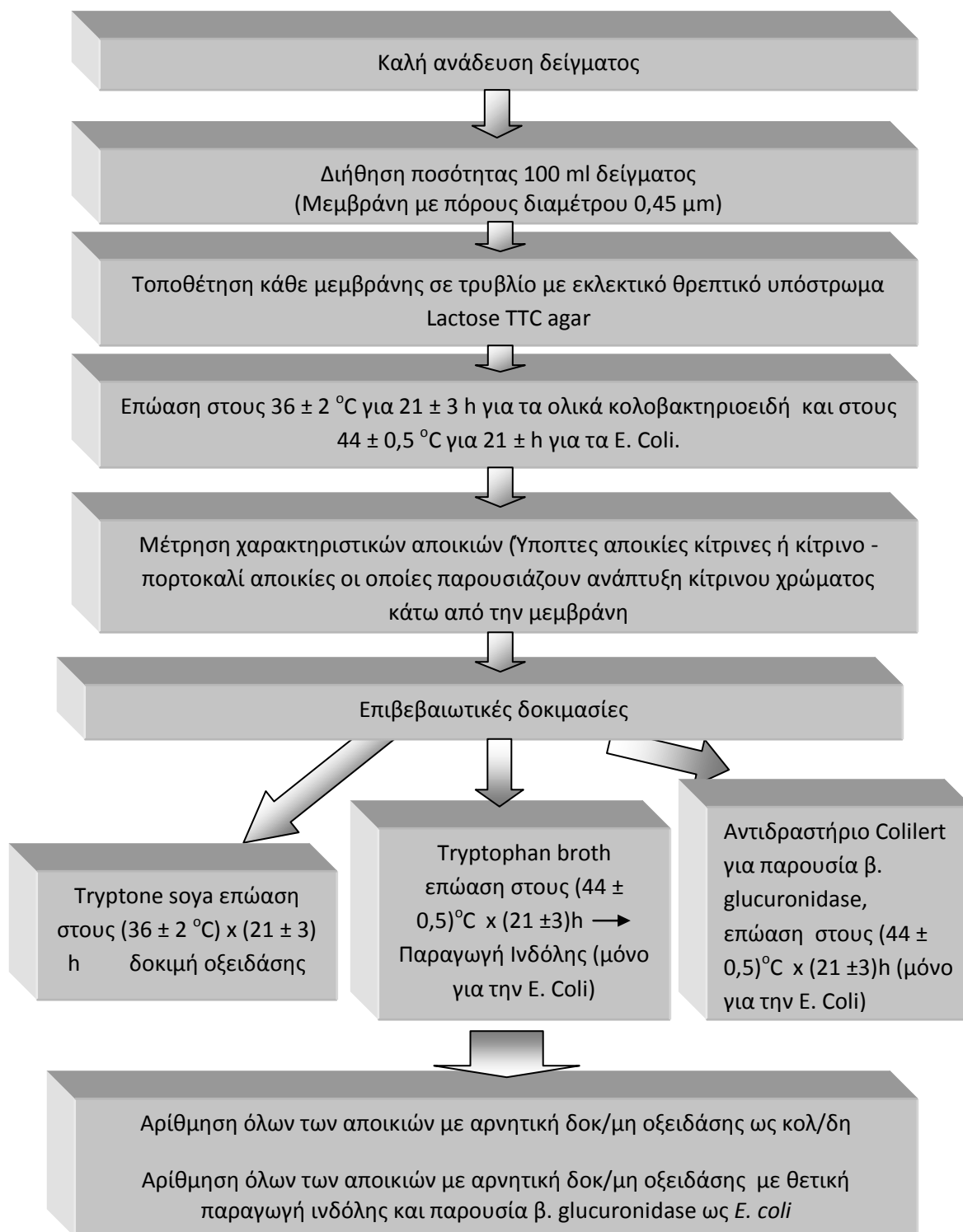
### Διάγραμμα ροής 1

Καταμέτρηση καλλιεργήσιμων μικρό – οργανισμών – Μέτρηση αποικιών με εμβολιασμό σε θρεπτικό υλικό “agar” Μέθοδος ενσωμάτωσης ΕΛΟΤ EN ISO 6222:2000



## Διάγραμμα ροής 2

### Ανίχνευση και καταμέτρηση Κολοβακτηριοειδών και *Escherichia Coli* - Μέθοδος Διήθησης από μεμβράνες ΕΛΟΤ EN ISO 9308-1:2000





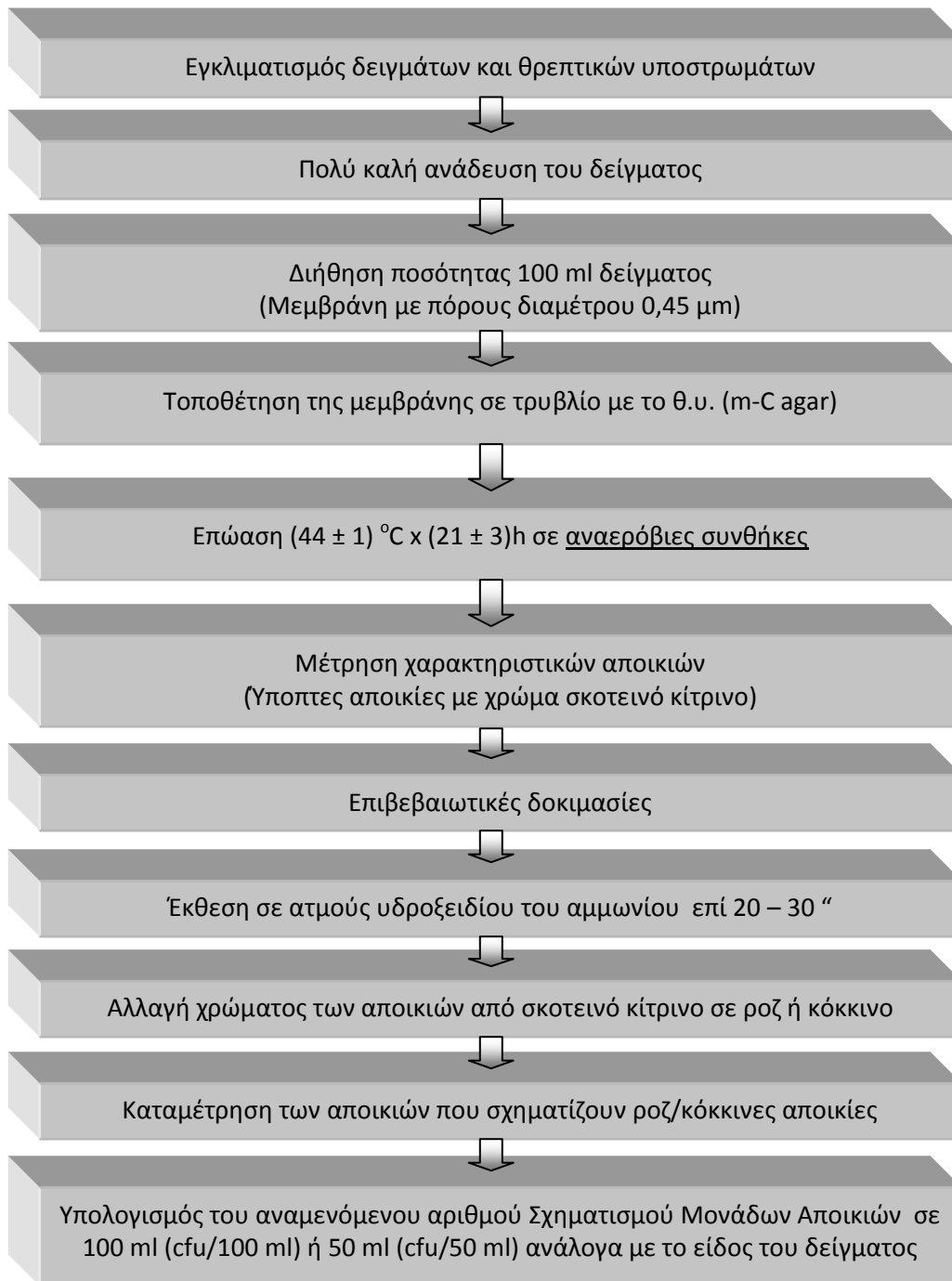
**Εικόνα 9 :** Εμβολιασμός σε θρεπτικό υλικό “agar” με την μέθοδο της ενσωμάτωσης



**Εικόνα 10 :** Διήθηση για την καταμέτρηση κολοβακτηριοειδών και *E. coli*

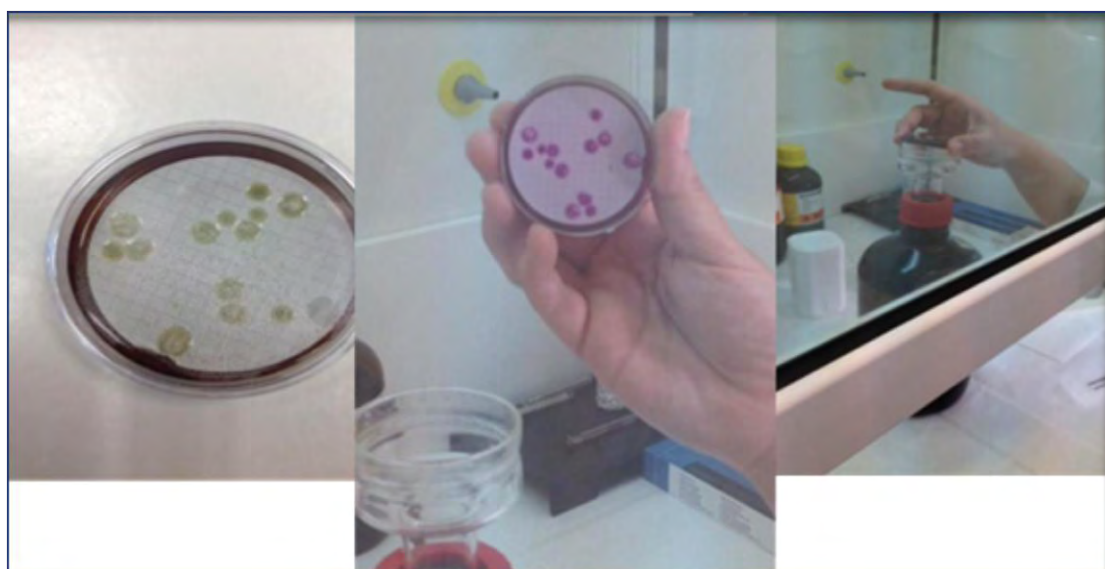
### Διάγραμμα Ροής 3

#### Ανίχνευση και αρίθμηση *Clostridium perfringens* Μέθοδος διήθησης μεμβρανών ΚΥΑ Υ2/2600/2001 & ΚΥΑ 38295/07





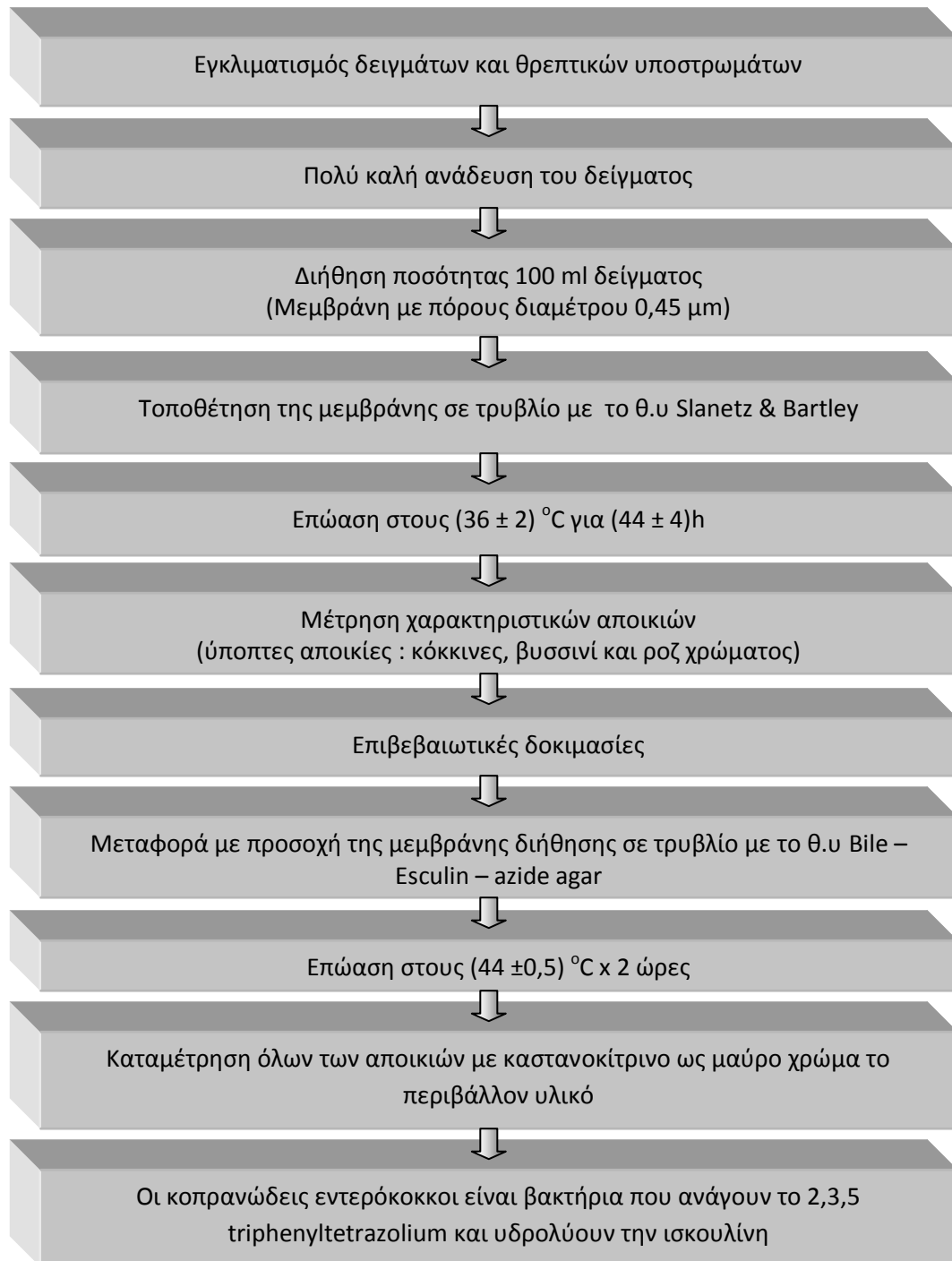
**Εικόνα 11 :** Τοποθέτηση του τρυβλίου σε αναερόβιες συνθήκες για την επώαση



**Εικόνα 12 :** Μέτρηση αποικιών με σκοτεινό κίτρινο χρώμα και επιβεβαιωτική δοκιμασία με έκθεση σε ατμούς υδροξειδίου του αμμωνίου.

#### Διάγραμμα ροής 4

### Ανίχνευση και απαρίθμηση εντεροκόκκων – Μέθοδος διήθησης μεμβρανών ΕΛΟΤ EN ISO 7899 – 2 : 2001



## 2.5. Υπολογισμός του αναμενόμενου αριθμού Μονάδων Σχηματισμού Αποικιών

Ο τύπος με τον οποίο έγινε ο υπολογισμός του αναμενόμενου Αριθμού Μονάδων Σχηματισμού Αποικιών είναι ο κάτωθι :

$$C_s = \left(\frac{Z}{V_{tot}}\right) \times V_s$$

Όπου :

$C$  = cfu/1 ml για την OMX

$C$  = cfu/100 ml για τις υπόλοιπες παραμέτρους

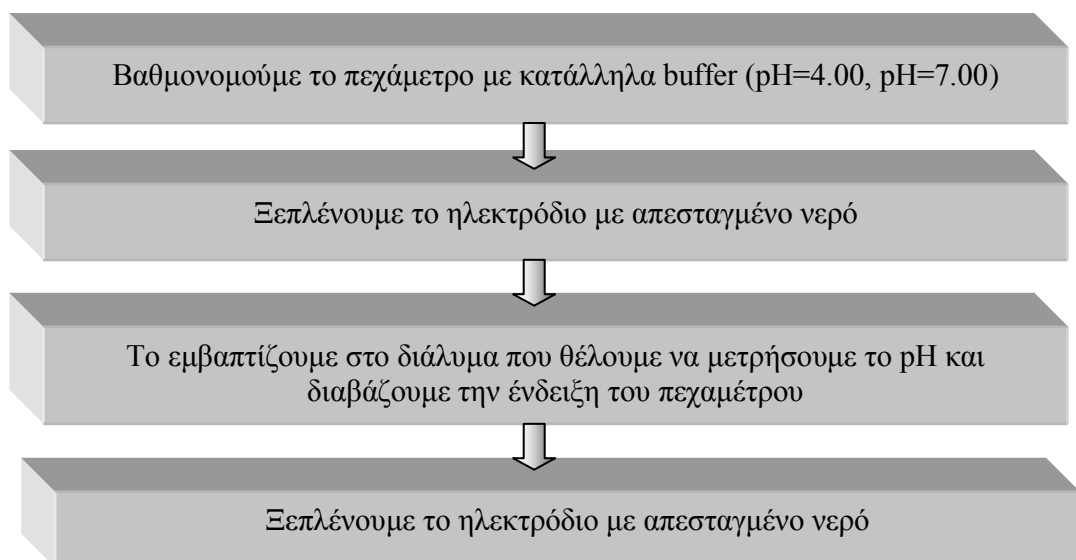
$Z$  = Σύνολο αποικιών

$V_{tot}$  = Σύνολο όγκου

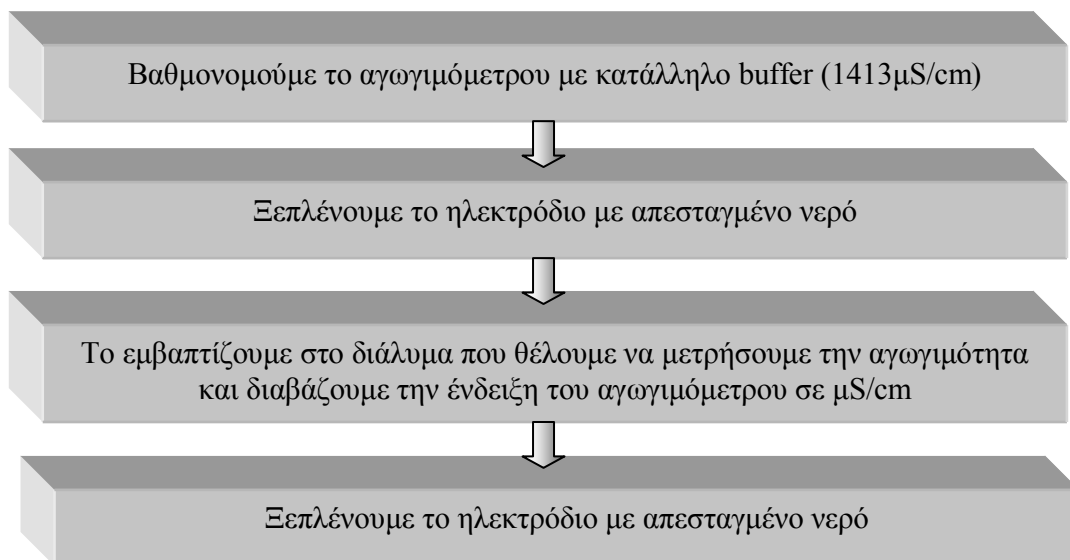
$V_s$  = Όγκος δείγματος (για την OMX 1 ml και για τις υπόλοιπες παραμέτρους 100 ml)

## 2.6. Διαγράμματα ροής διενέργειας φυσικοχημικών αναλύσεων στο Περιφερειακό εργαστήριο δημόσιας υγείας στην Λάρισα

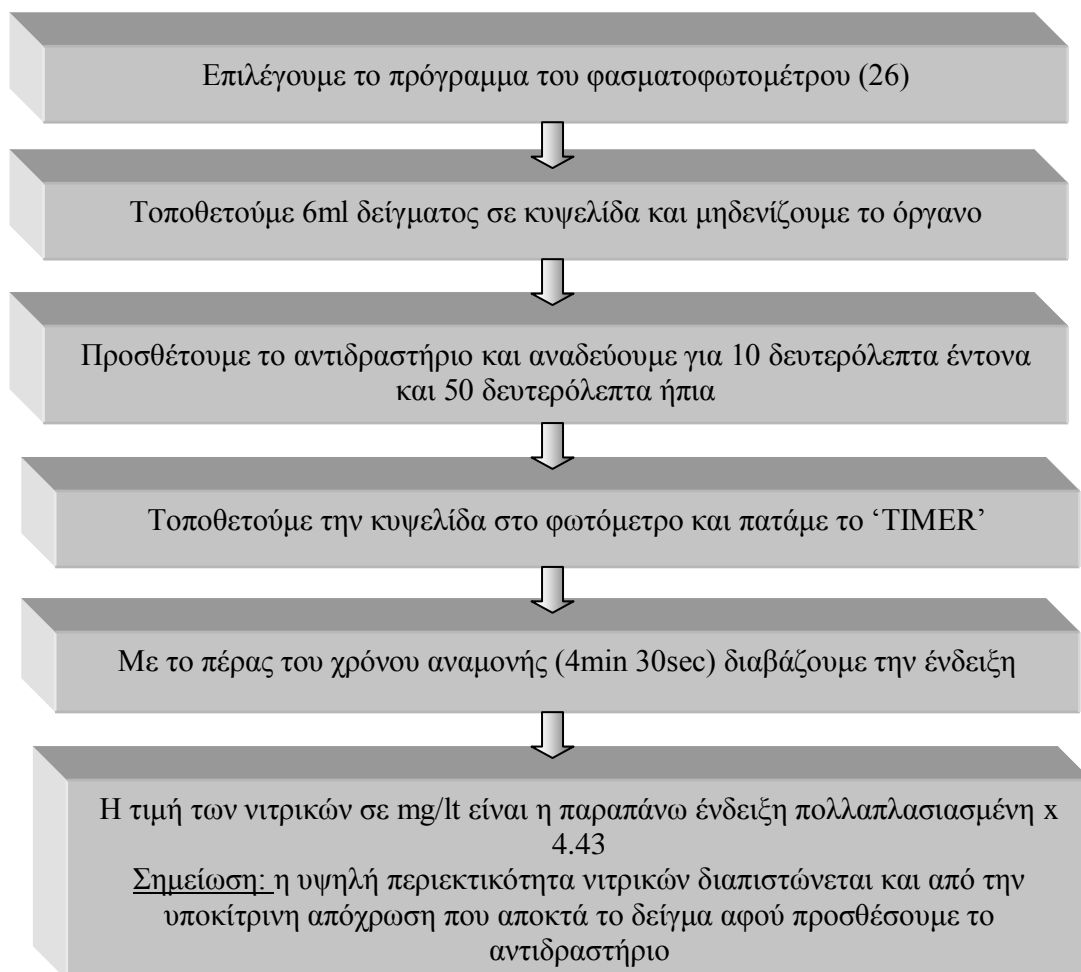
### Διάγραμμα ροής 1 Μέτρηση του PH με ψηφιακό πεγάμετρο



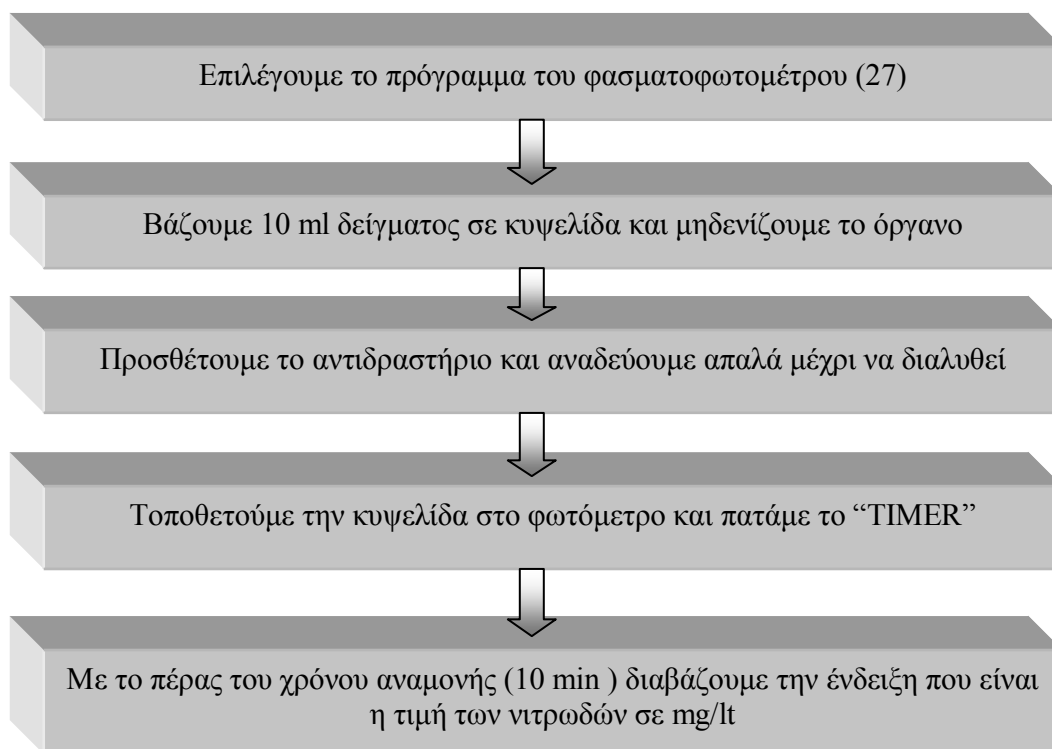
**Διάγραμμα ροής 2**  
**Μέτρηση της Αγωγιμότητας με αγωγιμόμετρο**



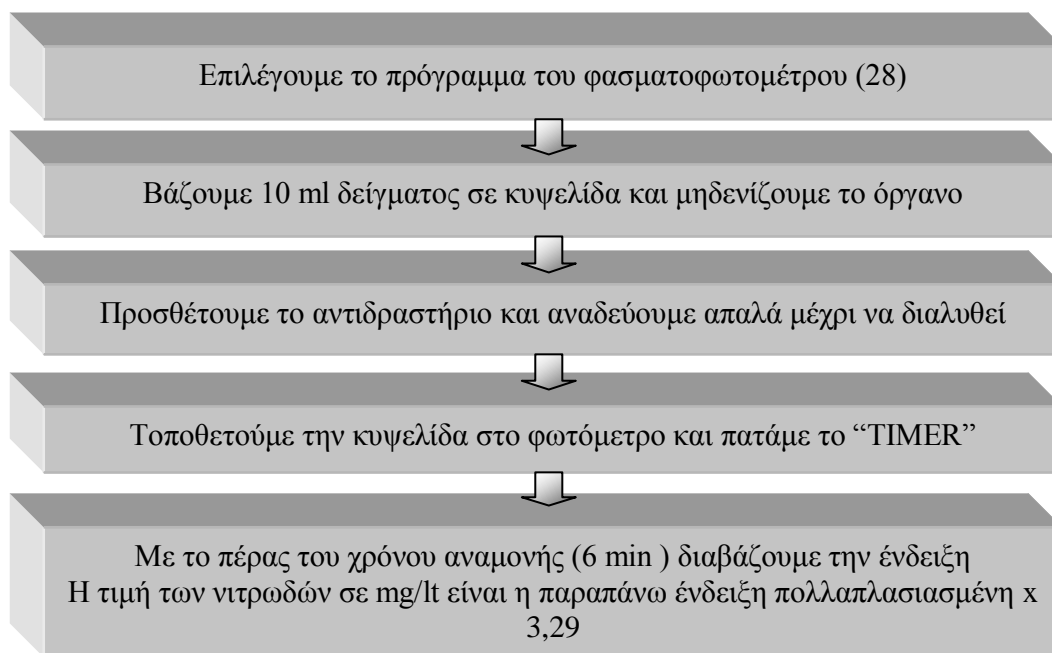
**Διάγραμμα ροής 3**  
**Μέτρηση νιτρικών με την χρήση φασματοφωτόμετρου**



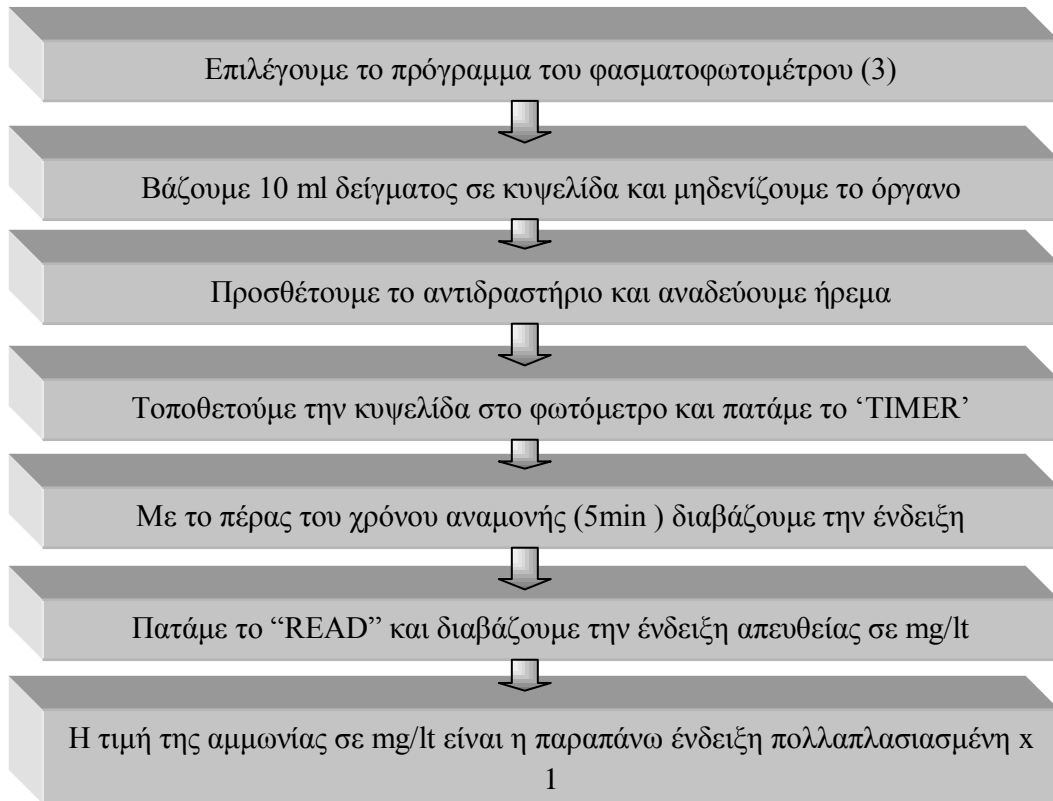
**Διάγραμμα ροής 4**  
**Μέτρηση νιτρώδων (υψηλής περιεκτικότητας) με την χρήση φασματοφωτόμετρου**



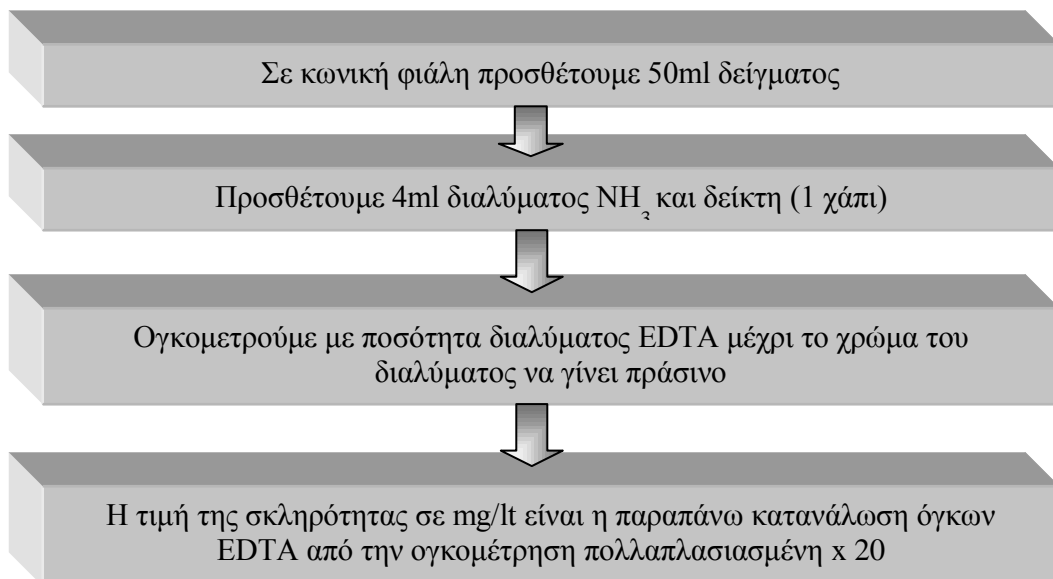
**Διάγραμμα ροής 5**  
**Μέτρηση νιτρώδων (χαμηλής περιεκτικότητας) με τη χρήση φασματοφωτόμετρου**



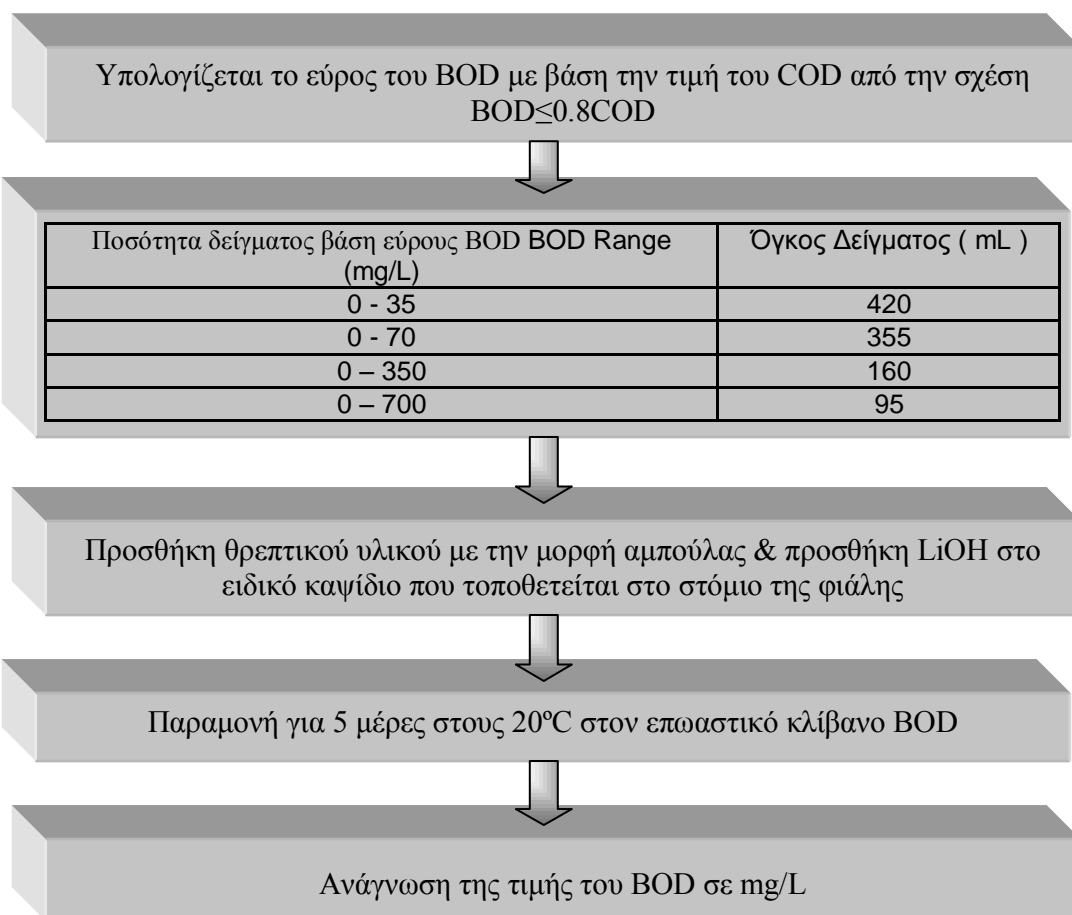
**Διάγραμμα ροής 6**  
**Μέτρηση της Αμμωνίας με φασματοφωτόμετρο**



**Διάγραμμα ροής 7**  
**Μέτρηση της σκληρότητας με τιτλοδότηση**

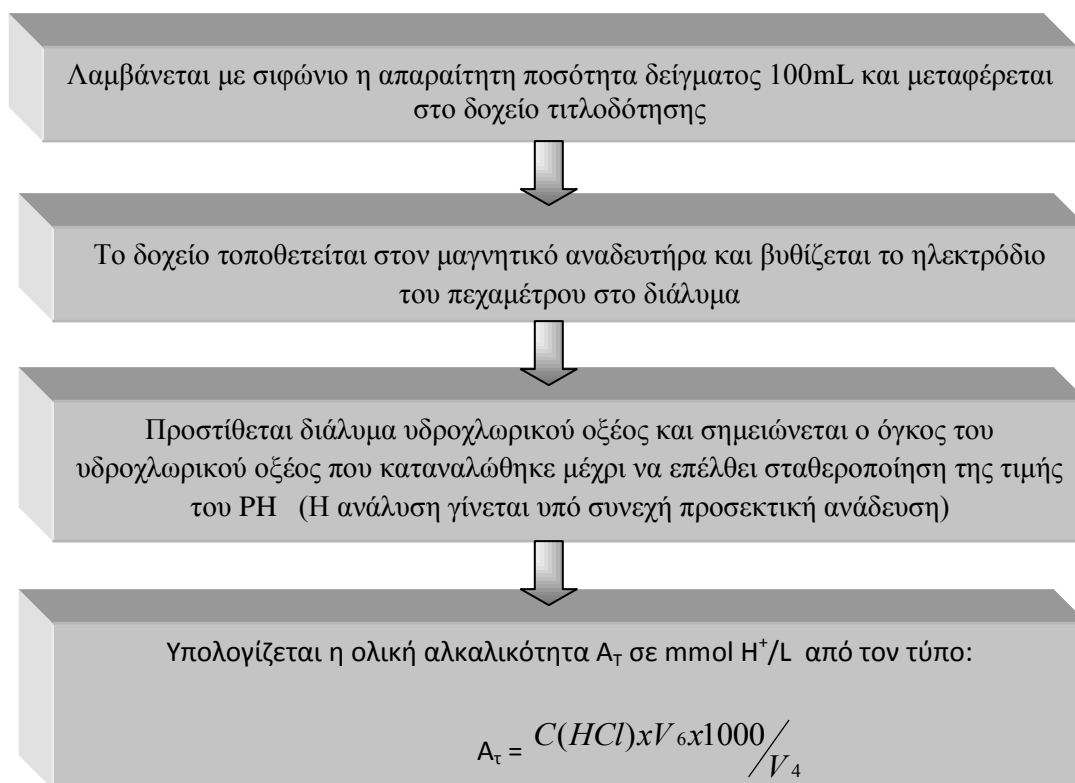


### Διάγραμμα ροής 8 - Μέτρηση του BOD



### Διάγραμμα ροής 9

#### Προσδιορισμός της Αλκαλικότητας με τιτλοδότηση



Στην παραπάνω σχέση υπολογισμού της αλκαλικότητας όπου :

$A_T$ : η **ολική αλκαλικότητα** τιτλοδοτούμενη μέχρι pH = 4.5 και εκφρασμένη σε mmol/L

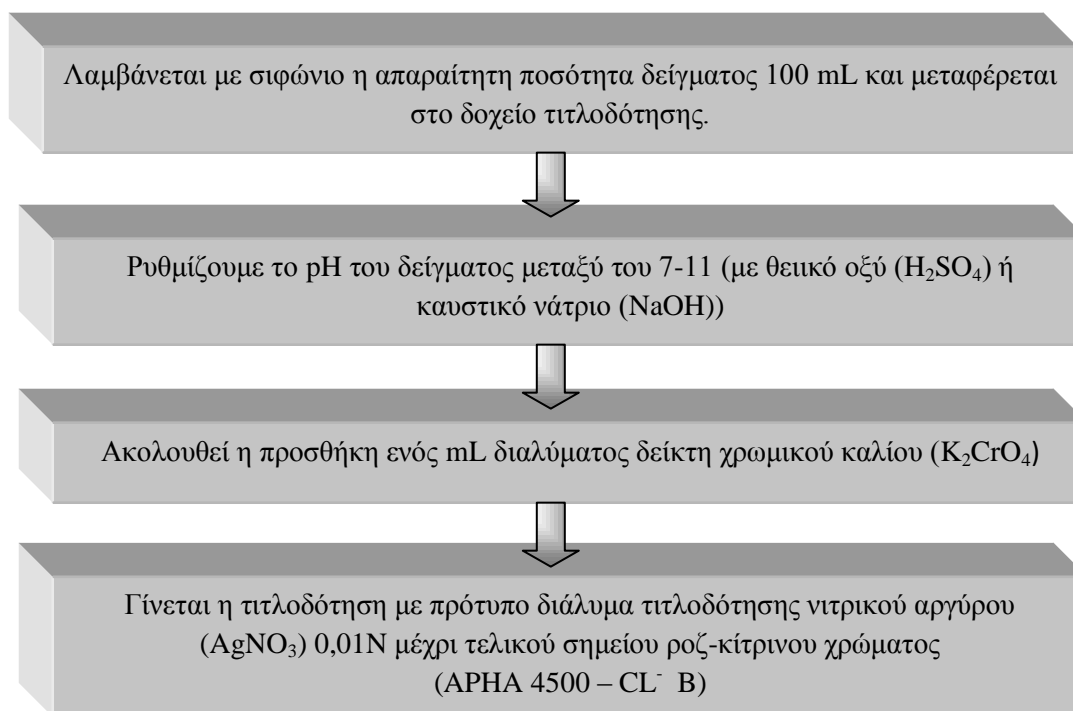
$C_{HCl}$ : η **πραγματική συγκέντρωση** του υδροχλωρικού οξέος σε mol/L που χρησιμοποιήθηκε για την ογκομέτρηση

$V_6$ : ο **όγκος του υδροχλωρικού οξέος** που καταναλώθηκε για το δείγμα για την περιοχή pH μέχρι 4.5 σε mL

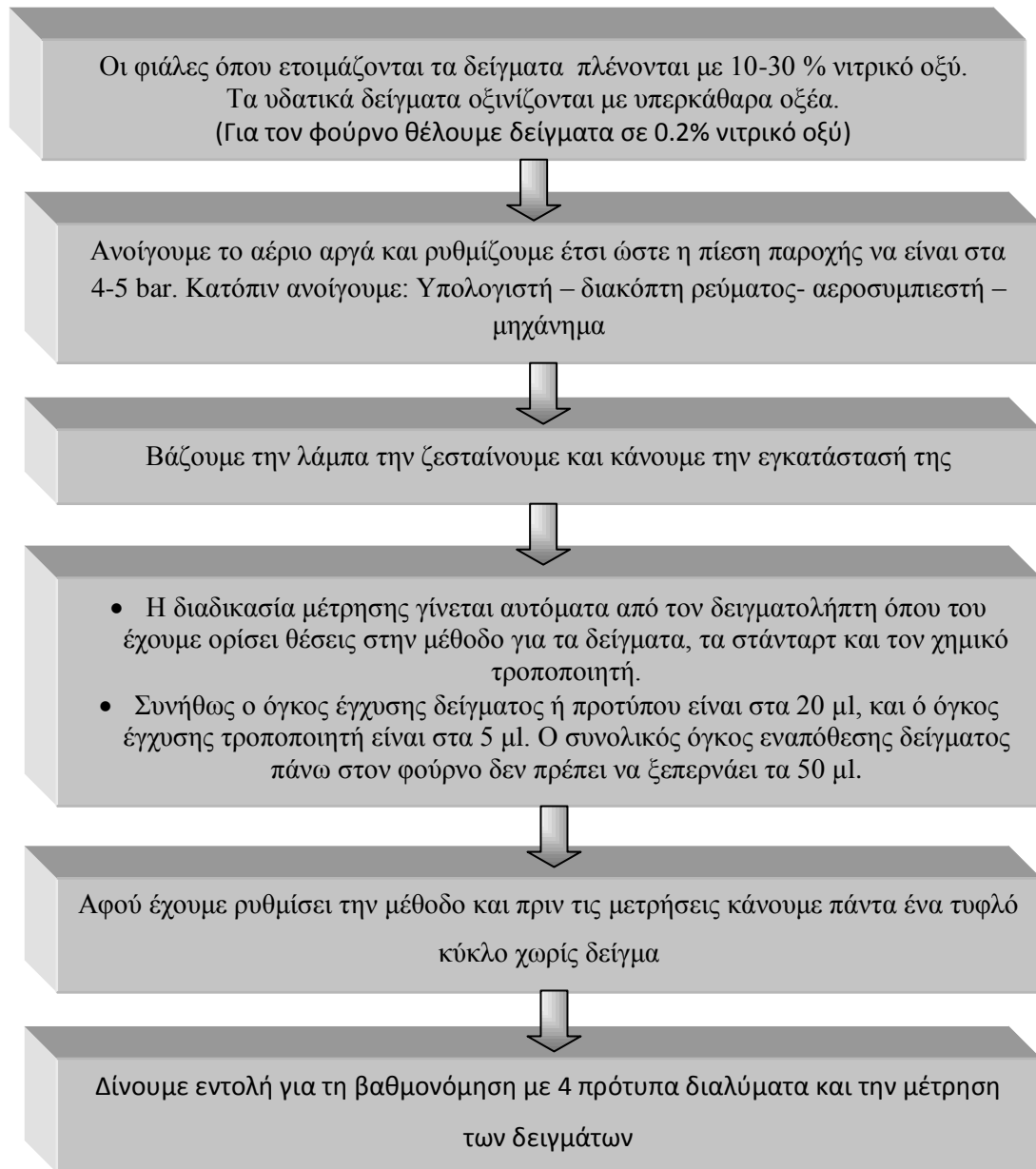
$V_4$ : ο **όγκος του δείγματος** που τιτλοδοτήθηκε σε mL (συνήθως 100mL). ( APHA 2320 B)

### Διάγραμμα ροής 10

#### προσδιορισμού των χλωριούχων με την μέθοδο της τιτλοδότησης



**Διάγραμμα ροής 11**  
**Προσδιορισμός των βαρέων μετάλλων με Φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης**  
**(Atomic Absorption Spectroscopy )**





**Εικόνα 13 :** Φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης (Atomic Absorption Spectroscopy)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.1. Αποτελέσματα

Στα παρακάτω διαγράμματα και τους πίνακες παρουσιάζονται όλα τα αποτελέσματα των μικροβιολογικών αλλά και φυσικοχημικών αναλύσεων από τα δείγματα του βρόχινου νερού. Η συζήτηση για τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών ακολουθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

Συγκεκριμένα στον πίνακα Νο7 παρουσιάζονται όλα τα αποτελέσματα των αναλύσεων όσον αφορά τα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά του βρόχινου νερού από δεξαμενές. Όπως φαίνεται στον συγκεκριμένο πίνακα, από τα 39 δείγματα τα οποία αναλύθηκαν μόνο τα 3 δείγματα ήταν εντός ορίων νομοθεσίας όσον αφορά τις παραμέτρους που εξετάστηκαν.

Στην συνέχεια στον πίνακα Νο8 απεικονίζονται το ελάχιστο το μέγιστο και ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων των μικροβιολογικών αναλύσεων. Όπως φαίνεται το μέγιστο στους εντερόκοκκους και ολικά κολοβακτηριοειδή ήταν πολύ υψηλό, 1.500.000 και 310.000 αντίστοιχα, ενώ για το *E-coli* και *Cl perfringens* ήταν σε αρκετά χαμηλότερα επίπεδα 64 και 182 αντίστοιχα.

Στο πίνακα Νο 9 και Νο 10 απεικονίζονται τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών αναλύσεων. Όλες οι παράμετροι οι οποίοι ελέγχθηκαν ήταν εντός των ορίων που ορίζονται από την νομοθεσία για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης. Επίσης σε ένα δείγμα (No 5), υπήρχε μια πολύ μικρή ανάμιξη με νερό από γεώτρηση. Αυτό φαίνεται εξάλλου και από την τιμή της αγωγιμότητας αλλά και των χλωριόντων όπου είναι λίγο αρκετά υψηλότερα από τις τιμές στα υπόλοιπα δείγματα.

**Πίνακας 7 :** Αποτελέσματα μικροβιολογικών αναλύσεων δειγμάτων βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης

A/A	Ημερομηνία	Κοινά Αερόβια Βακτήρια 37 C cfu/1 ml	Κοινά Αερόβια Βακτήρια 22 C cfu/1ml	Ολικά κολ/δή cfu /100 ml	<i>E. coli</i> cfu /100 ml	Εντερόκοκκοι cfu /100 ml	<i>Cl. perfringens</i> cfu /100 ml	Σύμφωνο με την νομοθεσία
1	21/3/2012	664	891	336	<4(*)	28	52	ΌΧΙ
2	21/3/2012	582	1.400	120	<4(*)	37	4(*)	ΌΧΙ
3	21/3/2012	273	1.200	23	0	<4(*)	<2(**)	ΌΧΙ
4	21/3/2012	78	664	<4(*)	0	8(*)	102	ΌΧΙ
5	21/3/2012	4.200	3.600	0	0	0	2(*)	ΌΧΙ
6	21/3/2012	1.600	1.500	9(*)	<4(*)	7(*)	<2(**)	ΌΧΙ
7	21/3/2012	3.600	3.300	<4(*)	<4(*)	0	<2(**)	ΌΧΙ
8	21/3/2012	194	427	0	0	0	22	ΌΧΙ
9	21/3/2012	113	157	0	0	0	182	ΌΧΙ
10	21/3/2012	200	345	0	0	0	<2(**)	<b>NAI</b>
11	21/3/2012	5.100	4.500	0	0	<4(*)	<2(**)	ΌΧΙ
12	21/3/2012	764	2.300	0	0	0	10	ΌΧΙ
13	21/3/2012	30	90	47	0	6(*)	<2(**)	ΌΧΙ
14	21/3/2012	182	582	120	<4(*)	5(*)	10	ΌΧΙ
15	21/3/2012	1.700	1.400	0	0	0	<2(**)	<b>NAI</b>
16	7/10/2012	>30000	9.500	5	<4(*)	20	<4(*)	ΌΧΙ
17	7/10/2012	1.500	2.000	0	0	0	10	ΌΧΙ
18	7/10/2012	11.000	9.000	0	0	0	<4(*)	ΌΧΙ
19	7/10/2012	891	782	9(*)	9(*)	<4(*)	<4(*)	ΌΧΙ
20	7/10/2012	15.000	1.300	80	60	<4(*)	4(*)	ΌΧΙ
21	7/11/2012	1.800	5.400	9(*)	9(*)	718	<4(*)	ΌΧΙ
22	7/11/2012	8.600	8.400	0	0	0	<4(*)	ΌΧΙ
23	7/11/2012	827	864	0	0	<4(*)	<2(*)	ΌΧΙ

24	7/11/2012	>30000	>30000	310.000	0	82	<2(*)	ΌΧΙ
25	7/11/2012	3.700	4.800	7(*)	<4(*)	6(*)	<2(*)	ΌΧΙ
26	25/11/2012	2.200	1.400	0	0	<4(*)	0	ΌΧΙ
27	25/11/2012	227	2.100	73	<4(*)	12	0	ΌΧΙ
28	25/11/2012	>30000	>30000	327	64	23	4(*)	ΌΧΙ
29	25/11/2012	2.400	3.600	255	18	12	0	ΌΧΙ
30	25/11/2012	>30.000	20.000	0	0	<4(*)	<4(*)	ΌΧΙ
31	10/12/2012	30.000	23.000	42	0	179	0	ΌΧΙ
32	10/12/2012	1.200	204	55	4(*)	555	6(*)	ΌΧΙ
33	10/12/2012	124	158	7(*)	<4(*)	59	0	ΌΧΙ
34	10/12/2012	98	536	7(*)	0	0	0	ΌΧΙ
35	14/1/2013	991	1.900	100	0	27.000	0	ΌΧΙ
36	14/1/2013	106	128	23.000	0	1.500.000	<4(*)	ΌΧΙ
37	14/1/2013	104	85	18	4(*)	141	0	ΌΧΙ
38	14/1/2013	86	84	0	0	<4(*)	6(*)	ΌΧΙ
39	14/1/2013	39	28	0	0	0	0	<b>NAI</b>

**Παρατηρήσεις :** 0(\*) = δεν ανιχνεύτηκε, < 4(\*) = Παρουσία μικροοργανισμού, 4-9 (\*) = κατ' εκτίμηση αριθμός

<2(\*\*) = δεν ανιχνεύτηκε,

**Πίνακας 8 :** Μέσος όρος, ελάχιστο και μέγιστο αποτελεσμάτων μικροβιολογικών αναλύσεων δειγμάτων βρόχινου νερού από δεξαμενές.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	ΟΡΙΟ ΒΑΣΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ
Κοινά Αερόβια Βακτήρια 37 C cfu/1 ml	5.645	30	30.000	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ
Κοινά Αερόβια Βακτήρια 22 C cfu/1ml	4.554	28	30.000	ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ
Ολικά κολ/δή cfu /100 ml	8.581	0	310.000	0
<i>E. coli</i> cfu /100 ml	5	0	64	0
Εντερόκοκκοι cfu /100 ml	39.203	0	1.500.000	0
<i>Cl. perfringens</i> cfu /100 ml	11	0	182	0

**Πίνακας 9 :** Αποτελέσματα φυσικοχημικών αναλύσεων δειγμάτων βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης.

Α/Α	Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Είδος Εξέτασης										
		pH (25 C)	Αγωγιμότητα $\mu\text{S}/\text{cm}$ (25 C)	Σκληρότητα (mg $\text{CaCO}_3/\text{L}$ )	Αλκαλικότητα (mg $\text{Ca}/\text{L}$ )	Χλωριόντα (mg $\text{Cl}/\text{L}$ )	Νιτρώδη (mg $\text{NO}_2/\text{L}$ )	Νιτρικά (mg $\text{NO}_3/\text{L}$ )	Αμμωνία (mg $\text{NH}_3/\text{L}$ )	BOD mg $\text{SO}_4/\text{L}$	Μόλυβδος (Pb) $\mu\text{g}/\text{L}$	Χρώμιο (Cr) $\mu\text{g}/\text{L}$
1	21/3/2012	6,89	188	62	45	31,55	<LOQ	3,54	0,01	<LOQ	1,11	0,72
2	21/3/2012	7,13	168	50	30	37,58	<LOQ	<LOQ	0,05	<LOQ	<LOQ	0,79
3	21/3/2012	6,96	218	72	55	32,61	<LOQ	<LOQ	0	<LOQ	<LOQ	<LOQ
4	21/3/2012	7,96	164	34	45	24,82	<LOQ	4,43	0	<LOQ	<LOQ	4,00
5	21/3/2012	7,58	315	42	30	84,73	<LOQ	<LOQ	0,01	<LOQ	<LOQ	8,00
6	8/10/2012	7,04	113	34	45	17,40	<LOQ	10,63	0,04	<LOQ	<LOQ	3,15
7	8/10/2012	6,90	114	34	50	17,43	<LOQ	2,22	0	<LOQ	1,66	3,00

**Παρατηρήσεις :** LOQ  $\text{NO}_2$  = 0,11 mg/L, LOQ  $\text{NO}_3$  = 2,04 mg/L, LOQ BOD<sub>5</sub> = 9,0 mg/L, LOQ Pb = 0,6  $\mu\text{g}/\text{L}$  , LOQ Cr = 0,6  $\mu\text{g}/\text{L}$

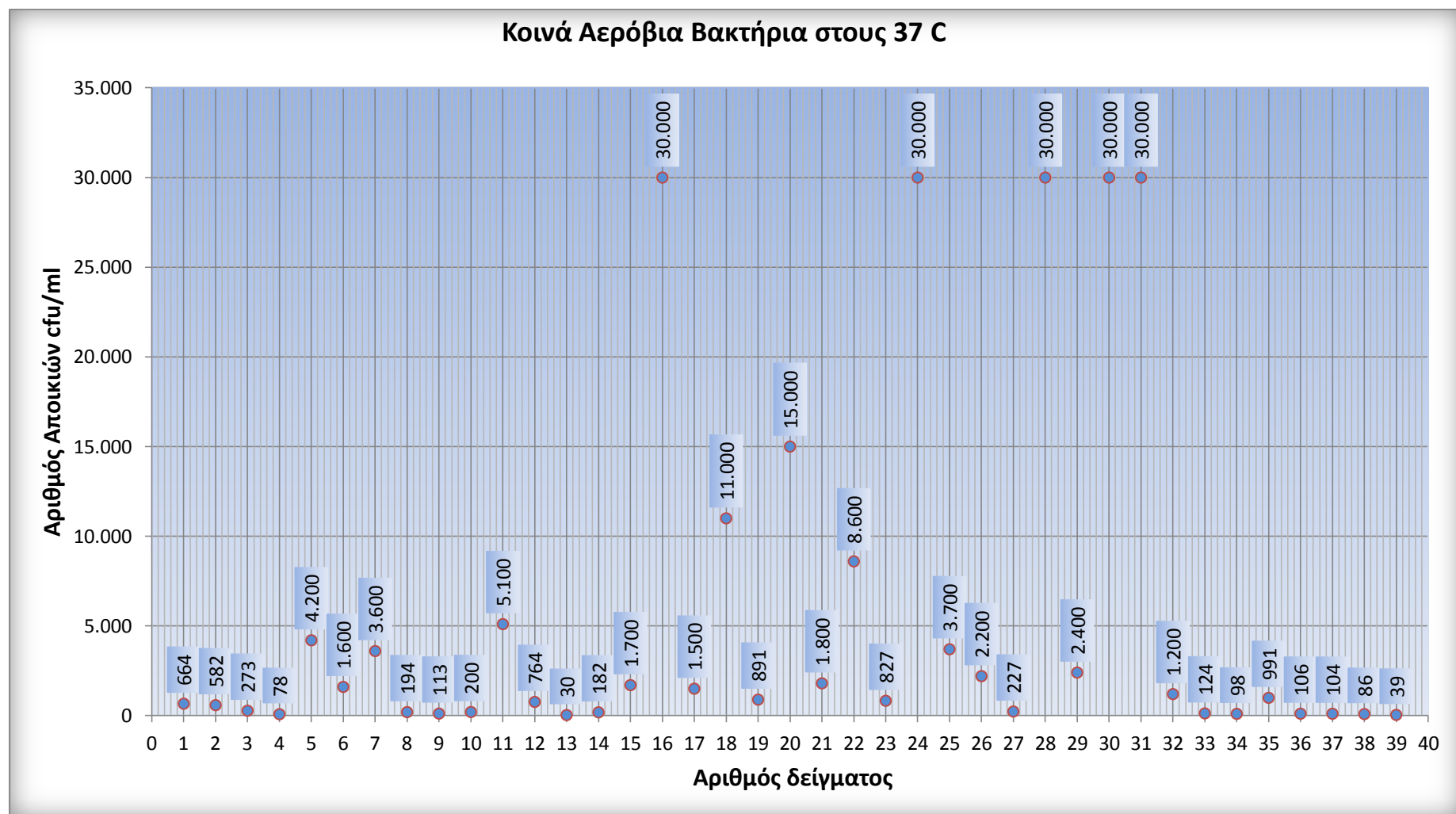
**Πίνακας 10 :** Μέσος όρος , ελάχιστο και μέγιστο των αποτελεσμάτων φυσικοχημικών αναλύσεων Δειγμάτων βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	ΟΡΙΟ ΒΑΣΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ
ρΗ (25 C)	7,21	6,89	7,96	6,50 - 8,50
Αγωγιμότητα μS/cm (25 C)	182,86	113,00	315,00	2500
Σκληρότητα (mg CaCO <sub>3</sub> /L )	46,86	34,00	72,00	-
Αλκαλικότητα (mg Ca/L)	42,86	30,00	55,00	-
Χλωριόντα (mg Cl /L)	35,16	17,40	84,73	250
Νιτρώδη (mg NO <sub>2</sub> /L)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,5
Νιτρικά (mg NO <sub>3</sub> / L)	2,97	0,00	10,63	50
Αμμωνία (mg NH <sub>3</sub> /L)	0,02	0,00	0,05	0,5
BOD (mg SO <sub>4</sub> /L)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	-
Μόλυβδος (Pb) μg/L	0,40	<LOQ	1,11	10
Χρώμιο (Cr) μg/L	2,81	0,00	8,00	50

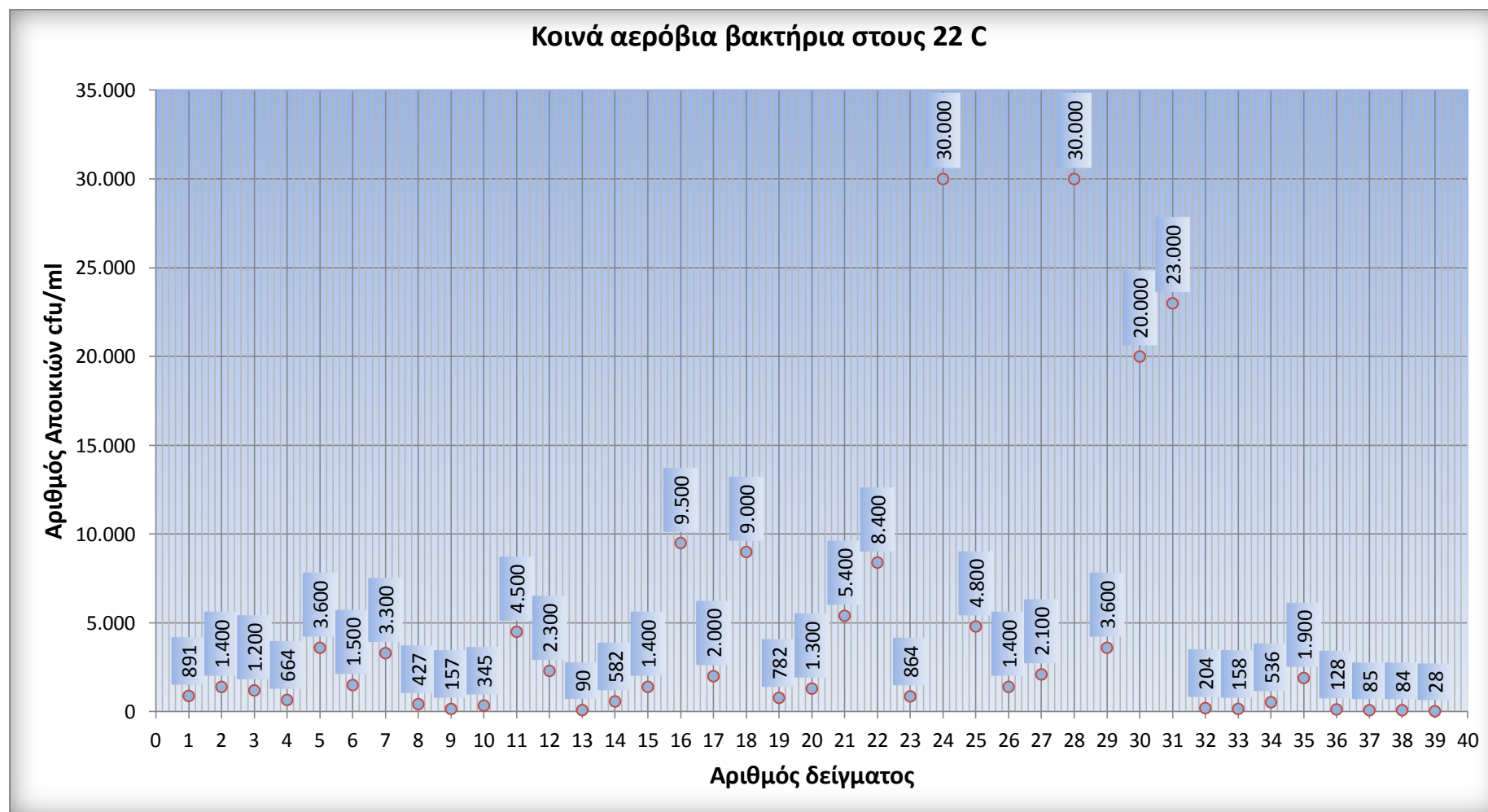
Στα **γραφήματα Νο 1 και Νο 2** απεικονίζεται ο αριθμός των αποικιών των κοινών αερόβιων βακτηρίων που βρέθηκε στα δείγματα του βρόχινου νερού, στους 37 °C και στους 22 °C αντίστοιχα. Η παρουσία των συνολικών βακτηριδίων στο νερό είναι πολύ έντονη και σε μεγάλες συγκεντρώσεις σε όλα τα δείγματα τα οποία εξετάστηκαν. Σε πολλές περιπτώσεις ξεπέρασε τις 30.000 αποικίες/ ml.

Τα ολικά κολοβακτηριοειδή ανιχνεύτηκαν στα 24 από το σύνολο των 39 δειγμάτων (**γράφημα 3**) ενώ τα *E-coli* στα 14 από τα συνολικά 39 δείγματα (**γράφημα 4**). Ο αριθμός όμως των αποικιών των ολικών κολοβακτηριοειδών ήταν πολύ μεγαλύτερος στο σύνολο των δειγμάτων σε σχέση με τα *E- coli*.

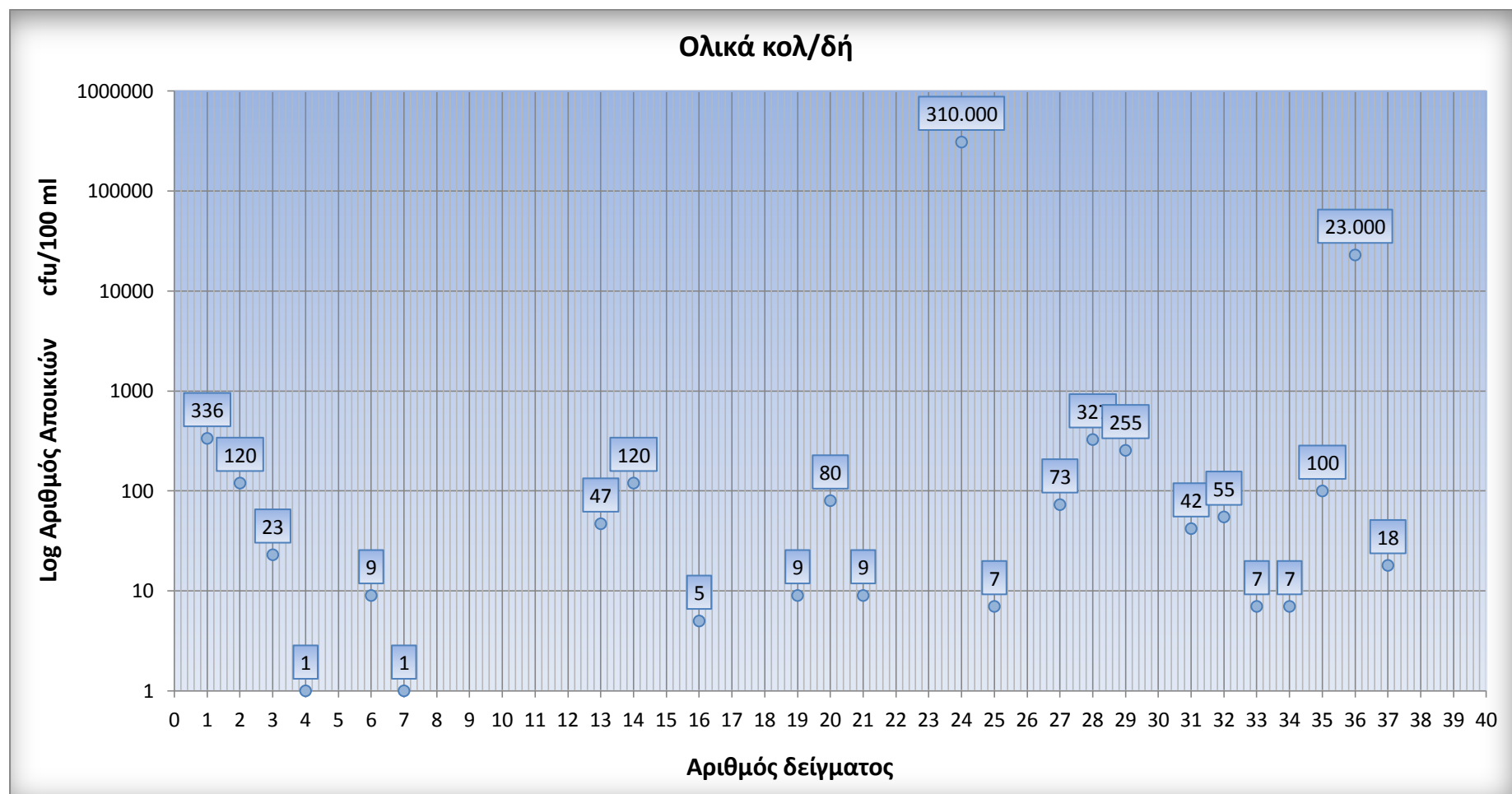
Οι εντερόκοκκοι ανιχνεύτηκαν στα 27 από τα 39 δείγματα τα οποία αναλύθηκαν και σε υψηλούς αριθμούς (**γράφημα 5**) ενώ το *Cl. Perfringens*, στα 22 από τα 39 συνολικά δείγματα, και σε πολύ χαμηλότερο αριθμό (**γράφημα 6**).



**Γράφημα 1 :** Αριθμός αποικιών κοινών αερόβιων βακτηρίων στους 37 °C στα δείγματα βρόχινου νερού δεξαμενών

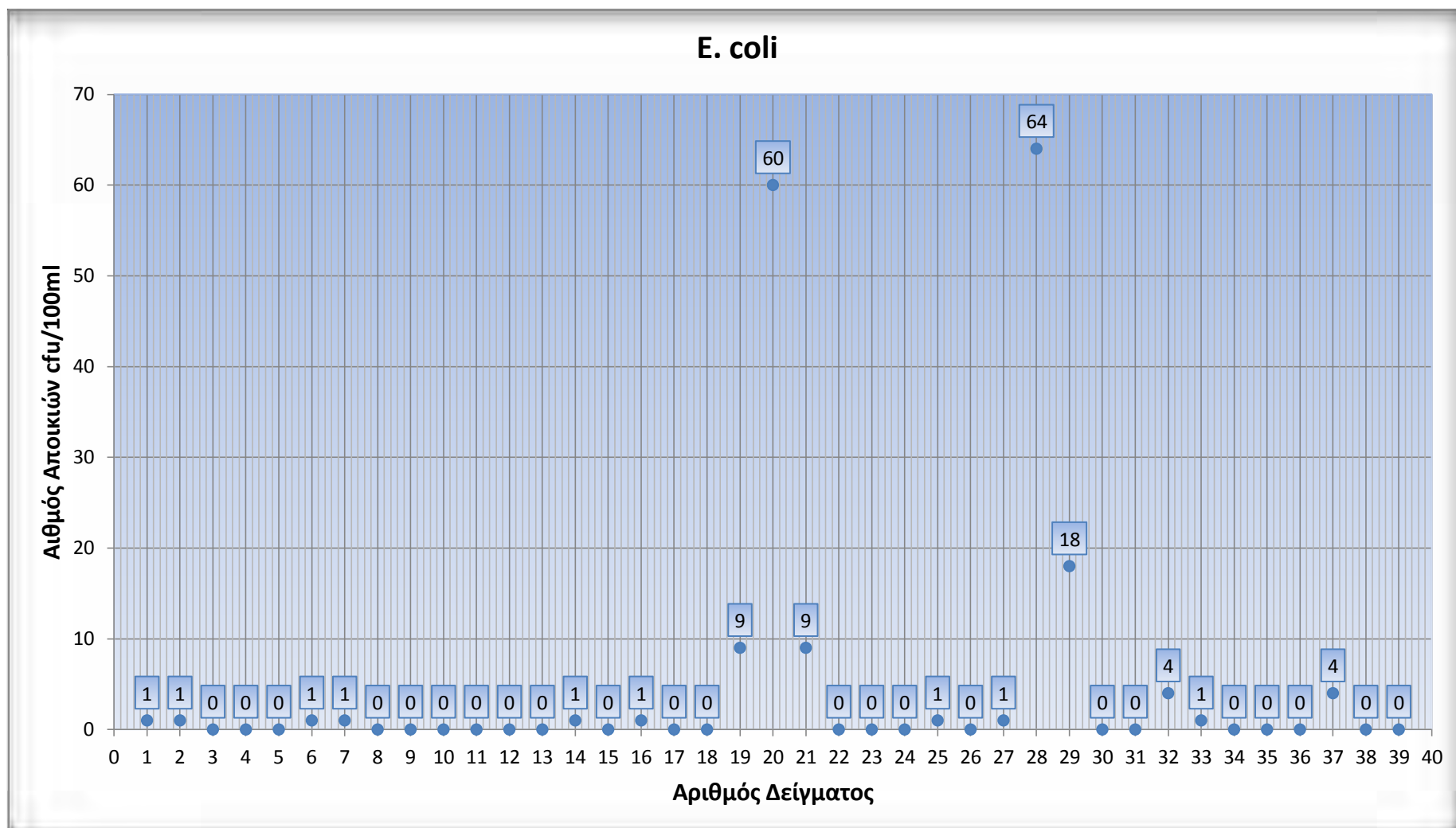


**Γράφημα 2 :** Αριθμός αποικιών κοινών αερόβιων βακτηρίων στους 22 °C σε δείγματα βρόχινου νερού δεξαμενών

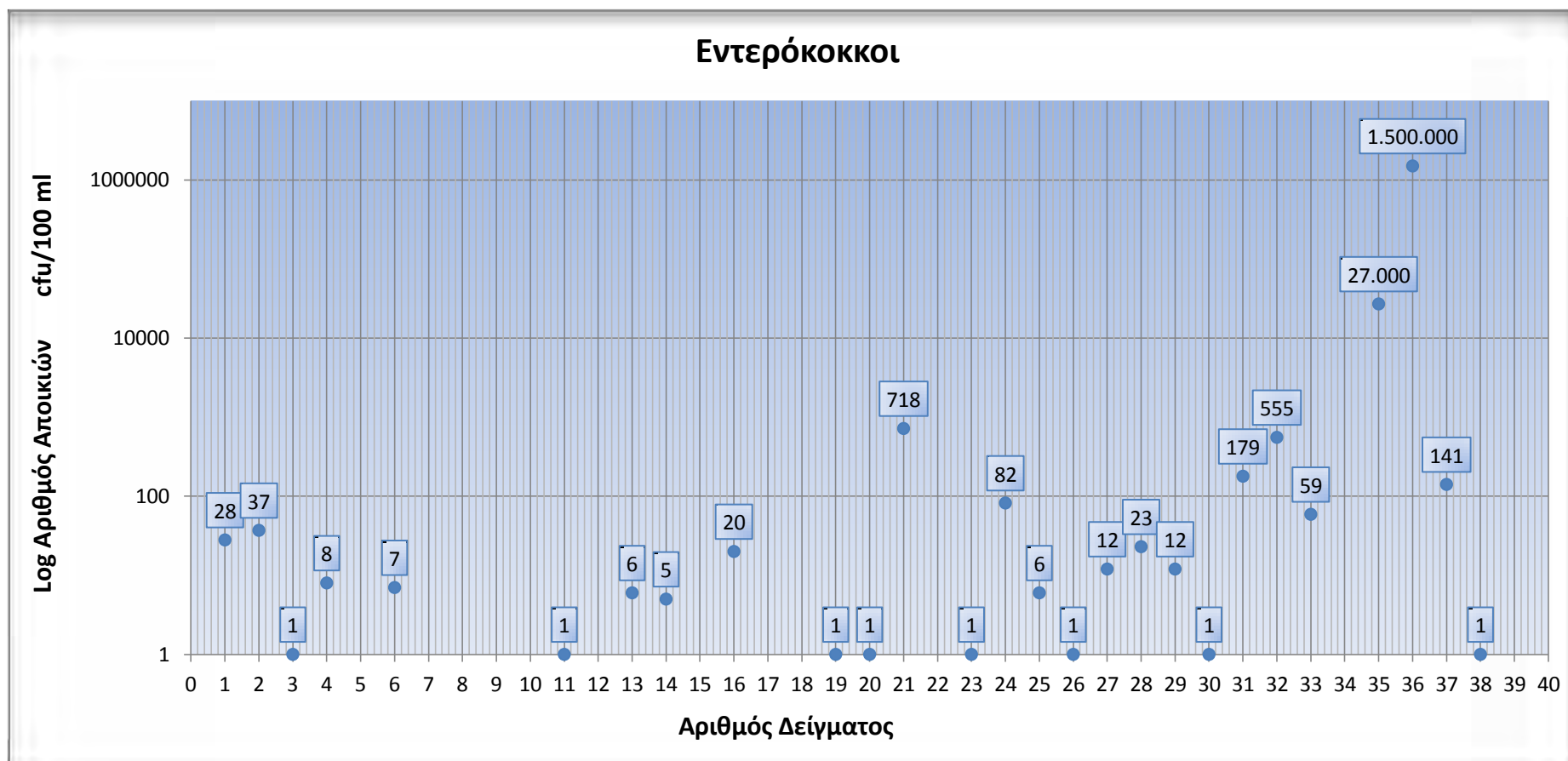


**Γράφημα 3 :** Αριθμός αποικιών ολικών κολοβακτηριοειδών σε δείγματα βρόχινου νερού αποθηκευμένου σε δεξαμενές

Σημείωση : Στο παραπάνω διάγραμμα ο άξονας που απεικονίζει τον αριθμό των αποικιών είναι σε λογαριθμική κλίμακα και για το λόγο αυτό τα δείγματα στα οποία βρέθηκε μηδενική τιμή αποικιών δεν εμφανίζονται.

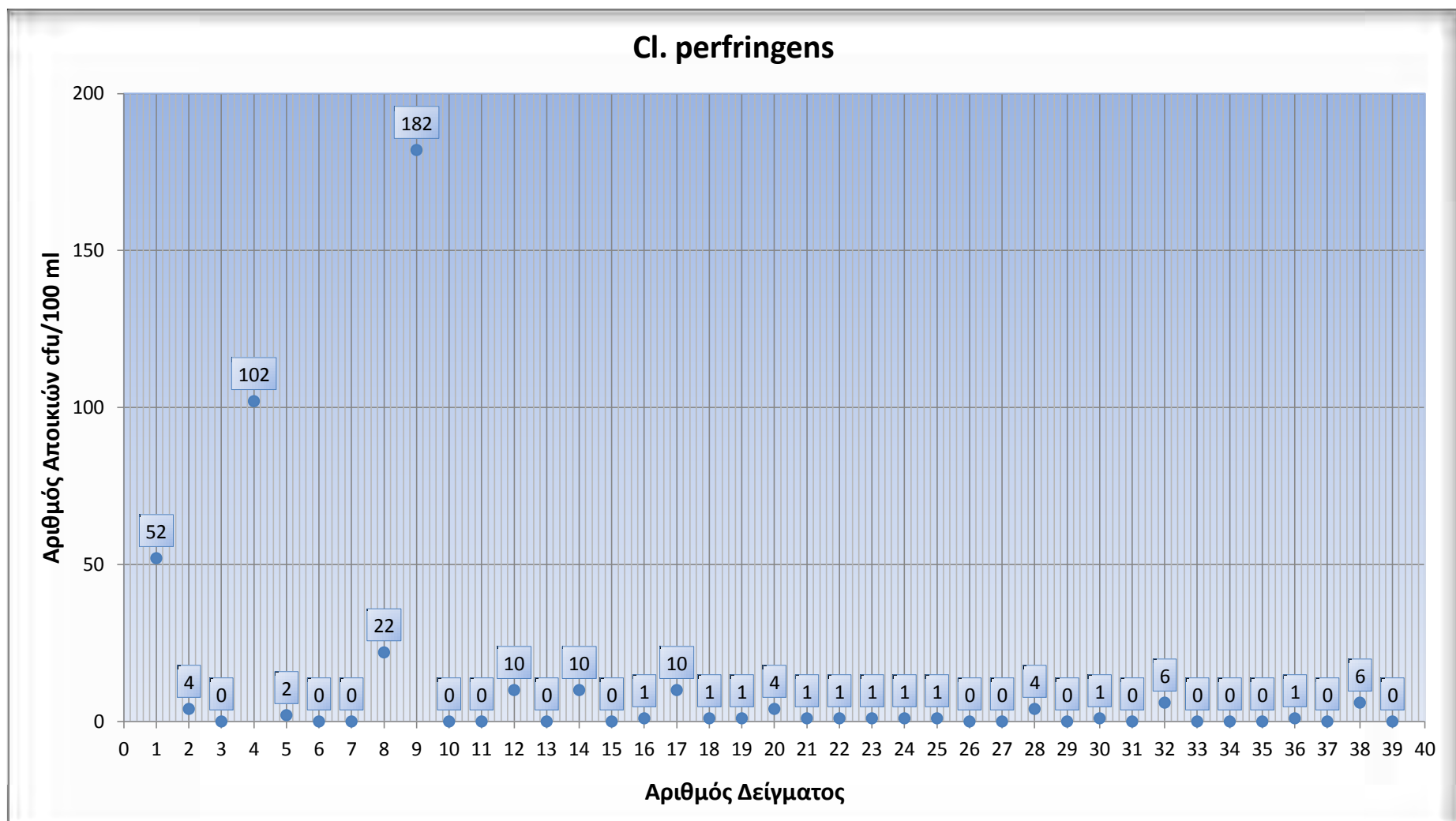


**Γράφημα 4 :** αριθμός αποικιών E- Coli σε δείγματα βρόχινου νερού αποθηκευμένου σε δεξαμενές



**Γράφημα 5 :** Αριθμός αποικιών εντεροκόκκων σε δείγματα βρόχινου νερού αποθηκευμένου σε δεξαμενές

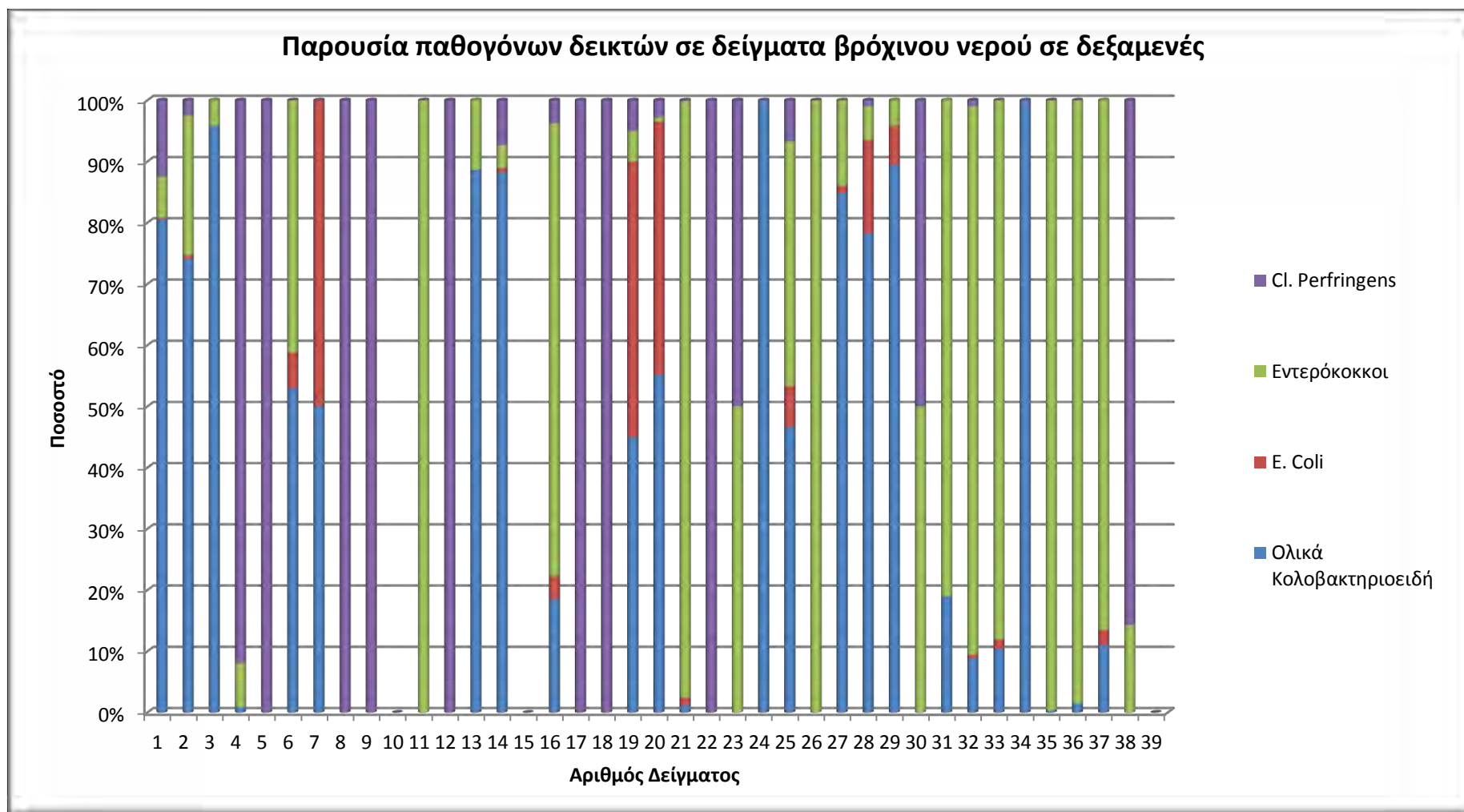
Σημείωση : Στο παραπάνω διάγραμμα ο άξονας που απεικονίζει τον αριθμό των αποικιών είναι σε λογαριθμική κλίμακα και για το λόγο αυτό τα δείγματα στα οποία βρέθηκε μηδενική τιμή αποικιών δεν εμφανίζονται.



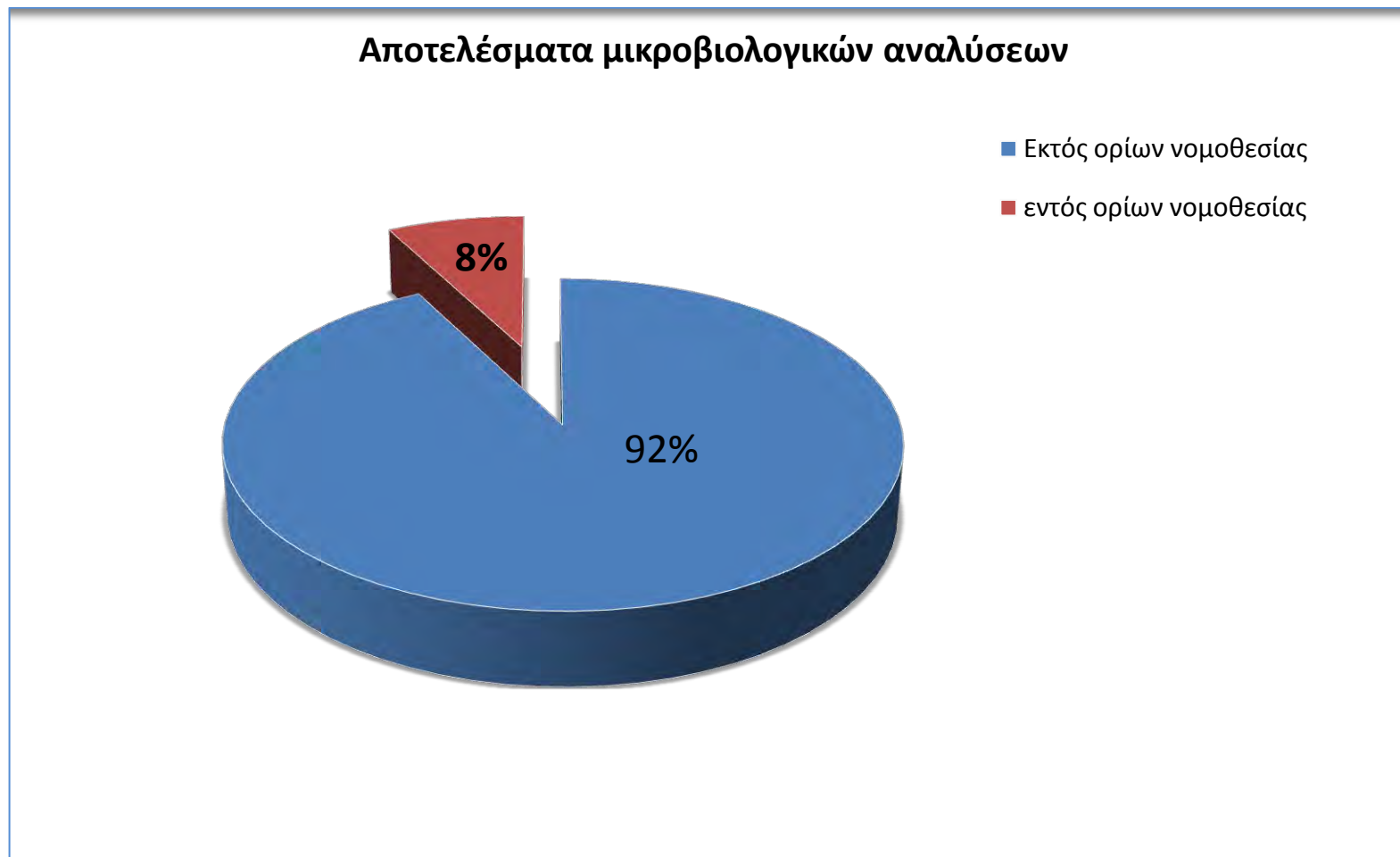
**Γράφημα 6:** Αριθμός αποικιών *Cl. Perfringens* σε δείγματα βρόχινου νερού αποθηκευμένου σε δεξαμενές

Στο **γράφημα 7** απεικονίζονται τα ποσοστά παθογόνων δεικτών βακτηρίων σε δείγματα βρόχινου νερού αποθηκευμένου σε δεξαμενές. Όπως φαίνεται στο συγκεκριμένο διάγραμμα τα ολικά κολοβακτηριοειδή ανιχνεύονται στο 61,5 % των δειγμάτων, τα *E – coli* στο 41,02 %, οι εντερόκοκκοι στο 69,23% και το *Cl. Perfringens* στο 58,97 % των συνολικών δειγμάτων. Επίσης στο 92% των περιπτώσεων στις οποίες είχαμε παρουσία ολικών κολοβακτηρίδιων στα δείγματα είχαμε και την παρουσία ενός άλλου παθογόνου: του εντεροκόκκου ή του *E-coli*.

Στο **γράφημα 8** απεικονίζεται το σημαντικό πρόβλημα που προέκυψε από την έρευνα αυτή σύμφωνα με το οποίο το 92% των δειγμάτων ήταν εκτός ορίων που ορίζει η νομοθεσία για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης όσον αφορά τις μικροβιολογικές παραμέτρους. Αυτό σημαίνει ότι στο 92% των δειγμάτων ανιχνεύτηκε έστω και ένας παθογόνος δείκτης (*E. coli*, Ολικά κολοβακτηριοειδή, Εντερόκοκκοι, *Cl. Perfringens*).



**Γράφημα 7 :** Παθογόνοι δείκτες σε δείγματα βρόχινου νερού το οποίο αποθηκεύεται σε δεξαμενές για χρήση.



**Γράφημα 8 :** Ποσοστό των δειγμάτων το οποίο ήταν ή όχι σύμφωνο με την νομοθεσία για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης.

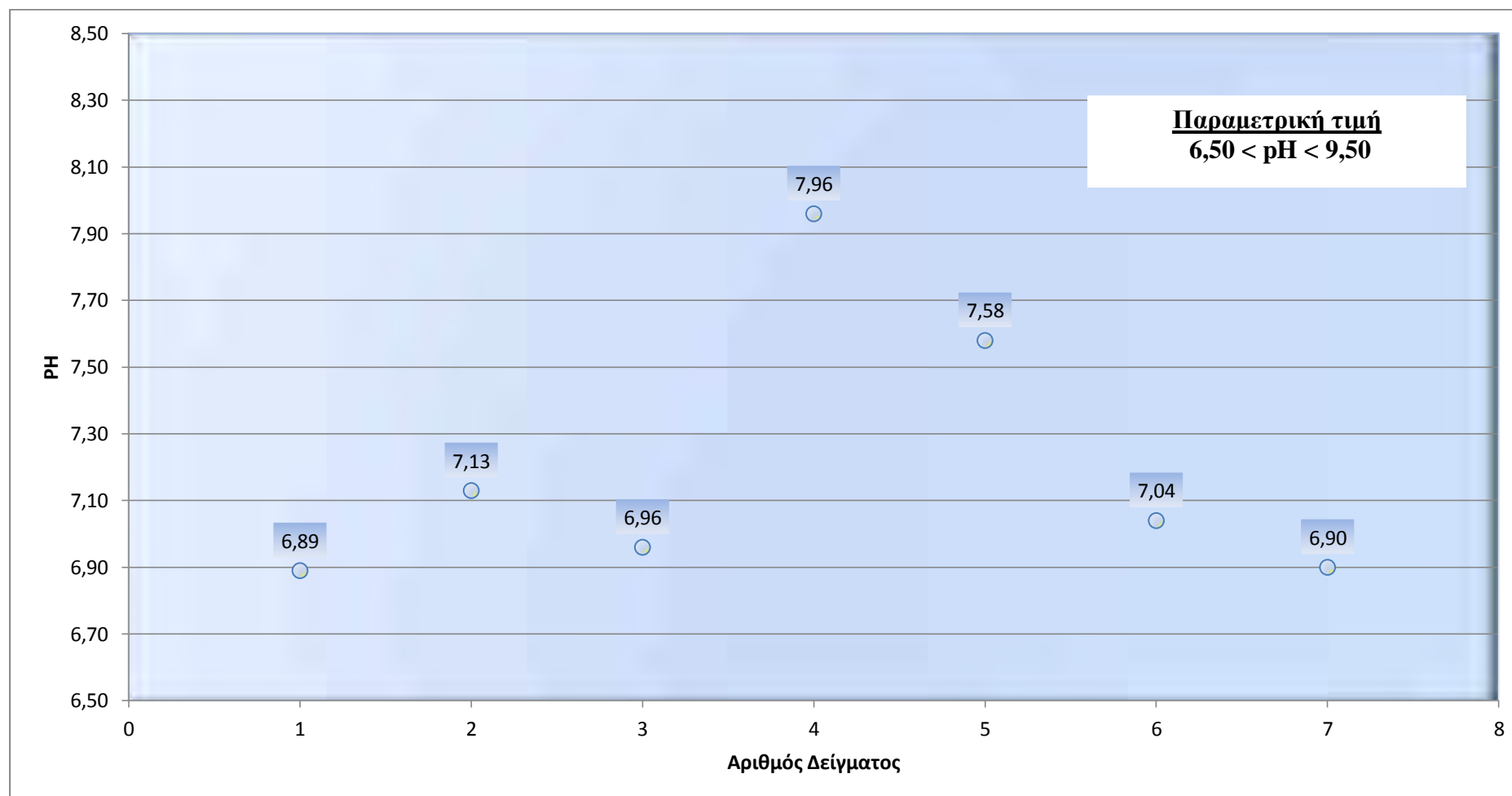
Στην συνέχεια στα επόμενα διαγράμματα απεικονίζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων για τις φυσικοχημικές παραμέτρους (**Γραφήματα 9 -19**). Όλα τα αποτελέσματα είναι πολύ πιο χαμηλά από τις παραμετρικές τιμές της αντίστοιχης νομοθεσίας για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης.

Η τιμή του pH κυμάνθηκε από 6,89 έως 7,96 (**Γράφημα 9**). Αυτό είναι απολύτως φυσιολογικό εξαιτίας του γεγονότος ότι στην Αλόννησο δεν υπάρχει βιομηχανική περιοχή για να έχουμε όξινη βροχή και συνεπώς χαμηλό pH.

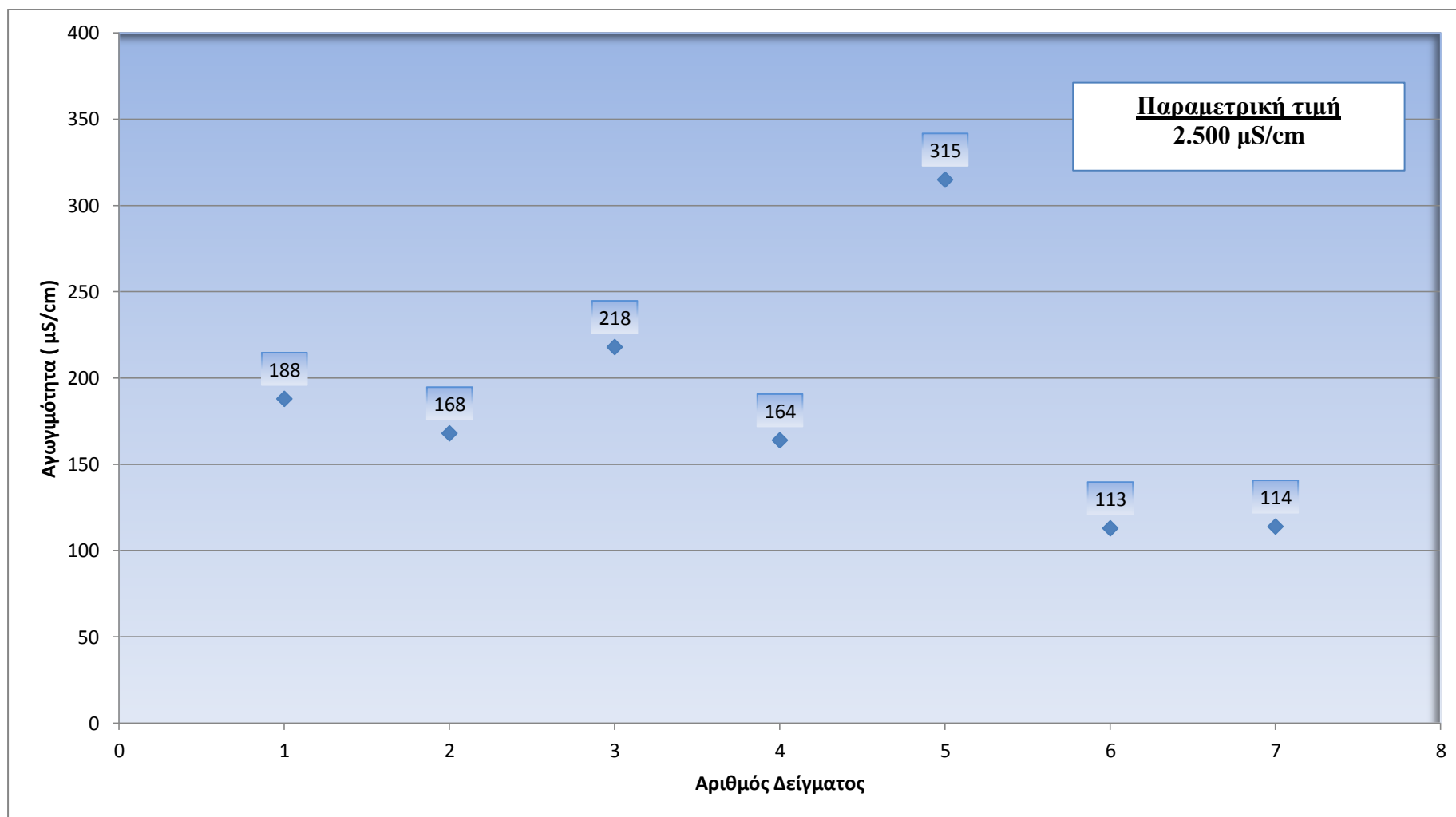
Η αγωγιμότητα (εάν εξαιρέσουμε το ένα δείγμα όπου υπήρχε μικρή ανάμιξη με νερό δικτύου) ήταν κατά μέσο όρο 161  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (**Γράφημα 10**).

Η σκληρότητα και η αλκαλικότητα ήταν κατά μέσο 46,86 mg/l  $\text{CaCO}_3/\text{l}$  και 42,86 mg/l αντίστοιχα (**γραφήματα 11 και 12**). Στην νομοθεσία δεν έχουν οριστεί παραμετρικές τιμές για τις παραπάνω παραμέτρους. Βέβαια αναφέρεται ότι το νερό δεν πρέπει να είναι διαβρωτικό. Ένα νερό όμως με πολύ χαμηλή σκληρότητα και αγωγιμότητα, όπως είναι το βρόχινο συνήθως είναι διαβρωτικό. Νιτρώδη δεν ανιχνεύτηκαν σε κανένα δείγμα και επίσης το BOD ήταν μηδέν σε όλα τα δείγματα (**γράφημα 14 και 17** αντίστοιχα). Επίσης τα Νιτρικά και η αμμωνία ήταν πολύ χαμηλά σε όλα τα δείγματα (**γράφημα 15 και 16**).

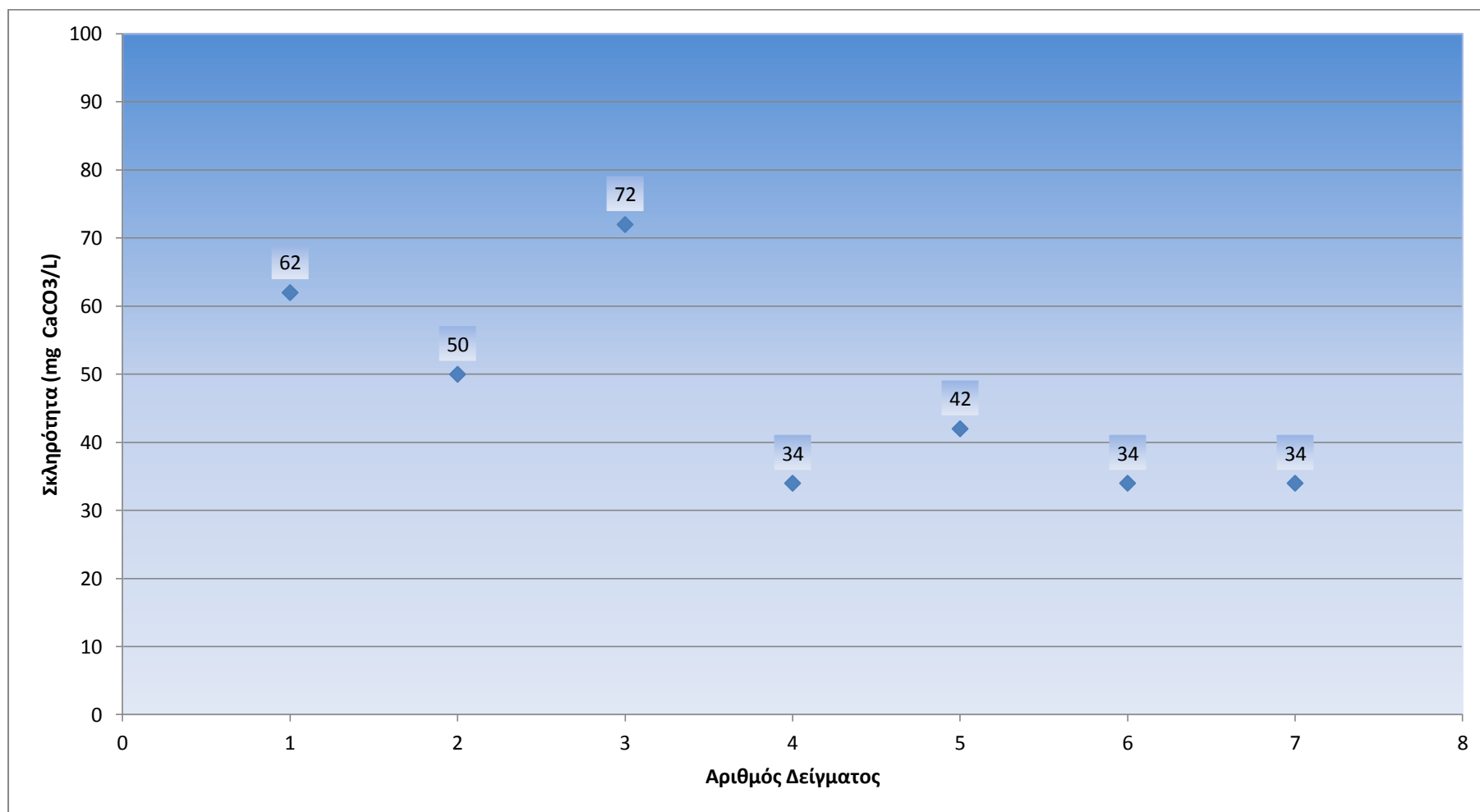
Τέλος ο μόλυβδος ανιχνεύτηκε μόνο στα 2 από τα 7 δείγματα και σε πολύ χαμηλές τιμές ενώ το χρώμιο ανιχνεύτηκε στα 6 από τα 7 δείγματα επίσης όμως σε χαμηλές τιμές (**γράφημα 18 και 19**)



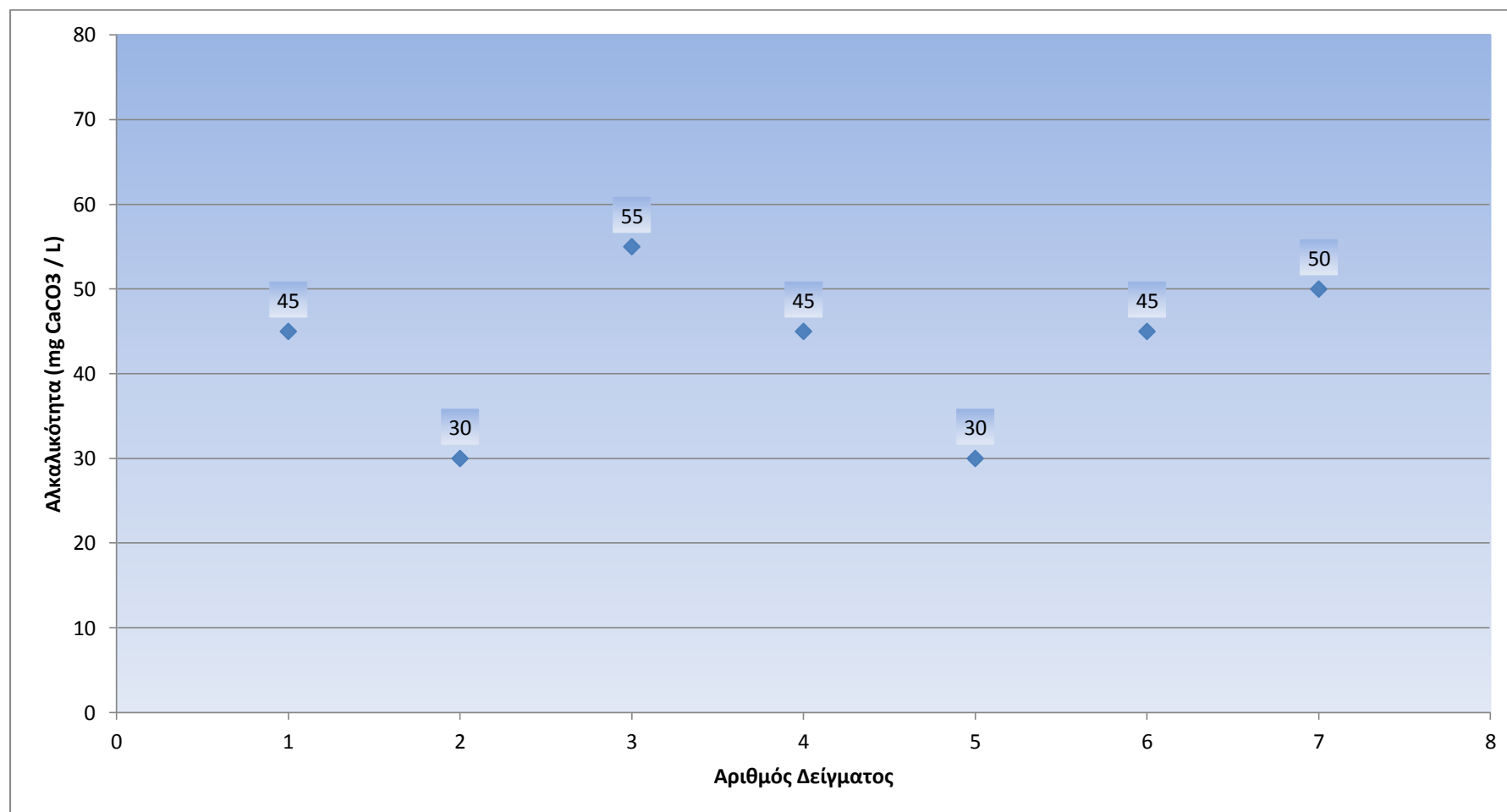
**Γράφημα 9 :** Τιμή του pH στα δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες



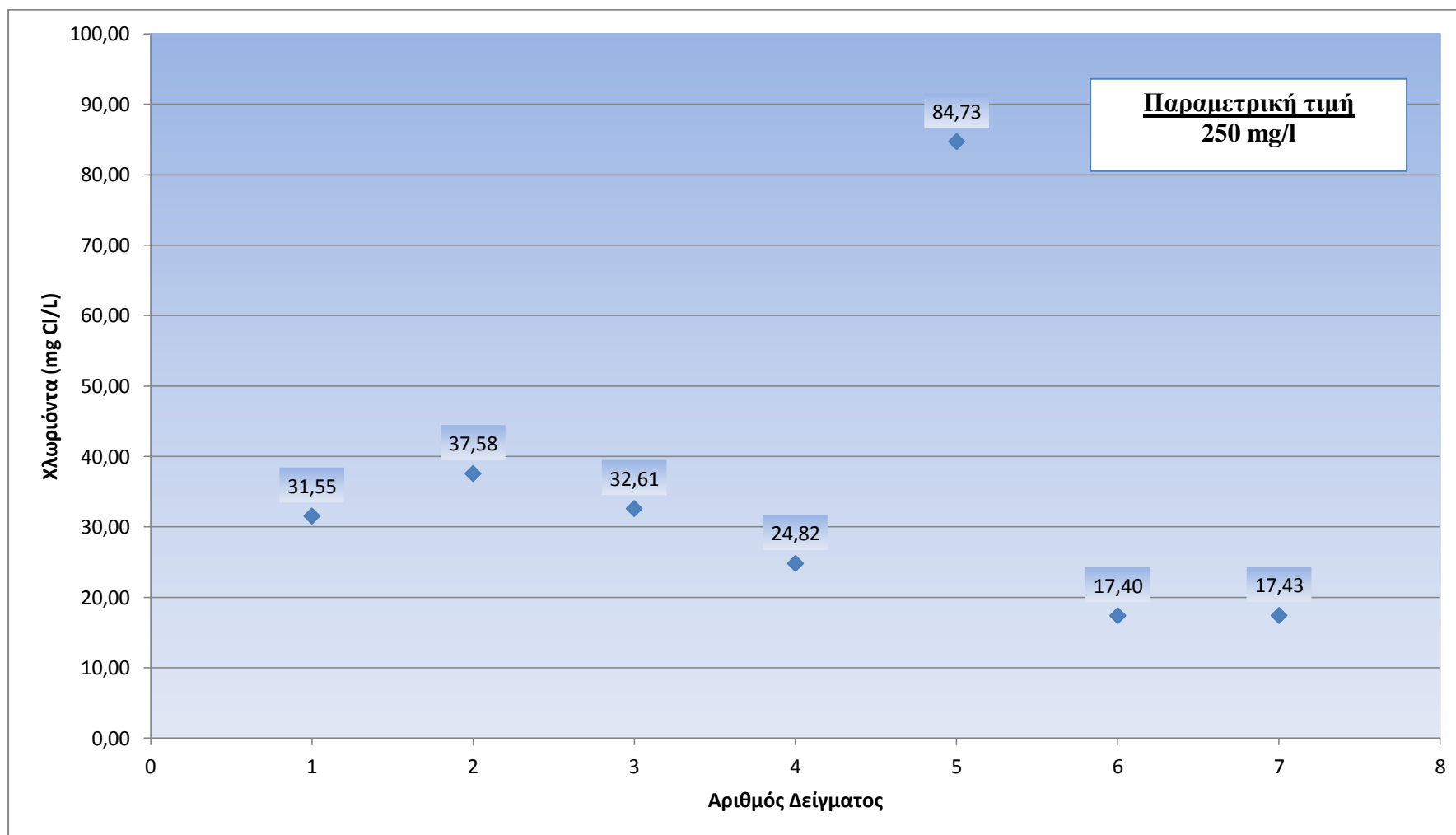
**Γράφημα 10 :** Τιμή της Αγωγιμότητας σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες



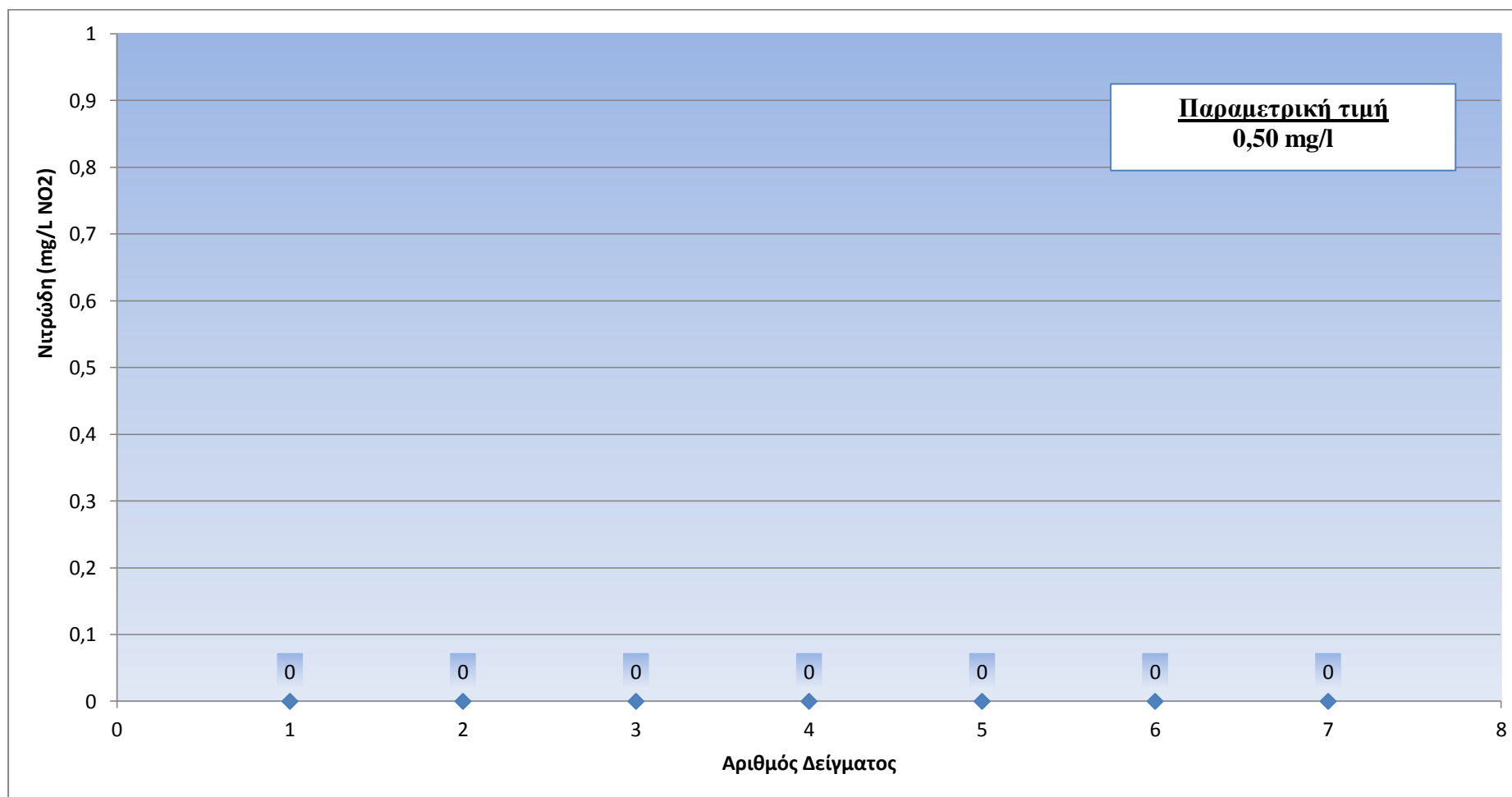
**Γράφημα 11 :** Τιμή της σκληρότητας σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες



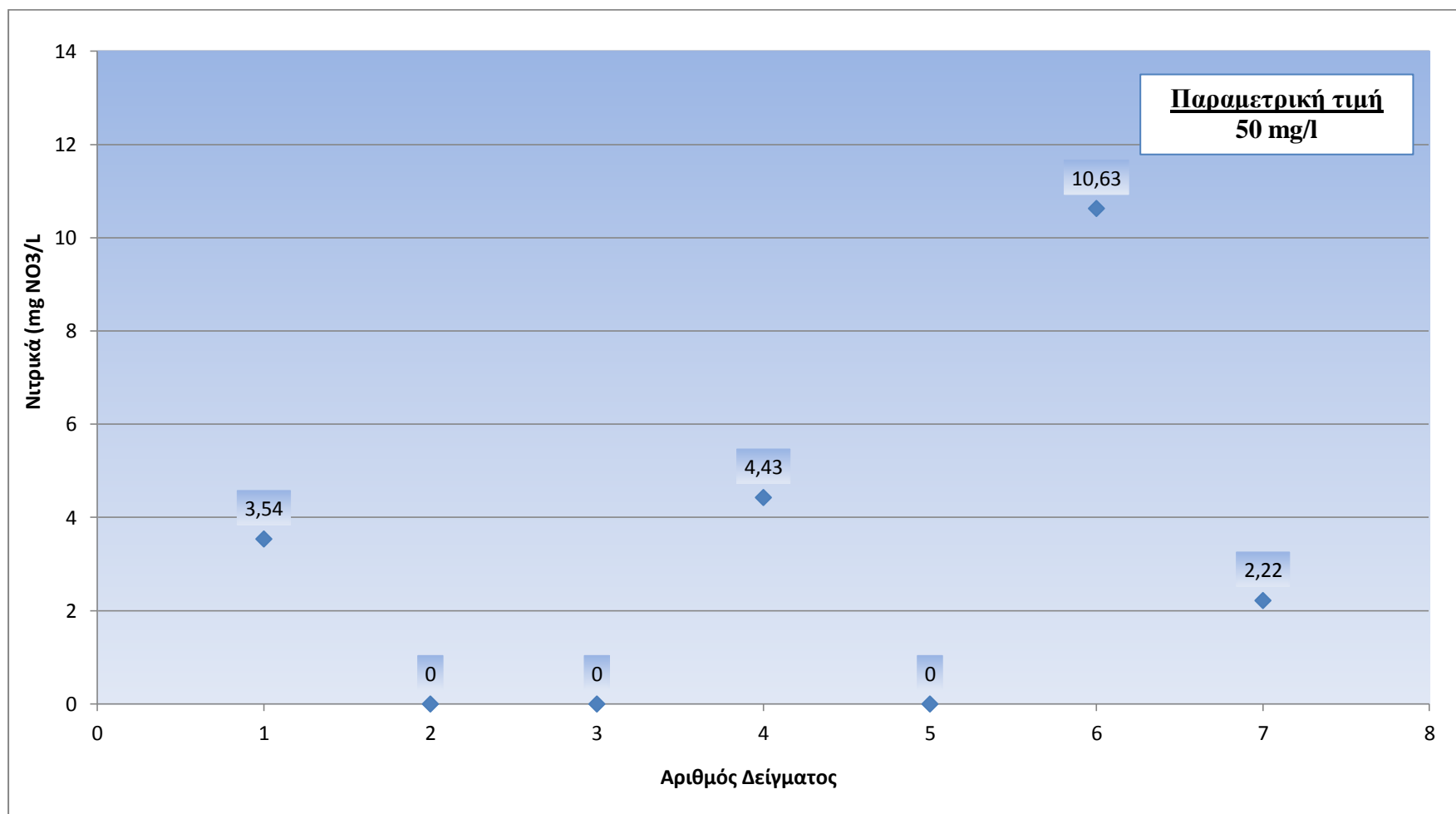
**Γράφημα 12 :** Τιμή της αλκαλικότητας σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες



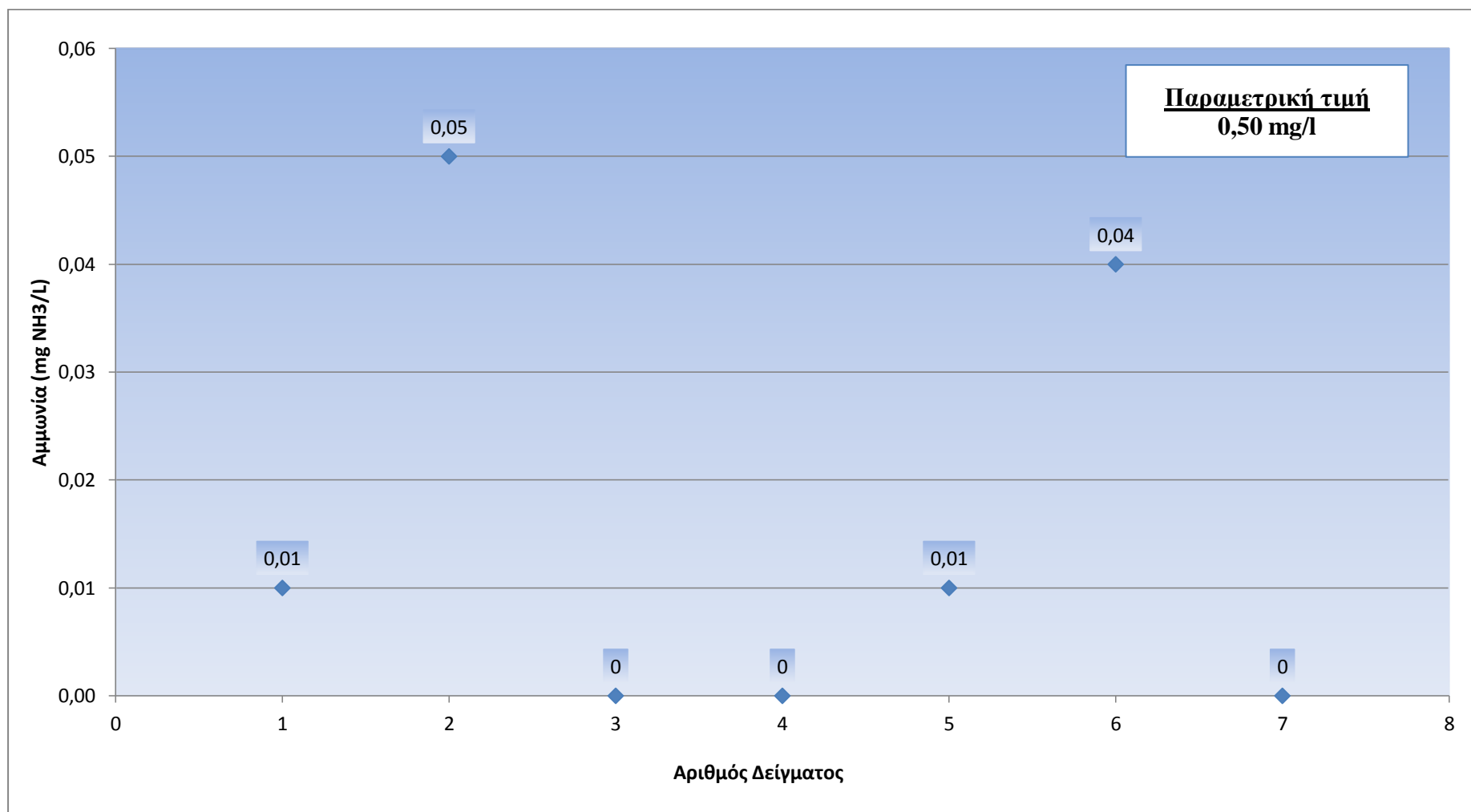
**Γράφημα 13 :** Τιμή χλωριόντων σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες



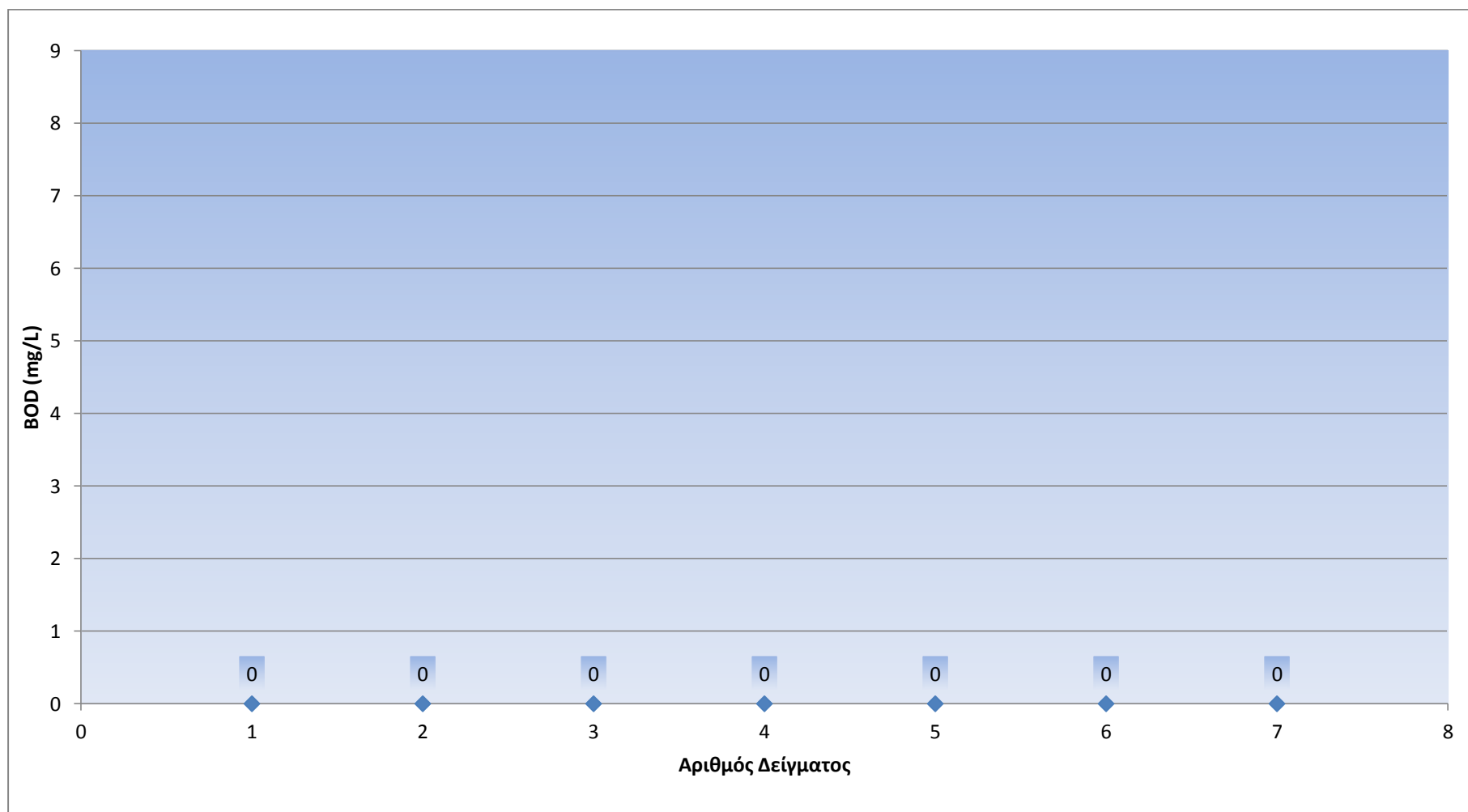
**Γράφημα 14 :** Τιμή στα νιτρώδη σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες



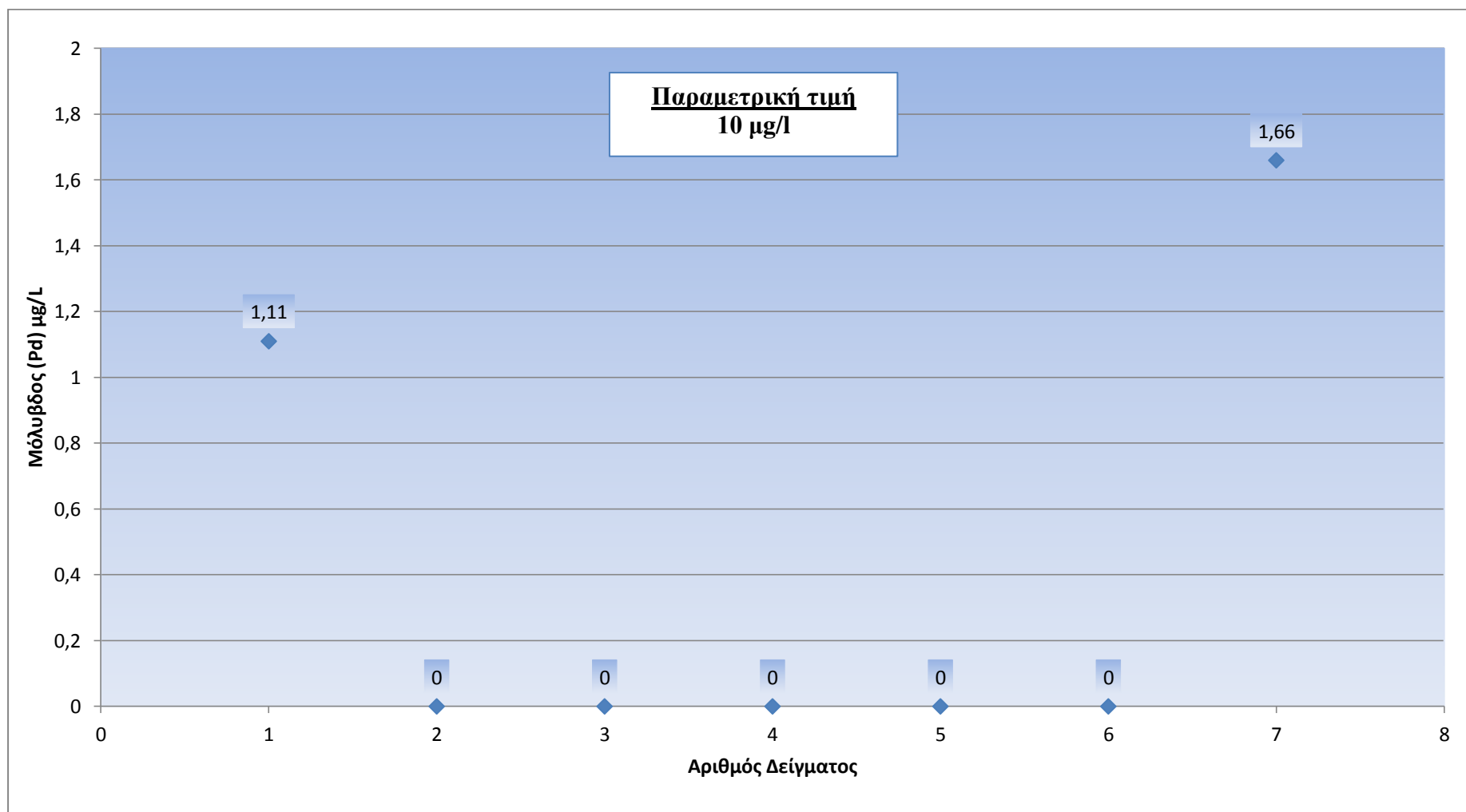
**Γράφημα 15 :** Τιμή νιτρικών σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες



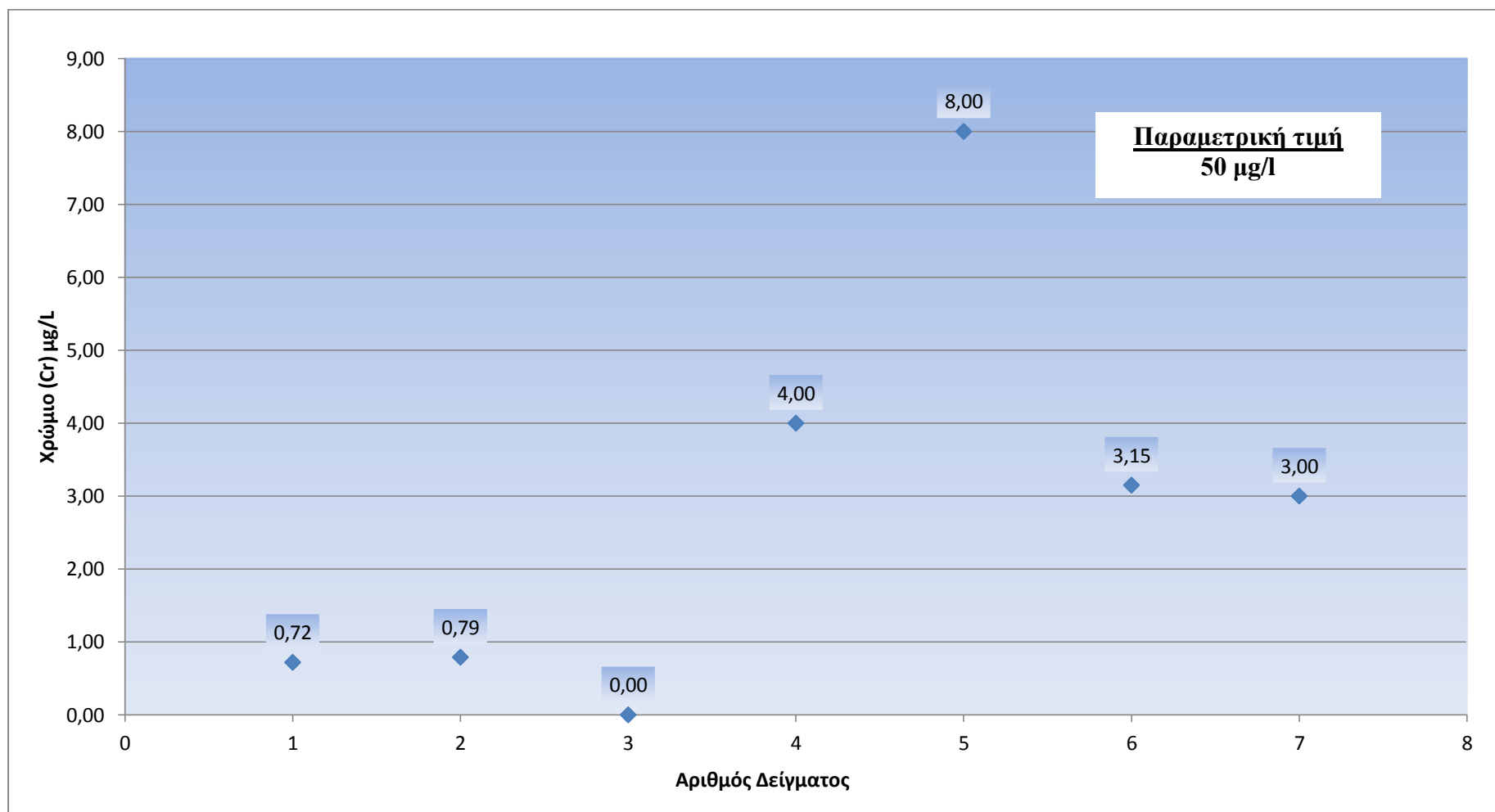
**Γράφημα 16 :** Τιμή της αμμωνίας σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες



**Γράφημα 17 :** τιμή του BOD σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες



**Γράφημα 18:** Τιμή του Μολύβδου σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες



**Γράφημα 19:** Τιμή του χρωμίου σε δείγματα βρόχινου νερού από δεξαμενές αποθήκευσης σε οικίες

## 2.4 Παραδοχές

Για την δημιουργία των παραπάνω διαγραμμάτων έγιναν οι κάτωθι παραδοχές στις τιμές των αποτελεσμάτων :

### 1. Μικροβιολογικές παράμετροι

$[<4(*) = 1]$ ,  $[4(*) = 4]$ ,  $[<2(**) = 0]$ ,  $[8(*) = 8]$ ,  $[2(*) = 2]$ ,  $[9(*) = 9]$ ,  
 $[7(*) = 7]$ ,  $[6(*) = 6]$ ,  $[5(*) = 5]$ ,  $[9(*) = 9]$ ,  $[<2(*) = 1]$ ,  $[6(*) = 6]$ ,  
 $[>30.000 = 30.000]$ .

### 2. Φυσικοχημικοί παράμετροι :

$<LOQ = 0$

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### 4.1 Συμπεράσματα -Συζήτηση

Η πλειονότητα των δειγμάτων τα οποία συλλέχθηκαν, προέρχονται από δεξαμενές οι οποίες περιείχαν **μόνο βρόχινο νερό** διότι σε πολλές περιπτώσεις υπήρχε ανάμιξη με νερό δικτύου ή από άλλες πηγές (γεωτρήσεις, πηγάδια). Υπήρχε λοιπόν, δυσκολία στο να βρούμε δείγματα από δεξαμενές με βρόχινο νερό μόνο, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες διότι τότε γίνεται ανάμιξη με νερό από άλλες πηγές. Για το λόγο αυτό δεν πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες τους καλοκαιρινούς μήνες.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των αναλύσεων, η πλειονότητα των δειγμάτων που ελήφθησαν ήταν εκτός των ορίων της νομοθεσίας σχετικά με το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης (ΚΥΑ Υ2/2600/2001) όσον αφορά τις μικροβιολογικούς παραμέτρους.

Το 92% των δειγμάτων (ήτοι 36 δείγματα) ήταν εκτός ορίων και συνεπώς δεν είναι κατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση σύμφωνα με την ΚΥΑ Υ2/2600/01 οποία έχει εναρμονιστεί με την αντίστοιχη Ευρωπαϊκή. Όταν λέμε Ανθρώπινη κατανάλωση δεν εννοούμε μόνο την πόση αλλά και όλες τις άλλες οικιακές χρήσεις στις οποίες έχουμε άμεση ή έμμεση επαφή του ανθρώπου με το νερό (πλύσιμο πιάτων, ρούχων, μπάνιο, κ.α). Μόλις το 8 % (ήτοι 3 δείγματα) ήταν εντός των ορίων της αντίστοιχης νομοθεσίας.

Επίσης αυτό που παρατηρήθηκε κατά την δειγματοληψία ήταν το γεγονός ότι σε ελάχιστες οικίες γινόταν κάποιο είδος διήθησης (με σίτα, χαλίκι, κ.α) στις εισόδους των υδρορροών έτσι ώστε να εμποδιστεί η είσοδος των μεγάλων σωματιδίων εντός των δεξαμενών. Δηλαδή από τα 39 δείγματα μόνο τα 9 προέρχονται από δεξαμενή όπου υπάρχει κάποια σήτα ή χαλίκι στις εισόδους των δεξαμενών.

Από το σύνολο των δειγμάτων στα 34 δείγματα δεν μετρήθηκε υπολειμματικό χλώριο και επίσης δεν υπήρχε καμιά μορφή επεξεργασίας του βρόχινου νερού πριν να χρησιμοποιηθεί. Εξάλλου, όπως διαπιστώθηκε στις περισσότερες δεξαμενές, δεν γινόταν καμιά απολύμανση και σε όσες γινόταν δεν ήταν συστηματικό.

Σε τρία δείγματα (No 35,37,38) όπου στις αντίστοιχες δεξαμενές έγινε προσθήκη σταθεροποιημένου διαλύματος διοξειδίου του χλωρίου  $\text{ClO}_2$  1% w/v σε αναλογία 10 ml /  $\text{m}^3$  νερού, τα δείγματα ήταν και πάλι εκτός ορίων όσων αφορά τους μικροβιολογικούς

δείκτες και μάλιστα σε κάποιες περιπτώσεις η παρουσία των εντερόκοκκων και ολικών κολοβακτηριοειδών ήταν έντονη.

Στο δείγμα Νο 36 το οποίο προέκυψε από δεξαμενή στην οποία προστέθηκε διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου 4,8% w/w σε αναλογία 10 ml/m<sup>3</sup> παρόλο που μετρήθηκε ελεύθερο χλώριο 0,5 ppm κατά την παραλαβή του δείγματος οι μικροβιολογικοί δείκτες παρέμειναν σε πολύ υψηλά επίπεδα.

Μόνο το δείγμα Νο 39, όπου στην δεξαμενή από όπου λήφθηκε, έχει τοποθετηθεί διάταξη για τον καθαρισμό και την απολύμανση του νερού όπου αποτελείται από φίλτρο άμμου με αυτόματη κεφαλή, φίλτρο 5 μm και σύστημα απολύμανσης UV ήταν εντός ορίων της νομοθεσίας.

Σχετικά με την χρήση του βρόχινου νερού, το 95% (ήτοι 37 δείγματα) προορίζεται για διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες (μπάνιο, πλύσιμο πιάτων, ρούχων, μαγείρεμα, κ.α) και μόνο το 5% (ήτοι 2 δείγματα) προορίζεται μόνο για πότισμα και πλύσιμο εξωτερικών χώρων. Επίσης οι μισές δεξαμενές από τις οποίες πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία δεν είχαν καθαριστεί για πάνω από 2 χρόνια.

Η παρουσία των συνολικών βακτηριδίων στο βρόχινο νερό ήταν πολύ έντονη και σε μεγάλες συγκεντρώσεις σε όλα τα δείγματα τα οποία εξετάστηκαν. Παρόλα αυτά, από μόνα τους μας δίδουν απλά μια εικόνα της ποιότητας του νερού χωρίς να μπορούμε να εκτιμήσουμε την συνολική ποιότητά αυτού μόνο με αυτούς του δείκτες.

Ακόμα, στις δύο περιπτώσεις στις οποίες δεν είχαμε την παρουσία παθογόνων δεικτών (ολικά κολοβακτηριοειδή, *E. coli*, Εντερόκοκκοι, *Cl. perfringens*) αλλά μόνο των κοινών βακτηρίων, και στις οποίες δεν είχε γίνει καμία απολύμανση, δεν είναι εφικτό να εκτιμήσουμε με ακρίβεια την ποιότητα του νερού διότι θα έπρεπε να ληφθούν δείγματα και σε άλλες περιόδους έτσι ώστε να διαπιστωθεί η σταθερότητα των τιμών αυτών ή όχι. Διότι μια απότομη αλλαγή των δεικτών αυτών θα σήμαινε σίγουρα επιμόλυνση του νερού εντός της δεξαμενής.

Στην συνέχεια όπως φαίνεται και στο γράφημα Νο 8, στο 92% των περιπτώσεων στις οποίες είχαμε παρουσία ολικών κολοβακτηριδίων στα δείγματα είχαμε και την παρουσία ενός άλλου παθογόνου του εντεροκόκκου ή του *E-coli* που επιβεβαιώνει την κοπρανώδη μόλυνση.

Επίσης παρατηρήθηκε και η έντονη παρουσία του άλλου παθογόνου *Cl. perfringens* που σημαίνει ότι υπάρχει παλιά μόλυνση.

Στις λίγες περιπτώσεις στις οποίες υπήρχε η παρουσία μόνο των ολικών κολοβακτηριδίων θα μπορούσε να προέρχεται μόνο από περιβαλλοντική επιμόλυνση του νερού (φύλλα, σκόνες, κ.α)

Τα *E. coli* καθώς και το *Cl. perfringens* βρέθηκαν σε μικρές σχετικά συγκεντρώσεις σε αντίθεση με του εντερόκοκκους και ολικά κολοβακτηριοειδή, των οποίων η συγκέντρωση σε μερικές περιπτώσεις ήταν πάρα πολύ υψηλή.

Σχετικά με τις φυσικοχημικές παραμέτρους τις οποίες μετρήσαμε δεν είχαμε σε κανένα από τα επτά δείγματα εκτός ορίων και για το λόγο αυτό δεν κρίθηκε απαραίτητο να ληφθούν περισσότερα δείγματα. Μάλιστα ήταν πολύ χαμηλότερα από τα ανώτατα όρια τα οποία ορίζει η νομοθεσία.

Σύμφωνα με άλλες μελέτες οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί έχουν εξαχθεί παρόμοια συμπεράσματα. Για παράδειγμα σε μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Newcastle στην ανατολική ακτή της Αυστραλίας σε ένα σύνολο 77 δειγμάτων βρέθηκε σημαντική μικροβιολογική επιβάρυνση η οποία είχε άμεση σχέση με τις καιρικές συνθήκες. Επίσης όσον αφορά τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τα οποία εξετάστηκαν ήταν χαμηλά με τιμές κοντά σε αυτές που βρήκαμε και στην συγκεκριμένη εργασία. Για παράδειγμα οι τιμές των Νιτρικών κυμάνθηκαν από 0,31 έως 5,73 mg/l και τα χλωριούχα από 7,62 έως 40,50 mg/l (Evans C.A., Coombes P.J., Dunstan R.H, 2006), ενώ στην δική μας μελέτη βρέθηκε κατά μέσο όρο 2,57 mg/l στα Νιτρικά και 35,16 mg/l στα Χλωριούχα. Όπως φαίνεται οι τιμές είναι αρκετά κοντά στα δικά μας αποτελέσματα.

Σε μια άλλη μελέτη στην Κεφαλονιά, η ποιότητα του βρόχινου νερού που συλλέγεται και αποθηκεύεται σε δεξαμενές, όσον αφορά τις χημικές παραμέτρους είναι αρκετά ικανοποιητική με καμία παράμετρο να μην ανιχνεύεται πάνω από την αντίστοιχη μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης, με τιμές κοντά σε αυτές που βρήκαμε στα δείγματα στην Αλόννησο. Μια διαφορά που παρατηρήθηκε σε σχέση με την μελέτη αυτή ήταν στα χλωριούχα, όπου ενώ στην Αλόννησο η τιμή ήταν κατά μέσο όρο 35,16 mg/l στην Κεφαλονιά ήταν 7 mg/l. Αντιθέτως, οι μικροβιακοί δείκτες εντοπίστηκαν στην πλειονότητα των δειγμάτων και συγκεκριμένα στο 80,3 % των δειγμάτων για τα Ολικά κολοβακτηριοειδή, στο 40,9 % των δειγμάτων για τα *E. coli* και στο 28,8 % των δειγμάτων για τους εντερόκοκκους, αλλά σε πολύ χαμηλούς αριθμούς. (Sazaklia E., Alexopoulos A., Leotsinidisa, M, 2007).

Σε αντίθεση με την συγκεκριμένη μελέτη στην Αλόννησο όπου τα ολικά κολοβακτηριοειδή ανιχνεύονται στο 61,5 % των δειγμάτων, τα *E – coli* στο 41,02 %, οι εντερόκοκκοι στο 69,23% και το *Cl. Perfringens* στο 58,97 % των συνολικών δειγμάτων και σε αριθμούς πάρα πολύ μεγάλους.

Σε μία άλλη παρόμοια μελέτη που διεξήχθη στην Νοτιοανατολική Queensland στην Αυστραλία, συλλέχθηκαν από 82 δεξαμενές ομβρίων υδάτων συνολικά 214 δείγματα. Στην μελέτη αυτή έγινε μια προσπάθεια να γίνει μια ποσοτικοποίηση του κινδύνου μόλυνσης που σχετίζεται με την έκθεση σε πιθανούς παθογόνους παράγοντες από την χρήση του βρόχινου νερού ως πόσιμο. Έτσι από τα 214 δείγματα τα οποία εξετάστηκαν το 10,7%, 9,8%, 5,6%, και 0,4% ήταν θετικό για την *Salmonella invA*, *Giardia lamblia*  $\beta$ -giardin, *Legionella pneumophila mip*, και *Campylobacter jejuni mapA* genes, αντίστοιχα ( Ahmed W., Vieritz A., Goonetilleke I A. and Gardner T, 2010).

Σε γενικές γραμμές, τα όμβρια ύδατα θεωρούνται μια ασφαλής παροχή νερού για πολλές διαφορετικές χρήσεις, ακόμη για πόσιμο, αλλά είναι μια πηγή νερού η οποία δεν είναι εντελώς απαλλαγμένη από κινδύνους για την υγεία (Villarreal, Edgar L. Dixon Andrew, 2005).

Παρόλο που σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία δεν έχει συσχετιστεί η παρουσία των παθογόνων μικροοργανισμών στο βρόχινο νερό των δεξαμενών σε επίπεδο οικίας, με αυξημένα κρούσματα μόλυνσης θεωρούμε ότι το νερό αυτό χρήζει επεξεργασίας πριν να χρησιμοποιηθεί για ανθρώπινη κατανάλωση έτσι ώστε οι μικροβιολογικοί δείκτες να πέσουν στα επίπεδα τα οποία καθορίζονται από την νομοθεσία.

Το βρόχινο νερό θα ήταν φρόνιμο πριν από την χρήση του ως πόσιμο να απολυμανθεί (UV, βρασμός, κ.α). Αυτό θα είναι ιδιαίτερα συνετό για τους ηλικιωμένους και ανοσοκατασταλμένους, δεδομένου ότι σε δείγματα από δεξαμενές ομβρίων υδάτων έχει ανιχνευθεί η *G. Lambia* σε ποσοστό 9,8 % των δειγμάτων (Ahmed W., Vieritz A., Goonetilleke I A. and Gardner T, 2010)

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, όταν λέμε για ανθρώπινη κατανάλωση δεν εννοούμε μόνο την πόση αλλά και όλες τις άλλες χρήσεις κατά τις οποίες έρχεται ο άνθρωπος σε άμεση ή έμμεση επαφή όπως (μπάνιο, πλύσιμο δοντιών, πλύσιμο ρούχων, πιάτων κ.α)

Ο στόχος της εργασίας αυτής ήταν να διαπιστωθεί η ποιότητα του βρόχινου νερού το οποίο συλλέγεται στις δεξαμενές για ανθρώπινη κατανάλωση.

Δεδομένου του γεγονότος ότι η συλλογή του βρόχινου νερού θα έρθει πάλι στο προσκήνιο τα επόμενα χρόνια σαν αποτέλεσμα της αλλαγής των καιρικών συνθηκών αλλά και οικονομικών λόγων, είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζει ο κάθε πολίτης τους κινδύνους από την χρήση νερού μη κατάλληλου αλλά και τις απαραίτητες ενέργειες τις οποίες θα πρέπει να κάνει έτσι ώστε το νερό αυτό να είναι κατάλληλο για ανθρώπινη χρήση.

## **4.2 Προτάσεις για επεξεργασία του βρόχινου νερού**

Τα καλά σχεδιασμένα συστήματα συλλογής και αποθήκευσης του βρόχινου νερού είναι το πρώτο που θα πρέπει να ελέγχεται έτσι ώστε το νερό το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για ανθρώπινη κατανάλωση να είναι απαλλαγμένο μολυσματικών παραγόντων.

Παρακάτω προτείνονται τα απαραίτητα στάδια τα οποία θα πρέπει να τηρούνται έτσι ώστε να μειώνονται οι κίνδυνοι μόλυνσης του νερού το οποίο αποθηκεύεται στην δεξαμενή.

### **1. Προληπτικός έλεγχος συστημάτων ομβριοσυλλογής και δεξαμενής**

Ο συχνός έλεγχος των συστημάτων ομβριοσυλλογής (σήτα, ύπαρξη νεκρών ζώων, φύλλα, κ.α) και της δεξαμενής αποθήκευσης του βρόχινου νερού είναι απαραίτητος. Ελέγχουμε για δημιουργία λάσπης στον πυθμένα της δεξαμενής, δημιουργία ρωγμών κ.α..

### **2. Καθάρισμα και απολύμανση της δεξαμενής αποθήκευσης και επιφάνειας απορροής**

θα πρέπει να υπάρχει μέριμνα για το συχνό καθαρίσμα το οποίο περιλαμβάνει το πλύσιμο και την απολύμανση της επιφάνειας απορροής για την αποφυγή όσο είναι δυνατό της μεταφοράς ουσιών (σκόνης και οργανικών υλικών) στο εσωτερικό της δεξαμενής, κατά την διάρκεια των βροχοπτώσεων. Επίσης καθαρίσμα (απομάκρυνση της λάσπης από τον πυθμένα) και απολύμανση της δεξαμενής αποθήκευσης μια φορά τον χρόνο. Καλό θα ήταν μετά από έντονες βροχοπτώσεις να μην γίνεται άμεση χρήση του βρόχινου νερού.

### **3. Διήθηση του βρόχινου νερού πριν την εισαγωγή του στη δεξαμενή**

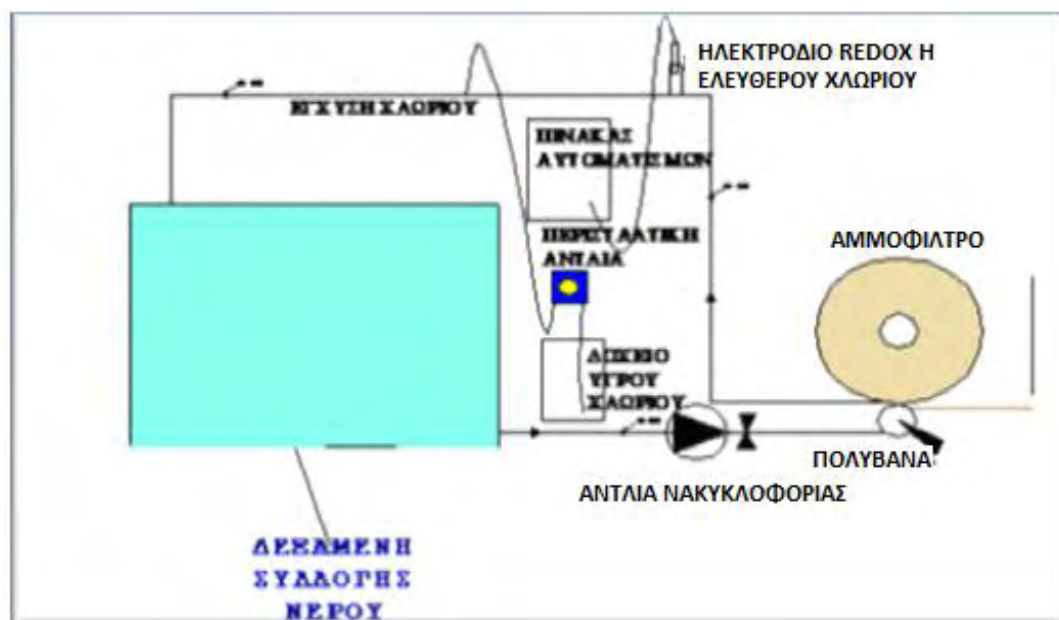
Καλό θα ήταν να υπάρχει η δυνατότητα (είτε χειροκίνητα είτε με αυτόματο τρόπο) να απομακρύνονται τα πρώτα λίτρα του νερού της βροχής μόλις ξεκινήσει η βροχόπτωση. Επίσης απαραίτητη είναι η τοποθέτηση μιας ψιλής σχάρας στις εισόδους των υδρορροών έτσι ώστε μεγάλα σωματίδια να μην μεταφέρονται μέσα στην δεξαμενή αποθήκευσης του βρόχινου νερού. Αυτά τα σωματίδια θα αποτελέσουν αργότερα το υπόστρωμα ανάπτυξης μικροοργανισμών στο νερό.

#### 4. Απολύμανση του βρόχινου νερού και επεξεργασία πριν την χρήση του ως νερό ανθρώπινης κατανάλωσης

Όσο και καλό καθαρίσμα να πραγματοποιηθεί στην δεξαμενή και στην επιφάνεια απορροής δεν είναι δυνατό να μηδενίσουμε την πιθανότητα μόλυνσης του βρόχινου νερού. Για το λόγο αυτό το νερό πριν τη χρήση του θα πρέπει να απολυμανθεί. Οι τρόποι απολύμανσης του νερού είναι πολύ αλλά οι συνιστώμενοι είναι οι παρακάτω :

- ***Απολύμανση με τη χρήση διαλύματος χλωρίου.***

Η απολύμανση με κάποιο διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου ή διοξειδίου του χλωρίου θα να γίνεται είτε χειροκίνητα ανά τακτά χρονικά διαστήματα είτε με αυτόματη δοσολόγηση. Αυτό όμως σημαίνει συνεχής μέτρηση του ελεύθερου χλωρίου ή του διοξειδίου του χλωρίου. Ένα προτεινόμενο σύστημα αυτόματης δοσολόγησης και συνεχής μέτρησης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα :

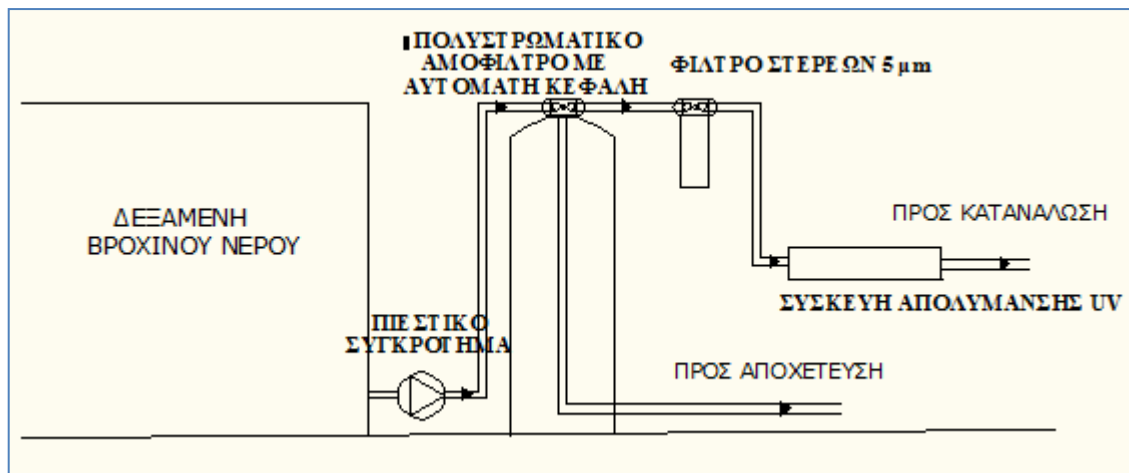


**Εικόνα 14 :** Προτεινόμενο σύστημα αυτόματου ελέγχου επιπέδου χλωρίου και χλωρίωσης σε βρόχινο νερό δεξαμενής για ανθρώπινη κατανάλωση.

Στην συνέχεια θα πρέπει πριν το νερό να διοχετευτεί για κατανάλωση θα πρέπει να περάσει από κάποια φίλτρα με διάμετρο πόρων τουλάχιστο 5  $\mu\text{m}$

- **Απολύμανση με UV**

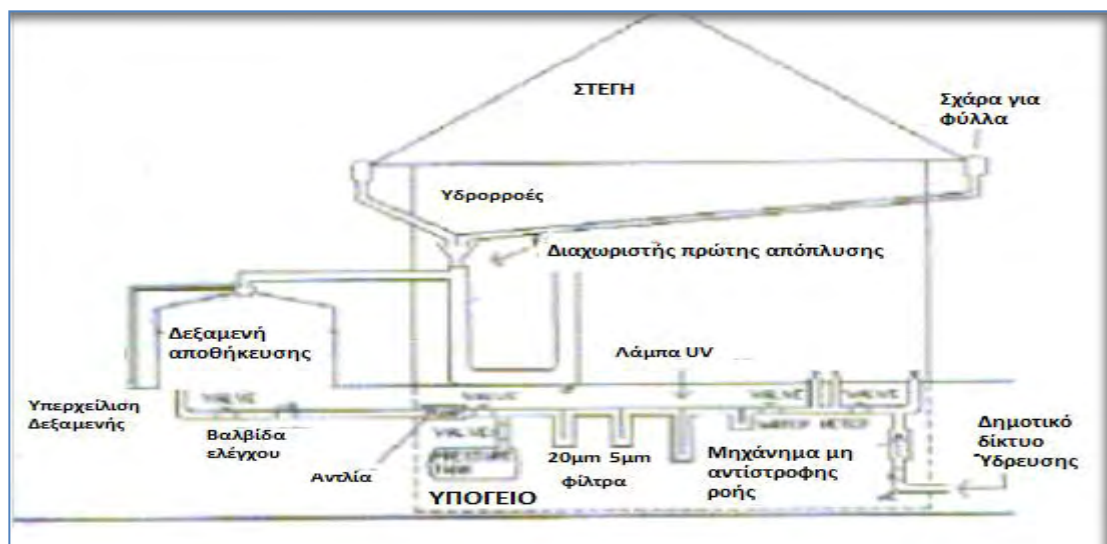
Εναλλακτικά της χλωρίωσης θα μπορούσε να τοποθετηθεί ένα σύστημα απολύμανσης με λάμπα UV. Ένα τέτοιο ολοκληρωμένο σύστημα θα μπορούσε να περιέχει καταρχήν ένα πολυστρωματικό αμμόφιλτρο με αυτόματη κεφαλή (εναλλακτικά θα μπορούσε να τοποθετηθεί ένα φίλτρο 10  $\mu\text{m}$  ή 20  $\mu\text{m}$ ). Στην συνέχεια ένα φίλτρο 5  $\mu\text{m}$  και έπειτα το UV.



**Εικόνα 15 :** Σχέδιο εγκατάστασης συστήματος επεξεργασίας βρόχινου νερού με απολύμανση UV

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονίσουμε την τακτική συντήρηση των συστημάτων επεξεργασίας του βρόχινου νερού σύμφωνα με τις οδηγίες των κατασκευαστών.

Ένα παρόμοιο σύστημα επεξεργασίας του βρόχινου νερού το οποίο περιλαμβάνει και την προεπεξεργασία πριν από την είσοδο στην δεξαμενή αποθήκευσης έχει προταθεί και σε μια άλλη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην πόλη της Ξάνθης και φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



**Εικόνα 16 :** Σύστημα επεξεργασίας βρόχινου νερού (Melidis Paraschos, Akratos S. Christos, Tsihrintzis A. Vassilios, Trikilidou Eleni, 2007 )

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ✓ Ξεnýλωση

1. **Abbasi T. and Abbasi, S. A.** “*Sources of Pollution in Rooftop Rainwater Harvesting Systems and Their Control*”, **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, 41:2097–2167, 2011
2. **Adeniyi F. and Olabanji, I. O.** “*The physico-chemical and bacteriological quality of rainwater collected over different roofing materials in Ile-Ife, southwestern Nigeria*”, **Chemistry and Ecology** ,Vol. 21, No. 3, June 2005, 149–166
3. **Ahmed W., Vieritz A., Goonetilleke 1 A. and Gardner T.,** “*Health Risk from the Use of Roof-Harvested Rainwater in Southeast Queensland, Australia, as Potable or Nonpotable Water, Determined Using Quantitative Microbial Risk Assessment*”, **Applied And Environmental Microbiology**, Nov. 2010, p. 7382–7391
4. **Ahmed W., Gardner T., and Toze S.,** “*Microbiological Quality of Roof-Harvested Rainwater and Health Risks*”, **A Review, J. Environ. Qual.** 40:13–21 (2011)
5. **Alam R., Munna G., Chowdhury M. A. I. , Sarkar M. S. K. A., Ahmed M., Rahman M. T. , Jesmin F. , Toimoor M. A.,** “*Feasibility study of rainwater harvesting system in Sylhet City*”, **Environ Monit Assess** (2012) 184:573–580
6. **Baguma David, Loiskandl, Willibald Jung Helmut,** “*Water Management, Rainwater Harvesting and Predictive Variables in Rural Households*”, **Water Resour Manage** (2010) 24:3333–3348
7. **Chang Mingteh, Matthew W. McBroom1, Beasley Scott R.,** “*Roofing as a source of nonpoint water pollution*”, **Journal of Environmental Management**, 73 (2004) 307–315
8. **Commonwealth of Australia,** *Guidance on use of rainwater tanks*, 2010
9. **Domnech Laia, Heijnen Han & Saurv David** “*Rainwater harvesting for human consumption and livelihood improvement in rural Nepal: benefits and risks*”, **Water and Environment Journal**. Print ISSN 1747-6585
10. **Eroksuz Erhan, Rahmanm Ataur** “*Rainwater tanks in multi-unit buildings: A case study for three Australian cities, Resources*”, **Conservation and Recycling** 54 (2010) 1449–1452

11. **Evans C.A., Coombes P.J., Dunstan R.H.**, “*Wind, rain and bacteria: The effect of weather on the microbial composition of roof-harvested rainwater*”, **water research** 40 ( 2006 ) 37 – 44
12. **Heyworth JS, Glonek G, Maynard EJ, Baghurst PA and Finlay-Jones J**, “*Consumption of untreated tank rainwater and gastroenteritis among young children in South Australia*”, **International Journal of Epidemiology**, 2006 35:1051–1058
13. **Li Zhe, Boyle Fergal, Reynolds Anthony**, “*Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland*”, **Desalination** 260 (2010) 1-8
14. **Melidis Paraschos, Akkratos S. Christos, Tsihrintzis A. Vassilios, Trikilidou Eleni**, “*Characterization of rain and roof drainage water quality in Xanthi, Greece*”, **Environ Monit Assess** (2007) 127:15–27
15. **Mohamed Babiker Ibrahim**, “*Rainwater Harvesting for Urban Areas: a Success Story from Gadarif City in Central Sudan*”, **Water Resource Manage** (2009) 23:2727–2736
16. **Monzur Alam Imteaza, Abdallah Shanablehb, Ataur Rahmanc, Amimul Ahsand**, “*Optimization of rainwater tank design from large roofs: A case study in Melbourne, Australia*”, **Resources, Conservation and Recycling** 55 (2011) 1022–1029
17. **O’Hogain S., McCarton L., McIntyre N., Pender J. & Reid A.**, “*Physicochemical and microbiological quality of water from a pilot domestic rainwater harvesting facility in Ireland*”, **Water and Environment Journal**. Print ISSN 1747-6585
18. **Rahmana Ataur, Keanea Joseph, Monzur Alam Imteazb**, “*Rainwater harvesting in Greater Sydney*”, **Water savings, reliability and economic Benefits, Resources, Conservation and Recycling**, 61 (2012) 16– 21
19. **Sazaklia E., Alexopoulos A., Leotsinidisa, M.** “*Rainwater harvesting, quality assessment and utilization in Kefalonia Island, Greece*”, **water research** 41 (2007) 2039 – 2047
20. **Villarreala, Edgar L. Dixon Andrew**, “*Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrkoping, Sweden*”, **Building and Environment** 40 (2005) 1174–1184

21. **Young Ju Lee, Jung-Seok Yang, Mooyoung Han, Jaeyoung Choi**, “*Comparison of the microbiological and chemical characterization of harvested rainwater and reservoir water as alternative water resources*” , **Science of the Total Environment**, 408 (2010) 896–905
22. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/gdwqrevision/rainwaterharv/en/index.htm](http://www.who.int/water_sanitation_health/gdwqrevision/rainwaterharv/en/index.htm)
23. <http://www.giessen.de/index.phtml?La=1&sNavID=1894.144&mNavID=1894.10&object=tx|684.9124.1&kat=&kuo=2&sub=0>
- ✓ **Ελληνική**
24. **Αγγελάκης Α.** , Τεχνολογίες Ύδρευσης και Αποχέτευσης στην Αρχαία Κρήτη με Έμφαση τη Μινωική Περίοδο
25. **Μήτρακας Μανασσής**, Δρ. Χημικός Μηχανικός, *Ποιοτικά Χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού*, Θεσσαλονίκη 1996
26. **Μαντζαβίνου Παναγιώτα**, *Διερεύνηση εναλλακτικών μεθόδων διαχείρισης υδάτων σε επίπεδο κατοικίας*, **Διπλωματική Εργασία**, Αθήνα Ιούνιος 2011, Ε.Μ.Π
27. **Σκληβανιώτης Κ. Μάρκος**, Δρ. Χημικός Μηχανικός, *Ποιότητα Πόσιμου νερού*, έκδοση Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Πάτρας, κεφάλαιο 6<sup>ο</sup> σελ 285 – 290
28. **Τρικοιλίδου Ε., Τσιχριντζής Β, Μελίδης Α., Ακρατος Π. Χ.**, “*Σύστημα συλλογής-Αποθήκευσης και Επεξεργασίας της απορροής βρόχινου νερού από στέγες στην Ξάνθη*”, **Ολοκληρωμένη διαχείριση Υδατικών πόρων**, 603-612
29. **Τσότσου Ευδοξία**, «*Νερό και υδατογενείς λοιμώξεις*» **Πτυχιακή εργασία**, Χανιά 2006
30. [http://www.waterinfo.gr/eedyp/Paros\\_papers/velonakis\\_e.pdf](http://www.waterinfo.gr/eedyp/Paros_papers/velonakis_e.pdf)