

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αξιοποίηση βρόχινου νερού για την ανάπτυξη αστικής γεωργίας

ΚΟΥΤΣΟΒΙΤΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

Επιβλέπων:

ΝΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ 2023



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

**ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΡΟΧΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΣΤΙΚΗΣ
ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

Κουτσοβίτης Αναστάσιος

Αθήνα, Νοέμβριος 2023

Επιβλέπων: Κ. Νουτσόπουλος, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Το περιεχόμενο της ανά χείρας διπλωματικής εργασίας αποτελεί προϊόν δικής μου πνευματικής προσπάθειας. Η ενσωμάτωση σε αυτήν υλικού τρίτων, δημοσιευμένου ή μη, γίνεται με δόκιμη αναφορά στις πηγές, που δεν επιτρέπει ασάφειες ή παρερμηνείες.

Κουτσοβίτης Α. (2023)
Αξιοποίηση βρόχινου νερού για την ανάπτυξη αστικής γεωργίας
Διπλωματική Εργασία
Εργαστήριο Υγειονομικής Τεχνολογίας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Koutsovitis A. (2023)
Utilization of rainwater for the development of urban agriculture
Diploma Thesis
Laboratory of sanitary engineering, National Technical University of Athens, Greece

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία δεν θα μπορούσε παρά να αποτελεί τον πιο ευχάριστο επίλογο στο πενταετές κεφάλαιο της ζωής μου, που αφορά τις προπτυχιακές σπουδές μου στην σχολή πολιτικών μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Έχοντας φτάσει στο τέλος του κεφαλαίου αυτού, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσοι συνέβαλαν στην ευχάριστη ολοκλήρωση αυτού του μεγάλου ταξιδιού το οποίο μόνο εφόδια και ευχάριστες αναμνήσεις μου παρείχε.

Πρώτα, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, τον επιβλέποντα καθηγητή, κ. Κωνσταντίνο Νουτσόπουλο, καθηγητή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Θα ήθελα να τον ευχαριστήσω, όχι μόνο για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με την παρούσα διπλωματική και την καθοδήγηση του καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της, αλλά και για τα εφόδια που μου προσέφερε σε όλο το διάστημα των σπουδών μου, εφόδια απαραίτητα για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας αλλά και χρήσιμα για την μελλοντική επαγγελματική μου σταδιοδρομία. Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω και όλους τους καθηγητές και το διδακτικό προσωπικό της σχολής για την βοήθεια τους στην αναζήτηση της γνώσης όλα αυτά τα χρόνια.

Κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας χρειάστηκε η συνδρομή των Αλεξάνδρα Τσάτσου και Χρήστο Ιωαννίδη, διδακτορικών της σχολής πολιτικών μηχανικών και τους ευχαριστώ για την συνεργασία τους, όπως επίσης ευχαριστώ τον κ. Νικόλαο Κουρή και την κα. Μαριάννα Γιολδάση, οι οποίοι με καθοδήγησαν σε όλα τα ζητήματα του εργαστηρίου και των πειραμάτων.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου, στους γονείς και τις αδερφές μου, στους φίλους, τους συμφοιτητές και τους συναδέλφους μου, οι οποίοι μου συμπαραστάθηκαν στις δύσκολες στιγμές αλλά κυρίως γέμισαν με την παρουσία τους τις ευχάριστες.

Αθήνα, Νοέμβριος 2023

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αξιοποίηση βρόχινου νερού για την ανάπτυξη αστικής γεωργίας

Κουτσοβίτης Α. (Επιβλέπων: Νουτσόπουλος Κ.)

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η αξιολόγηση συστημάτων συλλογής βρόχινου νερού με στόχο την ανάπτυξη της αστικής γεωργίας. Η διερεύνηση πραγματοποιήθηκε μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης και εργαστηριακών μετρήσεων. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση αφορά στην μελέτη της χωρικής και χρονικής εξέλιξης της διεθνούς έρευνας αναφορικά με την συλλογή βρόχινου νερού με στόχο την επαναχρησιμοποίηση του για άρδευση και πιο συγκεκριμένα η καταλληλότητά του για την χρήση αυτή. Στόχος είναι να μελετηθεί η συνεχώς αυξανόμενη επιστημονική έρευνα γύρω από ζητήματα επαναχρησιμοποίησης νερού, τροφικής ασφάλειας και κυκλικής οικονομίας. Η εργαστηριακή διερεύνηση αφορά στην αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων που συλλέγονται σε οικιακά συστήματα αξιοποίησης του βρόχινου νερού που έχουν αναπτυχθεί στην πόλη των Τρικάλων στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου CIRC4Food, μέσω συλλογής, και αποθήκευσης ομβρίων υδάτων από στέγες οικιών και σχολείων και συνεπακόλουθης χρήσης του για την ανάπτυξη αστικών λαχανόκηπων. Από την βιβλιομετρική ανάλυση προκύπτει ότι το ερευνητικό ενδιαφέρον πάνω στο αντικείμενο της συλλογής ομβρίων υδάτων για άρδευση, και κατ' επέκταση για την επίλυση παγκόσμιων προβλημάτων όπως αυτά της λειψυδρίας και της επισιτιστικής κρίσης ολοένα και αυξάνεται και παρουσιάζει καθολικό ενδιαφέρον. Στο πειραματικό σκέλος της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες (02/2023, 04/2023) σε 23 οικιακά και τέσσερα σχολικά συστήματα συλλογής και τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με νομοθετικά ή προτεινόμενα όρια διαφόρων οργανισμών και με αποτελέσματα που έχουν προκύψει από αντίστοιχα πειράματα της βιβλιογραφίας. Λόγω απουσίας νομοθετικού πλαισίου για τα αποδεκτά όρια άρδευσης από βρόχινο νερό, χρησιμοποιήθηκαν προτεινόμενα όρια της διεθνούς οργάνωσης τροφίμων & γεωργίας (FAO) για την ποιότητα των αρδευτικών υδάτων. Στην πλειοψηφία τους, οι τιμές των συγκεντρώσεων των παραμέτρων μετρήθηκαν εντός των προτεινόμενων ορίων, με εξαίρεση την ενεργό οξύτητα και ορισμένα βαρέα μέταλλα. Η κατανομή των παραμέτρων των οποίων ορισμένες συγκεντρώσεις μετρήθηκαν εκτός προτεινόμενων ορίων ήταν ομοιόμορφη σε όλα τα συστήματα και επομένως η πλειοψηφία των συστημάτων προέκυψε με υψηλό ποσοστό παραμέτρων να πληρούν τα όρια σε κάθε σύστημα, αλλά όλα τα συστήματα να έχουν τουλάχιστον μια παράμετρο της οποίας η συγκέντρωση να είναι εκτός ορίων. Ενώ η υπέρβαση ορισμένων προτεινόμενων ορίων δεν καθιστά το νερό ακατάλληλο για άρδευση, για την αποφυγή προβλημάτων που μπορεί να εμφανιστούν συνίσταται η βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του συλλεγόμενου νερού με την προσθήκη κουτιού φίλτρου (Filter box) και συστήματος εκτροπής πρώτου ξεπλύματος (First flush system) καθώς και με εξατομικευμένες λύσεις για κάθε σύστημα συλλογής.

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
LABORATORY OF SANITARY ENGINEERING

DIPLOMA THESIS

Utilization of rainwater for the development of urban agriculture

Koutsovitis A. (Supervised by Noutsopoulos C.)

Abstract

The subject of this diploma thesis is the evaluation of rainwater harvesting systems aiming at the development of urban agriculture. The investigation was carried out through literature review and laboratory measurements. The literature review concerns the study of the spatial and temporal evolution of international research regarding rainwater collection for reuse for irrigation and more specifically its suitability for this use. The aim is to study the ever-increasing scientific research on issues of water reuse, food security and circular economy. The laboratory investigation concerns the assessment of the quality of water collected in domestic rainwater utilization systems developed in the city of Trikala in the framework of the CIRC4Food research project, through the collection and storage of rainwater from roofs of houses and schools and its subsequent use for the development of urban vegetable gardens. Bibliometric analysis shows that research interest in rainwater collection for irrigation, and consequently for solving global problems such as water scarcity and the food crisis, is constantly increasing and of universal interest. In the experimental part of this work, two samples were taken (02/2023, 04/2023) in 23 household and four school collection systems and the results were compared with legislative or proposed boundaries of various organizations and with results obtained from corresponding experiments in the literature. In the absence of a legislative framework for acceptable rainwater irrigation limits, proposed International Food & Agriculture Organization (FAO) limits for irrigation water quality were used. Most parameter concentrations were measured within the proposed limits, except for active acidity and some heavy metals. The distribution of parameters whose concentrations were measured outside proposed limits was uniform across all systems and therefore the majority of systems resulted in a high percentage of parameters meeting the limits in each system but all systems having at least one parameter whose concentration was out of bounds. While exceeding some proposed limits does not make the water unsuitable for irrigation, to avoid problems that may occur, it is recommended to improve the quality characteristics of the collected water by adding a filter box and a first flush system as well as tailor-made solutions for each collection system.

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	11
2	Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	15
2.1	Βιβλιογραφική Έρευνα	15
2.2	Βιβλιομετρική Ανάλυση	17
3	Ερευνητικό Έργο – Πειραματικές Μέθοδοι	25
3.1	Ερευνητικό Έργο CIRC4Food	25
3.2	Τυπικό Σύστημα Συλλογής & Αποθήκευσης Ομβρίων Υδάτων	26
3.3	Δειγματοληψίες	31
3.4	Πειραματικά Πρωτόκολλα	34
3.4.1	Φυσικοχημικές Παράμετροι	34
3.4.2	Βαρέα Μέταλλα & Αλκάλια (Cd, Mn, Pb, Ni, Cu, Cr, Zn, Ca, K, Mg & Na)	45
3.4.3	Μικροβιολογικές Παράμετροι (T.C., E. Coli, Enterococci)	47
3.4.4	Ατμοσφαιρικοί Ρύποι Κατηγορίας PAHs	48
4	Αποτελέσματα & Ανάλυση	51
4.1	Διεθνή Όρια, Πρότυπα & Νομοθεσία	51
4.2	Φυσικοχημικές Παράμετροι Δειγμάτων	54
4.2.1	Ενεργός Οξύτητα - pH	54
4.2.2	Ηλεκτρική Αγωγιμότητα - E.C	57
4.2.3	Θολότητα	59
4.2.4	Αλκαλικότητα	60
4.2.5	Χημικώς Απαιτούμενο Οξυγόνο - COD	62
4.2.6	Ολικά Αιωρούμενα Στερεά – TSS	62
4.2.7	Ολικά Διαλυμένα Στερεά – TDS	64
4.2.8	Άζωτο	65
4.2.9	Φωσφορικά	67
4.3	Βαρέα Μέταλλα, Αλκάλια & Περιεκτικότητα σε Νάτριο (Cd, Mn, Pb, Ni, Cu, Cr, Zn, Ca, K, Mg, Na & SAR)	69
4.3.1	Κάδμιο - Cd	69
4.3.2	Μαγγάνιο - Mn	70
4.3.3	Μόλυβδος - Pb	71
4.3.4	Νικέλιο - Ni	72
4.3.5	Χαλκός - Cu	72
4.3.6	Χρώμιο - Cr	73

4.3.7	Ψευδάργυρος - Zn	74
4.3.8	Ασβέστιο - Ca	75
4.3.9	Κάλιο - K.....	77
4.3.10	Μαγνήσιο - Mg	78
4.3.11	Νάτριο - Na	79
4.3.12	Αναλογία Προσοφημένου Νατρίου - SAR	81
4.4	Μικροβιολογικές Παράμετροι (T.C., E. Coli, Enterococci)	82
4.5	Ατμοσφαιρικοί Ρύποι Κατηγορίας PAHs	87
4.6	Σύνοψη Παραμέτρων.....	89
4.7	Προτάσεις Βελτίωσης του Συστημάτων Συλλογής Ομβρίων Υδάτων.....	93
5	Συμπεράσματα – Μελλοντική Έρευνα	97
	Παράρτημα Α	100
	Παράρτημα Β.....	107
	Βιβλιογραφία	113

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1: Πίνακας γεωγραφικής κατανομής αριθμού αναλύσεων, άρθρων και των αναφορών τους, ανάλογα με την χώρα από την οποία προέρχονται, με βάση τους συγγραφείς ή τα ακαδημαϊκά ιδρύματα.	21
Πίνακας 2.2: Πίνακας γεωγραφικής κατανομής αριθμού εγγράφων ανάλογα με την χώρα στην οποία πραγματοποιήθηκαν τα πειράματα.....	23
Πίνακας 3.1: Πίνακας δειγματοληψιών	33
Πίνακας 4.1: Προτεινόμενα όρια της διεθνούς οργάνωσης τροφίμων & γεωργίας (FAO).....	54
Πίνακας 4.2: Βιβλιογραφικές τιμές Ενεργού Οξύτητας – pH.....	56
Πίνακας 4.3: Βιβλιογραφικές τιμές Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας – E.C. (μS/cm)	58
Πίνακας 4.4: Βιβλιογραφικές τιμές Θολότητας – (NTU).....	60
Πίνακας 4.5: Βιβλιογραφικές τιμές Αλκαλικότητας – (mg/L CaCO ₃)	61
Πίνακας 4.6: Βιβλιογραφικές τιμές Χημικώς Απαιτούμενου Οξυγόνου – COD (mg/L).....	62
Πίνακας 4.7: Βιβλιογραφικές τιμές Ολικών Αιωρούμενων Στερεών – TSS (mg/L).....	63
Πίνακας 4.8: Βιβλιογραφικές τιμές Ολικών Διαλυμένων Στερεών – TDS (mg/L).....	65
Πίνακας 4.9: Βιβλιογραφικές τιμές Αμμωνιακού Αζώτου – NH ₄ (mg/L)	66
Πίνακας 4.10: Βιβλιογραφικές τιμές Νιτρικού Αζώτου – NO ₃ - (mg/L).....	67
Πίνακας 4.11: Βιβλιογραφικές τιμές Νιτρώδους Αζώτου – NO ₂ - (mg/L).....	67
Πίνακας 4.12: Βιβλιογραφικές τιμές Φωσφορικών – (mg/L)	68
Πίνακας 4.13: Βιβλιογραφικές τιμές Καδμίου – Cd (mg/L)	69
Πίνακας 4.14: Βιβλιογραφικές τιμές Μαγγανίου – Mn (mg/L)	70
Πίνακας 4.15: Βιβλιογραφικές τιμές Μολύβδου – Pb (mg/L)	71
Πίνακας 4.16: Βιβλιογραφικές τιμές Χαλκού – Cu (mg/L).....	73

Πίνακας 4.17: Βιβλιογραφικές τιμές Ψευδαργύρου – Zn (mg/L).....	75
Πίνακας 4.18: Βιβλιογραφικές τιμές Ασβεστίου – Ca (mg/L).....	76
Πίνακας 4.19: Βιβλιογραφικές τιμές Καλίου – K (mg/L).....	77
Πίνακας 4.20: Βιβλιογραφικές τιμές Μαγνησίου – Mg (mg/L).....	79
Πίνακας 4.21: Βιβλιογραφικές τιμές Νατρίου – Na (mg/L).....	80
Πίνακας 4.22: Βιβλιογραφικές τιμές Αναλογίας Προσοφημένου Νατρίου – SAR	82
Πίνακας 4.23: Βιβλιογραφικές τιμές Escherichia coli – E. Coli (cfu/100mL).....	85
Πίνακας 4.24: Βιβλιογραφικές τιμές Ολικών Κολοβακτηριδίων – T.C. (cfu/100mL).....	86
Πίνακας 4.25: Βιβλιογραφικές τιμές Εντερόκοκκων – Enterococci (cfu/100mL)	86
Πίνακας 0.1A: Αποτελέσματα Φυσικοχημικών Παραμέτρων πειραματικών αποτελεσμάτων.....	100
Πίνακας 0.2A: Αποτελέσματα Βαρέων Μετάλλων και Αλκαλίων πειραματικών αποτελεσμάτων ...	102
Πίνακας 0.3A: Αποτελέσματα Μικροβιολογικών παραμέτρων πειραματικών αποτελεσμάτων.....	104
Πίνακας 0.4A: Αποτελέσματα Ατμοσφαιρικών Ρύπων πειραματικών αποτελεσμάτων.....	105
Πίνακας 0.1B: Αποτελέσματα πειραματικών μετρήσεων βιβλιογραφίας	107

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1: Διάγραμμα οπτικοποίησης των σχέσεων που εμφανίζουν μεταξύ τους οι όροι.....	18
Εικόνα 2.2: Διάγραμμα οπτικοποίησης των σχέσεων που εμφανίζει ο όρος “συγκέντρωση” (“concentration”) με τους υπόλοιπους όρους.....	19
Εικόνα 2.3: Διάγραμμα οπτικοποίησης των σχέσεων που εμφανίζει ο όρος “συλλογή βρόχινου νερού” (“harvested rainwater”) με τους υπόλοιπους όρους.....	19
Εικόνα 2.4: Διάγραμμα οπτικοποίησης των σχέσεων που εμφανίζει ο όρος “κίνδυνος” (“risk”) με τους υπόλοιπους όρους.....	20
Εικόνα 2.5: Διάγραμμα οπτικοποίησης των σχέσεων που εμφανίζουν μεταξύ τους οι όροι, λέξεις κλειδιά των συγγραφέων και του ευρητήριου	20
Εικόνα 2.6: Χάρτης γεωγραφικής κατανομής αριθμού αναλύσεων και άρθρων ανάλογα με την χώρα από την οποία προέρχονται, με βάση τους συγγραφείς ή τα ακαδημαϊκά ιδρύματα.	22
Εικόνα 2.7: Χάρτης γεωγραφικής κατανομής αριθμού αναφορών (Citations) των αναλύσεων και άρθρων ανάλογα με την χώρα από την οποία προέρχονται, με βάση τους συγγραφείς ή τα ακαδημαϊκά ιδρύματα.	22
Εικόνα 2.8: Χάρτης γεωγραφικής κατανομής αριθμού εγγράφων ανάλογα με την χώρα στην οποία πραγματοποιήθηκαν τα πειράματα	23
Εικόνα 2.9: Διάγραμμα αριθμού ετήσιων δημοσιεύσεων των 42 αναλύσεων (Reviews) και άρθρων (Articles)	24
Εικόνα 3.1: Λογότυπο ερευνητικού έργου CIRC4Food.....	25
Εικόνα 3.2: Περιφερειακή Ενότητα Τρικάλων	25
Εικόνα 3.3: Τυπική διάταξη προτεινόμενου συστήματος συλλογής ομβρίων υδάτων ΠΟΥ	26
Εικόνα 3.4: Σύστημα Συλλογής ερευνητικού έργου CIRC4Food – Σύστημα συλλογής & αποθήκευσης οικίας H03.....	28
Εικόνα 3.5: Αντιπαραβολή τυπικού συστήματος ΠΟΥ και συστήματος CIRC4Food.....	28
Εικόνα 3.6: Σύστημα Συλλογής ερευνητικού έργου CIRC4Food – Δεξαμενή αποθήκευσης οικίας H02	29

Εικόνα 3.7: Παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα του νερού στην τυπική διάταξη του προτεινόμενου συστήματος συλλογής ομβρίων υδάτων ΠΟΥ	30
Εικόνα 3.8: Δοχεία συλλογής δειγμάτων νερού για τις πειραματικές μετρήσεις	31
Εικόνα 3.9: Δοχεία αποθήκευσης διηθημένου νερού	32
Εικόνα 3.10: Γεωγραφική κατανομή των συστημάτων συλλογής του ερευνητικού έργου στην ευρύτερη περιοχή των Τρικάλων:	32
Εικόνα 3.11: Ηλεκτρόδιο πεχαμέτρου (pHμέτρου) - WTW model pH3110	34
Εικόνα 3.12: Αγωγιμόμετρο - WTW model multi3410	35
Εικόνα 3.13: Προχοΐδα	36
Εικόνα 3.14: Συσκευή Χώνευσης	38
Εικόνα 3.15: Φασματοφωτόμετρο	39
Εικόνα 3.16: Φίλτρα των 27 δειγμάτων μετά την μέτρηση των Ολικών Αιωρούμενων Στερεών - TSS	39
Εικόνα 3.17: Ζυγαριά ακριβείας	40
Εικόνα 3.18: Φούρνος καύσης στερεών 103-105°C	40
Εικόνα 3.19: Ξηραντήρας	41
Εικόνα 3.20: Φιαλίδιο COD της LANGE με κωδικούς LCK 304	42
Εικόνα 3.21: Φιαλίδιο COD της LANGE με κωδικούς LCK 339	42
Εικόνα 3.22: Ανάμικτα αντιδραστήρια φωσφορικών	45
Εικόνα 3.23: Z900 Pinnacle του οίκου Perkin Elmer	46
Εικόνα 3.24: AAnalyst 200 του οίκου Perkin Elmer	47
Εικόνα 4.1: Διάγραμμα τιμών Ενεργού Οξύτητας – pH	55
Εικόνα 4.2: Διάγραμμα τιμών Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας – E.C.	57
Εικόνα 4.3: Διάγραμμα τιμών Θολότητας	59
Εικόνα 4.4: Διάγραμμα τιμών Αλκαλικότητας	61
Εικόνα 4.5: Διάγραμμα τιμών Ολικών Αιωρούμενων Στερεών	63
Εικόνα 4.6: Διάγραμμα τιμών Ολικών Διαλυμένων Στερεών	64
Εικόνα 4.7: Διάγραμμα τιμών Ολικών Διαλυμένων Στερεών	68
Εικόνα 4.8: Διάγραμμα τιμών Ψευδαργύρου	74
Εικόνα 4.9: Διάγραμμα τιμών Ασβεστίου	76
Εικόνα 4.10: Διάγραμμα τιμών Μαγνησίου	78
Εικόνα 4.11: Διάγραμμα Wilcox	81
Εικόνα 4.12 Διάγραμμα ικανοποίησης ορίων παραμέτρων στα συστήματα συλλογής ανά μικροβιολογική παράμετρο	90
Εικόνα 4.13: Διάγραμμα παρουσίας μικροβιολογικών παραμέτρων στα συστήματα συλλογής ανά μικροβιολογική παράμετρο	91
Εικόνα 4.14: Διάγραμμα ικανοποίησης ορίων παραμέτρων στα συστήματα συλλογής ανά σύστημα συλλογής	92
Εικόνα 4.15: Διάγραμμα παρουσίας μικροβιολογικών παραμέτρων στα συστήματα συλλογής ανά σύστημα συλλογής	93
Εικόνα 5.1: Στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών	99

1 Εισαγωγή

Η λειψυδρία ολοένα και περισσότερο ανάγεται σε παγκόσμιο πρόβλημα που θα κληθεί να αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα [1]. Ήδη παρατηρούνται φαινόμενα έλλειψης νερού λόγω της κλιματικής αλλαγής, της αυξανόμενης αστικοποίησης καθώς και λόγω της γήρανσης των υποδομών ύδρευσης [2], [3], [4], με αποτέλεσμα να ελλοχεύουν σοβαροί κίνδυνοι και για την παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια [5]. Ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξήθηκε από 2,5 δισεκατομμύρια το 1950 σε 6,5 το 2009 και προβλέπεται σύμφωνα με τον διεθνή οργανισμό τροφίμων και γεωργίας (FAO) και το παγκόσμιο συμβούλιο υδάτων (World Water Council) [6] να φτάσει τα 10 δισεκατομμύρια μέχρι το 2050. Στο διάστημα μεταξύ του 1950 και του 2009 οι αρδευτικές εκτάσεις διπλασιάστηκαν και η συνολική άντληση νερού τριπλασιάστηκε [7], [8]. Η κατανάλωση φρέσκων προϊόντων αυξήθηκε κατά 25% κατά την διάρκεια της δεκαετίας του 1990 σε σύγκριση με την δεκαετία του 1970 [9], [10]. Η ζήτηση για πόσιμο και μη πόσιμο νερό έχει αυξηθεί [11] και η επιστημονική κοινότητα αναζητά εναλλακτικές βιώσιμες λύσεις [12].

Η αστική γεωργία, δηλαδή η καλλιέργεια τροφίμων στις πόλεις έχει τα χαρακτηριστικά να αποτελέσει μέρος μιας βιώσιμης λύσης αντιμετώπισης της λειψυδρίας και της επισιτιστικής κρίσης [13]. Αναφέρεται σε γεωργικές πρακτικές, σε αστικές και περιαστικές περιοχές, περιλαμβάνει πρακτικές για την παραγωγή φρέσκων τροφίμων ή άλλων γεωργικών προϊόντων και δύναται να παράγει τρόφιμα κυρίως για τοπική κατανάλωση [14]. Η αστική γεωργία εκτός από την ενίσχυση της επισιτιστικής ασφάλειας σε επίπεδο νοικοκυριού συμβάλλει στην δημιουργία πιο ανθεκτικών κοινοτήτων με την βελτίωση της σωματικής και ψυχικής υγείας των μελών της [15], [16], μειώνει το κόστος των τροφίμων, δημιουργεί ευκαιρίες απασχόλησης, εξωραΐζει το αστικό περιβάλλον, μειώνει την μέση θερμοκρασία εντός του αστικού ιστού, αποκαθιστά την βιοποικιλότητα και μειώνει το αποτύπωμα άνθρακα λόγω της μείωσης των μεταφορών [17], [18], [19], [20], [21], [22].

Στην ανάπτυξη της αστικής γεωργίας, καθοριστικό παράγοντα διαδραματίζει η άρδευση της καλλιέργειας τόσο από οικονομική σκοπιά όσο και από ζητήματα καταλληλότητας και ασφάλειας του νερού. Συνήθης πηγή νερού για άρδευση αστικής καλλιέργειας αποτελεί το δίκτυο ύδρευσης [23], [24], με αποτέλεσμα το νερό να καθίσταται περιοριστικός παράγοντας της αστικής γεωργίας, λόγω αδυναμίας εξυπηρέτησης του δικτύου ή οικονομικών παραγόντων [25], [26]. Όπως συνιστά ο διεθνής οργανισμός τροφίμων και γεωργίας (FAO) χρειάζεται να ερευνηθούν εναλλακτικές πηγές νερού όπως η συλλογή ομβρίων υδάτων [25], [27], [28]. Η αποτελεσματική και ορθώς σχεδιασμένη συλλογή και αξιοποίηση ομβρίων υδάτων είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ανάπτυξη της αστικής γεωργίας [29].

Καθ' όλη την διάρκεια της ιστορίας, ο άνθρωπος εξέλιξε τους τρόπους διαχείρισης των υδατικών πόρων τόσο για την κατανάλωση του ως πόσιμου νερού, όσο και για την άρδευση των καλλιεργειών του [30]. Από την διαχείριση των επιφανειακών ποταμιαίων και λιμναίων υδάτων μέχρι την διαχείριση των υπογείων υδάτων, ίσως χρησιμοποιείται η μισή ποσότητα του οικονομικά διαθέσιμου γλυκού νερού για την ικανοποίηση των ανθρωπίνων αναγκών [31]. Λόγω της αυξανόμενης ζήτησης και για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας γίνεται προσπάθεια διεύρυνσης των πηγών άντλησης νερού. Νέες πηγές έχουν αρχίσει να αξιοποιούνται όπως αυτή της αφαλάτωσης και

της επεξεργασίας λυμάτων αλλά και πηγών που χρησιμοποιούνται από πολύ παλιά όπως της συλλογής του βρόχινου νερού [29], [32], [33].

Η αξιοποίηση του βρόχινου νερού τις τελευταίες δεκαετίες έχει κεντρίσει το ερευνητικό ενδιαφέρον την παγκόσμιας κοινότητας ως πιθανή βιώσιμη πηγή νερού [34]. Αποτελεί βιώσιμη εναλλακτική πηγή των επιφανειακών και των υπογείων υδάτων που ήδη χρησιμοποιούνται κατά κόρον [29]. Συστήματα συλλογής ομβρίων υδάτων χρησιμοποιούνται σε χώρες όπως η Αυστραλία, οι Η.Π.Α., η Κίνα, η Ινδία, το Ιράν και η Βραζιλία ως πηγή πόσιμου και μη πόσιμου νερού για την μείωση της χρήσης του δικτύου ύδρευσης [29], [35], [36].

Το βρόχινο νερό σε σύγκριση με άλλες βιώσιμες πηγές όπως τα αστικά λύματα πλεονεκτεί στην άρδευση [37], [38], [39] επειδή είναι σχεδόν απαλλαγμένο από νάτριο και δεν δημιουργεί διάσπαση της δομής του εδάφους, είναι μαλακό νερό με μειωμένο κίνδυνο αλατότητας και περιέχει θρεπτικά συστατικά όπως το άζωτο(N), ο φωσφόρος (P), το κάλιο (K) και το ασβέστιο (Ca) μειώνοντας την χρήση λιπασμάτων [40].

Παρόλα τα παραπάνω πλεονεκτήματα της συλλογής ομβρίων υδάτων, η παρουσία επιβλαβών ρύπων προβληματίζει στην χρήση του νερού [41], [42]. Ορισμένοι ρύποι μπορούν να μειώσουν την παραγωγή μέχρι και να καταστρέψουν εντελώς τις καλλιέργειες [39], [43]. Χρειάζεται επίσης προσοχή στα προβλήματα που μπορεί να προκαλέσουν παθογόνοι μικροοργανισμοί και βακτήρια στην υγεία των καταναλωτών και των καλλιεργητών [44], [45], [46], με συνήθη πηγή μόλυνσης των ομβρίων υδάτων να αποτελούν τα περιττώματα πτηνών στις επιφάνειες συλλογής [47].

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, η ποιότητα των ομβρίων υδάτων κατά βάση πληροί τα κριτήρια για αρδευτικούς σκοπούς [15], ενώ αντίθετα στην πλειοψηφία της, η βιβλιογραφία η σχετική με την συλλογή ομβρίων υδάτων για πόση, δεν συμμορφώνεται με τα πρότυπα της U.S. EPA. για νερά ασφαλή για πόση [25]. Τα συστήματα συλλογής ομβρίων υδάτων αποτελούν μια από τις απλούστερες βιώσιμες τεχνολογίες που έχουν χαμηλό κόστος και υψηλή προστιθέμενη αξία [48].

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι αφενός η βιβλιομετρική ανάλυση σε θέματα συλλογής και ποιότητας ομβρίων υδάτων και χρήση τους για ανάπτυξη αστικής γεωργίας και αφετέρου η συλλογή πειραματικών δεδομένων από την διεθνή βιβλιογραφία, που αφορούν στην ποιότητα ομβρίων υδάτων για άρδευση και σύγκριση τους με τα πειραματικά αποτελέσματα που προέκυψαν από το ερευνητικό έργο CIRC4Food, έργο που αφορά ένα σύστημα παραγωγής τροφής εμπνευσμένο από την κυκλική οικονομία, όπου πραγματοποιείται συλλογή ομβρίων υδάτων από στέγες οικιών, αποθηκεύεται και χρησιμοποιείται για την άρδευση κηπευτικών

Η δομή της εργασίας παρουσιάζεται παρακάτω:

1^ο Κεφάλαιο: Εισαγωγή

2^ο Κεφάλαιο: Βιβλιογραφική ανασκόπηση. Εξετάζεται το ερευνητικό αντικείμενο από διαφορετικές οπτικές γωνίες και πραγματοποιείται σύγκριση των αποτελεσμάτων διαφορετικών ερευνών και παρουσίαση όλων των διαστάσεων του συγκεκριμένου θέματος με βάση συστηματικά επιλεγμένες ερευνητικές εργασίες.

3^ο Κεφάλαιο: Περιγραφή του ερευνητικού έργου, ανάλυση ενός τυπικού συστήματος συλλογής βρόχινου νερού και των συστημάτων του ερευνητικού έργου και παράθεση των πειραματικών

μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία για τη εύρεση των αποτελεσμάτων.

4^ο Κεφάλαιο: Αποτελέσματα & Ανάλυση. Παράθεση των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων του ερευνητικού έργου, ανάλυση των ορίων από διάφορους οργανισμούς και διεθνή πρότυπα, περιγραφή αποτελεσμάτων πειραματικών μετρήσεων της βιβλιογραφίας και των προτάσεων βελτίωσης των συστημάτων σε σχέση με τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

5^ο Κεφάλαιο: Συμπεράσματα και μελλοντική έρευνα

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε αφορά τόσο σε βιβλιογραφική έρευνα όσο και σε εκτέλεση εργαστηριακών πειραμάτων.

2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Το 2^ο κεφάλαιο αναφέρεται στην βιβλιογραφική ανασκόπηση. Εξετάζεται το ερευνητικό αντικείμενο από διαφορετικές οπτικές γωνίες και πραγματοποιείται σύγκριση των αποτελεσμάτων διαφορετικών ερευνών και παρουσίαση όλων των διαστάσεων του συγκεκριμένου θέματος με βάση συστηματικά επιλεγμένες ερευνητικές εργασίες.

2.1 Βιβλιογραφική Έρευνα

Το ερευνητικό ερώτημα που θα διερευνηθεί στο παρόν κεφάλαιο μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και της βιβλιομετρικής ανάλυσης είναι το εξής: “Χωρική και χρονική εξέλιξη της βιβλιογραφίας που αφορά στην συλλογή βρόχινου νερού με στόχο την επαναχρησιμοποίηση του για άρδευση και πιο συγκεκριμένα την καταλληλότητα του για την χρήση αυτή”. Στόχος είναι να μελετηθεί η συνεχώς αυξανόμενη επιστημονική έρευνα γύρω από ζητήματα επαναχρησιμοποίησης νερού, τροφικής ασφάλειας και κυκλικής οικονομίας.

Η αναζήτηση της βιβλιογραφίας έγινε μέσω της μηχανής αναζήτησης/βάσης ακαδημαϊκής έρευνας και βιβλιογραφίας Scopus με την τελευταία αναζήτηση να πραγματοποιείται στις 5 Ιουνίου του 2023 και να εμφανίζει 76 αναλύσεις (Reviews) και άρθρα (Articles). Συγκεκριμένα η αναζήτηση που πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας Boolean και αναζητώντας σε TITLE-ABS-KEY είναι η εξής:

```
TITLE-ABS-KEY ( ( "rainwater" OR "rainwater harvesting" OR "rainwater collection" OR "stormwater harvesting" OR "stormwater collection" ) AND ( "pollution" OR "quality" OR "contamination" ) AND ( "agriculture" OR "farming" OR "irrigation" OR "watering" ) AND ( "rooftop" OR "roof" OR "housetop" OR "urban agriculture" OR "urban farming" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "re" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE, "English" ) )
```

Η αναζήτηση χωρίζεται σε επιμέρους όρους οι οποίοι προσπαθούν να προσεγγίσουν το ερευνητικό ερώτημα μέσα από τρεις άξονες: Τον πρώτο της συλλογής των ομβρίων υδάτων, τον δεύτερο της ποιότητας του βρόχινου νερού αλλά και τον τρίτο της αστικής γεωργίας. Η αστική γεωργία προσδιορίζεται από δύο διαφορετικούς όρους, όπου ο πρώτος προσδιορίζει της άρδευση και γενικά την γεωργία και ο δεύτερος την συλλογή του βρόχινου νερού από στέγες. Παρακάτω αναλύονται οι επιμέρους όροι της αναζήτησης και η συσχέτιση του κάθε όρου με το ερευνητικό ερώτημα.

- **Πρώτος όρος:** (("rainwater" OR "rainwater harvesting" OR "rainwater collection" OR "stormwater harvesting" OR "stormwater collection")). Αφορά στη συλλογή ομβρίων υδάτων και για τον λόγο αυτό έχουν χρησιμοποιηθεί οι λέξεις-κλειδιά ["rainwater"] καθώς και ["rainwater harvesting", "rainwater collection", "stormwater harvesting", "stormwater collection"].
- **Δεύτερος όρος:** (("pollution" OR "quality" OR "contamination") AND ("agriculture" OR "farming" OR "irrigation" OR "watering")). Αφορά στην ποιότητα του βρόχινου νερού. Η ποιότητα του βρόχινου νερού έχει άμεση σχέση με τους ρύπους και τη μόλυνση και για το λόγο αυτό έχουν χρησιμοποιηθεί οι λέξεις κλειδιά ["pollution", "quality", "contamination"]

- **Τρίτος όρος:** ("agriculture" OR "farming" OR "irrigation" OR "watering"). Αφορά στην γεωργία και στην χρήση του νερού για άρδευση, επομένως έχουν χρησιμοποιηθεί οι λέξεις κλειδιά ["agriculture", "farming", "irrigation", "watering"].
- **Τέταρτος όρος:** ("rooftop" OR "roof" OR "housetop" OR "urban agriculture" OR "urban farming"). Λειτουργεί συμπληρωματικά με τους προηγούμενους όρους και εισάγει την χωρική (αστική) παράμετρο της αναζήτησης, δηλαδή τον τρόπο συλλογής βρόχινου νερού από στέγες ή τον προσδιορισμό της γεωργίας ως αστικής.
- **Πέμπτος & Έκτος όρος:** ((LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English"))). Αφορά στον περιορισμό της αναζήτησης σε αναλύσεις (Reviews) και άρθρα (Articles) καθώς και σε κείμενα γραμμένα στην αγγλική γλώσσα.

Από την αναζήτηση προέκυψαν 76 αναλύσεις ή άρθρα στις 05/06/2023. Δυνατότητα πρόσβασης στο περιεχόμενο των αναλύσεων και των άρθρων υπήρξε για 63 από αυτές (82,9% των αναλύσεων ή άρθρων της αναζήτησης). Με περαιτέρω εμβάθυνση ως προς το ερευνητικό ερώτημα που έχει τεθεί προκύπτουν 42 αναλύσεις ή άρθρα (66,7% των αναλύσεων και των άρθρων με δυνατότητα πρόσβασης) που αφορούν την έρευνα που πραγματοποιείται [40], [48], [49], [50], [51], [52], [53], [54], [55], [56], [57], [58], [59], [60], [61], [62], [63], [64], [65], [66], [67], [68], [69], [70], [71], [72], [73], [74], [75], [76], [77], [78], [79], [80], [81], [82], [83], [84], [85], [86], [87], [88].

Για τις 42 αναλύσεις ή άρθρα μετά την ανάγνωση τους, μπορούν να προκύψουν τα παρακάτω σχόλια:

- Οι 32 αναλύσεις ή άρθρα (76,2%) αφορούν πειραματική έρευνα [49], [51], [52], [54], [55], [58], [59], [60], [61], [62], [63], [64], [65], [66], [68], [69], [70], [71], [74], [75], [76], [77], [79], [80], [81], [82], [83], [84], [85], [86], [87], [88], οι εννέα (21,4%) αφορούν βιβλιογραφική έρευνα [40], [48], [50], [53], [54], [56], [57], [67], [72], [78] και μια (2,4%) υπολογιστικό μοντέλο [73].
- Από τις 42 αναλύσεις ή άρθρα, οι 29 (69%) μελετούσαν την χρήση του νερού μόνο για μη πόσιμη χρήση, κυρίως άρδευση [40], [49], [50], [51], [52], [53], [54], [55], [56], [57], [59], [60], [61], [63], [64], [65], [66], [67], [68], [69], [71], [72], [74], [77], [78], [80], [82], [83], [84], [86], οι οκτώ (19%) αφορούν νερό για όλες τις χρήσεις [48], [62], [73], [75], [79], [81], [85], [88] και οι πέντε (12%) μόνο για πόση [49], [58], [70], [76], [78], [87].
- Οι 14, δηλαδή μία στις τρεις, πρότεινε τοποθέτηση συστημάτων εκτροπέα πρώτου ξεπλύματος (first flush diverter) για την βελτίωση της ποιότητας των ομβρίων υδάτων ή το είχε ήδη ενσωματώσει σε υπάρχον σύστημα [40], [48], [49], [54], [60], [63], [74], [77], [78], [80], [83], [85], [87], [88].

Για τις 32 αναλύσεις ή άρθρα που αφορούν πειραματική έρευνα, μπορούν να προκύψουν τα παρακάτω σχόλια:

- Μια τυπική μορφή των παραπάνω αναλύσεων ή άρθρων αφορούσε το πείραμα, τα αποτελέσματα και την σύγκριση τους με νομοθετικά ή προτεινόμενα όρια.

- Η μελέτη της ποιότητας του νερού αφορούσε φυσικοχημικές παραμέτρους ή/και μικροβιολογικές παραμέτρους ή/και μέταλλα. Μόνο σε δύο άρθρα ή αναλύσεις, υπήρχε έρευνα για οργανικούς ρύπους όπως οι υδρογονάνθρακες [85], [87].
- Στις αναλύσεις ή άρθρα, οι 28 (87,5%) είχαν πραγματοποιηθεί σε στέγες και οι τέσσερις (12,5%) [49], [58], [64], [71] είχαν πραγματοποιηθεί σε πειραματικές κλίνες.
- Από τις 28 αναλύσεις ή άρθρα των οποίων τα αποτελέσματα των πειραμάτων πραγματοποιήθηκαν σε στέγες, σε τέσσερις αναλύσεις ή άρθρα πραγματοποιήθηκε και σύγκριση με τα αποτελέσματα ταυτόχρονης πειραματικής διαδικασίας σε Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων [59], [61], [66], [68], σε τρεις και με τα αποτελέσματα σε υπόγειους υδροφορείς [59], [61], [84] και σε έξι και με τα αποτελέσματα σε επιφανειακά ύδατα [66], [68], [80], [81], [84], [85].
- Το υλικό επικάλυψης των επιφανειών συλλογής διαφοροποιείται αρκετά και από την τοποθεσία εκτέλεσης των πειραμάτων. Ενδεικτικά έχουν χρησιμοποιηθεί φυτεμένες στέγες [49], [52], [58], [71], οροφές θερμοκηπίων [86], στέγες από χαλίκια ή άργιλο [49], [84], [87] κεραμίδια [51], [76], [79], [85], [87], σκυρόδεμα [51], [84], [85], ξύλο [63], μέταλλο [75], [76], [80], αλουμίνιο [76], αμιάντο [76], πολυεστέρα [87], συνθετικές πλάκες σχιστολίθου [63] και με ασφαλική επικάλυψη [63], [79].

Οι 21 αναλύσεις ή άρθρα που εμφανίστηκαν στην αναζήτηση αλλά απορρίφθηκαν, δεν σχετίζονται με το ερευνητικό ερώτημα καθώς αφορούσαν:

- τη συλλογή του βρόχινου νερού για τον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφορέα ή
- την υδρολογική προσέγγιση της συλλογής ομβρίων υδάτων με στόχο αντιπλημμυρική προστασία ή βέλτιστη αξιοποίηση των υδάτων για οποιαδήποτε χρήση ή
- τις πράσινες στέγες, τον τρόπο άρδευσης τους, ενδεικνυόμενα φυτά και υλικά για την κατασκευή τους, την συμβολή τους στην κυκλική οικονομία και την κλιματική αλλαγή ή
- την κατασκευή, συντήρηση και λειτουργία συστημάτων συλλογής βρόχινου νερού ή
- ερωτηματολόγια και πολιτικές για εξοικονόμηση νερού

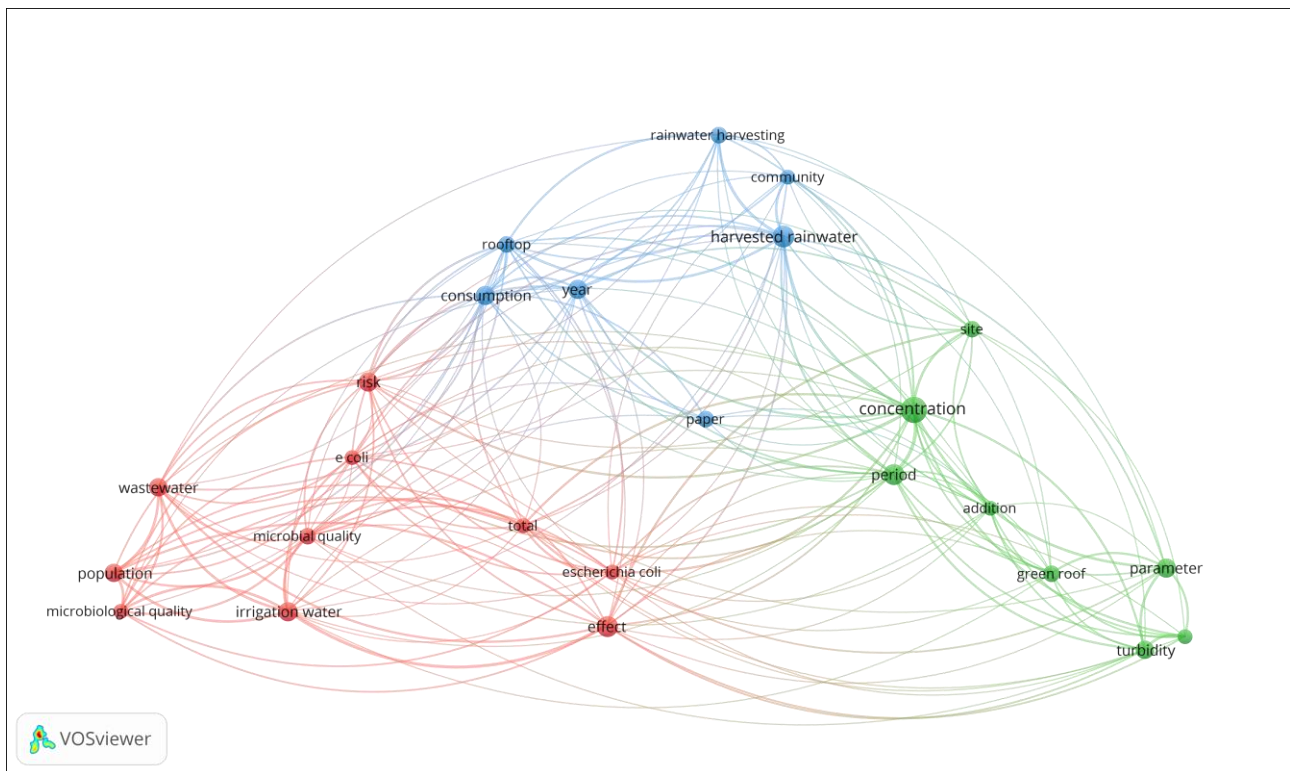
2.2 Βιβλιομετρική Ανάλυση

Μετά τον περιορισμό των αναλύσεων (Reviews) και των άρθρων (Articles) της αναζήτησης σε 42, όπως αναφέρθηκε πραγματοποιήθηκε η παρακάτω βιβλιομετρική ανάλυση. Βασικός στόχος της είναι η εύρεση χαρακτηριστικών όρων, λέξεις-κλειδιά που αναφέρονται σε πολλαπλές αναλύσεις και άρθρα και η συσχέτιση τους. Ακόμα από την γεωγραφική κατανομή των άρθρων ως προς την χώρα δημοσίευσης ή ως προς την χώρα εκτέλεσης των πειραμάτων για όσα άρθρα έχουν πραγματοποιηθεί πειραματικές αναλύσεις μπορούν να προκύψουν ορισμένα συμπεράσματα, όπως αυτά προκύπτουν από τους χάρτες (Εικόνα 2.6, Εικόνα 2.7, Εικόνα 2.8)

Για την δημιουργία του παρακάτω διαγράμματος (Εικόνα 2.1) οπτικοποίησης των σχέσεων που εμφανίζουν μεταξύ τους οι όροι των άρθρων που μελετώνται χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα VOSviewer. Η ανάλυση έγινε με βάση τα 42 άρθρα που επιλέχθηκαν και οι όροι που

χρησιμοποιήθηκαν, προέρχονται από τον τίτλο και την περίληψη του κάθε άρθρου. Ως μέθοδος αρίθμησης χρησιμοποιήθηκε η δυαδική (Binary counting method). Από τους 1688 όρους που ανευρέθηκαν στα άρθρα, ορίζοντας ως ελάχιστο αριθμό εμφάνισης του κάθε όρου το πέντε, προκύπτουν 42 όροι που πληρούν το όριο. Για κάθε έναν από τους 42 όρους υπολογίζεται μια βαθμολογία, με βάση την οποία επιλέγονται οι πιο σχετικοί όροι. Επιλέγεται η προεπιλογή του έργου για την επιλογή του 60% των πιο σχετικών όρων, άρα 25 όροι.

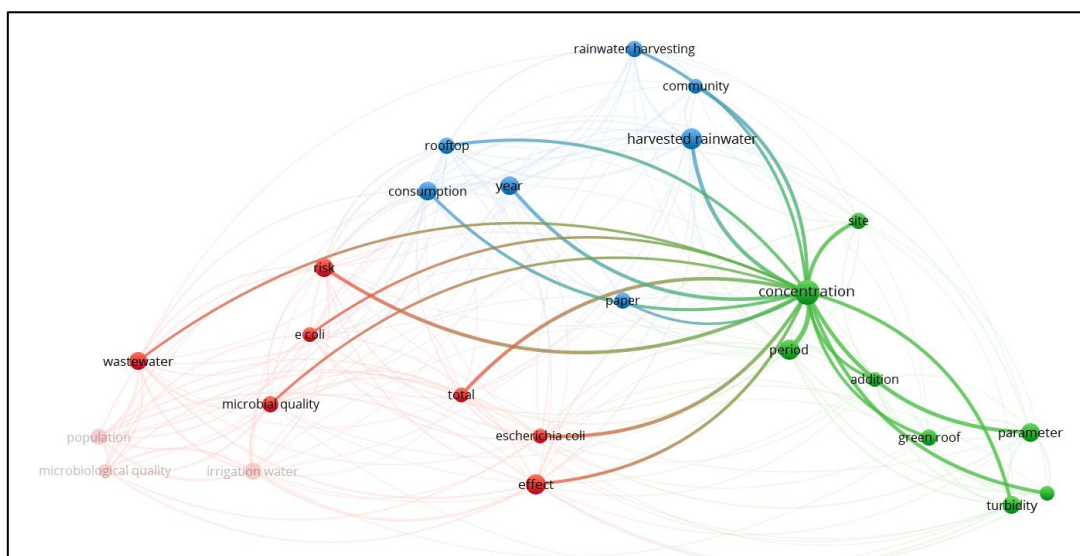
Ο κάθε κόμβος του δικτύου αντιπροσωπεύει έναν όρο, όπου το μέγεθος του κόμβου υποδηλώνει τον αριθμό των φορών που εμφανίζεται ένας συγκεκριμένος όρος. Όσο μεγαλύτερος είναι ο κόμβος, τόσο πιο συχνή είναι η εμφάνιση του όρου. Η σύνδεση μεταξύ των κόμβων αντιπροσωπεύει τη συνύπαρξη ίδιων όρων στα διαφορετικά άρθρα που μελετώνται. Το πάχος της σύνδεσης υποδηλώνει τον αριθμό των φορών όπου οι όροι των συνδεδεμένων κόμβων συνυπάρχουν. Όσο πιο παχιά η σύνδεση μεταξύ των κόμβων, τόσο πιο συχνή η συνύπαρξη ίδιων όρων. Κάθε χρώμα στο διάγραμμα αντιπροσωπεύει ένα θεματικό σύμπλεγμα, όπου οι κόμβοι και οι σύνδεσμοι του κάθε συμπλέγματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξηγήσουν την θεματολογία του.



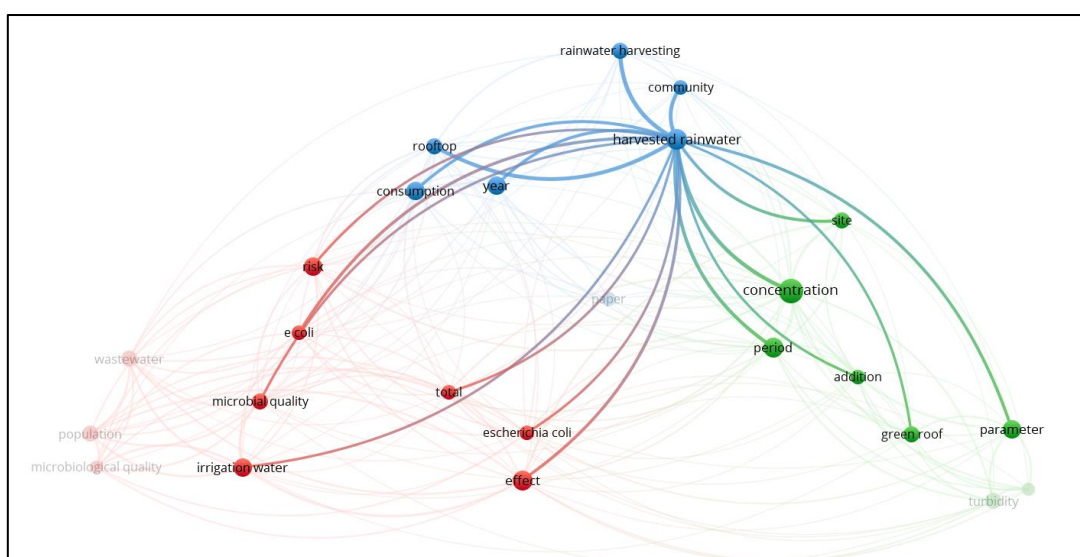
Εικόνα 2.1: Διάγραμμα οπτικοποίησης των σχέσεων που εμφανίζουν μεταξύ τους οι όροι

Στο διάγραμμα (Εικόνα 2.1) παρατηρούνται τρία θεματικά συμπλέγματα που απεικονίζονται με τα τρία διαφορετικά χρώματα του διαγράμματος, το μπλε, το πράσινο και το κόκκινο. Ο πιο διαδεδομένος όρος που συναντάται στα έγγραφα είναι ο όρος “συγκέντρωση” (“concentration”) ο οποίος παρουσιάζει 14 περιπτώσεις εμφάνισης σε διαφορετικές αναλύσεις και άρθρα. Ακολουθεί ο όρος “συλλογή βρόχινου νερού” (“harvested rainwater”) με δέκα εμφανίσεις. Να σημειωθεί ότι η συλλογή βρόχινου νερού εμφανίζεται και με τον όρο (“rainwater harvesting”) με 6 εμφανίσεις οπότε αθροιστικά ο όρος της συλλογής βρόχινου νερού ξεπερνάει σε εμφανίσεις τον όρο της συγκέντρωσης. Οι τρεις αυτοί όροι αποτελούν και βασικούς όρους των δύο θεματικών πλεγμάτων.

Το τρίτο θεματικό πλέγμα αποτελείται από όρους όπως “επίδραση” (“effect”), “κίνδυνος” (“risk”) και “αρδευτικό νερό” (“irrigation water”) με περιπτώσεις εμφανίσεων 9, 8 και 8 αντίστοιχα. Οι όροι που εμφανίζονται στο διάγραμμα συμφωνούν πλήρως με το ερευνητικό ερώτημα που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία. Στα παρακάτω διαγράμματα (Εικόνα 2.2, Εικόνα 2.3, Εικόνα 2.4) παρουσιάζονται οι συνδέσεις κάποιων από τους παραπάνω βασικούς όρους, απομονωμένα από το διάγραμμα (Εικόνα 2.1). Στο διάγραμμα (Εικόνα 2.2) όπου έχει απομονωθεί ο όρος “συγκέντρωση” (“concentration”) παρατηρείται η σύνδεση του με τους όρους του ίδιου θεματικού συμπλέγματος το οποίο είναι λογικό καθώς αποτελεί και τον κύριο όρο του συμπλέγματος αυτού. Αντίστοιχα ισχύει και στα διαγράμματα (Εικόνα 2.3, Εικόνα 2.4) με τους όρους “συλλογή βρόχινου νερού” (“harvested rainwater”) και “επίδραση” (“effect”). Με τα παρακάτω διαγράμματα παρατηρείται καλύτερα η κατηγοριοποίηση των πιο διαδεδομένων όρων στα τρία θεματικά συμπλέγματα.



Εικόνα 2.2: Διάγραμμα οπτικοποίησης των σχέσεων που εμφανίζει ο όρος “συγκέντρωση” (“concentration”) με τους υπόλοιπους όρους



Εικόνα 2.3: Διάγραμμα οπτικοποίησης των σχέσεων που εμφανίζει ο όρος “συλλογή βρόχινου νερού” (“harvested rainwater”) με τους υπόλοιπους όρους

του κάθε όρου το έξι, προκύπτουν 26 όροι που πληρούν το όριο, οι οποίοι και παρουσιάζονται στο διάγραμμα (Εικόνα 2.5). Ο ελάχιστος αριθμός εμφάνισης του κάθε όρου προκύπτει από μια επαναληπτική διαδικασία για την βέλτιστη απεικόνιση των σχέσεων των κόμβων σύμφωνα με προτάσεις του έργου. Ο κάθε κόμβος του δικτύου αντιπροσωπεύει έναν όρο, λέξη – κλειδί.

Στο παραπάνω διάγραμμα (Εικόνα 2.5) παρατηρούνται δύο θεματικά συμπλέγματα που απεικονίζονται με τα δύο διαφορετικά χρώματα του διαγράμματος το πράσινο και το κόκκινο. Ο πιο διαδεδομένος όρος που συναντάται στα έγγραφα είναι ο όρος “ποιότητα νερού” (“water quality”) ο οποίος παρουσιάζει 23 περιπτώσεις εμφάνισης σε διαφορετικές αναλύσεις και άρθρα. Ακολουθεί ο όρος “βρόχινο νερό” (“rainwater”) με 20 εμφανίσεις και ο όρος “βροχή” (“rain”) με 18. Δεν παρατηρείται ιδιαίτερη διαφοροποίηση των λέξεων – κλειδιών των συγγραφέων και του ευρετηρίου σε σχέση με τους όρους των αναλύσεων ή άρθρων, και οι δύο τρόποι έρευνας των λέξεων – κλειδιών έχουν στο επίκεντρο την συλλογή του βρόχινου νερού, την ποιότητα του και της αστική γεωργία.

Πίνακας 2.1: Πίνακας γεωγραφικής κατανομής αριθμού αναλύσεων, άρθρων και των αναφορών τους, ανάλογα με την χώρα από την οποία προέρχονται, με βάση τους συγγραφείς ή τα ακαδημαϊκά ιδρύματα.

Ήπειρος	Χώρα	Αναλύσεις & Άρθρα	Αναφορές (Citations) αναλύσεων & άρθρων
Ασία	Ινδία	1	3
	Ιορδανία	1	0
	Ιράν	2	17
	Κίνα	2	158
	Μαλαισία	1	3
	Μπανγκλαντές	1	1
	Πακιστάν	1	3
Αφρική	Γκάνα	1	0
	Κένυα	1	2
	Νιγηρία	2	66
	Νότια Αφρική	3	124
Βόρεια Αμερική	Η.Π.Α.	16	220
	Καναδάς	2	130
	Μεξικό	1	1
Ευρώπη	Βέλγιο	1	3
	Γαλλία	1	9
	Γερμανία	3	153
	Ελβετία	1	110
	Ηνωμένο Βασίλειο	3	56
	Πολωνία	1	3
	Πορτογαλία	1	6
	Σουηδία	1	120
Νότια Αμερική	Βραζιλία	3	10
	Κολομβία	1	8
Ωκεανία	Αυστραλία	4	62
Σύνολο:		55	1268

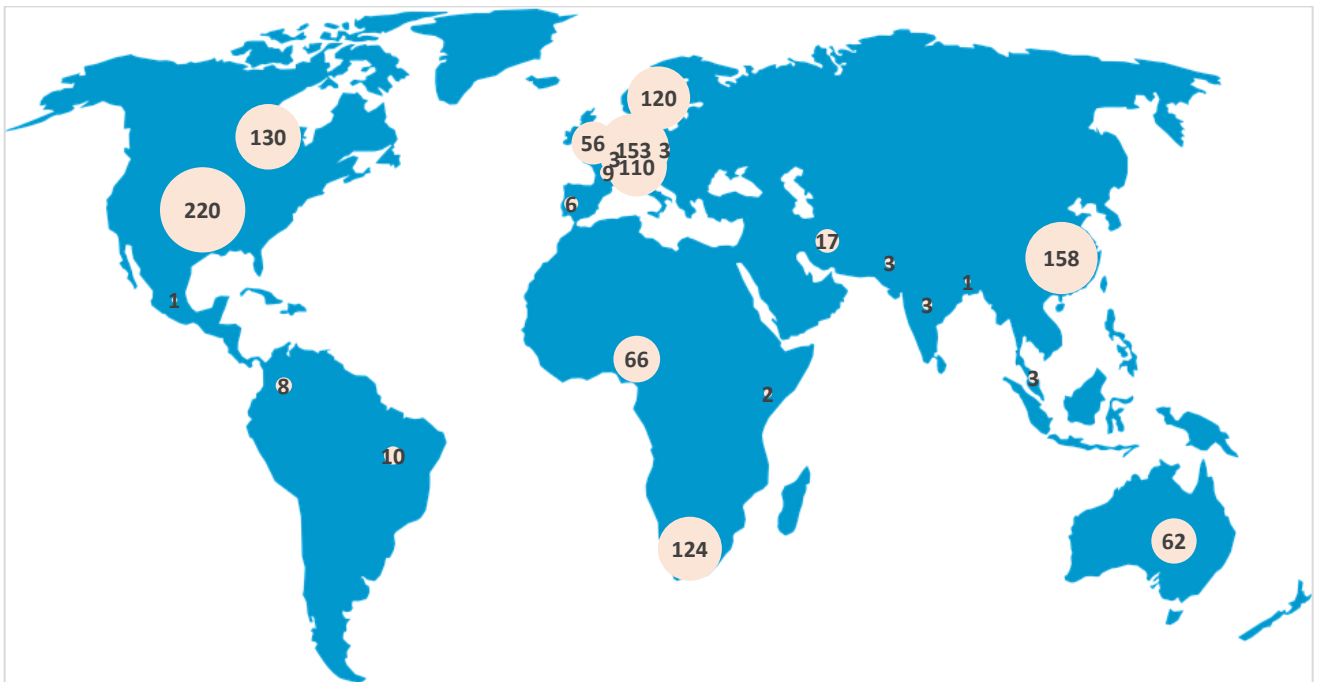
Στον πίνακα Πίνακας 2.1 αναγράφονται για τα 42 άρθρα που μελετώνται η γεωγραφική κατανομή του αριθμού των εγγράφων (Documents) ανάλογα με την χώρα από την οποία προέρχονται, με βάση τους συγγραφείς ή τα ακαδημαϊκά ιδρύματα. Σε κάθε ανάλυση ή άρθρο μπορεί να αντιστοιχούν παραπάνω από ένας συγγραφείς ή ιδρύματα επομένως μπορεί να αντιστοιχίζεται σε παραπάνω από μια χώρες. Για τον λόγο αυτό το άθροισμα των εγγράφων του πίνακα ισούται με 55 το οποίο είναι προφανώς μεγαλύτερο από το 42. Οι αναφορές (citations) αντίστοιχα αθροίζονται σε 1268 πολύ περισσότερες των 42. Για την σύνταξη του πίνακα χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή VOSviewer,

όπου επιλέχθηκε τύπος ανάλυσης ως προς τους συγγραφείς (Type of analysis: Co-authorship), μονάδα μέτρησης της ανάλυσης η μέτρηση των χωρών (Unit of analysis: Countries) και μέθοδος μέτρησης η μέθοδος της πλήρους αρίθμησης (Full counting method).

Στους παρακάτω χάρτες (Εικόνα 2.6, Εικόνα 2.7) οπτικοποιούνται τα δεδομένα του Πίνακα 2.1. Αντιπαραβάλλοντας τους χάρτες αυτούς, παρατηρείται ότι στον χάρτη γεωγραφικής κατανομής



Εικόνα 2.6: Χάρτης γεωγραφικής κατανομής αριθμού αναλύσεων και άρθρων ανάλογα με την χώρα από την οποία προέρχονται, με βάση τους συγγραφείς ή τα ακαδημαϊκά ιδρύματα.



Εικόνα 2.7: Χάρτης γεωγραφικής κατανομής αριθμού αναφορών (Citations) των αναλύσεων και άρθρων ανάλογα με την χώρα από την οποία προέρχονται, με βάση τους συγγραφείς ή τα ακαδημαϊκά ιδρύματα.

Πίνακας 2.2: Πίνακας γεωγραφικής κατανομής αριθμού εγγράφων ανάλογα με την χώρα στην οποία πραγματοποιήθηκαν τα πειράματα

Ήπειρος	Χώρα	Έγγραφα (Documents)
Ασία	Ινδία	1
	Ιορδανία	1
	Ιράν	1
	Κίνα	2
	Πακιστάν	1
Αφρική	Γκάνα	1
	Δυτική Αφρική (Νιγηρία, Μάλι, Μπουρκίνα Φάσο)	1
	Νιγηρία	1
	Νότια Αφρική	1
Βόρεια Αμερική	Η.Π.Α.	8
	Καναδάς	1
Ευρώπη	Γαλλία	1
	Γερμανία	1
	Ελβετία	1
	Ηνωμένο Βασίλειο	2
	Πολωνία	1
	Πορτογαλία	1
Νότια Αμερική	Βραζιλία	3
	Κολομβία	1
	Μεξικό	2
Σύνολο Εγγράφων:		32

αριθμού εγγράφων (Εικόνα 2.6), η δημοσίευση αναλύσεων και άρθρων προέρχεται από χώρες όλων των ηπείρων ομοιόμορφα, με μόνη εξαίρεση τις Η.Π.Α.. Στον χάρτη γεωγραφικής κατανομής αριθμού αναφορών των εγγράφων (Εικόνα 2.7), η αναφορά αναλύσεων και άρθρων ακολουθεί μια μη ομοιόμορφη κατανομή, όπου παρατηρούνται μεγάλες διαφορές μεταξύ των χωρών.

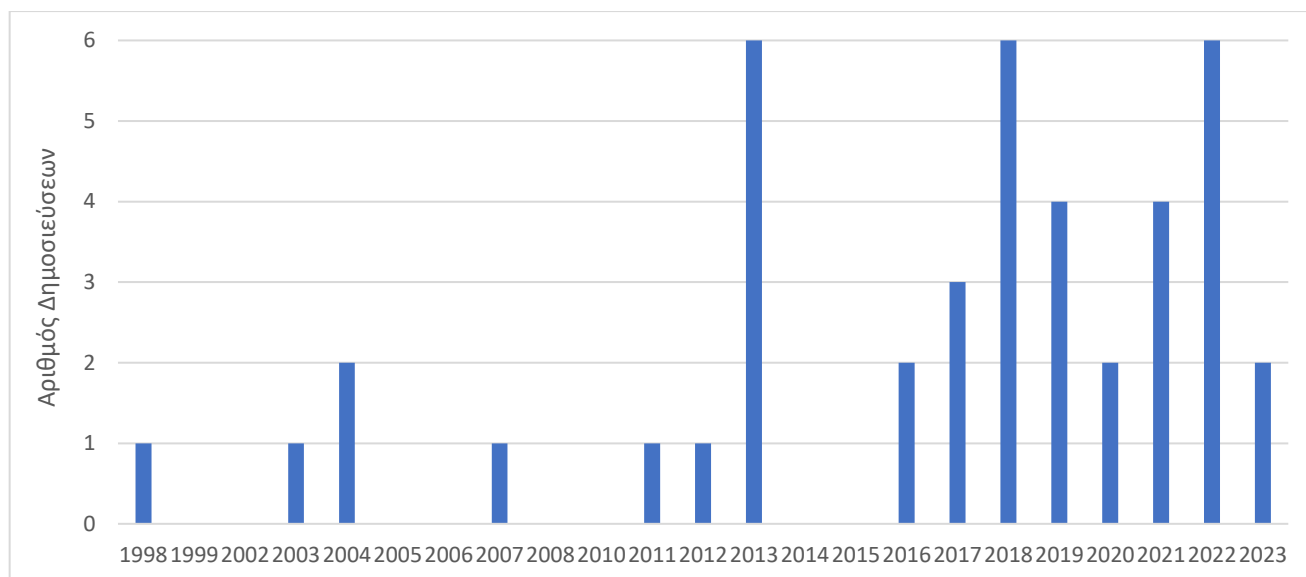
Στον Πίνακα 2.2 αναγράφεται για τα 32 από τα 42 έγγραφα που μελετώνται η γεωγραφική κατανομή του αριθμού των εγγράφων (Documents) ανάλογα με την χώρα στην οποία πραγματοποιήθηκαν πειράματα. Τα 10 έγγραφα που δεν μελετώνται αναφέρονται σε βιβλιογραφική έρευνα ή υπολογιστικά πειραματικά μοντέλα και δεν εμφανίζονται στον χάρτη.

Παρατηρώντας το χάρτη γεωγραφικής κατανομής αριθμού εγγράφων ανάλογα με την χώρα στην οποία πραγματοποιήθηκαν τα πειράματα (Εικόνα 2.8),



Εικόνα 2.8: Χάρτης γεωγραφικής κατανομής αριθμού εγγράφων ανάλογα με την χώρα στην οποία πραγματοποιήθηκαν τα πειράματα

παρατηρείται ότι έχουν πραγματοποιηθεί πειράματα σε όλες τις ηπείρους εκτός της Ωκεανίας, στην οποία όμως, σύμφωνα με τους πρώτους χάρτες (Εικόνα 2.6, Εικόνα 2.7) παρατηρείται ερευνητική δραστηριότητα. Όπως και στον τελευταίο χάρτη (Εικόνα 2.6), οι Η.Π.Α. εμφανίζουν μια αυξημένη ερευνητική δραστηριότητα σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες



Εικόνα 2.9: Διάγραμμα αριθμού ετήσιων δημοσιεύσεων των 42 αναλύσεων (Reviews) και άρθρων (Articles)

Στο διάγραμμα (Εικόνα 2.9) καταγράφεται η αύξηση των δημοσιεύσεων τα τελευταία χρόνια κυρίως από το 2016 και ύστερα, αύξηση που παρατηρείται και για την αστική γεωργία από το 2005 [89]. Οι μειωμένες δημοσιεύσεις κατά την περίοδο 2019 – 2021, οι οποίες δεν συνάδουν με το ερευνητικό ενδιαφέρον που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια γύρω από την συλλογή υδάτινων πόρων από μη συμβατικές πηγές όπως οι στέγες, πιθανώς να οφείλονται στην μειωμένη ερευνητική δραστηριότητα που παρατηρήθηκε τα έτη αυτά λόγω της πανδημίας του κορονοϊού. Λόγω της πανδημίας SARS-CoV-2 προκλήθηκαν καθυστερήσεις δημοσιεύσεων καθώς πολλά ακαδημαϊκά περιοδικά και εκδότες αντιμετώπισαν λειτουργικά προβλήματα στις διαδικασίες αξιολόγησης και δημοσίευσης, προκλήθηκαν εμπόδια στις έρευνες λόγω περιορισμών στην έρευνα με φυσική παρουσία και στην αναζήτηση έντυπης βιβλιογραφίας, παρατηρήθηκε μετατόπιση μέρους των ερευνών σε μελέτες σχετικές με τον COVID-19 και στην δημόσια υγεία με αντίστοιχη μετατόπιση των χρηματοδοτήσεων και ακυρώθηκαν συνέδρια μειώνοντας τις ευκαιρίες για τους ερευνητές να παρουσιάσουν το έργο τους και στη συνέχεια να δημοσιεύσουν πρακτικά συνεδρίων. Τέλος σημειώνεται ότι το έτος 2023 περιλαμβάνει τις δημοσιεύσεις μέχρι 05/06/2023, επομένως δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι οι δημοσιεύσεις δεν ακολουθούν την αυξανόμενη συνεχώς πορεία από το 2020 και έπειτα.

Από την βιβλιογραφική ανασκόπηση και σύμφωνα με το ερευνητικό ερώτημα που προέκυψε, οι αναλύσεις και τα άρθρα που μελετήθηκαν αφορούν στην συλλογή νερού, στην ποιότητα του και στην αστική γεωργία και αυτό παρατηρείται και από τις λέξεις – κλειδιά που ερευνήθηκαν. Σχετικά με την χωρική κατανομή των ερευνών, αυτή είναι διάσπαρτη, τόσο σε ανεπτυγμένες χώρες όσο και σε αναπτυσσόμενες, γεγονός που υποδηλώνει την σημασία των ερευνών πάνω στην επίλυση σημαντικών παγκόσμιων προβλημάτων. Την σημασία των ερευνών αυτών αναδεικνύει και το μεγάλο ενδιαφέρον που παρατηρείται με την πάροδο του χρόνου.

3 Ερευνητικό Έργο – Πειραματικές Μέθοδοι

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται το ερευνητικό έργο CIRC4Food και οι πειραματικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν. Περιγράφεται το ερευνητικό έργο, αναλύεται ένα τυπικό σύστημα συλλογής βρόχινου νερού και το σύστημα του ερευνητικού έργου και παρατίθενται οι πειραματικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία για τη εύρεση των αποτελεσμάτων.

3.1 Ερευνητικό Έργο CIRC4Food

Το πειραματικό σκέλος της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου CIRC4Food το οποίο αφορά σε ένα σύστημα παραγωγής τροφής εμπνευσμένο από την κυκλική οικονομία. Στόχος του έργου, είναι η μελέτη και η ανάπτυξη αγροδιατροφικών συστημάτων εμπνευσμένα από την Κυκλική Οικονομία που συνδυάζουν την κομποστοποίηση και την συλλογή ομβρίων υδάτων, και τα οποία μειώνουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, και η επίδειξη αυτών μέσα από προσεκτικά σχεδιασμένες πιλοτικές δοκιμές. Αναπτύσσεται στην περιοχή των Τρικάλων, όπου σε 27 κατοικίες και σε 4 σχολικές μονάδες έχουν εγκατασταθεί συστήματα συλλογής ομβρίων υδάτων για την άρδευση κηπευτικών. Κάθε σύστημα αποτελείται από ένα συλλέκτη βρόχινου νερού, στον οποίο συλλέγεται και αποθηκεύεται το νερό από τις βροχές και γίνεται διαθέσιμο στα φυτά ανάλογα τις ανάγκες τους, ένα ενσωματωμένο χώρο φύτευσης των καλλιεργειών, ένα ενσωματωμένο κάδο κομποστοποίησης, ο οποίος δέχεται τα φυτικά υπολείμματα και προχωράει σε αερόβια κομποστοποίηση και ένα έξυπνο σύστημα διαχείρισης, το οποίο περιλαμβάνει μια διαδικτυακή πλατφόρμα παρακολούθησης των πιο πάνω συστημάτων στα οποία ενσωματώνονται διάφορες τεχνολογίες IoT (αισθητήρες υγρασίας και θερμοκρασίας αέρα, θερμοκρασίας και υγρασίας κομπόστ, στάθμης νερού, κτλ). Η ανάπτυξη του συστήματος πραγματοποιήθηκε σε τέσσερις φάσεις, στον σχεδιασμό του συστήματος, στην ανάπτυξη του, στις πιλοτικές δοκιμές και στην τελική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων [90].



Εικόνα 3.1: Λογότυπο ερευνητικού έργου CIRC4Food

Σύμφωνα με την αποτελέσματα της απογραφής του μόνιμου πληθυσμού που πραγματοποιήθηκε το έτος 2021 από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) στην περιφερειακή ενότητα Τρικάλων, στον δήμο Τρικκαίων, με έδρα τα Τρίκαλα, απογράφηκε πληθυσμός 78.605 κατοίκων [91] που την κατατάσσει ανάμεσα στις δέκα μεγαλύτερες πόλεις της Ελλάδος. Με την απογραφή των κτιρίων που είχε πραγματοποιηθεί το έτος 2011 πάλι από την ΕΛΣΤΑΤ στον δήμο Τρικκαίων απογράφηκαν συνολικά 30.135 κτίρια [92]. Τα 27.280 δηλαδή το 90,5% αυτών αποτελούν κτίρια όπου είτε δεν υπάρχουν όροφοι πάνω από το ισόγειο ή υπάρχει μόνο ένας όροφος. Τα συστήματα συλλογής ομβρίων υδάτων όπως και στο



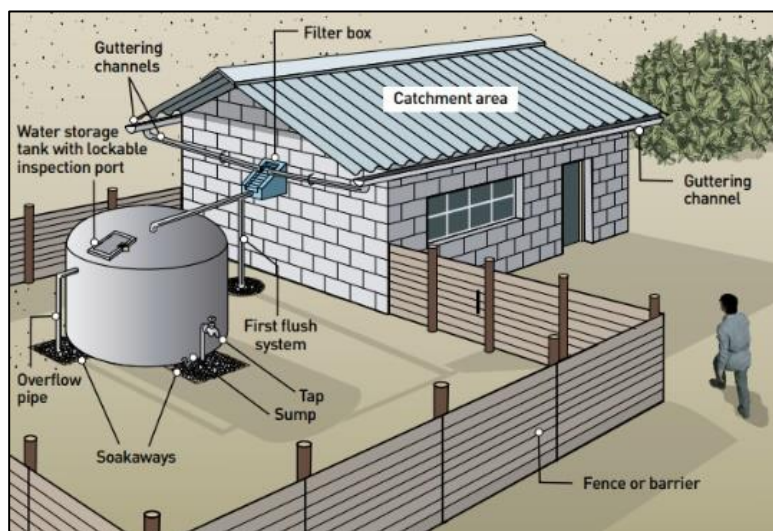
Εικόνα 3.2: Περιφερειακή Ενότητα Τρικάλων

ερευνητικό έργο CIRC4Food κατά κύριο λόγο σχεδιάζονται για κτίρια ύψους μέχρι και έναν όροφο πάνω από το ισόγειο. Το υψηλό ποσοστό ύπαρξης τέτοιων κτιρίων στον δήμο Τρικκαίων τον καθιστά ιδανικό για μελλοντική ανάπτυξη του έργου από το ερευνητικό στάδιο σε ευρεία κλίμακας έργο. Το κλίμα είναι μεσογειακό, με αρκετά υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, με την μέση θερμοκρασία του Αυγούστου να φτάνει τους 34,5°C. Η μέση μηνιαία βροχόπτωση κυμαίνεται από 17mm βροχής τον Αύγουστο σε 80,2mm τον Φεβρουάριο [93]. Σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ για το έτος 2000 ο νομός Τρικάλων στον οποίο περιλαμβάνεται ο δήμος Τρικκαίων, κατά 56% αποτελείται από δάση και ημι-φυσικές εκτάσεις, κατά 42% από γεωργικές περιοχές όπως καλλιέργειες και βοσκοτόπους, κατά 1,1% από τεχνητές και αστικές περιοχές και κατά 0,8% από εκτάσεις που καλύπτονται από ύδατα [94].

3.2 Τυπικό Σύστημα Συλλογής & Αποθήκευσης Ομβρίων Υδάτων

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) έχει δημιουργήσει ένα τεχνικό ενημερωτικό δελτίο [95] και ένα έντυπο υγειονομικής επιθεώρησης [96] για την συλλογή ομβρίων υδάτων από στέγες για πόση. Η διάταξη και οι κίνδυνοι της συλλογής ομβρίων υδάτων για την ποιότητα του νερού δεν διαφοροποιούνται ιδιαίτερα με την χρήση του, εάν αυτή προορίζεται για πόση ή όχι. Συντηρητικά στην συγκεκριμένη εργασία προτείνεται η διαμόρφωση της διάταξης συλλογής πόσιμου νερού και η αντίστοιχη προσοχή στους κινδύνους παρ' όλο που η μελέτη πραγματοποιείται αποκλειστικά για αρδευτική χρήση.

Ένα τυπικό σύστημα συλλογής και αποθήκευσης ομβρίων υδάτων σύμφωνα με τον ΠΟΥ προτείνεται να αποτελείται από μια επιφάνεια συλλογής, συνήθως η οροφή μιας κατοικίας και από ένα σύστημα υδρορροών και σωληνώσεων που κατευθύνουν το νερό της βροχής σε ένα χώρο συλλογής, συνήθως σε μια δεξαμενή αποθήκευσης. Αναλυτικά τα επιμέρους στοιχεία του συστήματος συλλογής παρουσιάζονται παρακάτω:



Εικόνα 3.3: Τυπική διάταξη προτεινόμενου συστήματος συλλογής ομβρίων υδάτων ΠΟΥ

- Επιφάνεια συλλογής (Catchment area): Μη διαπερατή επιφάνεια, συνήθως η στέγη ενός σπιτιού, σχολείου ή υπόστεγου η οποία κλίνει προς ένα σύστημα διοχέτευσης, συνήθως υδρορροές στέγης. Ως υλικά κάλυψης της επιφάνειας συνήθως συναντάται ο γαλβανισμένος κυματοειδής σίδηρος, φύλλα αλουμινίου, πέτρες, κεραμίδια, πλακάκια, πλάκες και πλαστικά φύλλα.

- Υδρορροές (Guttering channels): Συγκεντρώνουν και κατευθύνουν το νερό που συλλέγεται από την επιφάνεια συλλογής, στην δεξαμενή αποθήκευσης. Συνήθως χρησιμοποιούνται υλικά όπως το PVC, ο ψευδάργυρος και το αλουμίνιο.
- Κουτί φίλτρου (Filter box): Αποτελείται από ένα χοντρό φίλτρο που αποτρέπει τα μεγαλύτερα κομμάτια διαφόρων υλικών που παρασύρονται από το συλλεγόμενο νερό να εισέλθουν στην δεξαμενή.
- Σύστημα εκτροπής πρώτου ξεπλύματος (First flush system): Εκτρέπει μια αρχική ποσότητα νερού η οποία λειτουργεί ως ξέπλυμα της επιφάνειας συλλογής. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η πιθανότητα ρύπανσης και μόλυνσης του νερού που συλλέγεται καθώς το πρώτο νερό που συλλέγεται είναι συνήθως χαμηλότερης ποιότητας λόγω της συσσώρευσης ρύπων στην επιφάνεια συλλογής μεταξύ των βροχοπτώσεων. Η πρώτη έκπλυση πρέπει να υπολογίζεται ανάλογα της επιφάνειας συλλογής για την αποτελεσματική διαχείριση των υδάτων. Το σύστημα έκπλυσης ιδανικά πρέπει να λειτουργεί αυτόματα και όχι χειροκίνητα για την ελαχιστοποίηση σφαλμάτων.
- Δεξαμενή αποθήκευσης νερού: Αποθηκεύει το βρόχινο νερό που συλλέγεται. Η δεξαμενή πρέπει να σφραγίζεται και να καλύπτεται για την προστασία του αποθηκευμένου νερού. Συνήθεις υλικά κατασκευής των δεξαμενών είναι το PVC και το σκυρόδεμα.
- Βρύση: Επιτρέπει την χρήση του συλλεγόμενου νερού με την ελάχιστη σπατάλη και τον μικρότερο κίνδυνο ρύπανσης ή μόλυνσης. Η βρύση δεν πρέπει να βρίσκεται πολύ κοντά στο έδαφος για να αποφευχθεί η μεγαλύτερη έκθεση σε ρύπους καθώς και στην περίπτωση μη συστηματικού καθαρισμού της να μην αντλούνται ιζήματα.
- Υπερχειλιστής Δεξαμενής (Overflow pipe): Αποτρέπει την υπερπλήρωση της δεξαμενής εκτρέποντας την περίσσεια του πλεονάζοντος νερού.
- Εκκενωτής πυθμένα (Drain sump): Το δάπεδο της δεξαμενής προτείνεται να είναι κεκλιμένο προς ένα φρεάτιο αποστράγγισης το οποίο συνδέεται με τον εκκενωτή πυθμένα ο οποίος μπορεί να αφαιρεθεί για την αποστράγγιση της δεξαμενής για καθαρισμό και συντήρηση.
- Περίφραξη (Fence or barrier): Η περίφραξη περιμετρικά του συστήματος συλλογής έχει ως στόχο τη δημιουργία μιας ζώνης η οποία δεν είναι προσβάσιμη σε ζώα για την αποφυγή μολύνσεων και καταστροφής των εξαρτημάτων του συστήματος. Ιδανικά η δημιουργούμενη ζώνη πρέπει να έχει πλάτος τουλάχιστον 15 μέτρα.
- Συστήματα αποστράγγισης (Drainage soakaway): Απαιτείται κάτω από τον υπερχειλιστή, το σύστημα εκτροπής πρώτου ξεπλύματος, την βρύση αλλά και τον εκκενωτή πυθμένα. Η δημιουργία περιοχών αποστράγγισης που αποτελούνται από μια οπή στο έδαφος γεμάτη με χονδρόκοκκα υλικά έχουν ως στόχο την αποστράγγιση του νερού που δεν αποθηκεύεται και δεν χρησιμοποιείται στο έδαφος χωρίς την δημιουργία επιφανειακών στάσιμων υδάτων.

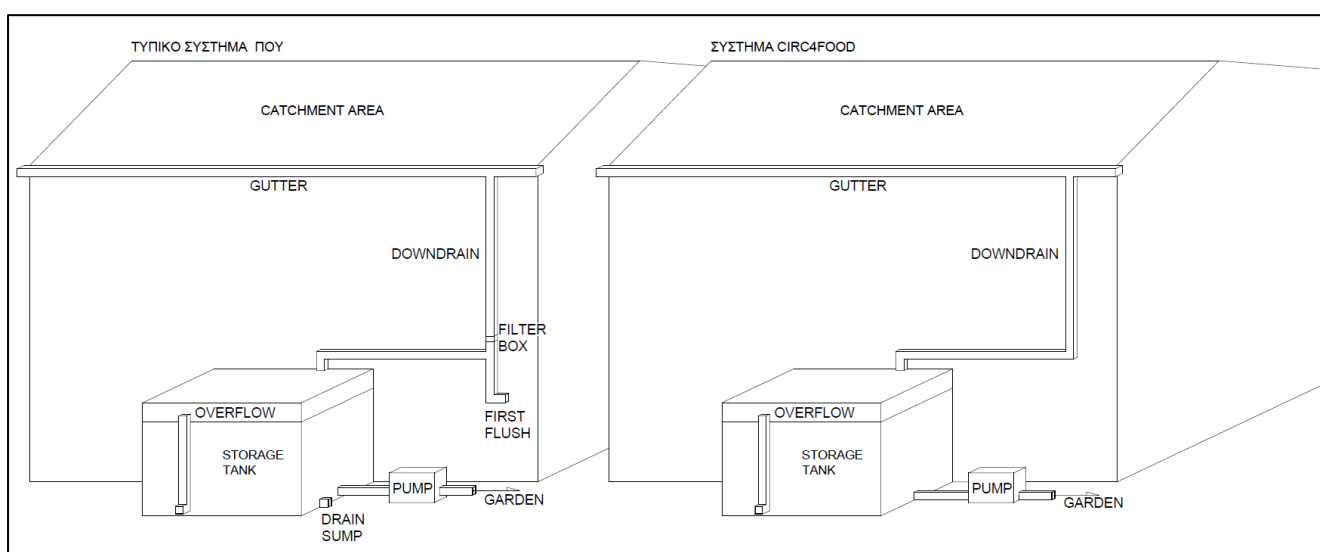
Ζητήματα που χρήζουν προσοχής σύμφωνα με τον Π.Ο.Υ αφορούν την κατασκευή των συστημάτων και των ενεργειών που πραγματοποιούνται περιμετρικά του συστήματος. Η ποιότητα των ομβρίων υδάτων επηρεάζεται και από τα υλικά κατασκευής όπως ο μόλυβδος, ο χαλκός και ορισμένα μεταλλικά χρώματα. Για τον λόγο αυτό πρέπει να χρησιμοποιούνται υλικά κατάλληλα για επαφή με πόσιμο νερό. Οι υδρορροές πρέπει να διατηρούνται καθαρές για να αποφευχθούν λιμνάζοντα νερά.

Μετά την κατασκευή ενός νέου συστήματος συλλογής ομβρίων υδάτων απαραίτητη καθίσταται η απολύμανση της δεξαμενής αποθήκευσης πριν την χρήση της. Περιοδικά απαιτείται απολύμανση της δεξαμενής όπως μετά από μεγάλες περιόδους ξηρασίας. Δραστηριότητες που ενδέχεται να οδηγήσουν σε αερομεταφερόμενους ρύπους, όπως ο ψεκασμός καλλιεργειών και καύση απορριμμάτων πρέπει να πραγματοποιούνται σε ασφαλή απόσταση από την επιφάνεια συλλογής και ο αντίκτυπος συμβάντων που μεταφέρουν ρύπους όπως πυρκαγιές και εκρήξεις πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.

Φωτογραφική απεικόνιση ενδεικτικών διατάξεων του συστήματος συλλογής των ομβρίων υδάτων που έχουν τοποθετηθεί στο ερευνητικό έργο CIRC4Food παρατηρείται στις Εικόνα 3.4 και Εικόνα 3.6. Η διάταξη που έχει επιλεγεί αποτελεί μια απλοποιημένη μορφή της προτεινόμενης διάταξης του συστήματος συλλογής που προτείνει ο ΠΟΥ, καθώς δεν έχει τοποθετηθεί κουτί φίλτρου ούτε σύστημα εκτροπής πρώτου ξεπλύματος. Η βασική διαφοροποίηση του συστήματος ως προς το προτεινόμενο σύστημα λόγω διαφοροποίησης της χρήσης του νερού για άρδευση αποτελεί η τοποθέτηση αντλίας και συστήματος στάγδην άρδευσης κατάντη της βρύσης της δεξαμενής. Σε καμία δεξαμενή δεν κατασκευάσθηκε περιμετρικά περίφραξη ωστόσο όλες βρίσκονται σε περιφραγμένη ιδιοκτησία. Ο εκκενωτής πυθμένα λειτουργεί και ως βρύση, δεν υπάρχει ξεχωριστή οπή και το σύστημα αποστράγγισης διαφέρει ανάλογα την περίπτωση, όπου είτε συνδέεται με το δίκτυο ομβρίων είτε το νερό παροχετεύεται στο έδαφος. Οι διαφορές των δύο συστημάτων γίνονται πιο κατανοητές στο παρακάτω σκαρίφημα (Εικόνα 3.5).



Εικόνα 3.4: Σύστημα Συλλογής ερευνητικού έργου CIRC4Food – Σύστημα συλλογής & αποθήκευσης οικίας H03



Εικόνα 3.5: Αντιπαραβολή τυπικού συστήματος ΠΟΥ και συστήματος CIRC4Food

Για την αξιολόγηση της ποιότητας του συλλεγόμενου νερού έχει δημιουργηθεί από τον ΠΟΥ το έντυπο υγειονομικής επιθεώρησης, τμήμα του οποίου αποτελεί ένα ερωτηματολόγιο που στόχο έχει τον εντοπισμό παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα του συλλεγόμενου νερού. Ανάλογα με τις απαντήσεις που δίνονται στο ερωτηματολόγιο προκύπτει μια αξιολόγηση του συστήματος συλλογής. Οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα του νερού παρατίθενται παρακάτω όπου αναφέρεται και η παρουσία τους ή όχι στα συστήματα συλλογής του ερευνητικού έργου:



Εικόνα 3.6: Σύστημα Συλλογής ερευνητικού έργου CIRC4Food – Δεξαμενή αποθήκευσης οικίας H02

1. Ύπαρξη ορατών ρύπων (π.χ. φυτικά ή ζωικά απόβλητα) στη στέγη ή στις υδρορροές. Οι ρύποι αυτοί μπορούν να ξεπλυθούν στη δεξαμενή αποθήκευσης κατά τη διάρκεια βροχοπτώσεων και να επηρεάσουν δυσμενώς την ποιότητα των υδάτων. Δεν παρατηρήθηκαν ορατοί ρύποι στο ερευνητικό έργο.
2. Η οροφή και οι υδρορροές είναι ανεπαρκώς κεκλιμένες και μπορούν να εμφανιστούν λιμνάζοντα νερά. Η απουσία κατηφορικής κλίσης στην οροφή ή στις υδρορροές για την αποστράγγιση του νερού προς την δεξαμενή αποθήκευσης μπορεί να οδηγήσει σε λιμνάζον νερό, το οποίο στη συνέχεια μπορεί να εισάγει ρύπους στη δεξαμενή αποθήκευσης. Η πλειοψηφία των επιφανειών συλλογής αποτελείται από κεραμοσκεπές επαρκώς κεκλιμένες όπως δεν αναμένεται και πρόβλημα στις υδρορροές. Στο ερευνητικό έργο οι μόνες επιφάνειες συλλογής οι οποίες μπορεί να μην είναι επαρκώς κεκλιμένες είναι οι επιφάνειες από σκυρόδεμα.
3. Ύπαρξη βλάστησης ή κατασκευών πάνω από την στέγη, μπαλκόνια ή καλώδια προσελκύουν ζώα που μπορεί να μολύνουν την επιφάνεια συλλογής με περιττώματα. Η ύπαρξη κυρίως φύλλων που μπλοκάρουν υδρορροές και φίλτρα είναι εξίσου σημαντική. Βλάστηση, μπαλκόνια ή καλώδια δεν υπάρχουν πάνω από τις επιφάνειες συλλογής, αν και δέντρα και καλώδια παρατηρούνται σε ορισμένα συστήματα πολύ κοντά στις στέγες. Στο ερευνητικό έργο κατασκευές παρατηρούνται κυρίως μεταλλικές όπως ηλιακοί θερμοσίφωνες, κεραιές και φωτοβολταϊκά οι οποίες εκτός των ζώων που μπορεί να προσελκύουν μπορούν να δημιουργήσουν ρύπους όπως από σκουριά.
4. Η έλλειψη του κουτιού φίλτρου ή η ανεπαρκής αποτροπή ογκωδών υλικών και υπολειμμάτων δημιουργεί τις συνθήκες εισόδου ρύπων στη δεξαμενή αποθήκευσης. Το κουτί φίλτρου εάν είναι φραγμένο ή δεν καθαρίζεται συστηματικά μπορεί να προκαλέσει απόφραξη και στην συνέχεια υπερχειλίση όπως και αυξάνεται ο κίνδυνος υποβάθμισης της ποιότητας του συλλεγόμενου νερού στην δεξαμενή αποθήκευσης. Κουτιά φίλτρου δεν τοποθετήθηκαν στα συστήματα συλλογής του ερευνητικού έργου και για τον λόγο αυτόν εντός ορισμένων δεξαμενών παρατηρήθηκαν φύλλα.

5. Η έλλειψη του συστήματος εκτροπής του πρώτου ξεπλύματος (first flush) ή ο κακός σχεδιασμός του επιτρέπει την είσοδο ρύπων στη δεξαμενή αποθήκευσης; Το σύστημα εκτροπής του πρώτου ξεπλύματος εάν είναι φραγμένο ή δεν καθαρίζεται συστηματικά μπορεί να προκαλέσει απόφραξη και στην συνέχεια υπερχειλίση όπως και αυξάνεται ο κίνδυνος υποβάθμισης της ποιότητας του συλλεγόμενου νερού στην δεξαμενή αποθήκευσης. Συστήματα εκτροπής πρώτου ξεπλύματος δεν ενσωματώθηκαν στα συστήματα συλλογής του ερευνητικού έργου.

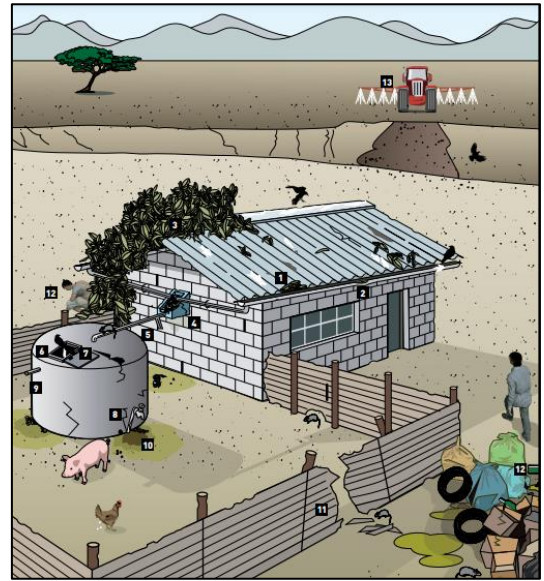
6. Παρατήρηση ορατών σημείων επιμόλυνσης όπως ζώα ή/και τα απόβλητα ζώων ή συσσώρευση ιζημάτων στο εσωτερικό της δεξαμενής αποθήκευσης. Η παρουσία ζώων ή αποβλήτων τους στην δεξαμενή αποτελεί σοβαρό κίνδυνο για την ποιότητα του νερού. Τα ιζήματα πιθανώς περιέχουν παθογόνους και άλλους ρύπους όπως μέταλλα που μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα του αποθηκευμένου νερού. Στο ερευνητικό έργο ενώ δεν παρατηρήθηκαν ζώα ή απόβλητα τους εντός των δεξαμενών, στο εσωτερικό των δεξαμενών παρατηρήθηκαν αιωρούμενα στερεά και σε ορισμένες περιπτώσεις ιζήματα και άλγη.

7. Ύπαρξη σημείου εισόδου στην δεξαμενή αποθήκευσης που είναι ακατάλληλα καλυμμένο ή σφραγισμένο. Η δεξαμενή αποθήκευσης πρέπει να καλύπτεται επαρκώς ή να σφραγίζεται σε οποιοδήποτε σημείο όπως σημεία με ρωγμές για να αποτραπεί η είσοδος ρύπων όπως παρασίτων στην δεξαμενή. Ανοίγματα στην δεξαμενή επιτρέπουν στο φως να εισέλθει και να αναπτυχθούν άλγη. Στο ερευνητικό έργο οι δεξαμενές στην πλειοψηφία τους ήταν επαρκώς καλυμμένες και όλες οι δεξαμενές ήταν από ημιδιάφανο PVC. Ορισμένες εξ αυτών ήταν εκτεθειμένες στον ήλιο, για τον λόγο αυτό αναπτύσσονται ευμενείς συνθήκες για την ανάπτυξη αλγών.

8. Διαρροή της βρύσης της δεξαμενής αποθήκευσης αυξάνει τον κίνδυνο για την ποιότητα του νερού παρέχοντας μια οδό για την είσοδο ρύπων. Δεν παρατηρήθηκαν διαρροές στα συστήματα του ερευνητικού έργου.

9. Μη επαρκής κάλυψη του σωλήνα υπερχειλίσης για την αποφυγή εισόδου ρύπων στην δεξαμενή αποθήκευσης. Ο σωλήνας υπερχειλίσης πρέπει να καλύπτεται με σήτα ή με κάποιο πλέγμα ή γάζα για την αποφυγή εισόδου ρύπων. Στο ερευνητικό έργο δεν υπάρχει σε κανέναν υπερχειλιστή κάλυψη για την αποφυγή εισόδου ρύπων.

10. Ύπαρξη στάσιμου νερού στην περιοχή συλλογής του από την δεξαμενή αυξάνει την πιθανότητα εισόδου ρύπων στη δεξαμενή αποθήκευσης και τη μόλυνση των δοχείων συλλογής του. Στο ερευνητικό έργο η χρήση του νερού για άρδευση πραγματοποιείται μέσω συστήματος άρδευσης επομένως ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος εισόδου ρύπων στην δεξαμενή



Εικόνα 3.7: Παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα του νερού στην τυπική διάταξη του προτεινόμενου συστήματος συλλογής ομβρίων υδάτων ΠΟΥ

στο σημείο της βρύσης. Ωστόσο χρειάζεται προσοχή η είσοδος ρύπων μέσω του συστήματος άρδευσης.

11. Απουσία περιφράξης γύρω από τη δεξαμενή αποθήκευσης μπορεί να οδηγήσει σε ζημιές του συστήματος από ζώα ή την μόλυνση της περιοχής συλλογής. Στο ερευνητικό έργο οι δεξαμενές τοποθετήθηκαν σε περιφραγμένες ιδιοκτησίες οι οποίες κατά κύριο λόγο εμποδίζουν τα μεγάλα ζώα και δεν είναι επαρκώς προστατευμένες από τα μικρότερα όπως ποντίκια και από κατοικίδια όπως γάτες και σκύλους.
12. Σημάδια άλλων πηγών ρύπανσης περιμετρικά της δεξαμενής αποθήκευσης εντός 15 μέτρων όπως ζώα, σκουπίδια, καταυλισμοί, αποθήκευση καυσίμων, οικιακά, γεωργικά ή βιομηχανικά απόβλητα συνιστούν κίνδυνο για την ποιότητα των ομβρίων υδάτων. Σε λίγες περιπτώσεις του ερευνητικού έργου παρατηρήθηκαν σημαντικές ποσότητες σκουπιδιών κοντά στα συστήματα συλλογής.
13. Σημάδια τοπικής βιομηχανικής ή γεωργικής δραστηριότητας η οποία θα μπορούσε να μολύνει την επιφάνεια συλλογής με αερομεταφερόμενους ρύπους, όπως βιομηχανικές εκπομπές ή τοπικές γεωργικές πρακτικές όπως ψεκασμοί. Στο ερευνητικό έργο οι επιφάνειες συλλογής βρίσκονται εντός του Θεσσαλικού κάμπου όπου αυξημένη είναι η γεωργία και η χρήση γεωργικών πρακτικών όπως το ψέκασμα των καλλιεργειών και τα ανατολικά συστήματα συλλογής βρίσκονται πλησίον της βιομηχανικής περιοχής των Τρικάλων. Σε όλα τα συστήματα επομένως υπάρχει πιθανότητα συλλογής αερομεταφερόμενων ρύπων και ειδικά στα πιο ανατολικά.

Τα συστήματα συλλογής που έχουν τοποθετηθεί στο ερευνητικό έργο CIRC4Food των ομβρίων υδάτων εμφανίζουν αυξημένο κίνδυνο σε μόλυνση ή ρύπανση του συλλεγόμενου νερού και σύμφωνα με το έντυπο υγειονομικής επιθεώρησης του ΠΟΥ στα συστήματα συλλογής εντοπίζονται αρκετοί κίνδυνοι.

3.3 Δειγματοληψίες

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες στις 30 από τις 31 συνολικά δεξαμενές αποθήκευσης των ομβρίων υδάτων, η πρώτη στις 21-22



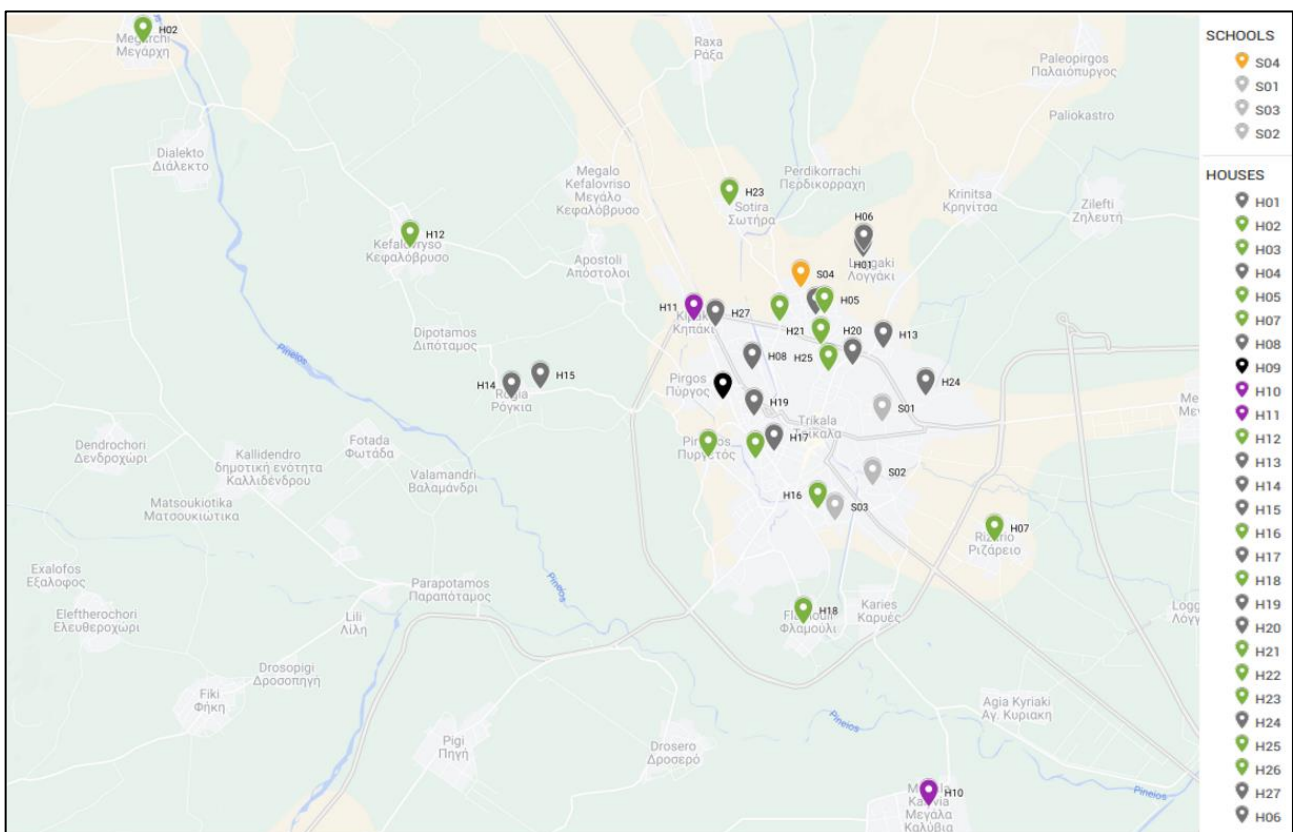
Εικόνα 3.8: Δοχεία συλλογής δειγμάτων νερού για τις πειραματικές μετρήσεις

Φεβρουαρίου 2023 και η δεύτερη στις 25-26 Απριλίου 2023. Στην πρώτη δειγματοληψία συλλέχθηκαν 27 δείγματα, 23 από οικίες (H01 - H09, H12 - H19, H21 - H25, H27) και τέσσερις από σχολικές μονάδες (S01-S04) και μετρήθηκαν στο εργαστήριο οι φυσικοχημικές παράμετροι (η ενεργός οξύτητα (pH), η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η θολότητα, η αλκαλικότητα, το χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο, τα ολικά στερεά, τα αιωρούμενα και τα διαλυμένα, το αμμώνιο, τα νιτρικά, τα νιτρώδη, τα φωσφορικά), τα βαρέα μέταλλα, τα αλκάλια και η περιεκτικότητα σε νάτριο, οι μικροβιολογικές

παράμετροι και οι ατμοσφαιρικοί ρύποι δειγμάτων κατηγορίας PAHs. Η δεύτερη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε ως συμπληρωματική της πρώτης. Πραγματοποιήθηκαν επιτόπου μετρήσεις ενεργού οξύτητας (pH) σε 19 δεξαμενές, 16 οικιακές (H02, H03, H05, H07, H08, H10-H12, H14, H18, H21 – H23, H25 – H27) και τρεις σχολικές (S01, S03, S04). Συλλέχθηκαν 12 δείγματα, 10 από οικίες (H03 - H05, H07, H10, H11, H18, H21, H22, H25, H26) και ένα από σχολείο (S04). Για τα 10 δείγματα (H03 - H05, H07, H10, H11, H18, H22, H25, H26) μετρήθηκαν κάποιες από τις φυσικοχημικές παραμέτρους (η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η θολότητα, η αλκαλικότητα, το χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο, τα ολικά στερεά, τα αιωρούμενα και τα διαλυμένα) και οι μικροβιολογικές παράμετροι. Για το δείγμα S04 μετρήθηκαν μόνο οι φυσικοχημικές παράμετροι (ηλεκτρική αγωγιμότητα, θολότητα, αλκαλικότητα, χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο, ολικά στερεά, αιωρούμενα και διαλυμένα) και για το δείγμα H21 μόνο το αμμώνιο και ο χαλκός (Cu) τα οποία ήταν αυξημένα στην πρώτη δειγματοληψία.



Εικόνα 3.9: Δοχεία αποθήκευσης διηθημένου νερού



Εικόνα 3.10: Γεωγραφική κατανομή των συστημάτων συλλογής του ερευνητικού έργου στην ευρύτερη περιοχή των Τρικάλων:

Για τις δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκε ανάδευση των ομβρίων υδάτων της δεξαμενής και συλλογή αυτών με μικρό κουβά από σχετικά μικρό βάθος, κοντά στην επιφάνεια. Από τον κουβά διαμοιράζονταν προσεκτικά σε επιμέρους πειραματικά δοχεία. Η παραπάνω διαδικασία επηρεαζόταν και από την ποσότητα των υδάτων που εμπεριέχονταν στην δεξαμενή. Σε περιπτώσεις

δεξαμενών όπου παρατηρήθηκε αρκετά χαμηλή στάθμη υδάτων η συλλογή τους πραγματοποιήθηκε από τους εκκενωτές πυθμένα των δεξαμενών. Ορισμένες παράμετροι όπως η ενεργός οξύτητα σε ορισμένες δειγματοληψίες μετρήθηκαν επιτόπου. Στον Πίνακα 3.1 καταγράφεται το χρονοδιάγραμμα των δειγματοληψιών και των επιτόπου μετρήσεων.

Πίνακας 3.1: Πίνακας δειγματοληψιών

α/α	Δείγμα	Είδος Συστήματος	Δειγματοληψίες		Επιτόπου Μετρήσεις
			02/2023	04/2023	04/2023
1	S01	Σχολική Μονάδα	✓	-	✓
2	S02	Σχολική Μονάδα	✓	-	-
3	S03	Σχολική Μονάδα	✓	-	✓
4	S04	Σχολική Μονάδα	✓	✓	✓
01	H01	Οικία	✓	-	-
02	H02	Οικία	✓	-	✓
03	H03	Οικία	✓	✓	✓
04	H04	Οικία	✓	✓	-
05	H05	Οικία	✓	✓	✓
06	H06	Οικία	✓	-	-
07	H07	Οικία	✓	✓	✓
08	H08	Οικία	✓	-	✓
09	H09	Οικία	✓	-	-
10	H10	Οικία	-	✓	✓
11	H11	Οικία	-	✓	✓
12	H12	Οικία	✓	-	✓
13	H13	Οικία	✓	-	-
14	H14	Οικία	✓	-	✓
15	H15	Οικία	✓	-	-
16	H16	Οικία	✓	-	-
17	H17	Οικία	✓	-	-
18	H18	Οικία	✓	✓	✓
19	H19	Οικία	✓	-	-
20	H20	Οικία	-	-	-
21	H21	Οικία	✓	-	✓
22	H22	Οικία	✓	✓	✓
23	H23	Οικία	✓	-	✓
24	H24	Οικία	✓	-	-
25	H25	Οικία	✓	✓	✓
26	H26	Οικία	-	✓	✓
27	H27	Οικία	✓	-	✓

3.4 Πειραματικά Πρωτόκολλα

3.4.1 Φυσικοχημικές Παράμετροι

Ενεργός Οξύτητα - pH

Η ενεργός οξύτητα (pH) εκφράζει την συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (H^+) που περιέχει ένα υδατικό διάλυμα και ορίζεται ως η αρνητική λογαριθμική συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου ($pH = -\log[H^+]$). Η τιμή του pH στο νερό:

- Ρυθμίζει τους μηχανισμούς των αντιδράσεων που ελέγχουν την ποιότητα του νερού
- Σε συνάρτηση με το δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh) καθορίζει την χημική μορφή με την οποία ένα στοιχείο εμφανίζεται στο νερό
- Παρεμποδίζει ή επιταχύνει τις βιοχημικές διεργασίες π.χ. τα κύτταρα ζώντων οργανισμών επιβιώνουν σε τιμές pH οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 5 και 9 [97].

Η τιμή της ενεργού οξύτητας του αρδευτικού νερού επηρεάζει τις υπό άρδευση καλλιέργειες και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για να αποφεύγονται προβλήματα όπως αυτό της ανάπτυξης των φυτών [98].

Η μετρήσεις της ενεργού οξύτητας πραγματοποιήθηκαν με Ηλεκτρόδιο πεχαμέτρου (pHμέτρου) - WTW model pH3110 και πραγματοποιήθηκαν εντός 24-48 ωρών από την πρώτη δειγματοληψία και επιτόπου κατά την δεύτερη. Τα τελικά αποτελέσματα παρατηρούνται στον Πίνακας 0.1.

Εξοπλισμός

- Μαγνήτες
- Μαγνητικός αναδευτήρας
- Ηλεκτρονικό πεχάμετρο (pHμετρο) - WTW model pH3110

Διαδικασία

Τοποθέτηση δειγμάτων σε ποτήρια ζέσεως έως ότου αποκτήσουν θερμοκρασία δωματίου.

Προσδιορισμός της ενεργού οξύτητας (pH) των δειγμάτων με τη τοποθέτηση του ηλεκτροδίου του φορητού πεχαμέτρου (pHμέτρου) - WTW model pH3110 εντός των ποτηρίων ζέσεως και ενώ αυτά βρίσκονται υπό μαγνητική ανάδευση. Μετά από κάθε μέτρηση, το ηλεκτρόδιο ξεπλένεται με απιονισμένο νερό προκειμένου να τοποθετηθεί στο επόμενο δείγμα.

Ηλεκτρική Αγωγιμότητα - E.C.

Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (Electrical Conductivity) ονομάζεται η ικανότητα ενός υλικού να είναι αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος. Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από την παρουσία ιόντων, από την συγκέντρωσή τους, την ευκινησία, το σθένος και τη θερμοκρασία. Είναι το αντίστροφο της



Εικόνα 3.11: Ηλεκτρόδιο πεχαμέτρου (pHμέτρου) - WTW model pH3110

ηλεκτρικής αντίστασης και αποτελεί την αριθμητική έκφραση των ηλεκτρικών φορτίων που φέρει ένα υδατικό διάλυμα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα επηρεάζεται σημαντικά από την θερμοκρασία του διαλύματος [97]. Παρατηρείται ενδιαφέρον στην προσπάθεια συσχέτισης της αγωγιμότητας με τα ολικά διαλυμένα στερεά (TDS) και την σκληρότητα [99]. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα αποτελεί κριτήριο αξιολόγησης του αρδευτικού νερού για την αποφυγή προβλημάτων αλατότητας (salinity) των καλλιεργειών [98].

Μονάδα μέτρησης της είναι το microSiemens ανά cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Η μετρήσεις της αγωγιμότητας πραγματοποιήθηκαν με Αγωγιμόμετρο - WTW model multi3410 και πραγματοποιήθηκαν εντός 24-48 ωρών από την πρώτη δειγματοληψία και επιτόπου κατά την δεύτερη. Τα τελικά αποτελέσματα παρατηρούνται στον Πίνακα 0.1. Μετριέται σε μονάδες $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Εξοπλισμός

- Μαγνήτες
- Μαγνητικός αναδευτήρας
- Αγωγιμόμετρο - WTW model multi3410 (Εικόνα 3.12)

Διαδικασία

Τοποθέτηση δειγμάτων σε ποτήρια ζέσεως έως ότου αποκτήσουν θερμοκρασία δωματίου. Προσδιορισμός της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των δειγμάτων με τη τοποθέτηση του ηλεκτροδίου του φορητού αγωγιμόμετρου - WTW model multi3410 εντός των ποτηρίων ζέσεως και ενώ αυτά βρίσκονται υπό μαγνητική ανάδευση. Μετά από κάθε μέτρηση, το ηλεκτρόδιο ξεπλένεται με απιονισμένο νερό προκειμένου να τοποθετηθεί στο επόμενο δείγμα.



Εικόνα 3.12: Αγωγιμόμετρο - WTW model multi3410

Θολότητα

Η θολότητα (Turbidity) είναι μια έκφραση της ιδιότητας που έχει το νερό να προκαλεί σκέδαση και απορρόφηση του φωτός. Αποτελεί μέτρο της διαύγειας ή διαφάνειας του νερού. Η αυξημένη θολότητα οφείλεται σε παράγοντες όπως η παρουσία αιωρούμενων στερεών, παρουσία οξειδωσιδίων σιδήρου (Fe)/μαγγανίου (Mn), υψηλή συγκέντρωση βακτηρίων ή ακόμα και στην παρουσία μικρών φυσαλίδων αέρα [97]. Μετριέται σε μονάδες NTU.

Η μετρήσεις της θολότητας πραγματοποιήθηκαν με θολόμετρο - Hach model 2100P iso και πραγματοποιήθηκαν εντός 6-7 ημερών από την πρώτη δειγματοληψία και επιτόπου κατά την δεύτερη. Τα τελικά αποτελέσματα παρατηρούνται στον Πίνακα 0.1. Πεδία εφαρμογής της συγκεκριμένης μέτρησης αποτελούν το πόσιμο, επιφανειακό και θαλασσινό νερό με εύρος θολότητας από 0 έως 40 μονάδες NTU.

Εξοπλισμός

- Θολόμετρο - Hach model 2100P iso

Διαδικασία

Τοποθέτηση δειγμάτων σε ποτήρια ζέσεως έως ότου αποκτήσουν θερμοκρασία δωματίου και προσδιορισμός της θολότητας των δειγμάτων με την χρήση φορητού θολόμετρο - Hach model 2100P iso.

Αλκαλικότητα

Η αλκαλικότητα του νερού (alkalinity) εκφράζει το μέτρο της ικανότητας του νερού να εξουδετερώνει ορισμένη ποσότητα υδροκατιόντων (H^+), είναι δηλαδή το μέτρο της ρυθμιστικής του ικανότητας. Η αλκαλικότητα προσδιορίζεται με τιτλοδότηση του δείγματος με πρότυπο διάλυμα θειικού οξέος (H_2SO_4). Πολλές ενώσεις όπως είναι τα φωσφορικά, πυριτικά και η αμμωνία μπορούν να συνεισφέρουν στην αλκαλικότητα. Το μέτρο της ολικής αλκαλικότητας μπορεί να δοθεί από την μαθηματική έκφραση:

$$A = (HCO_3^-) + 2 (CO_3^{2-}) + (OH^-) - (H^+)$$

Στο pH των φυσικών νερών (6,5-8,5) ουσιαστικά υπάρχουν μόνο τα ιόντα των όξινων ανθρακικών (HCO_3^{2-}). Μετριέται σε μονάδες mg/LCaCO₃.

Η μετρήσεις της αλκαλικότητας πραγματοποιήθηκαν εντός 24-48 ωρών από τις δειγματοληψίες. Τα τελικά αποτελέσματα παρατηρούνται στον Πίνακα 0.1. Πεδία εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθόδου αποτελούν το νερό και τα λύματα.

Εξοπλισμός

- Μαγνήτες
- Μαγνητικός αναδευτήρας
- Ηλεκτρονικό πεχάμετρο (pHμετρο) - WTW model pH3110
- Προχοΐδα (Εικόνα 3.13)

Αντιδραστήριο:

- Θειικό οξύ 0,01N (H_2SO_4)

Διαδικασία:

Έχοντας προηγηθεί διήθηση και ογκομέτρηση 50 mL δείγματος πραγματοποιείται τιτλοδότηση με διάλυμα θειικού οξέος H_2SO_4 0,01 N. Μόλις το pH φτάσει την τιμή 4,5, καταγράφεται ο όγκος οξέος που χρησιμοποιήθηκε. Ο υπολογισμός της αλκαλικότητας γίνεται σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$\text{Αλκαλικότητα (mg/L CaCO}_3\text{)} = \text{Vοξέος} \times 50.0000 \times 0,01/\text{Vδείγματος},$$

Τα δείγματα στα οποία αναμένεται υψηλή τιμή αλκαλικότητας αραιώνονται με απιονισμένο νερό. Στα συγκεκριμένα δείγματα δεν χρειάστηκε να πραγματοποιηθεί αραιώση.

Χημικώς Απαιτούμενο Οξυγόνο - COD

Το Χημικώς Απαιτούμενο Οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand - COD) ορίζεται ως η ποσότητα ενός συγκεκριμένου οξειδωτικού (οξυγόνου) που απαιτείται για την πλήρη χημική οξείδωση των



Εικόνα 3.13: Προχοΐδα

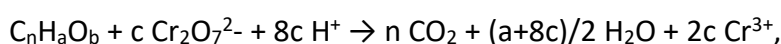
οργανικών και ανόργανων ενώσεων που περιέχονται σε ένα δείγμα (τροφή) σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό [100], [99]. Η συγκέντρωση του Χημικώς Απαιτούμενου Οξυγόνου δίνεται σε μονάδες mg/L ή ppm (1mg/L = 1ppm).

Η μετρήσεις του χημικώς απαιτούμενου οξυγόνου πραγματοποιήθηκαν σε φασματοφωτόμετρο DR/2800 HACH σε πρόγραμμα με περιοχή μέτρησης 15-150 ppm (low range) με επιλεγμένη τιμή μήκους κύματος $\lambda = 448 \text{ nm}$. Σε κανένα δείγμα δεν πραγματοποιήθηκε αραίωση. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εντός 48 ωρών από την δειγματοληψία και τα τελικά αποτελέσματα παρατηρούνται στον Πίνακα 0.1. Πεδία εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθόδου αποτελούν τα νερά, τα λύματα (επεξεργασμένα & ανεπεξεργαστα) και το ανάμικτο υγρό από Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας λυμάτων. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του χημικώς απαιτούμενου οξυγόνου είναι η 5220 D "Closed Reflux Colorimetric Method", Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition, 2012 [101][100].

Αρχή Μεθόδου:

Τα περισσότερα είδη οργανικής ύλης οξειδώνονται από ένα μείγμα χρωμικών και θειικών οξέων. Ένα δείγμα χωνεύεται με διάλυμα ισχυρού οξέος και γνωστή ποσότητα διχρωμικού καλίου ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Κατά τη διάρκεια της χώνευσης το διχρωμικό ιόν οξειδώνει την ύλη που περιέχεται στο δείγμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μετατροπή (αναγωγή) του χρωμίου από εξασθενές ιόν (IV), σε τρισθενές (III). Οι δύο αυτές καταστάσεις του χρωμίου χαρακτηρίζονται από πορτοκαλί και πράσινο χρώμα αντίστοιχα, και εμφανίζουν απορρόφηση σε συγκεκριμένα μήκη κύματος κατά τη φασματοφωτομετρική ανάλυση.

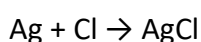
Η στοιχειομετρία της οξείδωσης του οργανικού άνθρακα κατά τον προσδιορισμό του COD περιγράφεται από την σχέση:



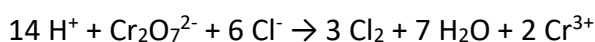
$$\text{όπου } c=2/3n+a/6-b/3.$$

Η ύπαρξη χλωριόντων παρεμβάλλεται στη μέτρηση του COD με δύο τρόπους:

α) τα χλωριόντα δεσμεύουν τον άργυρο και ελαττώνουν έτσι την καταλυτική δράση του AgSO_4 σύμφωνα με την αντίδραση:

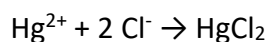


β) τα χλωριόντα οξειδώνονται από το διχρωμικό σε Cl_2 , αυξάνοντας έτσι πλασματικά την τιμή του COD του δείγματος, όπως φαίνεται από την ακόλουθη αντίδραση:



Σύμφωνα με την παραπάνω αντίδραση 1mgCl προκαλεί αύξηση του COD κατά 0,22mg. Η δοκιμή δεν εφαρμόζεται για συγκεντρώσεις χλωρίου >2000mg/L.

Η παρεμβολή αυτή απαλείφεται με την προσθήκη HgSO_4 και τη δημιουργία συμπλόκων HgCl_2 που δεν είναι οξειδώσιμα από το διχρωμικό κάλιο:



Μετά την οξείδωση της οργανικής ύλης με διχρωμικό, απαιτείται η μέτρηση της υπολειπόμενης συγκέντρωσης (περίσσεια) διχρωμικού καλίου ή η μέτρηση του Cr^{3+} που παράχθηκε για τον υπολογισμό της ποσότητας του διχρωμικού που καταναλώθηκε. Η μέτρηση των ανωτέρω γίνεται είτε φασματογραφικά είτε με τιτλοδότηση.

Εξοπλισμός:

- Συσκευή χώνευσης φιαλιδίων COD (Εικόνα 3.14)
- Φορητό φασματοφωτόμετρο DR/2800 HACH (Εικόνα 3.15)
- COD TNTplus Reactor Adapter Sleeves
- Γυάλινοι ογκομετρικοί κύλινδροι
- Γυάλινες ογκομετρικές φιάλες
- Αυτόματη πιπέτα
- Θερμόμετρο για τη μέτρηση της θερμοκρασίας χώνευσης
- Βάση στήριξης φιαλιδίων πολλαπλών θέσεων
- Συσκευή διήθησης μονή με χρήση αντλίας κενού, ME 4R, VACUUMBRAND
- Μεμβράνες διήθησης 0,45 μm

Αντιδραστήρια:

- Φιαλίδιο COD της LANGE με κωδικούς LCK 314
- πρότυπο διάλυμα όξινου φθαλικού καλίου KHP (Kalium Hydrogen Phthalate) 1000 mg/L.

Διαδικασία:

Ομογενοποίηση ικανού όγκου δειγμάτων πριν την ανάλυση και ανακίνηση καλά του φιαλιδίου COD LANGE. Με χρήση αυτόματης πιπέτας, μεταφορά στο φιαλίδιο COD LANGE 2,00 mL ομογενοποιημένου δείγματος και σφράγισμα του φιαλιδίου. Καθαρισμός των εξωτερικών τοιχωμάτων του φιαλιδίου με χρήση απιονισμένου νερού και σκούπισμα επιμελώς με διηθητικό χαρτί. Ανακίνηση καλά του φιαλιδίου με σκοπό την πλήρη ανάμιξη των αντιδραστηρίων που περιέχονται σε αυτό, με το δείγμα που προστέθηκε. Τοποθέτηση του φιαλιδίου στη συσκευή χώνευσης, στην οποία έχει επιλεγεί το αντίστοιχο πρόγραμμα που επιτυγχάνει 1500 ± 20 °C. Στην περίπτωση που τοποθετούνται περισσότερα του ενός φιαλιδία,



Εικόνα 3.14: Συσκευή Χώνευσης

η τοποθέτηση τους ενδείκνυται να γίνεται κατά συμμετρικό σχήμα για βέλτιστη απόδοση του χωνευτή. Πραγματοποιείται η χώνευση σε θερμοκρασία 1500 ± 20 °C και για χρονικό διάστημα 120 min. Η διαδικασία αυτή αφορά στην αντίδραση εν θερμώ της οξειδώσιμης οργανικής ύλης που περιέχεται στο αναλυόμενο δείγμα, με ένα ισχυρό οξειδωτικό μέσο που περιέχεται στα φιαλιδία COD LANGE, το οποίο είναι το διχρωμικό κάλιο. Αποτέλεσμα της οξείδωσης της οργανικής ύλης είναι



Εικόνα
Φασματοφωτόμετρο

3.15:

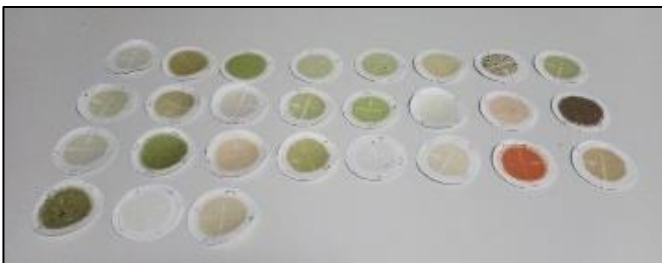
η αναγωγή των διχρωμικών ανιόντων σε τρισθενή ιόντα χρωμίου. Τα φιαλίδια COD LANGE, εκτός από την ποσότητα διχρωμικού καλίου, περιέχουν ποσότητες θειικού αργύρου και θειικού υδραργύρου που δρουν ως καταλύτης και συμπλοκοποιητής χλωριόντων αντίστοιχα. Ανακίνηση των φιαλιδίων εφόσον έχουν έρθει σταδιακά σε θερμοκρασία δωματίου για την διάλυση συμπυκνωμένων υδρατμών και την αποφυγή αποθέσεων συσσωματωμάτων και τοποθέτηση τους σε βάση στήριξης πολλαπλών θέσεων, με σκοπό την καθίζηση των αιωρούμενων σωματιδίων και τον καθαρισμό της δίοδου της οπτικής δέσμης (optical path). Επιλέγεται στο φασματοφωτόμετρο το “Προγράμματα Barcode” και τοποθετείται το φιαλίδιο για ανάγνωση.

Ολικά Στερεά / Ολικά Αιωρούμενα Στερεά / Ολικά Διαλυμένα Στερεά – TS / TSS / TDS

Τα Ολικά Στερεά (Total Solids – TS) αναφέρονται στο στερεό υπόλειμμα ορισμένου όγκου δείγματος νερού το οποίο προσδιορίζεται με ζύγιση μετά από εξάτμιση του νερού σε θερμοκρασία 103-105°C. Από την διαφορά του απόβαρου της κάψας με το μικτό βάρος της κάψας και του στερεού υπολείμματος προκύπτει το βάρος του στερεού υπολείμματος.

Τα Ολικά Αιωρούμενα Στερεά (Total Suspended Solids – TSS) αφορούν λεπτόκοκκο υλικό το οποίο αποτελείται κυρίως από αργιλικά ορυκτά, ανόργανες και οργανικές ενώσεις. Είναι όλα τα στερεά σωματίδια τα οποία κατακρατούνται από ηθμό που αποτελείται από γυάλινες ίνες οπής διαμέτρου 1μm και παραμένουν μετά από ξήρανση του ηθμού σε θερμοκρασία 103-105 °C. Τα ολικά αιωρούμενα στερεά δεν καθιζάνουν από το νερό υπό τις επικρατούσες συνθήκες και έχουν την ιδιότητα να προσροφούν στην επιφάνεια τους διαλυτές ανόργανες και οργανικές ενώσεις επηρεάζοντας την χημική του σύσταση. Η ικανότητα τους να επηρεάζουν την χημική σύσταση του νερού εξαρτάται από την ιοντοανταλλακτική τους ικανότητα (Cation Exchange Capacity – CEC) [97].

Τα Ολικά Διαλυμένα Στερεά (Total Dissolved Solids – TDS) εκφράζουν την συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων χλωριούχων, θειικών, νιτρικών, νιτρωδών και αμμωνιακών αλάτων. Είναι όλα τα σωματίδια τα οποία διέρχονται από ηθμό που αποτελείται από γυάλινες ίνες οπής 1,2 μm και παραμένουν μετά από ξήρανση του ηθμού σε θερμοκρασία 180 °C [97].



Εικόνα 3.16: Φίλτρα των 27 δειγμάτων μετά την μέτρηση των Ολικών Αιωρούμενων Στερεών - TSS

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εντός 72-96 ωρών από την δειγματοληψία και τα τελικά αποτελέσματα παρατηρούνται στον Πίνακας 0.1. Πεδία εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθόδου αποτελούν τα νερά και τα λύματα (επεξεργασμένα & ανεπεξέργαστα). Η Εργαστηριακή Μέθοδος που ακολουθήθηκε είναι η 2540 D, Standard Methods for the

Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition, 2012 [101].

Εξοπλισμός TSS

- Αναλυτικός Ηλεκτρονικός ζυγός με ακρίβεια ζύγισης 0,0001 gr
- Φούρνος καύσης στερεών για λειτουργία σε θερμοκρασίας στους 103-105 °C (Εικόνα 3.18)
- Συσκευή διήθησης με χρήση αντλίας κενού
- Ξηραντήρας με κατάλληλο αφυγραντικό μέσο (Εικόνα 3.19)
- Μαγνητική πλάκα ανάδευσης
- Μαγνητικός αναδευτήρας
- Φίλτρα διήθησης Whatman GF/C διαμέτρου 47 mm, pore diam. 1.2 μm
- Γυάλινοι ογκομετρικοί κύλινδροι
- Αυτόματη πιπέτα
- Ανοξείδωτες μεταλλικές ή πλαστικές λαβίδες



Εικόνα 3.17: Ζυγαριά ακριβείας

Εξοπλισμός TDS

- Αναλυτικός Ηλεκτρονικός ζυγός με ακρίβεια ζύγισης 0,0001 gr (Εικόνα 3.17)
- Φούρνος για λειτουργία σε θερμοκρασίας στους 180 °C (Εικόνα 3.18)
- Συσκευή διήθησης με χρήση αντλίας κενού
- Ξηραντήρας με κατάλληλο αφυγραντικό μέσο (Εικόνα 3.19)
- Μαγνητική πλάκα ανάδευσης
- Μαγνητικός αναδευτήρας
- Φίλτρα διήθησης Whatman GF/C διαμέτρου 47 mm, pore diam. 1.2 μm
- Γυάλινοι ογκομετρικοί κύλινδροι
- Αυτόματη πιπέτα
- Ανοξείδωτες μεταλλικές ή πλαστικές λαβίδες

Διαδικασία εκτέλεσης TSS

Στο στάδιο προετοιμασίας της διήθησης, καινούργιο φίλτρο GF/C τοποθετείται στο πυριαντήριο, σε θερμοκρασία 103-105 °C, όπου και παραμένει για χρονικό διάστημα 60 min. Μεταφέρεται στον ξηραντήρα ώστε να επανέλθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ζυγίζεται αμέσως πριν την χρήση του. Για την διαδικασία της διήθησης επιλέγεται όγκος δείγματος ο οποίος διηθείται με την χρήση της αντλίας κενού στο προζυγιασμένο φίλτρο. Σε επόμενο βήμα, αφαιρείται το φίλτρο από τη συσκευή διήθησης και τοποθετείται στο πυριαντήριο θερμοκρασίας 103-105 °C για 60 min. Μετά το πέρας των 60 min μεταφέρεται στον ξηραντήρα για 10 min, ώστε να επανέλθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ζυγίζεται στον αναλυτικό ηλεκτρονικό ζυγό.



Εικόνα 3.18: Φούρνος καύσης στερεών 103-105°C

Διαδικασία εκτέλεσης TDS

Τοποθετείται σε ζυγισμένη κάψα ορισμένος όγκος διηθημένου δείγματος θερμοκρασίας δωματίου. Μεταφέρεται σε προθερμασμένο φούρνο σε θερμοκρασία 180 °C, όπου και παραμένει για χρονικό διάστημα μιας ημέρας. Τοποθετείται στον ξηραντήρα έως ότου επανέλθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ζυγίζεται στον αναλυτικό ηλεκτρονικό ζυγό.

Οι εργαστηριακές μετρήσεις όλων των δειγμάτων πραγματοποιήθηκαν σε αναλυτικό ηλεκτρονικό ζυγό ακρίβειας ζύγισης 0,0001 gr. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εντός 48-72 ωρών από την δειγματοληψία για τα TSS και εντός 2 εβδομάδων για τα TDS. Η συγκέντρωση των ολικών αιωρούμενων στερεών TSS, υπολογίζεται βάσει του ακόλουθου τύπου:

$$\text{TSS (mg/L)} = (\text{Ζύγιση}_{105} - \text{Ζύγιση}_{\text{αρχική}}) * 1000 / V_{\text{δείγματος}}$$

$$\text{TDS (mg/L)} = (\text{Ζύγιση}_{180} - \text{Ζύγιση}_{\text{αρχική}}) * 1000 / V_{\text{δείγματος}}$$

όπου: Ζύγιση₁₀₅, Ζύγιση₁₈₀, Ζύγιση_{αρχική} μετρώνται σε mg, V_{δείγματος} μετράται σε mL

Αμμωνιακό Άζωτο – NH₄-N

Το Αμμωνιακό Άζωτο (NH₄-N) αποτελεί μία από τις σημαντικότερες μορφές αζώτου στη φύση μαζί με το οργανικό άζωτο, το αέριο άζωτο, τα νιτρώδη και τα νιτρικά. Σύμφωνα με τον ΠΟΥ δεν έχει θεσπιστεί ανώτατο όριο για την μέγιστη ημερήσια συγκέντρωση του αμμωνιακού αζώτου που μπορεί να καταναλώνεται από τον άνθρωπο καθώς δεν ελλοχεύει κάποιος κίνδυνος [99]. Για αρδευτικούς σκοπούς το νερό πρέπει να ελέγχεται για αμμωνιακό άζωτο καθώς μπορεί να δημιουργηθούν προβλήματα όπως αυτό της ανάπτυξης των καλλιεργειών [98]. Η συγκέντρωση του αμμωνιακού αζώτου δίνεται σε μονάδες mg/L NH₄.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εντός μια εβδομάδας από τις δειγματοληψίες σε διηθημένο δείγμα και τα τελικά αποτελέσματα παρατηρούνται στον Πίνακα 0.1. Πεδία εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθόδου αποτελούν τα επιφανειακά νερά, τα υγρά απόβλητα, το πόσιμο νερό και το νερό πισίνας. Η Εργαστηριακή Μέθοδος που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του νιτρικού αζώτου είναι η LCK304 της HACH Lange (0,015 - 2,0 mg/L NH₄-N ή 0,02 - 2,5 mg/l NH₄)

Αρχή Μεθόδου: Τα αμμωνιακά ιόντα αντιδρούν σε pH 12,6 με τα ιόντα υποχλωριωδών και τα ιόντα σαλικυλικών παρουσία sodium nitroprusside ως καταλύτη για τη δημιουργία κυανού της ινδοφαινόλης (indophenol blue).

Εξοπλισμός

- Φασματοφωτόμετρο HACH DR 2800



Εικόνα 3.19: Ξηραντήρας

- Αυτόματη πιπέττα
- Γυάλινοι ογκομετρικοί κύλινδροι 25 και 50 mL
- Γυάλινες ογκομετρικές φιάλες 50 mL

Αντιδραστήρια:

- Φιαλίδιο COD της LANGE με κωδικούς LCK 304 (Εικόνα 3.20)



Εικόνα 3.20: Φιαλίδιο COD της LANGE με κωδικούς LCK 304

Διαδικασία

Προστίθεται σε κάθε φιαλίδιο 5 mL δείγματος. Το φιαλίδιο ανακινείται και μετά από 15 min μετράται η απορρόφηση στο φασματοφωτόμετρο.

Νιτρικό Άζωτο NO₃-N

Το Νιτρικό Άζωτο (NO₃-N) ορίζεται ως η ποσότητα αζώτου που υπολογίζεται στα νιτρικά ιόντα και μόνο. Στην περίπτωση μέτρησης ποιότητας νερού, η συγκέντρωση του Νιτρικού Αζώτου δίνεται σε νιτρικές ρίζες σε μονάδες mg/L NO₃⁻ και όχι σε νιτρικό άζωτο NO₃-N. Τα νιτρικά έχουν καρκινογόνο δράση και εάν η περιεκτικότητά τους στο πόσιμο νερό ξεπερνάει την τιμή των 100 mg/L, το νερό αποκτά μια πικρή γεύση και δημιουργούνται διαταραχές στην φυσιολογία του οργανισμού. Νερό με περιεκτικότητα >45mg/L εάν καταναλωθεί, προκαλεί μεθαιμοσφαιριναιμία στα βρέφη [97]. Τα νιτρικά δεν κατατάσσονται στις καρκινογόνες ή πιθανώς καρκινογόνες ουσίες σύμφωνα και με τους τρεις κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (World Health Organization), και της αμερικάνικης EPA (Environmental Protection Agency) [99]. Για αρδευτικούς σκοπούς το νερό πρέπει να ελέγχεται για νιτρικό άζωτο καθώς μπορεί να δημιουργηθούν προβλήματα όπως αυτό της ανάπτυξης των καλλιεργειών [98].

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εντός μια εβδομάδας από τις δειγματοληψίες σε διηθημένο δείγμα και τα τελικά αποτελέσματα παρατηρούνται στον Πίνακα 0.1. Πεδία εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθόδου αποτελούν τα νερά, τα λύματα (επεξεργασμένα & ανεπεξέργαστα), το ανάμικτο υγρό και οι ιλύες από Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων. Η Εργαστηριακή Μέθοδος που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του νιτρικού αζώτου είναι η LCK339 της HACH Lange (0,23 - 13,50 mg/L NO₃-N ή 1 - 60 mg/L NO₃⁻)

Αρχή Μεθόδου: Ο προσδιορισμός του νιτρικού αζώτου με τη χρήση φιαλιδίων με αντιδραστήρια (έτοιμα φιαλίδια από τον κατασκευαστή), βασίζεται στην αντίδραση των νιτρικών ανιόντων με 2,6-διμεθυλφαινόλη προς σχηματισμό 4-νίτρο-2,6-διμεθυλφαινόλη, σε διάλυμα που περιέχει θειικό και φωσφορικό οξύ.

Εξοπλισμός

- Φασματοφωτόμετρο HACH DR 2800
- Αυτόματη πιπέττα
- Γυάλινοι ογκομετρικοί κύλινδροι 25 και 50 mL
- Γυάλινες ογκομετρικές φιάλες 50 mL



Εικόνα 3.21: Φιαλίδιο COD της LANGE με κωδικούς LCK 339

Αντιδραστήρια:

- Φιαλίδιο COD της LANGE με κωδικούς LCK 339 (Εικόνα 3.21)
- Πρότυπο διάλυμα νιτρικού αζώτου 100 mg/L

Διαδικασία

Προστίθεται σε κάθε φιαλίδιο 1 mL δείγματος και 0,2 mL από το αντιδραστήριο που παρεχόταν με τα φιαλίδια. Το φιαλίδιο ανακινείται και μετά από 15 min μετράται η απορρόφηση στα 345 nm.

Νιτρώδες Άζωτο NO₂-N

Η συγκέντρωση του Νιτρώδους Αζώτου (NO₂-N) δίνεται σε νιτρώδη ιόντα σε μονάδες mg/L NO₂⁻ και όχι σε νιτρώδες άζωτο NO₂-N. Τα νιτρώδη ιόντα προσδίδουν τοξικότητα στο πόσιμο νερό που καταναλώνεται από μικρής ηλικίας παιδιά [97]. Τα νιτρώδη δεν κατατάσσονται στις καρκινογόνες ή πιθανώς καρκινογόνες ουσίες σύμφωνα και με τους τρεις κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (World Health Organization), και της αμερικάνικης EPA (Environmental Protection Agency) [99].

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εντός μια εβδομάδας από τις δειγματοληψίες σε διηθημένο δείγμα και τα αποτελέσματα παρατηρούνται στον Πίνακα 0.1. Πεδία εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθόδου αποτελούν τα νερά, τα λύματα και το θαλασσινό νερό, ενώ η εργαστηριακή μέθοδος που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του νιτρώδους αζώτου είναι η μέθοδος 8507 της HACH Lange LR (0,002 to 0,300 mg/L NO₂⁻-N)

Εξοπλισμός

- Φασματοφωτόμετρο HACH DR 2800
- Αυτόματη πιπέττα
- Γυάλινοι ογκομετρικοί κύλινδροι 25 και 50 mL
- Γυάλινες ογκομετρικές φιάλες 50 mL

Αντιδραστήρια:

- NitriVer 3 Nitrite Reagent Powder Pillows

Διαδικασία

Προστίθεται σε 10 mL δείγματος το αντιδραστήριο. Το φιαλίδιο ανακινείται και μετά από 20 min μετράται η απορρόφηση στο φασματοφωτόμετρο.

Ολικός Φώσφορος & Ορθοφωσφορικά – TP & PO₄-P

Για τον προσδιορισμό του ολικού φωσφόρου και των διαφόρων κλασμάτων αυτού που περιέχονται στην οργανική ύλη (οργανικός φώσφορος), τις πολυφωσφορικές ενώσεις και στις ορθοφωσφορικές ρίζες εκτελείται η μέθοδος προσδιορισμού φωσφόρου με βάση την πρότυπη μέθοδο 4500-P E. Ascorbic Acid του Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater,

22nd Edition, 2012. Ο προσδιορισμός του οργανικού φωσφόρου και των πολυφωσφορικών απαιτεί την υδρόλυση τους σε ορθοφωσφορικά. Για το λόγο αυτό ο προσδιορισμός του ολικού φωσφόρου που περιλαμβάνει και τις τρεις μορφές φωσφόρου (ορθοφωσφορικά, πολυφωσφορικά και οργανικό φωσφόρο) γίνεται σε δύο στάδια:

α) στάδιο χώνευσης του οργανικού φωσφόρου και των πολυφωσφορικών με στόχο τη μετατροπή τους σε ορθοφωσφορικές ρίζες και

β) προσδιορισμός του συνόλου του φωσφόρου ως ορθοφωσφορικά (PO₄-P).

Κατά το πρώτο στάδιο το δείγμα υπόκειται σε βρασμό παρουσία θειϊκού οξέος και ενός καταλύτη (ammonium persulfate). Κάτω από αυτές τις συνθήκες η οργανική ύλη οξειδώνεται σε CO₂ και H₂O, ενώ ο φωσφόρος που περιέχεται στην οργανική ύλη και στις πολυφωσφορικές αλυσίδες υδρολύεται σε ορθοφωσφορικά. Η συγκέντρωση των ορθοφωσφορικών μπορεί στη συνέχεια να προσδιοριστεί με διάφορες μεθόδους. Στην παρούσα εργασία εφαρμόστηκε η μέθοδος του Ασκορβικού Οξέος. Σύμφωνα με τη μέθοδο, μείγμα ammonium molybdate και potassium antimonyl titrate αντιδρούν κάτω από όξινες συνθήκες και παράγουν μια σύμπλοκη ένωση (ammonium phosphomolybdate) σύμφωνα με την ακόλουθη αντίδραση:



Στη συνέχεια παρουσία ασκορβικού οξέος το μολυβδαίνιο που περιέχεται στο ammonium phosphomolybdate ανάγεται σε ελεύθερο μολυβδαίνιο που δίνει μια έντονη μπλε απόχρωση στο διάλυμα. Η απόχρωση του διαλύματος είναι ανάλογη της συγκέντρωσης φωσφόρου για τιμές φωσφόρου 0,1-1,0 mg P/l. Ο προσδιορισμός του ολικού P γίνεται φασματογραφικά σε μήκος κύματος 890 nm. Μετριέται σε μονάδες mg/L PO₄-P.

Οι μετρήσεις του ολικού φωσφόρου και των ορθοφωσφορικών πραγματοποιήθηκαν εντός 2 εβδομάδων από τις δειγματοληψίες σε διηθημένο δείγμα, τα τελικά αποτελέσματα παρατηρούνται στον Πίνακα 0.1. Πεδία εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθόδου αποτελούν το νερό και τα λύματα.

Εξοπλισμός:

- Πλάκες θέρμανσης δειγμάτων
- Κωνικές φιάλες όγκου 125 ml
- Συσκευή διήθησης μονή
- Φασματοφωτόμετρο ορατού φωτός τύπου
- Μεμβράνες διήθησης

Αντιδραστήρια:

1. Χώνευση

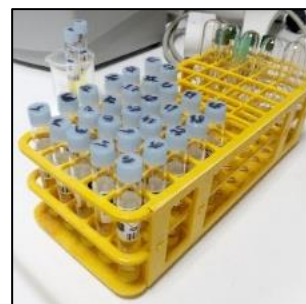
- Πυκνό θειϊκό οξύ κανονικότητας 11 N
- Ammonium persulfate
- Διάλυμα καυστικού νατρίου κανονικότητας 1 N

2. Μέθοδος ασκορβικού οξέος

- Θειϊκό οξύ 5 N
- Potassium antimonyl ttrate: 1,3715 gr $K(SbO)C_4H_4O \cdot 1/2 H_2O$ / 500 mL νερού αποσταγμένου
- Ammonium molybdate: 20 g $(NH_4)_6 Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ / 500 mL νερού αποσταγμένου
- Ασκορβικό οξύ: 1,76 gr ascorbic acid/ 100ml νερού αποσταγμένου
- Ανάμικτα αντιδραστήρια: Ανάμιξη των παραπάνω αντιδραστηρίων σύμφωνα με την ακόλουθη αναλογία: 50 mL 5 N H_2SO_4 , 5 mL potassium antimonyl ttrate, 15 mL ammonium molybdate και 30 mL ασκορβικό οξύ.

Διαδικασία:

Δείγμα κατάλληλου όγκου αραιώνεται σε 50 mL ώστε η τελική συγκέντρωση PO_4-P στο διάλυμα να κυμαίνεται μεταξύ 0,1 – 1 mg/l PO_4-P όπου αναμένεται γραμμική συσχέτιση απορροφητικότητας – συγκέντρωσης P. Προστίθεται μια σταγόνα phenolphthalein και εάν το δείγμα πάρει μια ελαφρά κόκκινη απόχρωση προστίθεται με προσοχή θειϊκό οξύ 5 N, ώστε το δείγμα να αποχρωματισθεί. Προστίθενται 8 ml από τα ανάμικτα αντιδραστήρια και το δείγμα αφήνεται για 10 min μέχρι να ολοκληρωθεί ο χρωματισμός του αλλά όχι παραπάνω από 30 min. Τέλος μετράται η απορροφητικότητα του στα 880 nm χρησιμοποιώντας το φασματοφωτόμετρο.



Εικόνα 3.22: Ανάμικτα αντιδραστήρια φωσφορικών

3.4.2 Βαρέα Μέταλλα & Αλκάλια (Cd, Mn, Pb, Ni, Cu, Cr, Zn, Ca, K, Mg & Na)

Βαρέα Μέταλλα

Κάδμιο (Cadmium – Cd): Ποσότητες καδμίου εκλύονται στην ατμόσφαιρα κατά την τήξη μετάλλων, καύση πλαστικών και κατά την καύση ορισμένων στερεών ή υγρών καυσίμων. Στην βιομηχανική παραγωγή ψευδαργύρου και φωσφορικών λιπασμάτων παρατηρείται ρύπανση από κάδμιο καθώς και κατά την εξόρυξη μεταλλευμάτων καδμίου-ψευδαργύρου. Το κάδμιο προσλαμβάνεται εύκολα από τα φυτά και για αυτό η άρδευση τους με ρυπασμένο νερό μπορεί να οδηγήσει σε παθήσεις [97] Το κάδμιο δεν χρησιμεύει σε βιολογικές διεργασίες του ανθρώπινου οργανισμού και είναι ιδιαίτερα τοξικό. Έχει μακρύ βιολογικό χρόνο υποδιπλασιασμού στο ανθρώπινο σώμα και μπορεί να είναι καρκινογόνο και τερατογόνο. Η EPA έχει θέσει όριο τα 5ppb στο πόσιμο νερό [102]. Ο ΠΟΥ συνιστά μέγιστη ημερήσια προσλαμβανόμενη ποσότητα μικρότερη των 70μg. Το κάδμιο έχει χαρακτηριστεί καρκινογόνο όταν εισπνέεται αλλά δεν υπάρχουν επαρκείς αντίστοιχες ενδείξεις για την περίπτωση πρόσληψης του μέσω της πεπτικής οδού [99].

Μαγγάνιο (Manganese – Mn): Το μαγγάνιο εμφανίζεται συνήθως σε συνδυασμό με τον σίδηρο. Σε μικρές συγκεντρώσεις επιδρά θετικά στον ανθρώπινο οργανισμό αλλά σε ποσότητες μεγαλύτερες των 3,5-4mg/L ανά ημέρα μπορεί να λειτουργήσει αρνητικά με δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου [99].

Μόλυβδος (Lead – Pb): Ο μόλυβδος εισέρχεται στον ανθρώπινο οργανισμό κυρίως μέσω της πεπτικής οδού και λιγότερο από την αναπνευστική. Οι βλάβες που προκαλεί ο μόλυβδος είναι σημαντικές και εμφανίζονται πιο εύκολα σε ευπαθείς ομάδες και παιδιά [99]. Εκλύεται στο περιβάλλον από τις βιομηχανίες και από τις εκπομπές ρύπων των οχημάτων. Τα φυτά δεν προσλαμβάνουν εύκολα τον μεταλλικό μόλυβδο από το έδαφος, απεναντίας προσλαμβάνουν τον τραϊθυλιούχο με μεγαλύτερη ευκολία από το έδαφος και πιθανώς από την ατμόσφαιρα [102].

Νικέλιο (Nikel – Ni): Το νικέλιο συναντάται σε αφθονία στην φύση. Εκλύεται στην ατμόσφαιρα κυρίως από βιομηχανικές δραστηριότητες. Η έκθεση του ανθρώπου πραγματοποιείται κυρίως μέσω της τροφής και της δερματικής επαφής και λιγότερο μέσω της πόσης. Δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι το νικέλιο είναι καρκινογόνο όταν προσλαμβάνεται με το πεπτικό σύστημα [99]. Η EPA έχει ορίσει ανώτατο όριο στο πόσιμο νερό το 0,1 mg/L [102].

Χαλκός (Copper – Cu): Ο Χαλκός είναι μέταλλο που βρίσκεται με διάφορες μορφές στη φύση και είναι απαραίτητος για την υγεία του ανθρώπου. Η ανθρώπινη έκθεση πραγματοποιείται μέσω της αναπνοής, της τροφής, της πόσης, της επαφής ή της μακροχρόνιας παραμονής κοντά σε υψηλές συγκεντρώσεις. Η ανθρώπινη έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να οδηγήσει σε βλάβες αν και η EPA (Environmental Protection Agency) δεν έχει κατατάξει τον χαλκό στις καρκινογόνες ουσίες. Υπό κανονικές συνθήκες η περίσσεια χαλκού που καταναλώνεται από τον ανθρώπινο οργανισμό, αποβάλλεται και δεν υπάρχουν σαφείς ενδείξεις για μέγιστη επιτρεπόμενη ημερήσια δόση. Σύμφωνα με τον ΠΟΥ ορίζεται μέγιστη συγκέντρωση 1 - 1,5 mg/L [99]. Εκλύεται στο περιβάλλον από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (μεταλλεία, βιομηχανίες, αγροτική δραστηριότητα, Ε.Ε.Λ.) και από φυσικές πηγές (ηφαίστεια, αιολική διάβρωση, αποσύνθεση οργανικής ύλης, δασικές πυρκαγιές) [102].

Χρώμιο (Chromium – Cr): Το χρώμιο συναντάται ως μέταλλο, ως τρισθενές ή ως εξασθενές ιόν. Ενώ το τρισθενές χρώμιο αποτελεί απαραίτητο θρεπτικό συστατικό του ανθρώπινου οργανισμού, το εξασθενές είναι ιδιαίτερα τοξικό. Υπάρχουν ενδείξεις που το κατατάσσουν ως καρκινογόνο όταν καταναλώνεται μέσω της εισπνοής ενώ δεν συμπεραίνεται το ίδιο για την πρόσληψη του μέσω της πεπτικής οδού [99]. Η αμερικάνικη EPA έχει θέσει ανώτατο όριο στο πόσιμο νερό το 0.1mg/L [102].

Ψευδάργυρος (Zinc – Zn): Ο ψευδάργυρος είναι μέταλλο με παρόμοιες χημικές ιδιότητες με αυτές του καδμίου και εμφανίζεται μαζί του στην φύση. Σε αντίθεση με το κάδμιο, ο ψευδάργυρος είναι απαραίτητο ιχνοστοιχείο για τον ανθρώπινο οργανισμό. Γίνεται τοξικός μόνο σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις [102].

Τα βαρέα μέταλλα προσδιορίστηκαν με ατομική απορρόφηση με τεχνική φούρνο γραφίτη με την χρήση του μοντέλου Z900 Pinnacle του οίκου Perkin Elmer (Εικόνα 3.23).



Εικόνα 3.23: Z900 Pinnacle του οίκου Perkin Elmer

Αλκάλια

Ασβέστιο (Calcium – Ca): Το ασβέστιο δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και για τον λόγο αυτό δεν υπάρχει κάποιο ανώτατο όριο. Εντοπίζεται στα δείγματα νερού και συνδέεται με την ολική σκληρότητα [103].

Κάλιο (Potassium – K): Το κάλιο συμπεριλαμβάνεται στην σχέση υπολογισμού του ποσοστού επί τις εκατό των ολικών κατιόντων PS και κατ' επέκταση επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών [98].

Μαγνήσιο (Magnesium – Mg): Το μαγνήσιο είναι απαραίτητο στοιχείο για την εύρυθμη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού. Βασικές πηγές μαγνησίου αποτελούν τα λαχανικά, ορισμένα μεταλλικά νερά κ.α.. Η υπερβολική κατανάλωση μπορεί να διαταράξει την ομαλή λειτουργία του οργανισμού, για αυτό υπάρχει ενδεικτική τιμή ανώτατης συγκέντρωσης στο πόσιμο νερό [103]. Το μαγνήσιο συμπεριλαμβάνεται στην σχέση υπολογισμού της αναλογίας προσροφημένου νατρίου SAR και κατ' επέκταση επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών [98].

Νάτριο (Sodium – Na): Τα άλατα του νατρίου εμφανίζονται στην πλειονότητα των τροφών μέσω και των οποίων προσλαμβάνονται από τον άνθρωπο. Δεν θεωρείται ότι αυξημένες τιμές νατρίου επιδρούν αρνητικά στην ανθρώπινη υγεία για αυτό και δεν έχουν θεσπιστεί ανώτατα όρια από τον ΠΟΥ στο πόσιμο νερό [99]. Το νάτριο όμως αποτελεί έναν από τους καθοριστικούς παράγοντες στην ανάπτυξη των φυτών και λαμβάνεται υπόψη όπως φαίνεται παρακάτω μέσω της αναλογίας προσροφημένου νατρίου SAR [98].



Εικόνα 3.24: AAAnalyst 200 του οίκου Perkin Elmer

Τα παραπάνω κύρια ιόντα προσδιορίστηκαν με ατομική απορρόφηση με τεχνική φλόγας με την χρήση του μοντέλου AAAnalyst 200 του οίκου Perkin Elmer (Εικόνα 3.24).

3.4.3 Μικροβιολογικές Παράμετροι (T.C., E. Coli, Enterococci)

Κατά την άρδευση με νερό που εμπεριέχει παθογόνους μικροοργανισμούς για την προστασία της δημόσιας υγείας έχουν τεθεί ορισμένα κριτήρια από τους διεθνείς οργανισμούς [98]. Στο ερευνητικό έργο αποφασίστηκε να μετρηθεί η συγκέντρωση των ολικών κολοβακτηριδίων (Total Coliforms), των *Escherichia coli* (*E. coli*) και των Εντερόκοκκων (Enterococci).

Ο προσδιορισμός των ολικών κολοβακτηριδίων (Total Coliforms) και των *Escherichia coli* (*E. coli*) πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την ISO 9308-1:2014/Amd 1:2016. Η μέθοδος βασίζεται στη διήθηση από μεμβράνη (η οποία συγκρατεί τους οργανισμούς) και στην καλλιέργεια αυτής σε χρωμογόνο υπόστρωμα. Το τρυβλίο επωάζεται στους $(36 \pm 2)^\circ\text{C}$ για (21 έως 24) ώρες. Μετρούνται οι θετικές στη β-D-γαλακτοσιδάση αποικίες (ροζ μέχρι κόκκινες) ως υποθετικά κολοβακτηρίδια που δεν είναι *E. coli*. Για την αποφυγή των ψευδώς θετικά αποτελεσμάτων που προκαλούνται από θετικά στην οξειδάση βακτήρια, για παράδειγμα *Aeromonas* Spp, οι υποτιθέμενες αποικίες επιβεβαιώνονται με αρνητική αντίδραση στην οξειδάση. Επιπλέον μετρούνται τόσο οι θετικές στη β-D-γαλακτοσιδάση όσο και στη β-D-γλουκουρονιδάση αποικίες (βαθύ μπλε μέχρι βιολετί) ως *E. coli*.

Τα Ολικά κολοβακτηρίδια είναι το άθροισμα των αρνητικών στην οξειδάση αποικιών ροζ μέχρι κόκκινου χρώματος και όλων των βαθύ μπλε μέχρι βιολετί αποικιών.

Οι εντεροκόκκοι (Enterococci) προσδιορίστηκαν σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 7899.02. Η αρίθμηση των εντερόκοκκων βασίζεται στη διήθηση ενός συγκεκριμένου όγκου υδατικού δείγματος μέσω μεμβράνης με μέγεθος πόρου 0,45 μm, ικανής να συγκρατεί τα βακτήρια. Η μεμβράνη τοποθετείται σε στερεό εκλεκτικό υπόστρωμα, το οποίο περιέχει sodium azide (κατασταλτικό της ανάπτυξης των gram-αρνητικών βακτηρίων) και χλωρο-2,3,5,-τριφαινυλτετραζόλιο, μία άχρωμη βαφή, η οποία ανάγεται σε κόκκινη φορμαζίνη από τους εντερόκοκκους. Το τρυβλίο επωάζεται στους $(36 \pm 2)^\circ\text{C}$ για 48 ± 2 ώρες. Αναπτύσσονται τυπικές αποικίες με κόκκινο, βυссινί ή ροζ χρώμα στο κέντρο ή σε όλη την έκταση της αποικίας. Οι τυπικές αποικίες θα πρέπει να επιβεβαιωθούν σε δεύτερο στάδιο κατά το οποίο η μεμβράνη, με όλες τις αποικίες, μεταφέρεται σε άγαρ bile-aesculin-azide, προθερμασμένο στους 44°C . Σε αυτό το υπόστρωμα οι εντερόκοκκοι υδρολύουν την εσουλίνη μέσα σε 2 ώρες. Το τελικό προϊόν, η 6,7-διυδροξυκουμαρίνη, δεσμεύει ιόντα τρισθενούς σιδήρου και δίνει μία σκουρόχρωμη έως μαύρη ένωση που διαχέεται στο υπόστρωμα. Οι αποικίες που εμφανίζουν αυτή την απόχρωση προσμετρώνται ως εντερόκοκκοι.

3.4.4 Ατμοσφαιρικοί Ρύποι Κατηγορίας PAHs

Σύμφωνα με πληροφορίες του συστήματος υγείας της κυβέρνησης της νοτίου Αυστραλίας [104] οι Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons – PAHs) περιλαμβάνουν μια ομάδα με περισσότερες από 100 διαφορετικές χημικές ουσίες που παράγονται κατά την διάρκεια ατελούς καύσης καυσίμων, σκουπιδιών ή άλλων οργανικών ουσιών όπως ο καπνός. Οι Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες μπορεί κάτω από ορισμένες συνθήκες να καταστούν επιβλαβείς για την ανθρώπινη υγεία. Συμπτώματα παρατηρούνται τόσο σε βραχυχρόνια όσο και μακροχρόνια έκθεση σε αυτούς. Ο κύριος λόγος ανησυχίας, σύμφωνα με την Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (United States Environmental Protection Agency [105] είναι η ανθεκτικότητα των Πολυκυκλικών Αρωματικών Υδρογονανθράκων. Δεν καίγονται εύκολα και μπορούν να διατηρηθούν στο περιβάλλον για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Είναι δυσδιάλυτοι στο νερό και μπορούν να εισέλθουν στο σώμα μέσω της αναπνοής, της κατανάλωσης ρυπασμένου νερού ή τροφίμων και της αφής ρυπασμένου εδάφους ή προϊόντων όπως πετρελαιοειδή. Παρά την περίληψη περισσότερων από 100 διαφορετικών χημικών ουσιών στην ομάδα των Πολυκυκλικών Αρωματικών Υδρογονανθράκων, η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών έχει ξεχωρίσει τις παρακάτω 16 ουσίες λόγω της διαθεσιμότητας δεδομένων και της τοξικής και καρκινογόνου φύσης τους:

- | | |
|--|---|
| 1. Ναφθαλίνη
(Naphthalene – Nap) | 9. Βενζο[a]ανθρακένιο
(Benz[a]anthracene – BaA) |
| 2. Ακεναφθυλένιο
(Acenaphthylene – Acy) | 10. Χρυσένη
(Chrysene – Chry) |
| 3. Ακεναφθένιο
(Acenaphthene – Acp) | 11. Βενζο[b]φθορανθένιο
(Benzo[b]fluoranthene – BbF) |

- | | |
|--|--|
| 4. Ναφθαλίνη
(Naphthalene – Nap) | 12. Βενζο[k]φθορανθέσιο
(Benzo[k]fluoranthene – BkF) |
| 5. Ακεναφθυλέσιο
(Acenaphthylene – Acy) | 13. Βενζο[a]πυρέσιο
(Benzo[a]pyrene–BaP) |
| 6. Ακεναφθέσιο
(Acenaphthene – Acp) | 14. Διβενζ[a,h]ανθρακέσιο
(Dibenz[a,h]anthracene – DahA) |
| 7. Φθορανθέσιο
(Fluoranthene – Flt) | 15. Βενζο[ghi]περυλέσιο
(Benzo[ghi] perylene – BghiP) |
| 8. Πυρέσιο
(Pyrene – Pyr) | 16. Ινδενο[1,2,3-cd]πυρέσιο
(Indeno [1,2,3-cd] pyrene – IcdP) |

Στην ανάλυση των δειγμάτων μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις των 16 παραπάνω ουσιών οι τιμές των οποίων φαίνονται στον Πίνακα 0.4 στο παράρτημα Α. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μόνο για την πρώτη δειγματοληψία για 10 δείγματα. Τα δείγματα στάλθηκαν σε εξωτερικό εργαστήριο.

4 Αποτελέσματα & Ανάλυση

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται η παράθεση των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων του ερευνητικού έργου CIRC4Food, των ορίων από διάφορους οργανισμούς και τα διεθνή πρότυπα που χρησιμοποιούνται παγκοσμίως, των αποτελεσμάτων πειραματικών μετρήσεων της βιβλιογραφίας και προτάσεων βελτίωσης των συστημάτων σε σχέση με τα αποτελέσματα που προέκυψαν. Τα διαγράμματα που παρατίθενται στο κεφάλαιο αφορούν διαγράμματα μορφής “box & whisker” όπου παρουσιάζονται για τις ελάχιστες, τις μέσες και τις μέγιστες τιμές των μετρήσεων της βιβλιογραφικής έρευνας της παραμέτρου που ερευνάται κάθε φορά, η μέση τιμή, η διάμεσος, η ελάχιστη, η μέγιστη καθώς και τα τεταρτημόρια του συνόλου των δεδομένων. Οι τιμές αυτές συγκρίνονται με τις αντίστοιχες τιμές των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων του ερευνητικού έργου. Τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων για κάθε ανάλυση ή άρθρο της βιβλιογραφίας που χρησιμοποιούνται στα διαγράμματα, αναφέρονται ή σε μέσες τιμές ή σε ελάχιστες και μέγιστες ή σε μέσες και ελάχιστες και μέγιστες. Λόγω αυτής της ιδιαιτερότητας η μέση τιμή στα διαγράμματα δεν αντιπροσωπεύει την μέση τιμή των μεγίστων και των ελαχίστων τιμών που παρατίθενται. Στις παραμέτρους όπου δεν παρατίθενται διαγράμματα, δεν υπάρχει επαρκής αριθμός μετρήσεων από την βιβλιογραφία για να πραγματοποιηθεί ικανοποιητική απεικόνιση. Σε κάθε παράμετρο παρατίθεται ο πίνακας με τις τιμές της βιβλιογραφίας και των πειραματικών αποτελεσμάτων της εργασίας. Για όσες παραμέτρους έχουν πραγματοποιηθεί μετρήσεις στην βιβλιογραφία αλλά όχι στο ερευνητικό έργο CIRC4Food, παρουσιάζονται οι τιμές της βιβλιογραφίας στο παράρτημα Β,

4.1 Διεθνή Όρια, Πρότυπα & Νομοθεσία

Η ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται για πόση, άρδευση ή άλλους σκοπούς διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην υγεία των κοινωνιών τόσο στις αναπτυσσόμενες χώρες όσο και στις ανεπτυγμένες. Χώρες και οργανισμοί όπως ο Παγκόσμιος οργανισμός Υγείας (WHO) αναπτύσσουν πρότυπα και οδηγίες για την προστασία της δημόσιας υγείας. Οι προδιαγραφές που πρέπει να πληροί το βρόχινο νερό εξαρτώνται κυρίως από τις χρήσεις για τις οποίες προορίζεται. Οι δύο βασικές κατηγορίες χρήσης του νερού είναι το πόσιμο και το μη πόσιμο. Στην περίπτωση της συλλογής ομβρίων υδάτων, διεθνώς ενώ υπάρχουν νομοθεσία και πρότυπα για την χρήση ομβρίων υδάτων για πόση, δεν έχει αναπτυχθεί επαρκώς η νομοθεσία για άρδευση.

Ορισμένες χώρες όπως η Αυστραλία, η Δανία, η Γερμανία και η Νέα Ζηλανδία παρέχουν επιδοτήσεις στους κατοίκους τους για την ενθάρρυνση της χρήσης της συλλογής ομβρίων υδάτων (RHW) για πόση [106], [107]. Παρόλο που η συλλογή ομβρίων υδάτων αναγνωρίζεται ως πηγή πόσιμου νερού, η εφαρμογή τους για αρδευτικούς σκοπούς δεν έχει διερευνηθεί πλήρως. Από το τέλος του 2012, μόνο 12 από τις 50 πολιτείες των ΗΠΑ έχουν δικούς τους νόμους συλλογής ομβρίων υδάτων που αναφέρονται σε διάφορες πτυχές της πρακτικής χρήσης ομβρίων υδάτων όπως την

ενθάρρυνση ή την απαγόρευση της πρακτικής αυτής ή/και περιορισμούς [108]. Μέχρι το 2017, μόνο 17 από τις 50 πολιτείες είχαν θεσπίσει νόμους για την άρδευση καλλιεργειών με την χρήση ομβρίων υδάτων [109] και έκτοτε αρκετές τοπικές κυβερνήσεις σε πόλεις όπως της Ατλάντα, του Πόρτλαντ και του Σινσινάτι έχουν προβεί σε αλλαγή της τοπικής νομοθεσίας για να επιτρέψουν τη χρήση του βρόχινου νερού για άρδευση [48].

Σύμφωνα με στοιχεία, η ποιότητα των ομβρίων υδάτων κατά βάση πληροί τα κριτήρια για αρδευτικούς σκοπούς [15], ενώ στην πλειοψηφία της βιβλιογραφίας σχετικά με την συλλογή ομβρίων υδάτων για πόση δεν συμμορφώνεται με τα πρότυπα της U.S. EPA. για νερά ασφαλή για πόση [25]. Στις Η.Π.Α., αρκετές ασθένειες που σχετίζονται με την κατανάλωση τροφίμων και συγκεκριμένα μολυσμένων φρέσκων προϊόντων έχουν καταδείξει ως αιτία, την άρδευση με μολυσμένο νερό [110], [111]. Στην βιβλιογραφία που μελετάται στην συγκεκριμένη εργασία, παρατηρείται ως συνήθης πρακτική η χρήση των ορίων της νομοθεσίας που απευθύνονται σε Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) για τα όρια άρδευσης. Ακόμα, τα όρια που δίνονται για άρδευση απευθύνονται κυρίως σε μικροβιολογικές παραμέτρους και παραμέτρους του νερού που μπορούν να βλάψουν τον καταναλωτή των καλλιεργειών και όχι σε παραμέτρους που επηρεάζουν τις καλλιέργειες, το έδαφος και τα υπόγεια ύδατα. Συγκεκριμένα όρια προτείνονται για λόγους υγιούς ανάπτυξης των φυτών και ορθής λειτουργίας των συστημάτων άρδευσης και κυρίως για την αποφυγή καταστροφής της σοδειάς. Στην παρακάτω ανάλυση λαμβάνονται υπόψη προτεινόμενα όρια για την ανάπτυξη καλλιεργειών.

Στην μελέτη των τιμών των ορίων που δύναται να περιληφθούν στις νομοθεσίες σχετικά με τις χρήσεις των ομβρίων υδάτων υπάρχουν ορισμένα ζητήματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Για την χρήση του νερού για πόση από όμβρια ύδατα, τίθεται το ζήτημα της διαφοροποίησης ή όχι των τιμών των ορίων ως προς την ήδη υπάρχουσα νομοθεσία για το νερό ύδρευσης. Αντίστοιχα για την χρήση του νερού για άρδευση από όμβρια ύδατα, εάν θα πρέπει να διαφοροποιηθεί από τα όρια της επαναχρησιμοποίησης ή της άρδευσης από άλλες χρήσεις.

Μια οπτική επί του ζητήματος αναφέρει ότι ενώ αυστηρά όρια κινδύνου με γνώμονα την υγεία, είναι σίγουρα επιθυμητά για την προστασία του ανθρώπου, μπορεί να λειτουργήσουν επιβαρυντικά σε οικονομικό επίπεδο και σε επίπεδο χρήσης πόρων λόγω υπερβολής για πολύ λίγα ανθρώπινα οφέλη ειδικά σε περιοχές του πλανήτη όπου δεν υπάρχουν πολλές εναλλακτικές. Πολύ αυστηρά πρότυπα λειτουργούν αποτρεπτικά στην χρήση νέων μεθόδων σε τομείς που σχετίζονται με το νερό και δυσκολεύουν την ανάπτυξη νέων βιώσιμων εφαρμογών. Αναφέρεται ότι ο ετήσιος κίνδυνος μόλυνσης από την U.S. EPA για ασφαλές πόσιμο νερό δεν είναι κατάλληλος ως μοναδικό σημείο αναφοράς για την αξιολόγηση του επιπέδου ασφάλειας των διαφόρων τελικών χρήσεων του νερού, ιδίως όταν εξετάζονται βιώσιμες πρακτικές. Προς υποστήριξη αυτού του ισχυρισμού, η U.S. EPA έχει ορίσει αποδεκτό ποσοστό γαστρεντερικών παθήσεων που σχετίζεται με την κολύμβηση σημαντικά μικρότερο από το επιτρεπόμενο επίπεδο κινδύνου για το πόσιμο νερό [112], [113]. Όπως υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ του νερού κολύμβησης και του πόσιμου νερού, τόσο στην χρήση όσο και στη δυνατότητα ελέγχου της ποιότητας του νερού, το ίδιο μπορεί να υποστηριχθεί και για τα όμβρια ύδατα ή άλλες βιώσιμες πρακτικές άντλησης νερού για διάφορες χρήσεις [48]. Σε αντίστοιχη λογική, η κατανάλωση τροφίμων αστικής γεωργίας στις μεγαλουπόλεις μπορεί να είναι πιο ασφαλής όταν

αυτά έχουν αρδευτεί με συλλεγόμενα όμβρια ύδατα συγκριτικά με το ενδεχόμενο ότι μπορεί να καταναλώνονται ωμά λαχανικά που εισάγονται από χώρες με αβέβαιες υγειονομικές πρακτικές [114].

Εκτός από την παραπάνω πρόταση ότι ο κίνδυνος μόλυνσης από την χρήση ομβρίων υδάτων δεν πρέπει απαραίτητα να ταυτίζεται με τον αντίστοιχο κίνδυνο μόλυνσης από την χρήση του νερού ύδρευσης ή νερού που προέρχεται από άλλη πηγή, προκύπτουν δύο λόγοι οι οποίοι υποδεικνύουν την μελέτη των ομβρίων υδάτων να πραγματοποιείται ξεχωριστά από τα ύδατα που προέρχονται από άλλες πηγές. Οι δύο κύριοι λόγοι είναι, πρώτον η διαφοροποίηση των συνθηκών συλλογής και αποθήκευσης των ομβρίων υδάτων σε μικρά οικιακά συστήματα συλλογής σε σχέση με τις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Νερού και τις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων και δεύτερον η δυσκολία παρακολούθησης της ποιότητας του νερού στα συστήματα συλλογής σε σχέση πάλι με τις μεγάλες Ε.Ε.Ν. και Ε.Ε.Λ. Η διαφοροποίηση των συνθηκών συλλογής και αποθήκευσης επηρεάζει κυρίως τις μικροβιολογικές παραμέτρους. Οι δείκτες παθογένειας που έχουν οριστεί στην νομοθεσία για την ποιότητα του νερού των Ε.Ε.Ν. και Ε.Ε.Λ. έχουν προκύψει λαμβάνοντας υπόψη τους πιο ανθεκτικούς παθογόνους που αναπτύσσονται στις συνθήκες των εγκαταστάσεων και λαμβάνοντας υπόψη τους παθογόνους που εισέρχονται σε αυτές. Στα συστήματα συλλογής ομβρίων υδάτων παρατηρούνται διαφορετικές συνθήκες όπου πολυάριθμοι φυσικοί και βιολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό θανάτου των βακτηρίων στο νερό όπως, ο τύπος του οργανισμού, το ηλιακό φως, η θερμοκρασία, η ενεργός οξύτητα (pH), η αλατότητα, η παρουσία αλγών, η έλλειψη θρεπτικών συστατικών και οι τοξικές ουσίες μπορεί να διαφέρουν. Ακραίες τιμές ενεργού οξύτητας, υψηλές θερμοκρασίες και ηλιακή ακτινοβολία προάγουν τη μικροβιακή αποσύνθεση, ενώ αυξημένες συγκεντρώσεις θρεπτικών και χαμηλότερες θερμοκρασίες προάγουν την επιβίωση των μικροοργανισμών. Ο δεύτερος λόγος, δηλαδή η δυσκολία παρακολούθησης της ποιότητας του νερού στα συστήματα συλλογής ομβρίων υδάτων σχετίζεται τόσο με πρακτικούς λόγους αλλά και με οικονομικούς. Δεν είναι εφικτή η πραγματοποίηση εργαστηριακών μετρήσεων σε συστηματική βάση και η ποιότητα του νερού μπορεί να μετρηθεί μόνο με ποιοτική αξιολόγηση κατά την λειτουργία του συστήματος. Για τον λόγο αυτό τα όρια, ειδικά τα μικροβιολογικά δεν μπορούν να συγκριθούν με την ήδη υπάρχουσα νομοθεσία όπου πρέπει να πραγματοποιούνται συστηματικές μετρήσεις.

Για την συγκεκριμένη εργασία, τα πιο αντιπροσωπευτικά όρια που ελήφθησαν υπόψη είναι τα όρια της διεθνούς οργάνωσης τροφίμων & γεωργίας (FAO) για την ποιότητα των αρδευτικών υδάτων [115] και οι οδηγίες του εργαστηρίου αλατότητας των Η.Π.Α. (U.S.D.A.) [116]. Ακόμα, ενδεικτικά χρησιμοποιήθηκαν ορισμένα όρια της υπηρεσίας προστασίας του περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (US EPA) – 2012 για επαναχρησιμοποίηση λυμάτων για άρδευση [117], οι οδηγίες άρδευσης της Νότιας Αφρικής [118], οι οδηγίες του ΠΟΥ (WHO) για ύδατα για πόση και άρδευση [119], και ορισμένα προτεινόμενα όρια του Πανεπιστημίου της Μασαχουσέτης [120]. Οι οδηγίες άρδευσης της Νότιας Αφρικής [118] παρουσιάζουν ενδιαφέρον καθώς, ενώ τα όρια που δίνουν ταυτίζονται συχνά με τα προτεινόμενα όρια της διεθνούς βιβλιογραφίας και της διεθνούς οργάνωσης τροφίμων & γεωργίας (FAO), η πληροφορία δίνεται με περισσότερη λεπτομέρεια και τα όρια συνοδεύονται από επιπλέον πληροφορίες οι οποίες συμβάλουν στην σωστή απόφαση για την χρήση ή όχι του αρδευτικού νερού

σε κάθε εξατομικευμένη περίπτωση καλλιέργειας, ανεξαρτήτως των ορίων που προτείνονται. Λαμβάνεται ακόμα υπόψη ότι τα όρια που προτείνονται από τους παραπάνω οργανισμούς, εκτός από την καθαρά συμβουλευτική τους φύση, έχουν προκύψει από έρευνες σε συγκεκριμένες κλιματικές συνθήκες, κυρίως σε αγροτικές καλλιέργειες μεγάλης κλίμακας και με βασικό στόχο την βελτιστοποίηση της παραγωγής, επομένως προκύπτουν ορισμένες διαφοροποιήσεις ως προς τα

Πίνακας 4.1: Προτεινόμενα όρια της διεθνούς οργάνωσης τροφίμων & γεωργίας (FAO)

Παράμετρος	Μονάδες	Προτεινόμενα Όρια	
Ενεργός Οξύτητα - pH	-	6,5-8,4	
Ολικά Ελαιωρούμενα Στερεά - TSS	mg/L	50	50-100
Ολικά Διαλυμένα Στερεά - TDS		450	450-2000
Άζωτο		5	5-30
Κάδμιο - Cd		0,01	
Μαγγάνιο - Mn		0,1	0,2-1,5
Μόλυβδος - Pb		5	
Νικέλιο - Ni		0,2	
Χαλκός - Cu		0,2	
Χρώμιο - Cr		0,1	
Ψευδάργυρος - Zn		2	
Νάτριο - Na - Sodium		70	

διαφοροποιήσεις ως προς τα χαρακτηριστικά των καλλιεργειών αστικής γεωργίας που αρδεύονται από όμβρια ύδατα. Όλα τα όρια που προτείνονται έχουν στόχο την γενική αξιολόγηση της ποιότητας του νερού για αρδευτική χρήση και για πιο ακριβή αξιολόγηση χρειάζεται τόσο να ληφθούν υπόψη τα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και του εδάφους στο οποίο πρόκειται να καλλιεργηθεί.

Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, αναγνωρίζοντας την ολοένα και αυξανόμενη πίεση που υφίστανται οι υδάτινοι πόροι, έχουν πραγματοποιηθεί ορισμένες ενέργειες σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις για την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων [121], όμως προσανατολίζονται στην επαναχρησιμοποίηση κατάλληλα επεξεργασμένων λυμάτων για άρδευση και δεν γίνεται αναφορά για συλλογή ομβρίων υδάτων για αυτό και δεν αναφέρονται παρακάτω. Σε αντίστοιχα επίπεδα κυμαίνεται και η Ελλάδα. Για τους ατμοσφαιρικούς ρύπους δεν βρέθηκαν όρια για άρδευση επομένως μόνο για αυτούς χρησιμοποιήθηκαν όρια ύδρευσης και για όσους από αυτούς μόνο υπάρχουν.

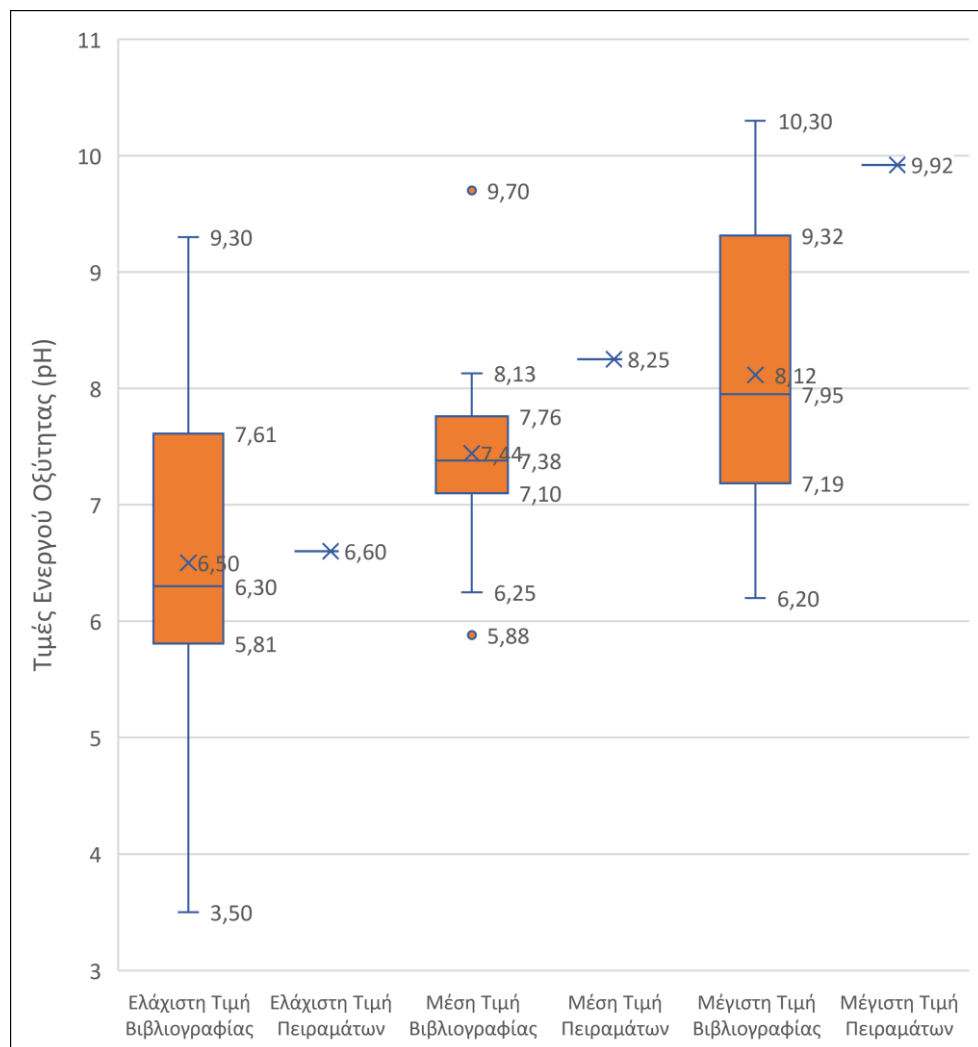
4.2 Φυσικοχημικές Παράμετροι Δειγμάτων

4.2.1 Ενεργός Οξύτητα- pH

Η ενεργός οξύτητα των φυσικών υδάτων κυμαίνεται μεταξύ του 5 και του 8. Οι επιδράσεις της ενεργού οξύτητας στην ανάπτυξη των φυτών σύμφωνα με την υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος των Η.Π.Α.(US EPA) [117] είναι έμμεσες. Σύμφωνα με τις οδηγίες άρδευσης της Νότιας Αφρικής [118] η διαλυτότητα και η βιοδιαθεσιμότητα πολλών φυτικών θρεπτικών και δυνητικά τοξικών συστατικών επηρεάζονται σημαντικά από την ενεργό οξύτητα. Για χαμηλές τιμές μπορεί να παρατηρηθεί μείωση της απόδοσης των καλλιεργειών ή ζημιά στους καρπούς και παρατηρούνται προβλήματα με τη διαθεσιμότητα πολλών θρεπτικών συστατικών σε τοξικές συγκεντρώσεις. Ακόμα προβλήματα διάβρωσης μεταλλικών στοιχείων και στοιχείων σκυροδέματος

του εξοπλισμού άρδευσης. Σε χαμηλές τιμές της ενεργού οξύτητας δεν παρατηρούνται προβλήματα με την απόφραξη των συστημάτων άρδευσης. Για υψηλές τιμές μπορεί να παρατηρηθούν ζημιές στο φύλλωμα των καλλιεργειών που έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση της απόδοσης ή της αισθητικής εμφάνισης των προϊόντων. Παρατηρούνται προβλήματα με τη μη διαθεσιμότητα πολλών θρεπτικών συστατικών και αυξημένα προβλήματα γήρανσης του αρδευτικού δικτύου και απόφραξης των συστημάτων στάγδην άρδευσης. Σύμφωνα την διεθνή οργάνωση τροφίμων & γεωργίας (FAO) [115], το εύρος των τιμών της ενεργού οξύτητας σε αρδευτικό νερό για να μην χρειάζεται περαιτέρω αξιολόγηση κυμαίνεται μεταξύ 6,5 και 8,4 και επιπλέον για τιμές μικρότερες του επτά δεν παρατηρούνται προβλήματα απόφραξης, ενώ για τιμές μεταξύ του επτά και του οκτώ μπορεί να παρατηρηθούν ορισμένα.

Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων της ενεργούς οξύτητας παρατηρούνται στον Πίνακα 0.1A στο παράρτημα Α. Προκύπτει μέση τιμή 8,25 με τυπική απόκλιση $\pm 0,91$ και διάμεσο 8,44 mg/L.



Η ελάχιστη τιμή της ενεργού οξύτητας μετρήθηκε σε 6,60 ενώ η μέγιστη σε 9,92. Μετά από σύγκριση με τις τιμές της βιβλιογραφίας, όπως αυτές φαίνονται στο διάγραμμα (Εικόνα 4.1) και καταγράφονται στον Πίνακα 4.2 παρατηρείται ότι η ενεργός οξύτητα των μετρήσεων του ερευνητικού προγράμματος είναι στα άνω όρια των μετρήσεων της βιβλιογραφίας. Ενώ η ελάχιστη τιμή 6,6 βρίσκεται πολύ κοντά στην μέση τιμή των ελαχίστων των βιβλιογραφικών μετρήσεων 6,5, η μέση

Εικόνα 4.1: Διάγραμμα τιμών Ενεργού Οξύτητας – pH

τιμή ξεφεύγει του εύρους των δειγμάτων (>8,13) και εμφανίζεται ως απομακρυσμένη τιμή (“outlier”). Η μέγιστη τιμή 9,92 βρίσκεται στο άνω τεταρτημόριο των μεγίστων τιμών (9,32-10,3). Οι αρκετά υψηλές τιμές της ενεργού οξύτητας στα αποτελέσματα των μετρήσεων προβληματίζουν καθώς το 50% των τιμών βρίσκονται εκτός των προτεινόμενων ορίων της διεθνούς οργάνωσης

τροφίμων & γεωργίας (FAO) [115], τιμές μεγαλύτερες του 8,4, ωστόσο όλες οι τιμές βρίσκονται άνω του ορίου των 6,5. Στον Πίνακα 4.2 παρατηρείται ότι μετρήσεις ενεργού οξύτητας έχουν πραγματοποιηθεί σε μεγάλο αριθμό των πειραμάτων της βιβλιογραφίας και έχουν πραγματοποιηθεί σε μικρό αριθμό μονάδων συλλογής κάθε φορά και στην πλειοψηφία τους αφορούν στέγες.

Αυξημένες τιμές της ενεργού οξύτητας μπορούν να παρατηρηθούν έπειτα από την αλληλεπίδραση του νερού με αλκαλικές ουσίες που περιέχονται στην ατμόσφαιρα ή στην επιφάνεια συλλογής και συνήθως επηρεάζονται από τοπικούς παράγοντες όπως η βιομηχανικές εκπομπές της περιοχής και η ποιότητα του αέρα, στα υλικά κατασκευής του συστήματος συλλογής ή της δεξαμενής αποθήκευσης με κύριο υλικό που επηρεάζει να είναι το τσιμέντο και έπειτα από την ανάπτυξη μικροοργανισμών και αλγών που μπορεί να εκκρίνουν αλκαλικές ουσίες. Μεγάλη περίοδος αποθήκευσης μπορεί να αυξήσει τις τιμές της ενεργού οξύτητας. Ακόμα παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργό οξύτητα του νερού κυρίως κατά την αποθήκευση του είναι η θερμοκρασία, η συχνότητα ανανέωσης του, η έκθεση του στον αέρα και η ρυθμιστική του ικανότητα.

Πίνακας 4.2: Βιβλιογραφικές τιμές Ενεργού Οξύτητας – pH

Μέση Τιμή ± Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
8,25 ± 0,91	6,60 - 9,92	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
7,5 ± 0,29		1	Πειραματική κλίνη	Άργιλος	[49]
7,38 ± 0,24		1	Πειραματική κλίνη	Κάκτοι "Coroa-de-Frade"	
7,33 ± 0,24		1	Πειραματική κλίνη	Γρασίδι "Grana Esmeralda"	
	5,83 - 7,78	4	Στέγες	Κεραμίδια ή ινοπλισμένο σκυρόδεμα	[51]
7,32 ± 0,29	7,04 - 7,65	1	Στέγη	Φυτεμένη	[52]
	6,3 - 6,7	3	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[54]
	7,2 - 7,9	1	Στέγη ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	[55] ⁽²⁾
8,13		Τουλάχιστον 10	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[60]
	8 - 8,1	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[61] ⁽³⁾
6,9 ± 0,5	6,3 - 8	1	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[62]
7,6 ± 0,5		2	Στέγες	Ασφαλτική επικάλυψη	[63]
7,1 ± 0,3		2	Στέγες	Ξύλινη επικάλυψη	
7,3 ± 0,7		2	Στέγες	Συνθετικές πλάκες σχιστολίθου	
7,7 ± 0,13		9	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[68] ⁽⁴⁾
6,25	4,82 - 9,64	34	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[69]
	6,19 - 7,03	6	Πειραματικές κλίνες	Τριών ειδών Φυτεμένες	[71]
	7,75 - 9,59	2	Στέγες	Μεταλλικές	[75]
	5,8 - 6,2	6	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[77]
7,76		Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[81] ⁽⁵⁾
7,77		2	Στέγες	Πλάκες σκυροδέματος ή χαλίκι	[84] ⁽⁶⁾
9,7	9,3 - 10,3	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Οροφή θερμοκηπίου	[86]
5,88	3,5 - 8,49	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[88]

(1) Η στέγη ως επιφάνεια συλλογής αποτελεί την βασική αλλά όχι αποκλειστική πηγή συλλογής νερού του οποίου μετράται η ποιότητα

(2) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από την στέγη και γκριζου νερού

(3) Γίνεται σύγκριση με υπόγεια ύδατα και δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα

(4) Γίνεται σύγκριση με νερό χειμάρων και δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα

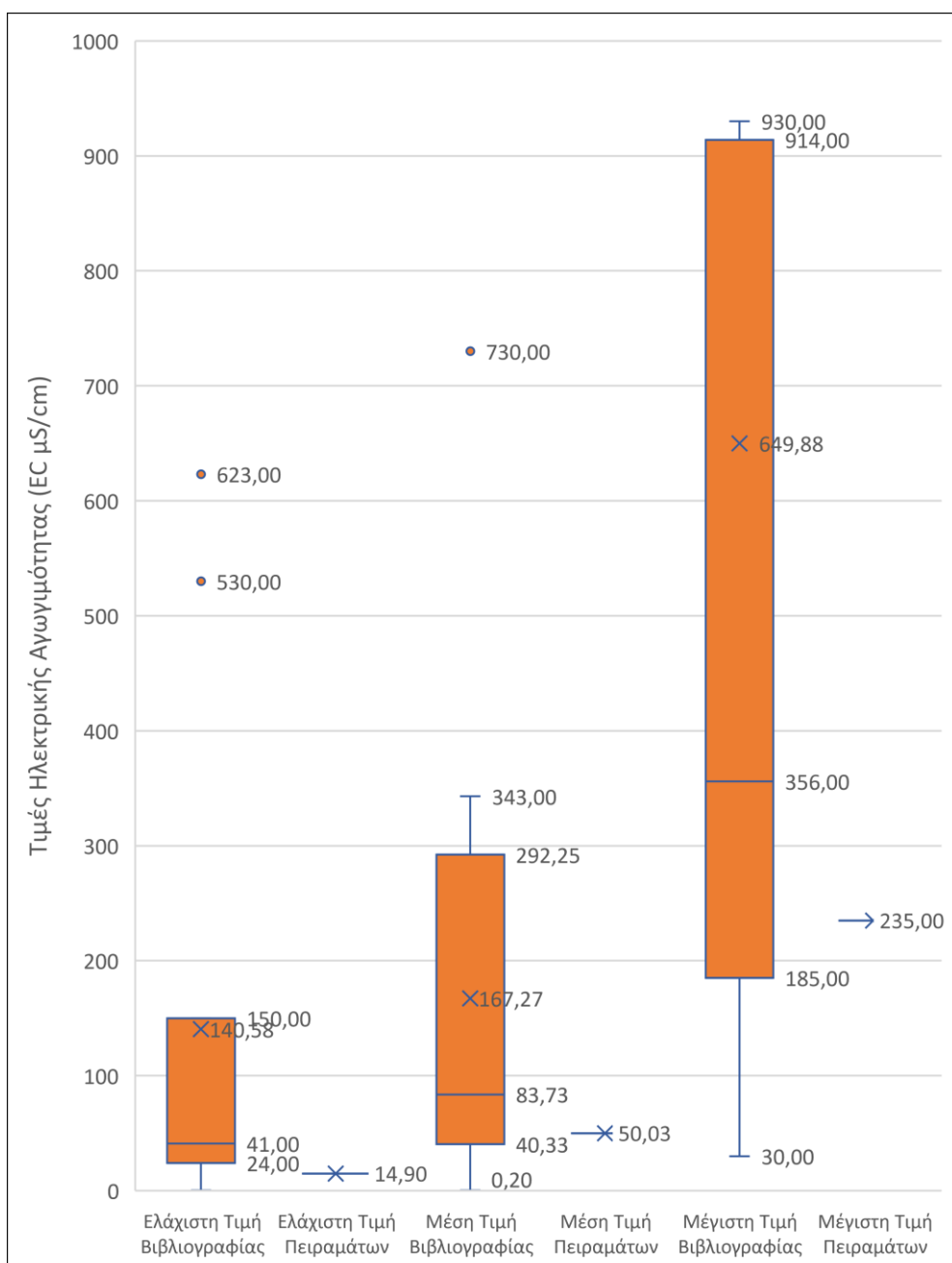
⁽⁵⁾ Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από στέγες, προαύλιους χώρους και από οδοποιία

⁽⁶⁾ Γίνεται σύγκριση με υπόγεια ύδατα

4.2.2 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα- E.C.

Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) όπως και των ολικών διαλυμένων στερεών (TDS) αποτελούν τρόπο μέτρησης της αλατότητας. Καθώς η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι πιο εύκολο να

μετρηθεί από τα ολικά διαλυμένα στερεά χρησιμοποιείται ως εκτίμηση τους. Το εργαστήριο αλατότητας των Η.Π.Α. (U.S.D.A.) [116] έχει δημιουργήσει ένα ευρύτερα αποδεκτό σύστημα κατάταξης των υδάτων με βάση την περιεκτικότητα τους σε άλατα και νάτριο. Με βάση το διάγραμμα το νερό άρδευσης κατηγοριοποιείται σε τέσσερις κατηγορίες αγωγιμότητας ή κινδύνου αλάτωσης (salinity hazard). Κατηγορία C1, νερό χαμηλής αλατότητας με μικρό κίνδυνο αλάτωσης ($EC < 250 \mu S/cm$), κατηγορία C2, νερό μέσης αλατότητας με μέσο κίνδυνο αλάτωσης ($250 < EC < 750 \mu S/cm$), κατηγορία C3, νερό



Εικόνα 4.2: Διάγραμμα τιμών Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας – E.C.

υψηλής αλατότητας με μεγάλο κίνδυνο αλάτωσης ($750 < EC < 2250 \mu S/cm$) και κατηγορία C4, νερό πολύ υψηλής αλατότητας με πολύ μεγάλο κίνδυνο αλάτωσης ($EC > 2250 \mu S/cm$). Η υψηλή αλατότητα (υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα) συνδέεται με προβλήματα διηθητικότητας και η χαμηλή αλατότητα

με την μείωση της διηθητικότητας. Προτιμότερη κατηγορία είναι η C1, νερά κατηγορίας C2 και C3 δεν είναι απαγορευτικά για άρδευση, αλλά πρέπει να τηρούνται ορισμένες προϋποθέσεις [98].

Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων της ηλεκτρικής αγωγιμότητας παρατηρούνται στον Πίνακα 0.1A στο παράρτημα Α. Προκύπτει μέση τιμή 50,03, ελάχιστη τιμή 14,90 και μέγιστη 235,00μS/cm. Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας που προέκυψαν από τις μετρήσεις στο ερευνητικό έργο βρίσκονται μαζί με τις χαμηλές τιμές της βιβλιογραφίας όπως φαίνεται και στο διάγραμμα (Εικόνα 4.2) όπως αυτό έχει προκύψει από τον Πίνακα 4.3. Στο διάγραμμα δεν λαμβάνονται υπόψη οι τιμές ενός άρθρου ([49]) οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 120.000 και 340.000 και ξεφεύγουν κατά πολύ του εύρους της υπόλοιπης βιβλιογραφίας.

Σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση του νερού με βάση την περιεκτικότητα σε άλατα προκύπτει ότι όλο το εύρος των τιμών των πειραματικών μετρήσεων βρίσκεται στην κατηγορία C1, νερό χαμηλής αλατότητας με μικρό κίνδυνο αλάτωσης ($EC < 250 \mu S/cm$), επομένως δεν τίθεται πρόβλημα ποιότητας του νερού άρδευσης.

Πίνακας 4.3: Βιβλιογραφικές τιμές Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας – E.C. ($\mu S/cm$)

Μέση Τιμή ± Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
59,15	14,9 - 235	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
	270000 – 340000 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Άργιλος	[49]
	170000 – 290000 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Κάκτοι “Coroa-de-Frade”	
	120000 – 160000 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Γρασίδι “Grana Esmeralda”	
730 ± 170	530 - 930	1	Στέγη	Φυτεμένη	[52]
	48 - 185	3	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[54]
	623 - 914	1	Στέγη ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[55] ⁽³⁾
0,195		Τουλάχιστον 10	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[60]
	24 - 30	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[61] ⁽⁴⁾
56,5 ± 18,8		2	Στέγες	Ασφαλτική επικάλυψη	[63]
41,9 ± 11,7		2	Στέγες	Ξύλινη επικάλυψη	
33,7 ± 21,1		2	Στέγες	Συνθετικές πλάκες σχιστολίθου	
120		9	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[68] ⁽⁵⁾
149	37,8 - 648	34	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[69]
	13,59 - 209,44	6	Πειραματικές κλίνες	Τριών ειδών Φυτεμένες	[71]
	41 - 275	2	Στέγες	Μεταλλικές	[75]
	27,8 - 55,2	6	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[77]
343		Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[81] ⁽⁶⁾
110,95	51 - 356	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽⁷⁾
39,8		2	Στέγες	Πλάκες σκυροδέματος ή χαλίκι	[84] ⁽⁸⁾
340	150 - 430	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Οροφή θερμοκηπίου	[86]
42,227	0,180 - 3116	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[88]

⁽¹⁾ Η τιμή έχει προσδιοριστεί προσεγγιστικά από διάγραμμα

⁽²⁾ Η στέγη ως επιφάνεια συλλογής αποτελεί την βασική αλλά όχι αποκλειστική πηγή συλλογής νερού του οποίου μετράται η ποιότητα

⁽³⁾ Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από την στέγη και γκριζού νερού

⁽⁴⁾ Γίνεται σύγκριση με υπόγεια ύδατα και δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα

(5) Γίνεται σύγκριση με νερό χειμάρων και δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα

(6) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από στέγες, προαύλιους χώρους και από οδοποιία

(7) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού εκτός από στέγες και από επιφάνειες συλλογής όπως αυλές και δρόμοι

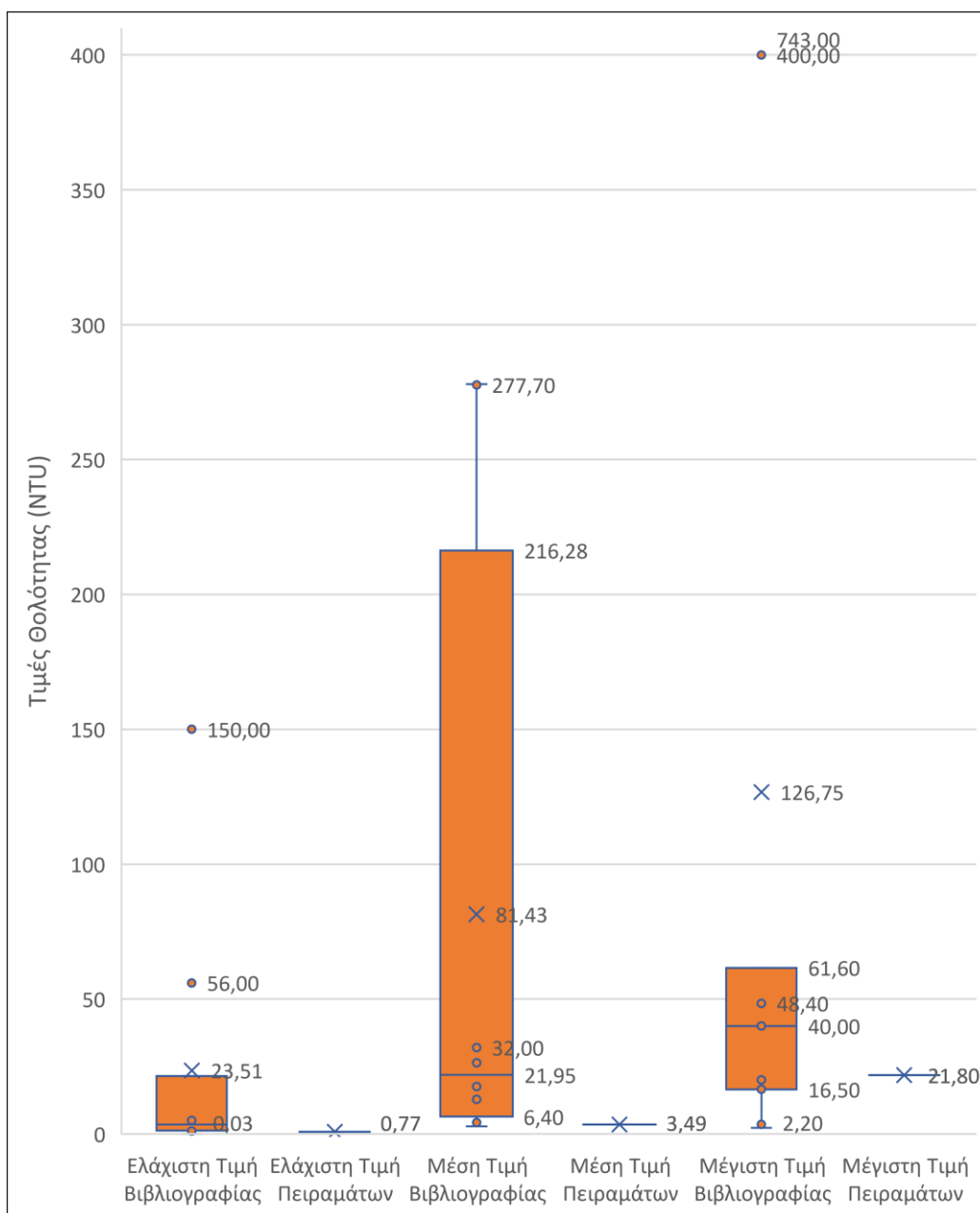
(8) Γίνεται σύγκριση με υπόγεια ύδατα

4.2.3 Θολότητα

Αυξημένη θολότητα στο νερό καταδεικνύει παρουσία αιωρούμενων στερεών, οξει-υδροξειδίων σιδήρου (Fe) / μαγγανίου (Mn), βακτηρίων ή ακόμα και μικρών φυσαλίδων αέρα. Ενδεικτικά, σύμφωνα με την υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (US EPA) [117] για την

επαναχρησιμοποίηση λυμάτων, προτείνονται τιμές θολότητας από μικρότερες των 2 NTU μέχρι και 10NTU.

Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων της ηλεκτρικής αγωγιμότητας καταγράφονται στον Πίνακα 0.1A στο παράρτημα Α. Προκύπτει μέση τιμή 3,49, ελάχιστη τιμή 0,77 και μέγιστη 21,80 NTU. Ως προς την βιβλιογραφία, η ελάχιστη, η μέση και η μέγιστη τιμή συγκρίνονται με τις μικρότερες τιμές των ελαχίστων, των μέσων και των μεγίστων τιμών της βιβλιογραφίας



Εικόνα 4.3: Διάγραμμα τιμών Θολότητας

όπως φαίνεται και στο αντίστοιχο διάγραμμα (Εικόνα 4.3) και στον Πίνακα 4.4.

Κύριος λόγος εμφάνισης θολότητας αποτελεί η διάβρωση των υλικών της στέγης, των υδρορροών και των σωληνώσεων και η σκόνη, η βρωμιά, τα περιττώματα διαφόρων ζώων, τα φύλλα, η γύρη και άλλα σωματίδια που μπορούν να συσσωρευτούν στην επιφάνεια συλλογής και να ξεπλυθούν στην δεξαμενή συλλογής. Στην αύξηση της θολότητας συμβάλλει και η ανάπτυξη μικροοργανισμών και αλγών σε κατάλληλες συνθήκες στην επιφάνεια συλλογής και στην δεξαμενή αποθήκευσης.

Πίνακας 4.4: Βιβλιογραφικές τιμές Θολότητας – (NTU)

Μέση Τιμή ± Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
3,49	0,77 - 21,8	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
17,5 ± 13,5	1,1 – 40 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Άργιλος	[49]
277,7 ± 39,2	150 - 400 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Κάκτοι “Corgo-de-Frade”	
12,7 ± 5,3	5 - 20 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Γρασίδι “Grana Esmeralda”	
	<2,2	4	Στέγες	Γαλλικά κεραμίδια ή ινοπλισμένο σκυρόδεμα	[51]
278 ± 273	56 - 743	1	Στέγη	Φυτεμένη	[52]
	10 - 40	3	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[54]
32		Τουλάχιστον 10	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[60]
12,8 ± 9,2	2 - 19	1	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[62]
4,27	0,03 - 61,6	34	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[69]
	1,2 - 16,5	6	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[77]
2,8		2	Στέγες	Πλάκες σκυροδέματος ή χαλίκι	[84] ⁽²⁾
	2 - 3,5	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽³⁾
26,4	7,8 - 48,4	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Οροφή θερμοκηπίου	[86]

(1) Η τιμή έχει προσδιοριστεί προσεγγιστικά από διάγραμμα

(2) Γίνεται σύγκριση με υπόγεια ύδατα

(3) Γίνεται σύγκριση με βρόχινο νερό συλλεγόμενο από πρηνή και οδοστρώματα

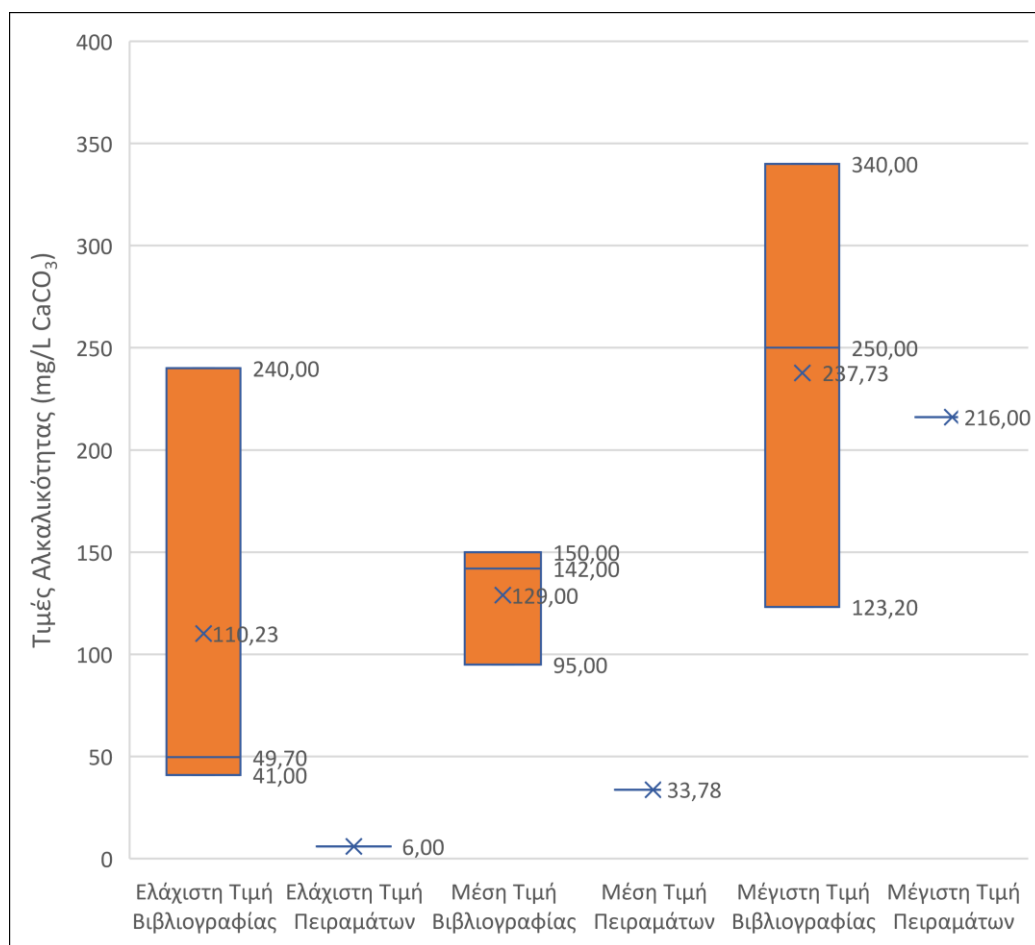
4.2.4 Αλκαλικότητα

Η αλκαλικότητα ασκεί σημαντικές επιδράσεις στην γονιμότητα και στην ανάπτυξη των φυτών, περισσότερο και από την ενεργό οξύτητα, ωστόσο δεν προτείνονται τιμές ορίων από τον ΦΑΟ. Ενδεικτικά, το Πανεπιστήμιο της Μασαχουσέτης [120] προτείνει εύρος τιμών αλκαλικότητας 0-100 mg/L CaCO₃ με ιδανικές τιμές μεταξύ 30 και 60 mg/L CaCO₃ για την υγιή ανάπτυξη των φυτών.

Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων της αλκαλικότητας καταγράφονται στον Πίνακα 0.1 στο παράρτημα Α. Προκύπτει μέση τιμή 33,78 mg/L CaCO₃, ελάχιστη τιμή 6,00 mg/L και μέγιστη 216,00 mg/L. Οι μετρήσεις της ελάχιστης και της μέσης τιμής των πειραμάτων είναι εκτός του εύρους των μετρήσεων της βιβλιογραφίας και εμφανίζουν πιο χαμηλές τιμές ενώ η μέγιστη τιμή βρίσκεται λίγο πιο χαμηλά από την μέση τιμή των μεγίστων της βιβλιογραφίας όπως φαίνεται στο διάγραμμα (Εικόνα 4.4) και στον Πίνακα 4.5.

Αυξημένη αλκαλικότητα στο συλλεγόμενο νερό μπορεί να παρατηρηθεί λόγω της επαφής του νερού με αλκαλικές ουσίες. Τέτοιες ουσίες μπορεί να εκλύονται από το σκυρόδεμα (στο σύστημα

συλλογής ή στην δεξαμενή αποθήκευσης) ή από μικροβιακή δραστηριότητα ή να βρίσκονται στην ατμόσφαιρα.



Εικόνα 4.4: Διάγραμμα τιμών Αλκαλικότητας

Πίνακας 4.5: Βιβλιογραφικές τιμές Αλκαλικότητας – (mg/L CaCO₃)

Μέση Τιμή ± Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
33,78	6 - 216	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
	240 - 340	1	Στέγη ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	[55] ⁽²⁾
142 ± 64	41 - 250	1	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[62]
150		Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[81] ⁽³⁾
95	49,7 - 123,2	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Οροφή θερμοκηπίου	[86]

⁽¹⁾ Η στέγη ως επιφάνεια συλλογής αποτελεί την βασική αλλά όχι αποκλειστική πηγή συλλογής νερού του οποίου μετράται η ποιότητα

⁽²⁾ Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από την στέγη και γκρίζου νερού

⁽³⁾ Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από στέγες, προαύλιους χώρους και από οδοποιία

4.2.5 Χημικώς Απαιτούμενο Οξυγόνο- COD

Το χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο αποτελεί σημαντική παράμετρο στην ποιότητα του αρδευτικού νερού καθώς αποτελεί οργανικό υπόστρωμα για μικροβιακή ανάπτυξη σύμφωνα με την υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (US EPA) [117] και ευνοείται η επανανάπτυξη βακτηρίων στα συστήματα διανομής, ωστόσο τα κύρια πρότυπα για την χρήση του νερού για άρδευση και στην βιομηχανία δεν απαιτούν όρια για την τιμή του χημικώς απαιτούμενου οξυγόνου για αρδευτική χρήση.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του χημικώς απαιτούμενου οξυγόνου παρουσιάζονται στον Πίνακα 0.1Α στο παράρτημα Α. Προκύπτουν τιμές με μέσο όρο 26,10, τυπική απόκλιση $\pm 12,18$, και κυμαίνονται από 16,10 mgCOD/L έως 67,90 mgCOD/L. Στην βιβλιογραφία οι συγκεντρώσεις κυμαίνονται από 4,56 έως 36,1 mg/L όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.6.

Αυξημένες τιμές του χημικώς απαιτούμενου οξυγόνου μπορούν να παρατηρηθούν κυρίως λόγω παρουσίας οργανικής ύλης στο συλλεγόμενο νερό που είτε έχει ξεπλυθεί με την βροχή από την ατμόσφαιρα και το σύστημα συλλογής είτε λόγω ανάπτυξης μικροβιακής δραστηριότητας. Ακόμα περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η έκθεση στο ηλιακό φως και η ενεργός οξύτητα επηρεάζουν τον ρυθμό των χημικών αντιδράσεων και επομένως το χημικώς απαιτούμενο οξυγόνο.

Πίνακας 4.6: Βιβλιογραφικές τιμές Χημικώς Απαιτούμενου Οξυγόνου – COD (mg/L)

Μέση Τιμή	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
	<15-105	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
15,1		Τουλάχιστον 10	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[60]
14,2	4,56-36,1	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽²⁾
	8,74-23,83	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽³⁾

⁽¹⁾ Η στέγη ως επιφάνεια συλλογής αποτελεί την βασική αλλά όχι αποκλειστική πηγή συλλογής νερού του οποίου μετράται η ποιότητα

⁽²⁾ Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού εκτός από στέγες και από επιφάνειες συλλογής όπως αυλές και δρόμοι

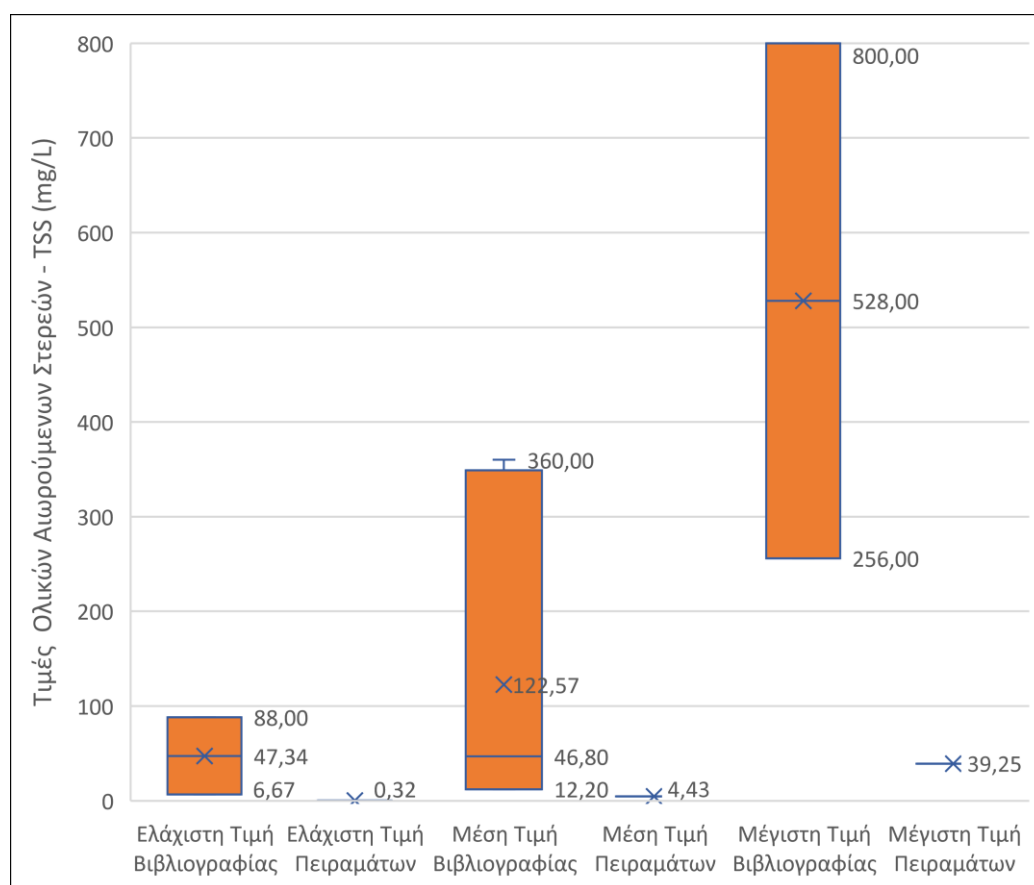
⁽³⁾ Γίνεται σύγκριση με βρόχινο νερό συλλεγόμενο από πρανή και οδοστρώματα

4.2.6 Ολικά Αιωρούμενα Στερεά – TSS

Τα ολικά αιωρούμενα στερεά μπορεί να σχετίζονται με μικροβιακή μόλυνση και με την απόφραξη των συστημάτων άρδευσης. Τα κύρια πρότυπα για την ποιότητα του νερού για άρδευση και για την βιομηχανία, σύμφωνα με την υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (US EPA) [117] χρησιμοποιούν ως όριο την τιμή των 30 mg/L. Αντίστοιχα, η διεθνής οργάνωση τροφίμων & γεωργίας (FAO) [115] προτείνει τιμές μικρότερες των 50 mg/L για την αποφυγή προβλημάτων απόφραξης του συστήματος άρδευσης και 50 - 100 mg/L για ασήμαντα έως όχι πολύ σημαντικά.

Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων των ολικών αιωρούμενων στερεών καταγράφονται στον Πίνακα 0.1Α στο παράρτημα Α. Προκύπτει μέση τιμή 4,43 mg/L, διάμεσος 2,00 mg/L, ελάχιστη

τιμή 0,32 mg/L και η μέγιστη 39,25 mg/L. Και οι τρεις μετρήσεις της ελάχιστης, της μέσης και της μέγιστης τιμής των πειραμάτων είναι εκτός του εύρους των μετρήσεων της βιβλιογραφίας και εμφανίζουν πιο χαμηλές τιμές όπως φαίνεται και στο διάγραμμα (Εικόνα 4.5). Από τις 30 μετρήσεις,



οι 29 έχουν χαμηλότερη τιμή από 30 mg/L. Τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων φαίνονται και στον Πίνακα 4.7.

Υψηλές τιμές Ολικών Αιωρούμενων Στερεών μπορεί να προκύψουν στο συλλεγόμενο νερό είτε με την βροχή όταν ξεπλένονται από την ατμόσφαιρα, από την επιφάνεια συλλογής ή τις

Εικόνα 4.5: Διάγραμμα τιμών Ολικών Αιωρούμενων Στερεών

υδρορροές και τις σωληνώσεις, είτε λόγω διάσπασης οργανικής ύλης λόγω μικροβιακής δραστηριότητας.

Πίνακας 4.7: Βιβλιογραφικές τιμές Ολικών Αιωρούμενων Στερεών – TSS (mg/L)

Μέση Τιμή ± Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
4,43	0,32 - 39,25	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
63		Τουλάχιστον 10	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[60]
349 ± 169	88 - 800	1	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[62]
15 ± 13,9		2	Στέγες	Ασφαλτική επικάλυψη	[63]
12,2 ± 23,5		2	Στέγες	Ξύλινη επικάλυψη	
12,0 ± 8,2		2	Στέγες	Συνθετικές πλάκες σχιστολίθου	
	6,67 - 256	6	Πειραματικές κλίνες	Τριών ειδών Φυτεμένες	[71]
360		Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[81] ⁽¹⁾
46,8		2	Στέγες	Πλάκες σκυροδέματος ή χαλίκι	[84] ⁽²⁾

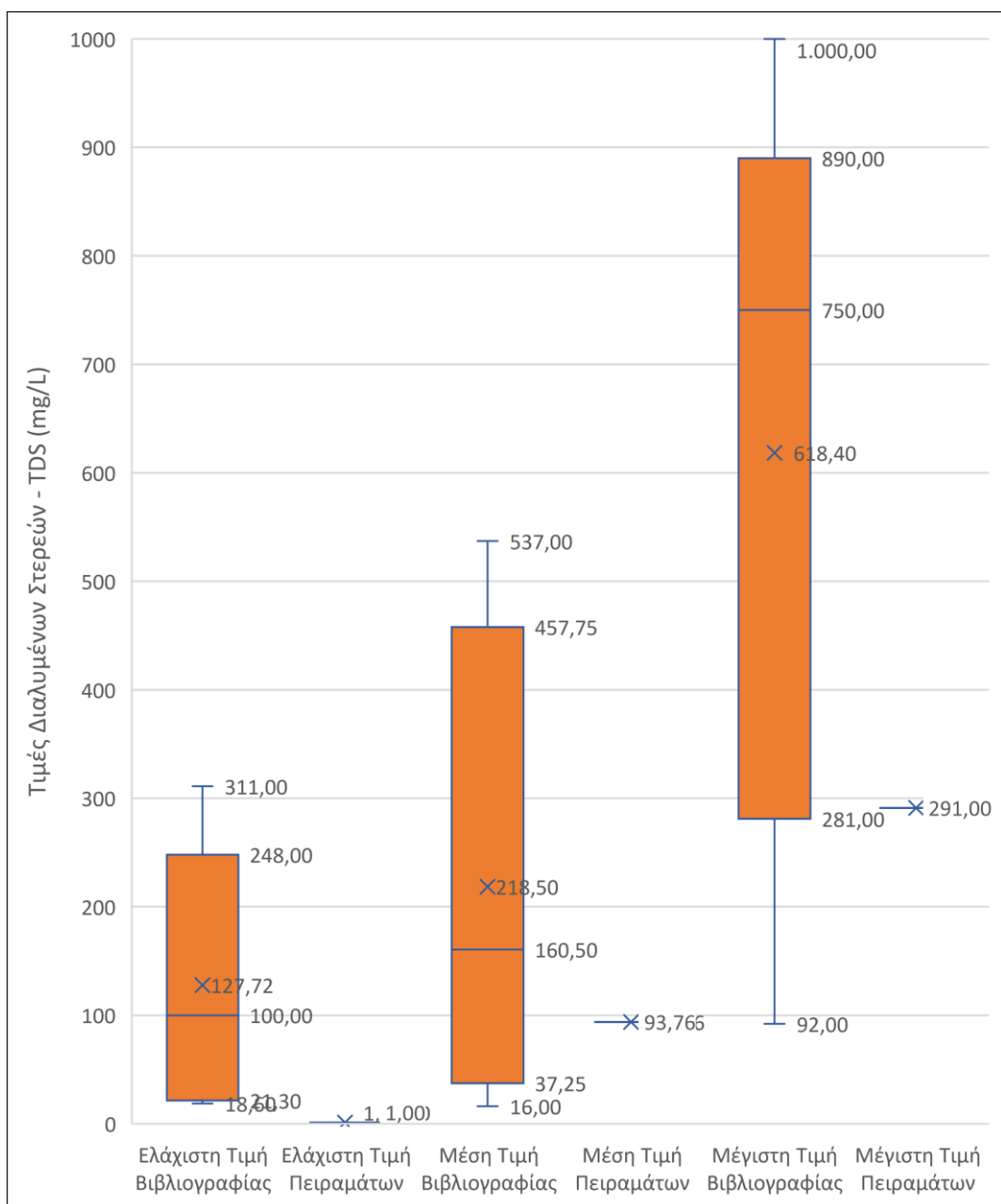
⁽¹⁾ Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από στέγες, προαύλιους χώρους και από οδοποιία

⁽²⁾ Γίνεται σύγκριση με υπόγεια ύδατα

4.2.7 Ολικά Διαλυμένα Στερεά – TDS

Η μέτρηση των ολικών διαλυμένων στερεών (TDS) όπως και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) αποτελούν τρόπο μέτρησης της αλατότητας και η συγκέντρωση των TDS είναι ανάλογη με την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC). Σύμφωνα με την διεθνή οργάνωση τροφίμων & γεωργίας (FAO) [115], για τιμές των ολικών διαλυμένων στερεών μικρότερες των 450 mg/L δεν συναντώνται προβλήματα και έως 2000 mg/L όχι σημαντικά. Για τιμές μεγαλύτερες των 500 mg/L προκύπτουν μικρά προβλήματα απόφραξης στο αρδευτικό σύστημα ενώ για τιμές άνω των 2000mg/L εντοπίζονται σημαντικά.

Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων των ολικών διαλυμένων στερεών παρουσιάζονται



στον Πίνακα 0.1A στο παράρτημα Α. Προκύπτει μέση τιμή 93,76 mg/L με τυπική απόκλιση $\pm 87,04$ mg/L. Η ελάχιστη τιμή μετρήθηκε σε 1 mg/L ενώ η μέγιστη σε 291,00 mg/L. Και οι τρεις μετρήσεις της ελάχιστης, της μέσης και της μέγιστης τιμής των πειραμάτων είναι μικρότερες από την μέση τιμή και την διάμεσο των αντίστοιχων βιβλιογραφικών μετρήσεων όπως φαίνεται και στο διπλανό διάγραμμα και όπως προκύπτει και από τον

Εικόνα 4.6: Διάγραμμα τιμών Ολικών Διαλυμένων Στερεών

Πίνακας 4.8. Η ελάχιστη τιμή των πειραμάτων είναι πολύ μικρότερη από την ελάχιστη της

βιβλιογραφίας και η μέγιστη τιμή των πειραμάτων βρίσκεται κοντά στις ακραίες ελάχιστες τιμές των μεγίστων της βιβλιογραφίας. Συγκρίνοντας με τα προτεινόμενα όρια όλες οι τιμές των μετρήσεων των πειραμάτων είναι μικρότερες των 450 mg/L. Παρατηρείται ότι οι δεξαμενές που έχουν αυξημένη θολότητα εμφανίζουν και αυξημένες συγκεντρώσεις ολικών διαλυμένων στερεών.

Πίνακας 4.8: Βιβλιογραφικές τιμές Ολικών Διαλυμένων Στερεών – TDS (mg/L)

Μέση Τιμή ± Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
93,76 ± 87,04	1 - 291	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
	24 - 92	3	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[54]
	311 - 470	1	Στέγη ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	[55] ⁽²⁾
16		Τουλάχιστον 10	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[60]
537 ± 296	100 - 1000	1	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[62]
101	18,6 - 780	34	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[69]
220		Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[81] ⁽³⁾
	185 - 750	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Η στέγη ως επιφάνεια συλλογής αποτελεί την βασική αλλά όχι αποκλειστική πηγή συλλογής νερού του οποίου μετράται η ποιότητα

⁽²⁾ Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από την στέγη και γκριζού νερού

⁽³⁾ Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από στέγες, προαύλιους χώρους και από οδοποιία

⁽⁴⁾ Γίνεται σύγκριση με βρόχινο νερό συλλεγόμενο από πρηνή και οδοστρώματα

4.2.8 Άζωτο

Το άζωτο, αναφέρεται σε όλες τις ανόργανες μορφές αζώτου που συναντώνται στο νερό, την αμμωνία (NH₃), το αμμώνιο (NH₄), τα νιτρώδη (NO₂⁻) και τα νιτρικά (NO₃⁻). Η διεθνής οργάνωση τροφίμων & γεωργίας (FAO) [115] προτείνει ακριβώς τις ίδιες τιμές αζώτου με αυτές που προτείνονται στις οδηγίες άρδευσης της Νότιας Αφρικής [118]. Η συγκέντρωση του αζώτου στο νερό άρδευσης χρειάζεται έλεγχο για την αποφυγή της ανάπτυξης των φυτών καθ' υπέρβαση των απαιτήσεων που αυτά εμφανίζουν, την αποφυγή μόλυνσης των υπόγειων υδάτων και τον ευτροφισμό που μπορεί να προκαλέσει εντός των συστημάτων άρδευσης με προβλήματα στην λειτουργία τους ειδικά κατά τη διάρκεια βέλτιστων συνθηκών ηλιακού φωτός και θερμοκρασίας. Το άζωτο είναι απαραίτητο θρεπτικό συστατικό των φυτών και λειτουργεί ευεργετικά στην ανάπτυξη των φυτών. Σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να παρατηρηθεί υπερβολική βλαστική ανάπτυξη και να προκληθούν προβλήματα όπως η καθυστερημένη ωρίμανση, η κακή ποιότητα των καρπών και μειωμένη απόδοση, αποτελέσματα που συναντώνται παρόμοια και στην χρήση υπερβολικής ποσότητας λιπασμάτων. Η ευαισθησία των καλλιεργειών στο άζωτο ποικίλλει ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης τους. Η επιθυμητή συγκέντρωση αζώτου για να μην επηρεαστούν ούτε οι ευαίσθητες καλλιέργειες όπως τα σταφύλια και τα περισσότερα οπωροφόρα δέντρα αλλά και να μην υπάρξει περίσσεια αζώτου που εισέλθει στα υπόγεια ύδατα προτείνεται να είναι μικρότερη των 5mg/L. Συγκεντρώσεις μεταξύ 5 και 30mg/L οι πιο ευαίσθητες καλλιέργειες πιθανώς θα επηρεαστούν όπως

και ο υδροφόρος. Για συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 30mg/L οι περισσότερες καλλιέργειες επηρεάζονται, επιβάλλονται αυστηροί περιορισμοί στην χρήση αυτών των υδάτων και αυξάνεται η πιθανότητα ρύπανσης των υπόγειων υδάτων.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του αμμωνίου, των νιτρωδών και των νιτρικών καταγράφονται στον Πίνακα 0.1Α στο παράρτημα Α. Για το συνολικό άζωτο προκύπτουν συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από μικρότερες των 1,03 mg/L έως μικρότερες των 25,38 mg/L. Στην βιβλιογραφία οι μέγιστες συγκεντρώσεις του αμμωνίου (NH₄) κυμαίνονται μεταξύ 0,16 και 4,47 mg/L ενώ στα πειραματικά αποτελέσματα η μέγιστη τιμή βρέθηκε 0,29 mg/L, στα νιτρικά (NO₃⁻) οι μέγιστες συγκεντρώσεις της βιβλιογραφίας κυμαίνονται μεταξύ 0,05 και 26,57 mg/L ενώ στα πειραματικά αποτελέσματα η μέγιστη τιμή βρέθηκε 25,33 mg/L και στα νιτρώδη (NO₂⁻) οι μέγιστες συγκεντρώσεις της βιβλιογραφίας κυμαίνονται μεταξύ 0,3 και 1,4 mg/L ενώ στα πειραματικά αποτελέσματα η μέγιστη τιμή βρέθηκε 0,11 mg/L. Στους Πίνακα 4.9, Πίνακα 4.10 και Πίνακα 4.11 καταγράφονται οι πειραματικές τιμές της βιβλιογραφίας για το αμμωνιακό, το νιτρικό και το νιτρώδες άζωτο. Όλες οι πειραματικές τιμές βρίσκονται εντός των ορίων των τιμών της βιβλιογραφίας. Ως προς τα προτεινόμενα όρια, στις 22 από τις 27 δεξαμενές οι συγκεντρώσεις που μετρήθηκαν βρέθηκαν μικρότερες των 5 mg/L ενώ όλες οι δεξαμενές πληρούν το όριο των 30 mg/L. Επομένως για την πλειοψηφία των δεξαμενών δεν θα επηρεαστούν οι καλλιέργειες ούτε ο υδροφόρος. Για τις καλλιέργειες που αρδεύονται από τις πέντε δεξαμενές όπου η συγκέντρωση υπερβαίνει την τιμή των 5 mg/L θα χρειαστεί να πραγματοποιηθεί έρευνα για το είδος των καλλιεργειών που θα αρδεύονται και για τυχών επιπτώσεις στον υδροφόρο.

Ενώσεις αζώτου, όπως νιτρικά άλατα (NO₃⁻) και αμμωνία (NH₃), μπορούν να υπάρχουν στην ατμόσφαιρα ως αποτέλεσμα φυσικών διεργασιών και ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Σε αστικές, αγροτικές ή βιομηχανικές περιοχές, η ατμόσφαιρα ενδέχεται να περιέχει και οξείδια του αζώτου (NO_x) από διεργασίες ψεκασμού καλλιεργειών ή καύσης όπως αυτής των κινητήρων εσωτερικής καύσης στα οχήματα. Οι αερομεταφερόμενοι αυτοί ρύποι καταλήγουν στο σύστημα συλλογής λόγω κατακρημνίσεων.

Πίνακας 4.9: Βιβλιογραφικές τιμές Αμμωνιακού Αζώτου – NH₄ (mg/L)

Μέση Τιμή	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
	<0,019 - 0,29	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
	1,38 - 4,47	6	Πειραματικές κλίνες	Φυτεμένη	[58]
	0,54 - 1,09	2	Στέγες	Μεταλλικές	[75]
0,64	0,35 - 1,13	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽²⁾
0,08	0,02 - 0,16	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Οροφή θερμοκηπίου	[86]

⁽¹⁾ Η στέγη ως επιφάνεια συλλογής αποτελεί την βασική αλλά όχι αποκλειστική πηγή συλλογής νερού του οποίου μετράται η ποιότητα

⁽²⁾ Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού εκτός από στέγες και από επιφάνειες συλλογής όπως αυλές και δρόμοι

Πίνακας 4.10: Βιβλιογραφικές τιμές Νιτρικού Αζώτου – NO₃ (mg/L)

Μέση Τιμή	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
	<1 - 25,33	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
	0,1 - 2 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Άργιλος	[49]
	0,1 - 2 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Κάκτοι “Coroa-de-Frade”	
	3 - 11 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Γρασίδι “Grana Esmeralda”	
	0 - 26,57	1	Στέγη ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[55] ⁽³⁾
	<0,05	6	Πειραματικές κλίνες	Φυτεμένη	[58]
	0,62 - 2,55	2	Στέγες	Μεταλλικές	[75]
17		Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[81] ⁽⁴⁾
3,19	0,1 - 7,45	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽⁵⁾
0,18	0,01 - 0,35	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Οροφή θερμοκηπίου	[86]

(1) Η τιμή έχει προσδιοριστεί προσεγγιστικά από διάγραμμα

(2) Η στέγη ως επιφάνεια συλλογής αποτελεί την βασική αλλά όχι αποκλειστική πηγή συλλογής νερού του οποίου μετράται η ποιότητα

(3) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από την στέγη και γκρίζου νερού

(4) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από στέγες, προαύλιους χώρους και από οδοποιία

(5) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού εκτός από στέγες και από επιφάνειες συλλογής όπως αυλές και δρόμοι

Πίνακας 4.11: Βιβλιογραφικές τιμές Νιτρώδους Αζώτου – NO₂ (mg/L)

Μέση Τιμή	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
	0,01-0,11	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
	0,05-0,3	2	Στέγες	Μεταλλικές	[75]
0,28	0,02-1,4	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽²⁾

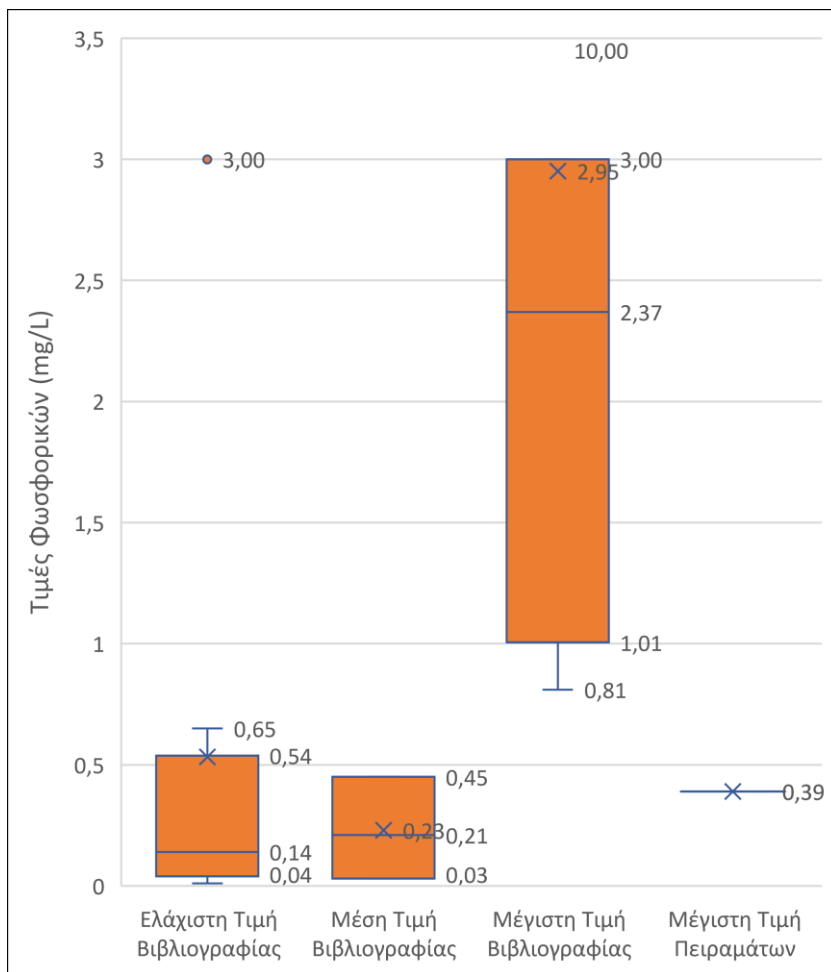
(1) Η στέγη ως επιφάνεια συλλογής αποτελεί την βασική αλλά όχι αποκλειστική πηγή συλλογής νερού του οποίου μετράται η ποιότητα

(2) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού εκτός από στέγες και από επιφάνειες συλλογής όπως αυλές και δρόμοι

4.2.9 Φωσφορικά

Τα φωσφορικά στο αρδευτικό νερό λειτουργούν ως υποκατάστατο του λιπάσματος και μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα στην ανάπτυξη αλγών στις δεξαμενές συλλογής ομβρίων. Ενδεικτικά, η υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (US EPA) [117] προτείνει συγκέντρωση φωσφορικών από τιμές μικρότερες του 1 mg/L έως 20 mg/L.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων των φωσφορικών παρουσιάζονται στον Πίνακα 0.1Α στο παράρτημα Α. Όλες σχεδόν οι συγκεντρώσεις μετρήθηκαν μικρότερες του 0,3065 mg/L, μόνο μια υπερέβη την τιμή αυτή όπου η συγκέντρωση μετρήθηκε 0,39 mg/L. Οι μετρήσεις των πειραμάτων



εφόσον είναι μικρότερες των 0,3065 mg/L βρίσκονται στο ίδιο εύρος με τις ελάχιστες και τις μέσες τιμές της βιβλιογραφίας. Όπως φαίνεται στο διπλανό διάγραμμα (Εικόνα 4.7) και καταγράφεται στον Πίνακα 4.12, η τιμή των 0,39 mg/L είναι αρκετά μικρότερη από την ελάχιστη τιμή των μεγίστων τιμών της βιβλιογραφίας.

Εικόνα 4.7: Διάγραμμα τιμών Ολικών Διαλυμένων Στερεών

Πίνακας 4.12: Βιβλιογραφικές τιμές Φωσφορικών – (mg/L)

Μέση Τιμή	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
	<0,3065 - 0,39	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
	0,1 - 3 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Άργιλος	[49]
	0,1 - 3 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Κάκτοι "Coroa-de-Frade"	
	3 - 10 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Γρασίδι "Grana Esmeralda"	
	0,2 - 2,3	1	Στέγη ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[55] ⁽³⁾
	0,65 - 2,44	6	Πειραματικές κλίνες	Φυτεμένη	[58]
	0,02 - 1,08	2	Στέγες	Μεταλλικές	[75]
0,03		Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[81] ⁽⁴⁾
0,21	0,01 - 0,98	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽⁵⁾
0,45	0,18 - 0,81	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Οροφή θερμοκηπίου	[86]

⁽¹⁾ Η τιμή έχει προσδιοριστεί προσεγγιστικά από διάγραμμα

⁽²⁾ Η στέγη ως επιφάνεια συλλογής αποτελεί την βασική αλλά όχι αποκλειστική πηγή συλλογής νερού του οποίου μετράται η ποιότητα

⁽³⁾ Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από την στέγη και γκριζου νερού

(4) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από στέγες, προαύλιους χώρους και από οδοποιία

(5) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού εκτός από στέγες και από επιφάνειες συλλογής όπως αυλές και δρόμοι

4.3 Βαρέα Μέταλλα, Αλκάλια & Περιεκτικότητα σε Νάτριο (Cd, Mn, Pb, Ni, Cu, Cr, Zn, Ca, K, Mg, Na & SAR)

4.3.1 Κάδμιο- Cd

Σύμφωνα με την διεθνή οργάνωση τροφίμων & γεωργίας (FAO) [115], η συγκέντρωση καδμίου στο αρδευτικό νερό δεν πρέπει να ξεπερνάει την τιμή των 0,01 mg/L. Τα όρια είναι αρκετά συντηρητικά λόγω της δυνατότητάς του καδμίου να συσσωρεύεται σε φυτά και εδάφη σε συγκεντρώσεις που μπορεί να είναι επιβλαβείς για τον άνθρωπο. Σύμφωνα με τις οδηγίες άρδευσης της Νότιας Αφρικής [118], το κάδμιο δεν είναι βασικό θρεπτικό συστατικό των φυτών, ωστόσο απορροφάται εύκολα και επηρεάζει ορισμένες φυτικές διεργασίες για αυτό θεωρείται τοξικό. Ανάλογα με τις συγκεντρώσεις που περιέχονται στο αρδευτικό νερό, η απόδοση της καλλιέργειας μπορεί να μειωθεί έως και 50%. Προτείνεται συντηρητικά όπως και στη διεθνή οργάνωση τροφίμων & γεωργίας (FAO) [115], η συγκέντρωση καδμίου στο αρδευτικό νερό να μην ξεπερνά τα 0,01 mg/L λόγω της δυνατότητας συγκέντρωσης του.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του καδμίου καταγράφονται στον Πίνακα 0.2A στο παράρτημα Α. Οι μετρήσεις που προέκυψαν κυμαίνονται από τιμές μη ανιχνεύσιμες έως μικρότερες των 0,25 mg/L. Μη ανιχνεύσιμες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν σε 25 από τις 27 δεξαμενές που μετρήθηκαν. Για τις δύο δεξαμενές όπου ανιχνεύθηκε κάδμιο πρέπει να πραγματοποιηθούν περαιτέρω πειραματικές αναλύσεις για να αποσαφηνιστεί εάν η συγκέντρωση του καδμίου είναι εντός των προβλεπόμενων ορίων. Λόγω της ύπαρξης συγκεντρώσεων καδμίου σε μόνο δύο από τις 27 δεξαμενές μπορεί να πραγματοποιηθεί περαιτέρω έρευνα στα υλικά του συστήματος της συλλογής των ομβρίων υδάτων των συγκεκριμένων δεξαμενών. Στην βιβλιογραφία, όπως προκύπτει από τον Πίνακα 4.13, οι τιμές κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα με τον μέσο όρο των συγκεντρώσεων να κυμαίνεται σε τιμές της τάξεως των 0,05 mg/L, όπως καταγράφεται και στον .

Αυξημένες τιμές καδμίου μπορεί να παρατηρηθούν σε ορισμένες περιπτώσεις, όπου τα υλικά της στέγης ή οι υδρορροές ή οι σωληνώσεις ή οι επικαλύψεις τους μπορούν να περιέχουν ενώσεις καδμίου, όπως χρωστικές ή επικαλύψεις με βάση το κάδμιο και να ξεπλένονται με την βροχή. Σωματίδια καδμίου μπορεί να υπάρχουν στην ατμόσφαιρα λόγω διαφόρων πηγών, όπως λόγω βιομηχανικών εκπομπών, καυσαερίων των οχημάτων και φυσικών διεργασιών.

Πίνακας 4.13: Βιβλιογραφικές τιμές Καδμίου – Cd (mg/L)

Μέση Τιμή	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
	n.d. - <0,25	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food

0,02	0 - 0,08 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Αστική περιοχή	[76]
0,06	0,01 - 0,09 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Βιομηχανική περιοχή	
0,05	0,00 - 0,15 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Περιοχή διυλιστηρίων	
	0 - 0,08 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	μεταλλικές λαμαρίνες	
	0 - 0,08 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	φύλλα αλουμινίου	
	0 - 0,15 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	αμίαντος	
	0 - 0,08 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	κεραμίδια	
	0 - 0,08 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία <5 ετών	
	0,01 - 0,15 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία >5 & <10 ετών	
	0 - 0,08 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία >10 ετών	

⁽¹⁾ Η τιμή έχει προσδιοριστεί προσεγγιστικά από διάγραμμα

4.3.2 Μαγγάνιο- Mn

Σύμφωνα με τις οδηγίες άρδευσης της Νότιας Αφρικής [118] τα φυτά ποικίλλουν ως προς την ευαισθησία τους στο μαγγάνιο και έχει παρατηρηθεί τοξικότητα σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις και μπορεί να προκαλέσει την απόφραξη αγωγών άρδευσης, ειδικά σε συστήματα στάγδην και σε μικροεκτοξευτές. Σύμφωνα με την διεθνή οργάνωση τροφίμων & γεωργίας (FAO) [115], οι συγκεντρώσεις του μαγγανίου προτείνονται να μην ξεπερνούν τα 0,2 mg/L λόγω της τοξικότητας του, η οποία όμως συναντάται μόνο σε όξινα εδάφη. Στην περίπτωση που λαμβάνεται υπόψη και το σύστημα άρδευσης, για συγκεντρώσεις μικρότερες των 0,1 mg/L μόνο μικρά προβλήματα απόφραξης παρουσιάζονται σε συστήματα στάγδην άρδευσης. Μέτρια προβλήματα παρουσιάζονται για εύρος συγκεντρώσεων μεταξύ 0,1 και 1,5 mg/L. Για συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 1,5mg/L παρουσιάζονται σοβαρά προβλήματα απόφραξης του συστήματος στάγδην άρδευσης.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του μαγγανίου παρατηρούνται στον Πίνακα 0.2A στο παράρτημα Α. Οι μετρήσεις που προέκυψαν κυμαίνονται από τιμές μη ανιχνεύσιμες έως 18 mg/L. Σε τέσσερις δεξαμενές οι συγκεντρώσεις μαγγανίου ήταν μη ανιχνεύσιμες, σε ακόμα τέσσερις μικρότερες των 1,5 mg/L και σε μία 1,5 mg/L. Οι υπόλοιπες 18 δεξαμενές περιείχαν μαγγάνιο σε συγκεντρώσεις μεταξύ 1,8 και 18 mg/L, τιμές που ξεπερνούν τα όρια. Σε σχέση με την βιβλιογραφία, όπως προκύπτει από τον Πίνακα 4.14, η μέγιστη συγκέντρωση έχει μετρηθεί σε 0,4 mg/L, τα πειραματικά αποτελέσματα είναι πολύ υψηλά.

Υψηλή συγκέντρωση μαγγανίου συναντάται σε ορισμένα υλικά οροφών όπως σε μεταλλικές ή γαλβανισμένες στέγες, σε υδρορροές ή σωληνώσεις και με την επαφή με το νερό, την διάβρωση ή την οξείδωση τους απελευθερώνεται μαγγάνιο. Ακόμα, σωματίδια μαγγανίου μπορεί να υπάρχουν στην ατμόσφαιρα ως αποτέλεσμα φυσικών διεργασιών, βιομηχανικών εκπομπών, εκπομπών οχημάτων ή και ανθρώπινων δραστηριοτήτων τα οποία με την βροχή ξεπλένονται στο σύστημα συλλογής ομβρίων υδάτων.

Πίνακας 4.14: Βιβλιογραφικές τιμές Μαγγανίου – Mn (mg/L)

Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
n.d. - 18	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food

0,2 - 0,4	2	Στέγες	Μεταλλικές	[75]
<0,005	1	Στέγη	Μεταλλικές	[80] ⁽¹⁾
0,048 - 0,112	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκουροδέματος	[85] ⁽²⁾

(1) Γίνεται σύγκριση με απευθείας συλλεγόμενο βρόχινο νερό και πλημμυρικά ύδατα

(2) Γίνεται σύγκριση με βρόχινο νερό συλλεγόμενο από πρανή και οδοστρώματα

4.3.3 Μόλυβδος- Pb

Ο μόλυβδος σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να αναστείλει την ανάπτυξη φυτικών κυττάρων. Η διεθνής οργάνωση τροφίμων & γεωργίας (FAO) [115], προτείνει μέγιστη τιμή συγκέντρωσης τα 5mg/L. Σύμφωνα με τις οδηγίες άρδευσης της Νότιας Αφρικής [118] ο μόλυβδος έχει αρκετά χαμηλή φυτοτοξικότητα, ωστόσο όπως αναφέρει και ο ΦΑΟ, μπορεί να αναστείλει την ανάπτυξη φυτικών κυττάρων σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις. Φυτά όπως οι πατάτες, το μαρούλι και ο σανός είναι ικανά να συσσωρεύουν μόλυβδο σε συγκεντρώσεις που είναι δυνητικά επικίνδυνες για ανθρώπους και ζώα.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του μολύβδου παρατηρούνται στον Πίνακα 0.2A στο παράρτημα Α. Οι μετρήσεις που προέκυψαν κυμαίνονται από τιμές μη ανιχνεύσιμες έως 21 mg/L. Μη ανιχνεύσιμες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν σε 17 από τις 27 δεξαμενές, σε τέσσερις μετρήθηκαν συγκεντρώσεις μικρότερες των 5 mg/L και σε τέσσερις μεγαλύτερες των 5. Στην βιβλιογραφία, όπως προκύπτει από τον Πίνακα 4.15, μέγιστη συγκέντρωση εμφανίζεται η τιμή των 1,28 mg/L πολύ μικρότερη των 21 mg/L.

Ο Μόλυβδος συναντάται σε υλικά κατασκευής οροφών ή υδρορροών ή σωληνώσεων ή σε επιστρώσεις αυτών κυρίως σε παλιότερες κατασκευές και με την επαφή με το νερό που συλλέγεται μπορεί να εισέλθει στις δεξαμενές συλλογής. Ακόμα, σωματίδια μολύβδου μπορεί να υπάρχουν στην ατμόσφαιρα ως αερομεταφερόμενοι ρύποι που προέρχονται από βιομηχανικές εκπομπές, καυσαέρια οχημάτων και εξορυκτικές δραστηριότητες μολύβδου, τα οποία με την βροχή να ξεπλένονται στο σύστημα συλλογής ομβρίων υδάτων.

Πίνακας 4.15: Βιβλιογραφικές τιμές Μολύβδου – Pb (mg/L)

Μέση Τιμή	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
	n.d. - 21	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
0,0794	0,003 - 1,282	34	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[69]
	1 - 1,15	6	Πειραματικές κλίνες	Τριών ειδών Φυτεμένες	[71]
	0 - 0,11 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Αστική περιοχή	[76]
	0,04 - 0,09 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Βιομηχανική περιοχή	
	0,01 - 0,013 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Περιοχή διυλιστηρίων	
	0 - 0,08 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	μεταλλικές λαμαρίνες	
	0,02 - 0,11 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	φύλλα αλουμινίου	
	0 - 0,09 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	αμίαντος	
	0 - 0,13 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	κεραμίδια	
	0 - 0,09 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία <5 ετών	
	0 - 0,11 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία >5 & <10 ετών	

	0 - 0,13 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία >10 ετών	
	<0,001	1	Στέγη	Μεταλλικές	[80] ⁽²⁾
	0,003 - 0,041	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽³⁾
	0,000013 - 0,35	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[88]

(1) Η τιμή έχει προσδιοριστεί προσεγγιστικά από διάγραμμα

(2) Γίνεται σύγκριση με απευθείας συλλεγόμενο βρόχινο νερό και πλημμυρικά ύδατα

(3) Γίνεται σύγκριση με βρόχινο νερό συλλεγόμενο από πρανή και οδοστρώματα

4.3.4 Νικέλιο- Ni

Το νικέλιο δεν θεωρείται βασικό θρεπτικό συστατικό των φυτών ωστόσο υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι σε μικρές ποσότητες μπορεί να λειτουργήσει ευεργετικά στην ανάπτυξη ορισμένων φυτών, ενώ σε υψηλές συγκεντρώσεις επιβραδύνει την ανάπτυξη των φυτών και είναι τοξικό. Μπορεί εύκολα μέσω του εδάφους αν εισέλθει στην ανθρώπινη και ζωική τροφική αλυσίδα. Σύμφωνα με τον ΦΑΟ αλλά και τις οδηγίες άρδευσης της Νότιας Αφρικής [118], προτείνονται συγκεντρώσεις μικρότερες των 0,2 mg/L.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της συγκέντρωσης του νικελίου παρατηρούνται στον Πίνακα 0.2Α στο παράρτημα Α. Οι μετρήσεις που προέκυψαν κυμαίνονται από τιμές μη ανιχνεύσιμες έως 7,9 mg/L. Οι συγκεντρώσεις νικελίου στις 22 από τις 27 δεξαμενές, ήταν μη ανιχνεύσιμες και σε δύο ακόμα μικρότερες των 5 mg/L χωρίς όμως να είναι γνωστή η τιμή τους. Οι υπόλοιπες τρεις περιείχαν συγκεντρώσεις μεταξύ 5 και 7,9 mg/L. Ενώ η πλειοψηφία των δεξαμενών όπου δεν ανιχνεύθηκε νικέλιο πληρούν τα όρια, στις υπόλοιπες τα όρια υπερβαίνονται κατά πολύ. Στην βιβλιογραφία δεν βρέθηκαν πειραματικές μετρήσεις για σύγκριση.

Το νικέλιο μπορεί να συναντηθεί σε υλικά κατασκευής του συστήματος συλλογής ή σε επιστρώσεις των υλικών αυτών και με την επαφή με το νερό που συλλέγεται μπορεί να εισέλθει στις δεξαμενές συλλογής. Ακόμα, σωματίδια νικελίου μπορεί να υπάρχουν στην ατμόσφαιρα ως αερομεταφερόμενοι ρύποι από βιομηχανικές εκπομπές και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες, τα οποία με την βροχή ξεπλένονται στο σύστημα συλλογής ομβρίων υδάτων.

4.3.5 Χαλκός- Cu

Ο χαλκός είναι βασικό θρεπτικό συστατικό για τα φυτά και σημαντικό συστατικό πολλών φυτικών ενζύμων. Η διεθνής οργάνωση τροφίμων & γεωργίας (FAO) [115] προτείνει η συγκέντρωση του στο νερό άρδευσης να είναι μικρότερη των 0,2 mg/L.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του χαλκού παρατηρούνται στον Πίνακα 0.2 στο παράρτημα Α. Οι μετρήσεις που προέκυψαν κυμαίνονται από τιμές μη ανιχνεύσιμες έως 14 mg/L και με διάμεσο 2,1 mg/L. Στην βιβλιογραφία, όπως προκύπτει από τον Πίνακα 4.16, οι τιμές κυμαίνονται σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα με μέγιστη τιμή ενός πειράματος της βιβλιογραφίας στα 4,2 mg/L. Μη ανιχνεύσιμες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν σε τέσσερις δεξαμενές, συγκεντρώσεις μικρότερες των 2 mg/L σε εννέα χωρίς ωστόσο να καταγράφεται η ακριβής τιμή, και μεγαλύτερες των 2 mg/L σε

13 δεξαμενές από τις 27. Η μέγιστη συγκέντρωση που μετρήθηκε υπερβαίνει κατά πολύ τα προτεινόμενα όρια.

Ο χαλκός κυρίως χρησιμοποιείται ως υλικό στις στέγες, στις υδρορροές και στις σωληνώσεις και λόγω διάβρωσης μπορεί να καταλήγει στο συλλεγόμενο νερό και να παρατηρούνται αυξημένες τιμές.

Πίνακας 4.16: Βιβλιογραφικές τιμές Χαλκού – Cu (mg/L)

Μέση Τιμή	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
	n.d. - 14	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
	0,1 - 0,5 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Αστική περιοχή	[76]
	0,15 - 0,3 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Βιομηχανική περιοχή	
	0,15 - 0,4 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Περιοχή διυλιστηρίων	
	0,1 - 0,35 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	μεταλλικές λαμαρίνες	
	0,15 - 0,45 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	φύλλα αλουμινίου	
	0,1 - 0,25 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	αμίαντος	
	0,15 - 0,5 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	κεραμίδια	
	0,15 - 0,4 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία <5 ετών	
	0,1 - 0,25 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία >5 & <10 ετών	
	0,15 - 0,5 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία >10 ετών	
	<0,003	1	Στέγη	Μεταλλικές	[80] ⁽²⁾
	0,0011 - 0,016	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽³⁾
2,8	1,4 - 4,2	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Οροφή θερμοκηπίου	[86]

(1) Η τιμή έχει προσδιοριστεί προσεγγιστικά από διάγραμμα

(2) Γίνεται σύγκριση με απευθείας συλλεγόμενο βρόχινο νερό και πλημμυρικά ύδατα

(3) Γίνεται σύγκριση με βρόχινο νερό συλλεγόμενο από πρανή και οδοστρώματα

4.3.6 Χρώμιο- Cr

Σύμφωνα με τις οδηγίες άρδευσης της Νότιας Αφρικής [118] το χρώμιο δεν είναι απαραίτητο θρεπτικό συστατικό των φυτών. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις έχει βρεθεί ότι έχει ευεργετική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών και σε υψηλές συγκεντρώσεις γίνεται τοξικό για την ανάπτυξη των φυτών. Δεν μεταφέρεται εύκολα από τις ρίζες στα φύλλα και στον καρπό του φυτού. Πάνω από το 90% του χρωμίου που απορροφάται από τα φυτά παραμένει στις ρίζες τους και για αυτό είναι σπάνια η συσσώρευση του χρωμίου στα φυτά που καλλιεργούνται για κατανάλωση από τον άνθρωπο ή τα ζώα. Σύμφωνα με την διεθνή οργάνωση τροφίμων & γεωργίας (FAO) [115], προτείνονται συντηρητικά όρια με συγκέντρωση 0,1 mg/L καθώς δεν υπάρχει επαρκής γνώση για την κατανόηση της τοξικότητας του στα φυτά.

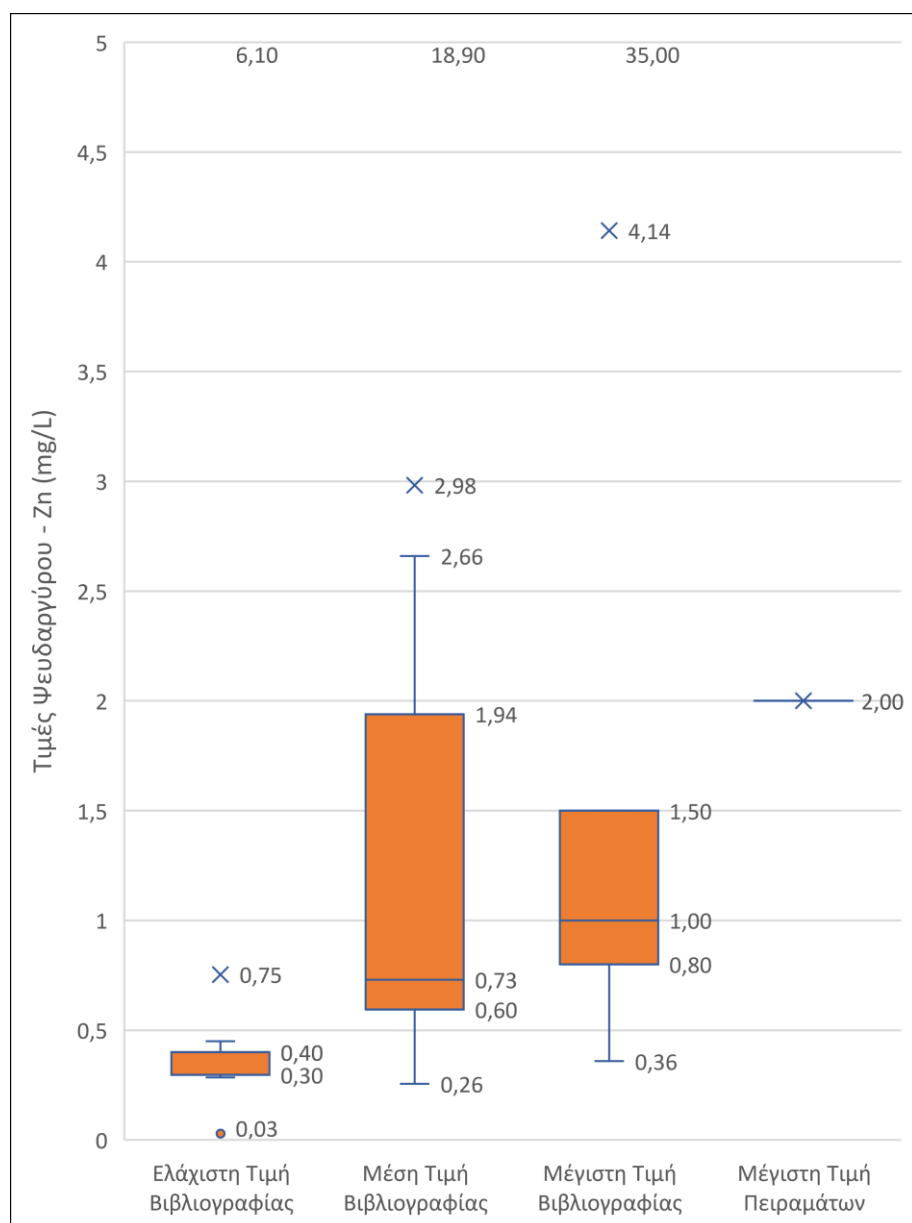
Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της συγκέντρωσης του χρωμίου καταγράφονται στον Πίνακας 0.2Α στο παράρτημα Α. Οι μετρήσεις που προέκυψαν κυμαίνονται από τιμές μη ανιχνεύσιμες έως 6,2 mg/L. Οι συγκεντρώσεις χρωμίου στις 18 από τις 27 δεξαμενές, ήταν μη ανιχνεύσιμες και σε τρεις ακόμα μικρότερες των 1,6 mg/L. Οι υπόλοιπες 6 περιείχαν συγκεντρώσεις μεταξύ 1,6 και 6,2 mg/L. Σε πάνω από τις μισές δεξαμενές πληρούνται τα προτεινόμενα όρια, στις υπόλοιπες όμως τα όρια

υπερβαίνονται κατά πολύ. Στην βιβλιογραφία δεν βρέθηκαν πειραματικές μετρήσεις χρωμίου για σύγκριση.

Το χρώμιο συναντάται σε υλικά κατασκευής οροφών ή υδρορροών ή σωληνώσεων ή σε επιστρώσεις αυτών μπορεί να περιέχονται ενώσεις χρωμίου και με την επαφή με το νερό που συλλέγεται μπορεί να εισέρθουν στο συλλεγόμενο νερό. Ακόμα, σωματίδια χρωμίου μπορεί να υπάρχουν στην ατμόσφαιρα ως αποτέλεσμα φυσικών διεργασιών ή βιομηχανικών εκπομπών και με την βροχή να ξεπλυθούν στο σύστημα συλλογής ομβρίων υδάτων.

4.3.7 Ψευδάργυρος- Zn

Σύμφωνα με τις οδηγίες άρδευσης της Νότιας Αφρικής [118] ο ψευδάργυρος είναι ένα βασικό θρεπτικό συστατικό των φυτών που απαιτείται σε μικρές ποσότητες. Σε υψηλότερες συγκεντρώσεις



προκαλεί τοξικές αντιδράσεις προκαλώντας ανεπάρκεια σιδήρου. Στα προβλήματα που παρατηρούνται σε υψηλές συγκεντρώσεις ψευδαργύρου περιλαμβάνονται χλώρωση σιδήρου, μείωση του μεγέθους των φύλλων, νέκρωση άκρων και παραμόρφωση του φυλλώματος. Η διεθνής οργάνωση τροφίμων & γεωργίας (FAO) [115] προτείνει μέγιστες τιμές συγκέντρωσης 2 mg/L.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του ψευδαργύρου καταγράφονται στον Πίνακα 0.2A στο παράρτημα Α. Οι μετρήσεις που προέκυψαν κυμαίνονται από τιμές μικρότερες των 0,05 mg/L έως 2 mg/L. Όλες οι μετρήσεις πληρούσαν τα όρια των 2 mg/L. Σε σχέση

Εικόνα 4.8: Διάγραμμα τιμών Ψευδαργύρου

με την βιβλιογραφία οι τιμές κυμαίνονται σε συγκρίσιμα επίπεδα όπως παρατηρείται στο διάγραμμα (Εικόνα 4.8) και στον Πίνακα 4.7.

Ο ψευδάργυρος συναντάται κυρίως στον γαλβανισμένο χάλυβα ή σε άλλα μεταλλικά υλικά ως επίστρωση για προστασία από διάβρωση σε στέγες, στις υδρορροές και στις σωληνώσεις. Μπορεί να ξεπλυθεί ειδικά σε χαμηλές τιμές ενεργού οξύτητας όπως η όξινη βροχή.

Πίνακας 4.17: Βιβλιογραφικές τιμές Ψευδαργύρου – Zn (mg/L)

Μέση Τιμή	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
	<0,05 - 2	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
0,2553	0,029 - 2,66	34	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[69]
	0,29 - 1,22	6	Πειραματικές κλίνες	Τριών ειδών Φυτεμένες	[71]
	0,4 - 1,2 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Αστική περιοχή	[76]
	0,3 - 0,8 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Βιομηχανική περιοχή	
	0,4 - 1,5 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Περιοχή διυλιστηρίων	
0,73	0,4 - 1,5 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	μεταλλικές λαμαρίνες	
0,56	0,45 - 0,75 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	φύλλα αλουμινίου	
0,69	0,35 - 1,2 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	αμίαντος	
0,63	0,4 - 0,95 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	κεραμίδια	
	0,35 - 1,5 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία <5 ετών	
	0,4 - 1 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία >5 & <10 ετών	
	0,4 - 1 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία >10 ετών	
	0,285 - 0,359	1	Στέγη	Μεταλλικές	[80] ⁽²⁾
18,9	6,1 - 35	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Οροφή θερμοκηπίου	[86]

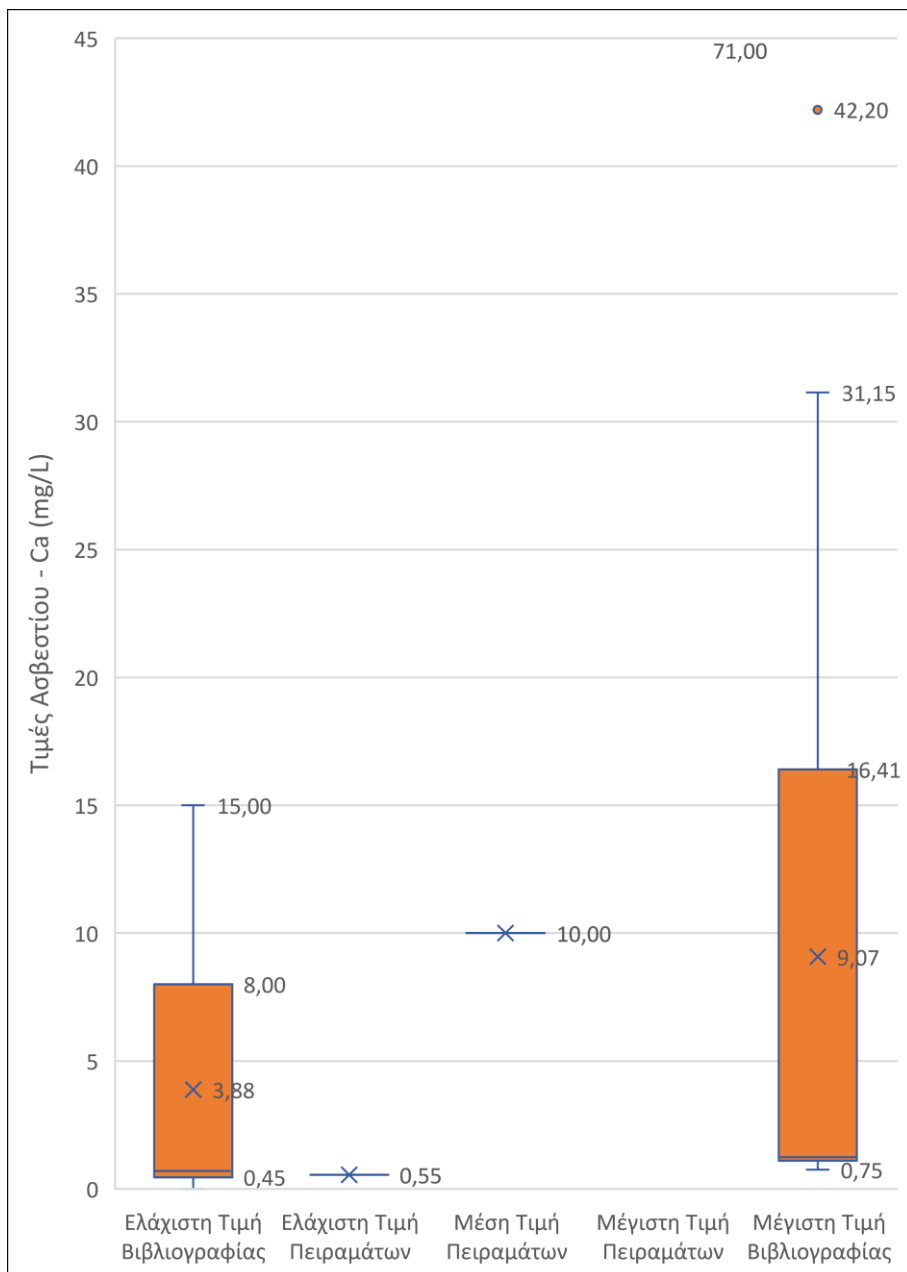
⁽¹⁾ Η τιμή έχει προσδιοριστεί προσεγγιστικά από διάγραμμα

⁽²⁾ Γίνεται σύγκριση με απευθείας συλλεγόμενο βρόχινο νερό και πλημμυρικά ύδατα

4.3.8 Ασβέστιο- Ca

Το ασβέστιο και το μαγνήσιο δρουν ως σταθεροποιητικά ιόντα όσον αφορά στη δομή του εδάφους σύμφωνα με την υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (US EPA) [117]. Σύμφωνα με την διεθνή οργάνωση τροφίμων & γεωργίας (FAO) [115], λόγω της συσχέτισης του ασβεστίου με το μαγνήσιο, ερευνάται ο λόγος Ca/Mg, ωστόσο δεν έχει βρεθεί κάποια προτεινόμενη τιμή για την οποία να μπορεί να καθοριστεί κάποιο όριο. Ενδεικτικά, το Πανεπιστήμιο της Μασαχουσέτης [120] αναφέρει ότι το ασβέστιο είναι απαραίτητο στοιχείο για την ανάπτυξη των φυτών και προτείνεται εύρος τιμών 40 - 100 mg/L.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του ασβεστίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 0.2A στο παράρτημα Α. Προκύπτει μέση τιμή 10 mg/L, ελάχιστη τιμή 0,55 και μέγιστη 71 mg/L. Παρατηρείται ότι όλες οι μετρημένες συγκεντρώσεις είναι μικρότερες του άνω ορίου των 100 mg/L. Για την πλειοψηφία των τιμών που είναι μικρότερες και από το κάτω όριο των 40 mg/L, όπου και θα παρατηρηθεί έλλειψη ασβεστίου μπορεί να αντιμετωπιστεί με προσθήκη ασβεστίου στην καλλιέργεια. Σε σχέση με την βιβλιογραφία όπως φαίνεται στο διάγραμμα (Εικόνα 4.9) και στον



Πίνακας 4.18 η ελάχιστη και η μέση τιμή συγκρίνονται με τις αντίστοιχες χαμηλές τιμές της βιβλιογραφίας ενώ η μέγιστη τιμή είναι αρκετά μεγαλύτερη από τις μέγιστες.

Υψηλές συγκεντρώσεις ασβεστίου μπορεί να παρατηρηθούν, καθώς ορισμένα υλικά στέγης μπορεί να περιέχουν μικρές ποσότητες ασβεστίου ως πρόσμιξη, οι οποίες μπορούν να ξεπλυθούν με το νερό της βροχής. Ακόμα, ασβέστιο συναντάται σε μικρές ποσότητες στην ατμόσφαιρα της Γης λόγω φυσικών διεργασιών και σε αστικές ή βιομηχανικές περιοχές λόγω ανθρώπινης δραστηριότητας.

Εικόνα 4.9: Διάγραμμα τιμών Ασβεστίου

Πίνακας 4.18: Βιβλιογραφικές τιμές Ασβεστίου – Ca (mg/L)

Μέση Τιμή	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
10	0,55 - 71	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
	15 - 19 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Άργιλος	[49]
	8 - 12 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Κάκτοι "Coroa-de-Frade"	
	8 - 12 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Γρασίδι "Grama Esmeralda"	
	0,43 - 0,96	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Αστική περιοχή	[76]
	0,66 - 0,75	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Βιομηχανική περιοχή	
	0,85 - 1,23	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Περιοχή διυλιστηρίων	
	0,45 - 0,95 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	μεταλλικές λαμαρίνες	
	0,7 - 1,15 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	φύλλα αλουμινίου	

	0,65 - 1,1 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	αμίαντος	
	0,7 - 1,25 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	κεραμίδια	
	0,7 - 1,1 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία <5 ετών	
	0,45 - 1,3 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία >5 & <10 ετών	
	0,0,65 - 1,15 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία >10 ετών	
12,6		Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[81] ⁽³⁾
12,16	5,79 - 17,88	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽⁴⁾
	11,2 - 31,15	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽⁵⁾
28,5	12,3 - 42,2	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Οροφή θερμοκηπίου	[86]

(1) Η τιμή έχει προσδιοριστεί προσεγγιστικά από διάγραμμα

(2) Η στέγη ως επιφάνεια συλλογής αποτελεί την βασική αλλά όχι αποκλειστική πηγή συλλογής νερού του οποίου μετράται η ποιότητα

(3) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από στέγες, προαύλους χώρους και από οδοποιία

(4) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού εκτός από στέγες και από επιφάνειες συλλογής όπως αυλές και δρόμοι

(5) Γίνεται σύγκριση με βρόχινο νερό συλλεγόμενο από πρανή και οδοστρώματα

4.3.9 Κάλιο- K

Το κάλιο είναι ένα από τα πιο σημαντικά θρεπτικά συστατικά μιας καλλιέργειας μαζί με το άζωτο, τον φώσφορο, τον ψευδάργυρο, το βόριο και το θείο, ωστόσο δεν προτείνονται κάποια όρια από την διεθνή οργάνωση τροφίμων & γεωργίας (FAO) [115].

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του καλίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 0.2A στο παράρτημα Α. Οι μετρήσεις που προέκυψαν κυμαίνονται από τιμές μικρότερες των 0,05 mg/L έως 5,14 mg/L. Για καλλιέργειες με μετρήσεις χαμηλότερες από τις χαμηλότερες προτεινόμενες τιμές, πιθανώς απαιτούν προσθήκη καλίου μέσω λιπασμάτων. Όπως καταγράφεται και στον Πίνακα 4.19, στην βιβλιογραφία οι τιμές κυμαίνονται σε υψηλότερες τιμές με ελάχιστη τιμή 3,36 mg/L, μέγιστη έως και 22,12 mg/L και η μέση τιμή να κυμαίνεται από 1,3 έως 16,8 mg/L.

Ορισμένα υλικά στέγης μπορεί να περιέχουν μικρές ποσότητες καλίου ως πρόσμιξη, οι οποίες μπορούν να ξεπλυθούν με το νερό της βροχής. Ακόμα, κάλιο συναντάται σε μικρές ποσότητες στην ατμόσφαιρα λόγω φυσικών διεργασιών.

Πίνακας 4.19: Βιβλιογραφικές τιμές Καλίου – K (mg/L)

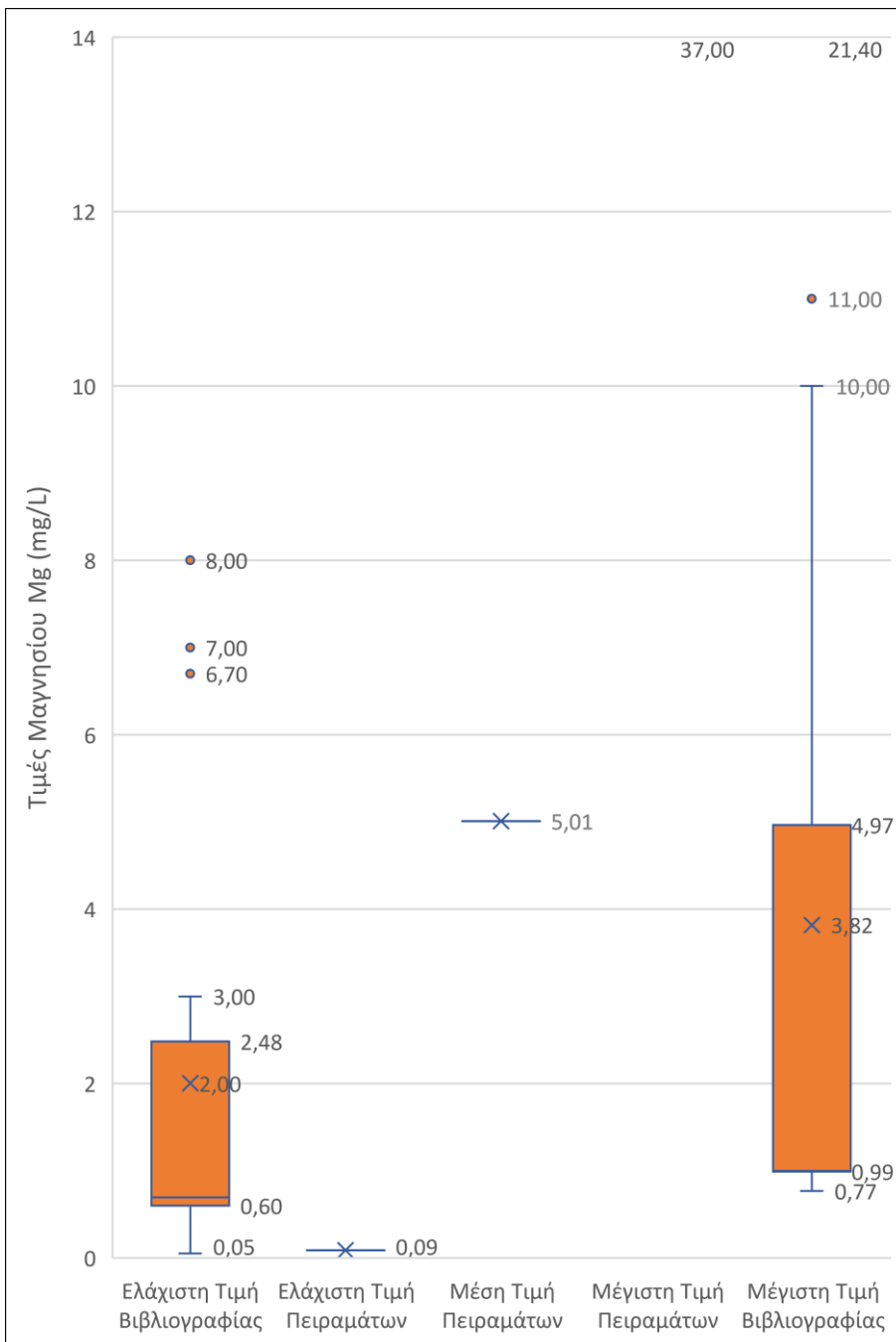
Μέση Τιμή ± Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
	<0,05 - 5,14	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
1,3 ± 0,75		1	Πειραματική κλίνη	Άργιλος	[49]
1,37 ± 0,88		1	Πειραματική κλίνη	Κάκτοι “Cogo-de-Frade”	
10,94 ± 1,49		1	Πειραματική κλίνη	Γρασίδι “Grana Esmeralda”	
	9,2 - 22,12	2	Στέγες	Μεταλλικές	[75]
16,8		Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[81] ⁽¹⁾
	3,36 - 8,658	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽²⁾

(1) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από στέγες, προαύλιους χώρους και από οδοποιία

(2) Γίνεται σύγκριση με βρόχινο νερό συλλεγόμενο από πρανή και οδοστρώματα

4.3.10 Μαγνήσιο- Mg

Το ασβέστιο και το μαγνήσιο δρουν ως σταθεροποιητικά ιόντα όσον αφορά στη δομή του εδάφους σύμφωνα με την υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (US EPA) [117]. Σύμφωνα με



την διεθνή οργάνωση τροφίμων & γεωργίας (FAO) [115], λόγω της συσχέτισης του μαγνησίου με το ασβέστιο, ερευνάται ο λόγος Ca/Mg, ωστόσο δεν έχει βρεθεί κάποια προτεινόμενη τιμή για την οποία να μπορεί να καθοριστεί κάποιο όριο. Ενδεικτικά, το Πανεπιστήμιο της Μασαχουσέτης [120] αναφέρει ότι το μαγνήσιο είναι απαραίτητο στοιχείο για την ανάπτυξη των φυτών και προτείνεται εύρος τιμών 30 – 50 mg/L.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του μαγνησίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 0.2Α στο παράρτημα Α. Προκύπτει μέση τιμή 5,01 mg/L, ελάχιστη τιμή 0,09 και μέγιστη 37 mg/L. Παρατηρείται ότι όλες οι μετρημένες συγκεντρώσεις είναι μικρότερες του άνω ορίου των 50 mg/L. Για την πλειοψηφία των τιμών που είναι μικρότερες και από το κάτω όριο των 30 mg/L,

Εικόνα 4.10: Διάγραμμα τιμών Μαγνησίου

όπου και θα παρατηρηθεί έλλειψη μαγνησίου μπορεί να αντιμετωπιστεί με προσθήκη μαγνησίου

στην καλλιέργεια. Σε σχέση με την βιβλιογραφία η ελάχιστη τιμή συγκρίνεται με τις μέγιστες τιμές και η μέση βρίσκεται μεταξύ των ελάχιστων και των μέγιστων. Η μέγιστη τιμή είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη τιμή της βιβλιογραφίας όπως φαίνεται και στο διάγραμμα (Εικόνα 4.10) και προκύπτει από τον Πίνακα 4.20.

Ορισμένα υλικά στέγης μπορεί να περιέχουν μικρές ποσότητες μαγνησίου ως πρόσμιξη, οι οποίες μπορεί να ξεπλυθούν με το νερό της βροχής. Ιόντα μαγνησίου εμφανίζονται σε μικρές ποσότητες στην ατμόσφαιρα είτε λόγω φυσικών διεργασιών είτε λόγω βιομηχανικών και αστικών δραστηριοτήτων.

Πίνακας 4.20: Βιβλιογραφικές τιμές Μαγνησίου – Mg (mg/L)

Μέση Τιμή	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
5,01	0,09 - 37	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
	8 - 11 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Άργιλος	[49]
	7 - 10 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Κάκτοι "Cocoa-de-Frade"	
	3 - 6 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Γρασίδι "Grana Esmeralda"	
	0,69 - 0,98	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Αστική περιοχή	[76]
	0,56 - 0,77	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Βιομηχανική περιοχή	
	0,72 - 0,99	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Περιοχή διυλιστηρίων	
	0,7 - 1 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	μεταλλικές λαμαρίνες	
	0,6 - 1 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	φύλλα αλουμινίου	
	0,6 - 1 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	αμίαντος	
	0,6 - 0,95 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	κεραμίδια	
	0,7 - 1 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία <5 ετών	
	0,6 - 1 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία >5 & <10 ετών	
	0,6 - 1 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία >10 ετών	
8,4		Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[81] ⁽²⁾
0,8	0,05 - 1,86	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽³⁾
	0,93 - 1,143	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽⁴⁾
13,4	6,7 - 21,4	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Οροφή θερμοκηπίου	[86]

⁽¹⁾ Η τιμή έχει προσδιοριστεί προσεγγιστικά από διάγραμμα

⁽²⁾ Η στέγη ως επιφάνεια συλλογής αποτελεί την βασική αλλά όχι αποκλειστική πηγή συλλογής νερού του οποίου μετράται η ποιότητα

⁽²⁾ Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από στέγες, προαύλιους χώρους και από οδοποιία

⁽³⁾ Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού εκτός από στέγες και από επιφάνειες συλλογής όπως αυλές και δρόμοι

⁽⁴⁾ Γίνεται σύγκριση με βρόχινο νερό συλλεγόμενο από πρανή και οδοστρώματα

4.3.11 Νάτριο- Na

Το νάτριο δεν αποτελεί βασικό θρεπτικό συστατικό των φυτών, αν και λειτουργεί ευεργετικά σε ορισμένα είδη. Σύμφωνα με τις οδηγίες άρδευσης της Νότιας Αφρικής [118], το νάτριο μπορεί να λειτουργήσει τοξικά σε αρκετές καλλιέργειες όταν συσσωρεύεται σε αυξημένα επίπεδα και να προκαλέσει επιπτώσεις τόσο στις καλλιέργειες όσο και στο έδαφος. Τα φυτά απορροφούν νάτριο

και από τις ρίζες και από τα φύλλα. Οι επιδράσεις του νατρίου μέσω της πρόσληψης του από τις ρίζες εξετάζεται με τον δείκτη SAR. Οι καλλιέργειες που διαβρέχονται από νερό που περιέχει νάτριο προσλαμβάνουν νάτριο και μέσω των φύλλων και μπορεί να δημιουργηθούν επιπτώσεις στην καλλιέργεια όπως η διαφυλλική απορρόφηση του νατρίου, η οποία συνδέεται συχνά με την καύση των φύλλων. Το κάψιμο των φύλλων μπορεί να είναι το αποτέλεσμα μίας μόνο έκθεσης σε υψηλή συγκέντρωση νατρίου. Προτείνεται συγκέντρωση αρδευτικού νερού μικρότερη των 70 mg/L, όριο που τίθενται και από την διεθνή οργάνωση τροφίμων & γεωργίας (FAO) [115] για την στάγδην άρδευση και στην οποία δεν αναμένεται να εμφανιστεί συσσώρευση νατρίου σε τοξικά επίπεδα ούτε στα πιο ευαίσθητα φυτά, ακόμη και όταν το φύλλωμα των καλλιεργειών είναι βρεγμένο. Αυξάνοντας την συγκέντρωση παρατηρούνται φαινόμενα τραυματισμού του φυλλώματος και μείωση της απόδοσης της καλλιέργειας αρχικά σε καλλιέργειες ευαίσθητες στην απορρόφηση νατρίου όταν διαβρέχεται το φύλλωμα, έπειτα για καλλιέργειες μετρίως ευαίσθητες στην απορρόφηση νατρίου όταν διαβρέχεται το φύλλωμα, ύστερα σε καλλιέργειες μετρίως ανεκτικές στην απορρόφηση νατρίου όταν διαβρέχεται το φύλλωμα και τέλος σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις και άνω σε καλλιέργειες πολύ ανεκτικές στην απορρόφηση νατρίου όταν διαβρέχεται το φύλλωμα. Τροποποιήσεις των ορίων απαιτούνται σε περιβαλλοντικές ή άλλες συνθήκες που προκαλούν αυξημένη συγκέντρωση νατρίου στο φύλλωμα όπως ζεστές ή/και ξηρές συνθήκες όπου απαιτείται η χρήση πιο συντηρητικών κριτηρίων. Οι επιδράσεις απορρόφησης νατρίου από το φύλλωμα λειτουργούν συμπληρωματικά με την απορρόφηση από τις ρίζες των φυτών (SAR) και επομένως το πιο περιοριστικό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της συγκέντρωσης του νατρίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 0.2A στο παράρτημα Α. Οι μετρήσεις που προέκυψαν κυμαίνονται από τιμές μικρότερες των 0,22 έως 13 mg/L και μέση τιμή 2,58 mg/L. Στις τιμές της βιβλιογραφίας παρατηρούνται ελάχιστες τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 1,07 και 22,99 mg/L και μέγιστες μεταξύ 4,61 και των 85,52 mg/L. Παρατηρείται μέση τιμή νατρίου της βιβλιογραφίας 2,85 mg/L, τιμή πολύ κοντινή με την τιμή των 2,58 mg/L που προέκυψε στο ερευνητικό έργο. Όπως προκύπτει από τις τιμές του Πίνακα 4.21, η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή του ερευνητικού έργου βρίσκονται χαμηλότερα από τις αντίστοιχες τιμές της βιβλιογραφίας. Οι συγκεντρώσεις νατρίου σε όλες τις δεξαμενές πληρούν το όριο των 70 mg/L.

Πίνακας 4.21: Βιβλιογραφικές τιμές Νατρίου – Na (mg/L)

Μέση Τιμή	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
2,58	0,22 - 13	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
	22,99 - 85,52	1	Στέγη ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	[55] ⁽²⁾
	<2	1	Στέγη	Μεταλλικές	[80] ⁽³⁾
14,8		Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[81] ⁽⁴⁾
2,85	1,07 - 4,61	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽⁵⁾
	3,02 - 11,2	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Η στέγη ως επιφάνεια συλλογής αποτελεί την βασική αλλά όχι αποκλειστική πηγή συλλογής νερού του οποίου μετράται η ποιότητα

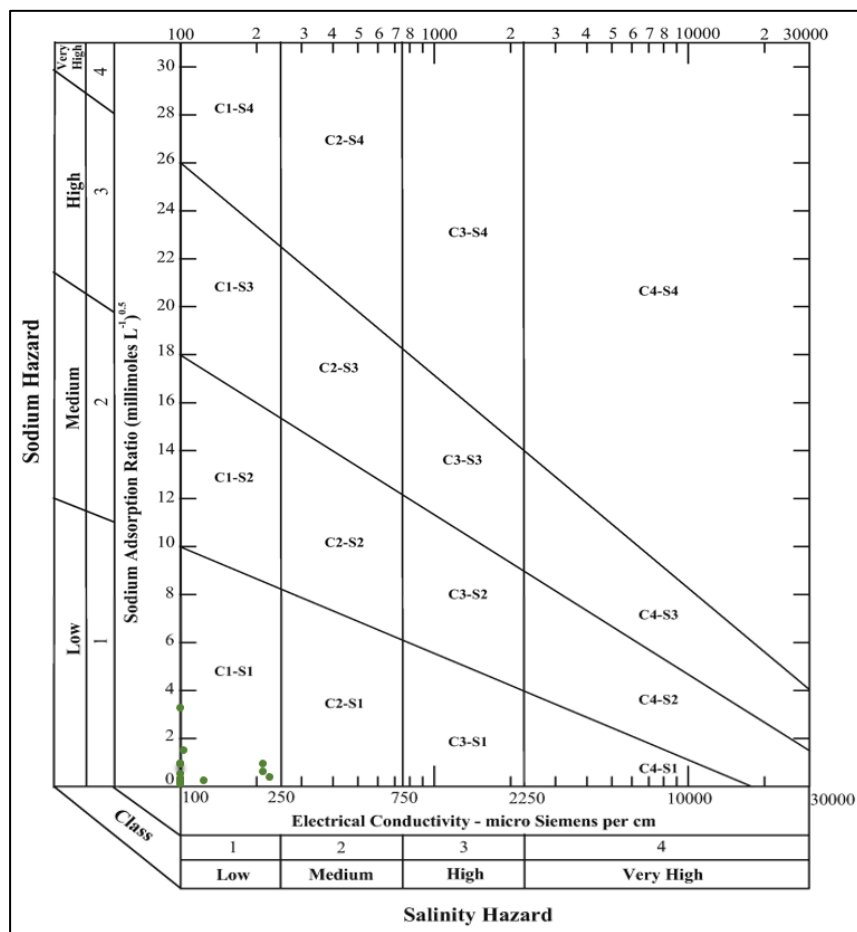
- (2) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από την στέγη και γκρίζου νερού
- (3) Γίνεται σύγκριση με απευθείας συλλεγόμενο βρόχινο νερό και πλημμυρικά ύδατα
- (4) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από στέγες, προαύλιους χώρους και από οδοποιία
- (5) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού εκτός από στέγες και από επιφάνειες συλλογής όπως αυλές και δρόμοι
- (6) Γίνεται σύγκριση με βρόχινο νερό συλλεγόμενο από πρανή και οδοστρώματα

4.3.12 Αναλογία Προσοφημένου Νατρίου- SAR

Για την εκτίμηση της περιεκτικότητας σε νάτριο του νερού άρδευσης χρησιμοποιείται η αναλογία προσοφημένου νατρίου SAR. Ο SAR και η υψηλή αλατότητα (υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα) συνδέονται με προβλήματα διηθητικότητας, καθώς η υψηλή αναλογία νατρίου και η χαμηλή αλατότητα συνδέονται με την μείωση της διηθητικότητας. Ο τύπος της αναλογίας προσοφημένου νατρίου SAR δίνεται από την σχέση:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{++} + Mg^{++})/2}} \times 100$$

Σύμφωνα με το διάγραμμα Wilcox (Εικόνα 4.11) το νερό άρδευσης κατηγοριοποιείται σε τέσσερις κατηγορίες νατρίου ή κινδύνου αλκαλίωσης (sodium hazard). Κατηγορία S1, νερό χαμηλής περιεκτικότητας σε νάτριο με μικρό κίνδυνο αλκαλίωσης ($SAR < 10$), κατηγορία S2, νερό μέσης περιεκτικότητας σε νάτριο με μέσο κίνδυνο αλκαλίωσης ($10 < SAR < 18$), κατηγορία S3, νερό υψηλής περιεκτικότητας σε νάτριο με μεγάλο κίνδυνο αλκαλίωσης ($18 < SAR < 26$) και κατηγορία S4, νερό πολύ υψηλής περιεκτικότητας σε νάτριο με πολύ μεγάλο κίνδυνο αλκαλίωσης ($SAR > 26$). Προτιμότερη κατηγορία είναι η S1 [98].



Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων της αναλογίας προσοφημένου νατρίου SAR παρατηρούνται στον Πίνακα 0.2A στο παράρτημα Α. Προκύπτει μέση τιμή 0,21, ελάχιστη τιμή 0,04 και μέγιστη 1,72. Αντίστοιχα στην βιβλιογραφία σύμφωνα με τον Πίνακα 4.22 έχει μετρηθεί

Εικόνα 4.11: Διάγραμμα Wilcox

αναλογία προσροφημένου νατρίου με μέση τιμή 4,57. Σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση του νερού με βάση την περιεκτικότητα σε νάτριο προκύπτει ότι όλο το εύρος των τιμών των πειραματικών μετρήσεων βρίσκεται στην κατηγορία S1, νερό χαμηλής περιεκτικότητας σε νάτριο με μικρό κίνδυνο αλκαλίωσης ($SAR < 10$), επομένως δεν τίθεται πρόβλημα ποιότητας του νερού άρδευσης. Συνδυάζοντας την ποιότητα του αρδευτικού νερού με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα EC που προέκυψε κατηγορία C1 στο και την αναλογία προσροφημένου νατρίου SAR που προέκυψε κατηγορία S1, το νερό μπορεί να ταξινομηθεί στην καταλληλότερη κατηγορία νερού για άρδευση από τις 16 κατηγορίες, την C1S1 όπως φαίνεται και στο διάγραμμα Wilcox (Εικόνα 4.11).

Πίνακας 4.22: Βιβλιογραφικές τιμές Αναλογίας Προσροφημένου Νατρίου – SAR

Μέση Τιμή	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
0,21	0,04 - 1,72	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
4,57		Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[81] ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από στέγες, προαύλιους χώρους και από οδοποιία

4.4 Μικροβιολογικές Παράμετροι (T.C., E. Coli, Enterococci)

Σύμφωνα με την υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος των Η.Π.Α.(US EPA) [117] ο ορισμός της ασθένειας στα πλαίσια που μελετώνται για τις χρήσεις του νερού για άρδευσης θα περιορίζεται στην ασθένεια που προκαλείται από μικροοργανισμούς. Οι ασθένειες που σχετίζονται με μικροοργανισμούς μπορούν να μεταδοθούν από το νερό στον άνθρωπο είτε άμεσα με την κατάποση, την εισπνοή ή την επαφή μολυσματικών παραγόντων είτε έμμεσα με την επαφή με αντικείμενα ή άτομα που έχουν προηγουμένως μολυνθεί. Η πλειοψηφία των κανονισμών για όρια άρδευσης συνδέονται κυρίως με την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων και όχι τόσο με την συλλογή βρόχινου νερού, ή χρήση νερού από άλλες πηγές. Τα κριτήρια βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στα υφιστάμενα κριτήρια για την άρδευση από επεξεργασμένα λύματα και λαμβάνουν υπόψη το επίπεδο μόλυνσης του αρδευτικού νερού και την πιθανότητα έκθεσης των καταναλωτών. Όπως αναφέρεται παραπάνω στην νομοθεσία, η υιοθέτηση κατά κύριο λόγο ορίων επαναχρησιμοποίησης λυμάτων για το νερό άρδευσης με συλλεγόμενα όμβρια ύδατα δεν είναι ιδανική, διότι οι συνθήκες που επικρατούν στις Ε.Ε.Λ. και στα συστήματα συλλογής ομβρίων υδάτων διαφέρουν, ωστόσο είναι τα πιο κοντινά όρια που έχουν θεσπιστεί εφόσον δεν υπάρχουν για την συγκεκριμένη περίπτωση. Για αυτό τα όρια αναφέρονται ενδεικτικά και δεν χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των συστημάτων.

Εφόσον πρωταρχικός στόχος είναι η διασφάλιση της δημόσιας υγείας και ασφάλειας, οι μικροβιολογικές παράμετροι έχουν ορθώς λάβει τη μεγαλύτερη προσοχή στους κανονισμούς της ποιότητας του νερού άρδευσης. Δεδομένου ότι δεν είναι δυνατή η παρακολούθηση όλων των παθογόνων, παρακολουθούνται συγκεκριμένοι οργανισμοί που χρησιμοποιούνται ως δείκτες για την ελαχιστοποίηση των κινδύνων για την υγεία. Σύμφωνα με τις οδηγίες άρδευσης της Νότιας

Αφρικής [118] οι βακτηριακοί δείκτες κοπράνων πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο για να υποδείξουν την παρουσία βακτηριακών παθογόνων. Αν και όχι τελείως ορθά, η παρουσία ή όχι βακτηριακών παθογόνων υποδεικνύει τη μικροβιακή ποιότητα του νερού η οποία περιλαμβάνει τους ιούς και τα παράσιτα. Τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια (*Faecal Coliforms*) και το κολοβακτηρίδιο *Escherichia coli* (*E.coli*), είναι οι πιο κοινοί βακτηριακοί δείκτες περιττωματικής ρύπανσης και χρησιμοποιούνται ως δείκτες παθογένειας κυρίως στο πόσιμο νερό. Αυτή η ομάδα δεικτών χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της ποιότητας των λυμάτων, των ποτάμιων υδάτων, του θαλασσινού νερού, του ακατέργαστου νερού που προορίζεται για πόση, του επεξεργασμένου πόσιμου νερού και του νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση και σε υδατοκαλλιέργειες. Η παρουσία του *E. coli* χρησιμοποιείται για να επιβεβαιωθεί η παρουσία περιττωματικής μόλυνσης που προέρχεται από τον άνθρωπο ή από θερμόαιμα ζώα. Τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια χρησιμοποιούνται κυρίως για να υποδείξουν την παρουσία βακτηριακών παθογόνων, όπως: *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Vibrio cholerae*, *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli* και *Yersinia enterocolitica* και του παθογόνου *E. coli*. Οι οργανισμοί αυτοί κυρίως μπορούν να μολύνουν τον άνθρωπο μετά από κατανάλωση ωμών προϊόντων καλλιεργειών, που έχουν αρδευτεί με μολυσμένο νερό. Προκαλούν ασθένειες όπως γαστρεντερίτιδα, σαλμονέλωση, δυσεντερία, χολέρα και τυφοειδής πυρετός. Εναλλακτικός δείκτης παθογόνων των περιττωματικών κολοβακτηριδίων (*Faecal Coliforms*) θεωρείται το *Clostridium perfringens* το οποίο επιβιώνει στο νερό για συγκριτικά μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από άλλα βακτήρια [123], [124], [125].

Ο ΠΟΥ (WHO) [119] χρησιμοποιεί ως δείκτες παθογόνων στις προτεινόμενες οδηγίες για την γεωργική επαναχρησιμοποίηση, τόσο τα κολοβακτηρίδια κοπράνων (*Faecal Coliforms*) όσο και τα ελμινθικά αυγά (*Helminth eggs*). Τα όρια των περιττωματικών κολοβακτηριδίων (*Faecal Coliforms*) των λυμάτων για επαναχρησιμοποίηση για χρήση χωρίς περιορισμούς (καλλιέργειες που καταναλώνονται χωρίς μαγείρεμα) σύμφωνα με τον ΠΟΥ (WHO) αφορούν λιγότερα από 1000FC/100mL. Για άρδευση περιορισμένης χρήσης όπως και για ιδιαίτερη χρήση δεν υπάρχουν όρια. Άξιο αναφοράς αποτελεί το γεγονός ότι οι αρχικές συστάσεις της ΠΟΥ του 1973 ήταν αυστηρότερες από τις συστάσεις του 1989. Όσον αφορά στα κολοβακτηρίδια κοπράνων, το πρότυπο αυξήθηκε από 100 FC/100 ml σε 1000 FC/100ml. Οι οδηγίες άρδευσης της Νότιας Αφρικής [118] υιοθετούν το όριο του ΠΟΥ των 1000 FC/100ml για τα κολοβακτηρίδια κοπράνων και πιο συγκεκριμένα έχουν καθοριστεί προτεινόμενα όρια για το κολοβακτηρίδιο *Escherichia coli* (*E.coli*). Για συγκεντρώσεις νερού από 1 έως 1000 *E.coli*/100mL η πιθανότητα μόλυνσης των ανθρώπων που καταναλώνουν ωμά τις καλλιέργειες και γάλα αγελάδων που βόσκουν σε βοσκότοπους αρδευόμενους με αυτό το νερό είναι υψηλή. Τα οπωροφόρα δένδρα και τα σταφύλια μπορούν να αρδεύονται, υπό τον όρο ότι οι καρποί δεν διαβρέχονται. Οι καλλιέργειες που δεν εμπίπτουν στις παραπάνω κατηγορίες μπορούν να αρδεύονται με οποιαδήποτε μέθοδο άρδευσης αρκεί πριν γίνει η συγκομιδή και η κατανάλωση να είναι στεγνή ή καλλιέργεια. Συγκεντρώσεις νερού μεγαλύτερες των 1000 *E.coli*/100mL επιτρέπονται μόνο υπό την προϋπόθεση ότι η ποιότητα επεξεργασίας του νερού είναι ισοδύναμη ή καλύτερη από την ποιότητα πρωτογενών και δευτερογενών επεξεργασμένων λυμάτων και ότι δεν επιτρέπεται καμία επαφή με τον άνθρωπο. Διάφορες χώρες έχουν θεσπίσει δικά τους όρια τόσο για τα ολικά κολοβακτηρίδια (*Total coliforms*) όσο και για τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια (*Fecal Coliforms*). Για τα ολικά κολοβακτηρίδια (*Total coliforms*) η

Ιαπωνία έχει θεσπίσει όριο τα 10, τα Η.Α.Ε. λιγότερα από 100, η Γερμανία 500 και το Κουβέιτ 100 για καλλιέργειες που προορίζονται να καταναλωθούν ωμές και 10000 CFU/100mL για τις καλλιέργειες που δεν προορίζονται να καταναλωθούν ωμές. Για τα περιττωματικά κολοβακτηρίδια (*Faecal Coliforms*) η Ιαπωνία έχει θεσπίσει όριο 10, η Κύπρος 50 και η Γερμανία 100 CFU/100mL. Η ελληνική νομοθεσία για την επαναχρησιμοποίηση λυμάτων θέτει ελάχιστη τιμή στα περιττωματικά κολοβακτηρίδια, 200 FC/100mL ως διάμεση τιμή. Για απεριόριστη άρδευση τίθεται το όριο των 5 FC/100mL για το 80% των δειγμάτων και των 50 FC/100mL για το 95% των δειγμάτων. Όριο για τους εντερόκοκκους (*Enterococci*) δίνεται μόνο από την πολιτεία της Αλαμπάμα όπου προτείνονται τιμές γεωμετρικού μέσου όρου μικρότερες από 33 CFU/100mL.

Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων των μικροβιολογικών παραμέτρων παρουσιάζονται στον Πίνακα 0.3Α στο παράρτημα Α. Για τα *Escherichia coli* (*E.coli*) παρατηρείται απουσία σε 28 από τις 30 δεξαμενές και παρουσία στις άλλες δύο. Για τα ολικά κολοβακτηρίδια (*Total coliforms*) προκύπτουν 13 μετρήσεις με απουσία κολοβακτηριδίων, πέντε με εκτιμώμενη τιμή ή με παρουσία και 12 με καταγραφή τιμής ή ελάχιστη τιμή. Για τους εντερόκοκκους (*Enterococci*) προκύπτουν 14 δεξαμενές με απουσία κολοβακτηριδίων, οκτώ με εκτιμώμενη τιμή ή με παρουσία και επτά με καταγραφή τιμής ή ελάχιστη τιμή. Στους Πίνακες 4.23, Πίνακας 4.24 και Πίνακας 4.25 καταγράφονται οι τιμές των μετρήσεων της βιβλιογραφίας για τις παραπάνω παραμέτρους. Παρατηρείται ότι για όλες τις παραμέτρους υπάρχει παρουσία των μικροοργανισμών και είναι πολύ λίγες οι περιπτώσεις όπου παρατηρείται απουσία ή μηδενικές τιμές.

Σε γενικές γραμμές, με ενδεικτικά όρια τα όρια για επαναχρησιμοποίηση λυμάτων, παρατηρείται ότι για τα αποτελέσματα των μετρήσεων κατά κύριο λόγο προτείνεται να καλλιεργούνται καλλιέργειες, οι οποίες δεν προορίζονται να καταναλωθούν ωμές και στις οποίες δεν διαβρέχονται οι καρποί. Γενικά προτείνεται να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην αλληλεπίδραση τόσο με το συλλεγόμενο βρόχινο νερό όσο και με τις καλλιέργειες τις οποίες αρδεύει λόγω πιθανών παθογόνων.

Χρειάζονται παραπάνω δειγματοληψίες για πιο έγκυρες μετρήσεις και μεγαλύτερο δείγμα έτσι ώστε να μπορεί να διερευνηθεί και ο γεωμετρικός μέσος για το κριτήριο των εντερόκοκκων. Οι συγκεντρώσεις που μετρώνται διαφέρουν ανάλογα με την περίοδο που πραγματοποιούνται επομένως και η χρονική κατανομή επηρεάζει και η προσθήκη συστήματος εκτροπής πρώτου ξεπλύματος (First flush system) μπορεί να μειώσει περαιτέρω τις συγκεντρώσεις.

Παθογόνοι μικροοργανισμοί, μπορούν να εμφανιστούν στο συλλεγόμενο νερό καθώς πουλιά, έντομα και διάφορα ζώα μετακινούνται στις στέγες και στις υδρορροές, αφήνοντας πίσω περιττώματα. Σε περιπτώσεις όπου στο σύστημα συλλογής δεν συντηρείται σωστά δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη των κολοβακτηριδίων όπως στάσιμα νερά. Αντίστοιχα πρέπει να αποφεύγονται ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης των μικροοργανισμών στην δεξαμενή αποθήκευσης όπως παρατεταμένη αποθήκευση του νερού και αυξημένες θερμοκρασίες ή παρουσία οργανικής ύλης. Ακόμα ολικά κολοβακτηρίδια μπορούν να μεταφερθούν με αερομεταφερόμενα σωματίδια και να καταλήξουν στην επιφάνεια συλλογής ειδικά σε περιπτώσεις όπου σε κοντινή απόσταση βρίσκονται πηγές μόλυνσης όπως εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.

Εκτός από τους παραπάνω λόγους εμφάνισης ρύπων στην βιβλιογραφία έχουν παρατηρηθεί ορισμένες πρακτικές ή συνθήκες που επηρεάζουν την ποιότητα του βρόχινου νερού. Σύμφωνα με έρευνα [70] παρατηρήθηκε ότι τα δείγματα που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου περιείχαν υψηλότερες συγκεντρώσεις σε *E. coli* και σε σαλμονέλα σε σύγκριση με τις μετρήσεις της βροχερής ή υγρής περιόδου, όπου οι επιφάνειες συλλογής ξεπλένονται πιο συχνά. Αντίστοιχα, οι συγκεντρώσεις των *E. coli* και της σαλμονέλας μειώνονται όσο η βροχή εξελισσόταν, χωρίς όμως να μηδενίζονται στο τέλος. Άλλη παράμετρος που μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα του συλλεγόμενου νερού αποτελούν οι συνθήκες που επικρατούν στην δεξαμενή συλλογής. Η ποιότητα του νερού επηρεάζεται αρκετά από τους κύκλους πλήρωσης/έκπλυσης, από την διάρκεια που το νερό μπορεί να παραμείνει στάσιμο στο βαρέλι. Η συσσώρευση ρύπων και οργανικών υλικών στον πυθμένα του βαρελιού λειτουργεί συνδυαστικά καθώς με την ποσότητα του νερού, καθώς η ποσότητα των ρύπων παραμένει σχεδόν σταθερή και μεταβάλλεται ο όγκος του αναμειγμένου νερού. Ακόμα, η κακή συντήρηση των δεξαμενών μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερα επίπεδα ιζημάτων στη δεξαμενή που μπορεί να παρέχουν θρεπτικά συστατικά στους μικροοργανισμούς όπως στην ανάπτυξη τους μπορεί να συμβάλλει και η τοποθέτηση των δεξαμενών στην έκθεση στο φως του ήλιου. Οι μικροβιακές συγκεντρώσεις μπορεί να είναι υψηλότερες σε δεξαμενές που έχουν πιο σκούρο χρώμα [126].

Πίνακας 4.23: Βιβλιογραφικές τιμές *Escherichia coli* – *E. Coli* (cfu/100mL)

Μονάδα	Μέση Τιμή ± Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία	
CFU/100mL		0 - Presence	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food	
		<=16	4	Στέγες	Γαλλικά κεραμίδια ή ινοπλισμένο σκυρόδεμα	[51]	
	Presence	Presence	1	Στέγη	Φυτεμένη	[52]	
	0	0	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[59] ⁽³⁾	
		0,39 - 2,78	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[61] ⁽⁴⁾	
		0,2 – 2000 ⁽¹⁾	2	Στέγες	Ασφαλτική επικάλυψη	[63]	
		1 - 3000 ⁽¹⁾	2	Στέγες	Ξύλινη επικάλυψη		
		1 - 15 ⁽¹⁾	2	Στέγες	Συνθετικές πλάκες σχιστολίθου		
		36500	1000 - 180000	113	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[65]
		292000		34	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[69]
		0 - 60	1	Στέγη	Δεν αναφέρεται	[70]	
		46,5 - 8300	6	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[77]	
	<100000	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽⁵⁾		
log CFU / 100ml		0 - 0,9	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[66] ⁽⁶⁾	
	0,43 ± 0,25		9	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[68] ⁽⁷⁾	
	0,52 ± 0,87		<80	Στέγες	Αγροτική κοινότητα 1 - Πριν την περίοδο των βροχών	[74]	
	0,02 ± 0,1		<80	Στέγες	Αγροτική κοινότητα 2 - Πριν την περίοδο των βροχών		
	0,35 ± 0,67		<80	Στέγες	Αγροτική κοινότητα 3 - Πριν την περίοδο των βροχών		
	0,82 ± 1,02		<80	Στέγες	Αγροτική κοινότητα 1 - Μετά την περίοδο των βροχών		
	0,66 ± 0,85		<80	Στέγες	Αγροτική κοινότητα 2 - Μετά την περίοδο των βροχών		
	0,26 ± 0,49		<80	Στέγες	Αγροτική κοινότητα 3 - Μετά την περίοδο των βροχών		

⁽¹⁾ Η τιμή έχει προσδιοριστεί προσεγγιστικά από διάγραμμα

⁽²⁾ Η στέγη ως επιφάνεια συλλογής αποτελεί την βασική αλλά όχι αποκλειστική πηγή συλλογής νερού του οποίου μετράται η ποιότητα

(3) Γίνεται σύγκριση με υπόγεια ύδατα, πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα

(4) Γίνεται σύγκριση με υπόγεια ύδατα και δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα

(5) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού εκτός από στέγες και από επιφάνειες συλλογής όπως αυλές και δρόμοι

(6) Γίνεται σύγκριση με νερό χειμάρων και επεξεργασμένα λύματα

(7) Γίνεται σύγκριση με νερό χειμάρων και δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα

Πίνακας 4.24: Βιβλιογραφικές τιμές Ολικών Κολοβακτηριδίων – T.C. (cfu/100mL)

Μονάδα	Μέση Τιμή ± Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
CFU/100mL		0 - >100000	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food
		<=16	4	Στέγες	Γαλλικά κεραμίδια ή ινοπλισμένο σκυρόδεμα	[51]
	Presence	Presence	1	Στέγη	Φυτεμένη	[52]
		0 - 0,3	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[59] ⁽²⁾
		2,47 - 3,96	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[61] ⁽³⁾
		0 - 7000	2	Στέγες	Μεταλλικές	[75]
		1930 - 112000	6	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[77]
log CFU / 100ml		<100000	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽⁴⁾
		1,3 - 1,85	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[66] ⁽⁵⁾
	1,91 ± 0,22		9	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[68] ⁽⁶⁾
	1,2 ± 1,2		<80	Στέγες	Αγροτική κοινότητα 1 - Πριν την περίοδο των βροχών	[74]
	1,22 ± 1,1		<80	Στέγες	Αγροτική κοινότητα 2 - Πριν την περίοδο των βροχών	
	1,11 ± 1,34		<80	Στέγες	Αγροτική κοινότητα 3 - Πριν την περίοδο των βροχών	
	1,62 ± 1,25		<80	Στέγες	Αγροτική κοινότητα 1 - Μετά την περίοδο των βροχών	
	1,47 ± 1,14		<80	Στέγες	Αγροτική κοινότητα 2 - Μετά την περίοδο των βροχών	
2,19 ± 1,13		<80	Στέγες	Αγροτική κοινότητα 3 - Μετά την περίοδο των βροχών		

(1) Η στέγη ως επιφάνεια συλλογής αποτελεί την βασική αλλά όχι αποκλειστική πηγή συλλογής νερού του οποίου μετράται η ποιότητα

(2) Γίνεται σύγκριση με υπόγεια ύδατα, πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα

(3) Γίνεται σύγκριση με υπόγεια ύδατα και δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα

(4) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού εκτός από στέγες και από επιφάνειες συλλογής όπως αυλές και δρόμοι

(5) Γίνεται σύγκριση με νερό χειμάρων και επεξεργασμένα λύματα

(6) Γίνεται σύγκριση με νερό χειμάρων και δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα

Πίνακας 4.25: Βιβλιογραφικές τιμές Εντερόκοκκων – Enterococci (cfu/100mL)

Μονάδα	Μέση Τιμή	Ελάχιστη Τιμή - Μέγιστη Τιμή	Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία	
CFU/100mL		0 - 2310	30	Στέγες	Κεραμίδια ή μεταλλικές επιφάνειες	CIRC4Food	
		2,38 - 2,9	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[61] ⁽³⁾	
		10 - 4000 ⁽¹⁾	2	Στέγες	Ασφαλτική επικάλυψη	[63]	
		90 - 4000 ⁽¹⁾	2	Στέγες	Ξύλινη επικάλυψη		
		1 - 80 ⁽¹⁾	2	Στέγες	Συνθετικές πλάκες σχιστολίθου		
		1730		113	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[65]
		0	0	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[66] ⁽⁴⁾
	155000		34	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[69]	

	38 - 1260	6	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[77]
	<100000	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽⁵⁾
log CFU / 100ml	1,21+0,39	9	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[68] ⁽⁶⁾
	1,45+1,53	<80	Στέγες	Αγροτική κοινότητα 1 - Πριν την περίοδο των βροχών	[74]
	2,03+0,98	<80	Στέγες	Αγροτική κοινότητα 2 - Πριν την περίοδο των βροχών	
	1,52+1,47	<80	Στέγες	Αγροτική κοινότητα 3 - Πριν την περίοδο των βροχών	
	0,44+0,7	<80	Στέγες	Αγροτική κοινότητα 1 - Μετά την περίοδο των βροχών	
	0,13+0,35	<80	Στέγες	Αγροτική κοινότητα 2 - Μετά την περίοδο των βροχών	
	0,62+0,72	<80	Στέγες	Αγροτική κοινότητα 3 - Μετά την περίοδο των βροχών	

(1) Η τιμή έχει προσδιοριστεί προσεγγιστικά από διάγραμμα

(2) Η στέγη ως επιφάνεια συλλογής αποτελεί την βασική αλλά όχι αποκλειστική πηγή συλλογής νερού του οποίου μετράται η ποιότητα

(3) Γίνεται σύγκριση με υπόγεια ύδατα και δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα

(4) Γίνεται σύγκριση με νερό χειμάρων και επεξεργασμένα λύματα

(5) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού εκτός από στέγες και από επιφάνειες συλλογής όπως αυλές και δρόμοι

(6) Γίνεται σύγκριση με νερό χειμάρων και δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα

4.5 Ατμοσφαιρικοί Ρύποι Κατηγορίας PAHs

Το ευρύ φάσμα ανθρωπογενών οργανικών ρύπων στους οποίους περιλαμβάνονται και οι Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (PAHs) αποτελούν ρύπους, των οποίων οι επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία και στην ανάπτυξη των καλλιεργείων μελετώνται ακόμα καθώς η σταθερότητα και η εμμονή των ενώσεων αυτών είναι εξαιρετικά μεταβλητή στο περιβάλλον. Δεν προτείνονται όρια από κάποιον οργανισμό για τις συγκεντρώσεις των ρύπων αυτών στο νερό άρδευσης, για τον λόγο αυτόν θα πραγματοποιηθεί σύγκριση με τα αντίστοιχα όρια του πόσιμου νερού.

Για κάποιους από τους ρύπους που μετρήθηκαν, η υπηρεσίας προστασίας του περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (US EPA) για πόσιμο νερό, τους κατατάσσει στις παρακάτω κατηγορίες και προτείνει αντίστοιχα συγκεκριμένα όρια [127].

- **Κατηγορία D:** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν το Ανθρακένιο (Anthracene – Ant), το Φθορένιο (Fluorene – Flu), το Φαινανθρένιο (Phenanthrene – Phe), το Βενζο[ghi]περυλένιο (Benzo[ghi]perylene – BghiP) και το Πυρένιο (Pyrene – Pyr) και δεν ταξινομούνται ως προς την καρκινογένεση για τον άνθρωπο. Για το Ανθρακένιο και το Φθορένιο δίνονται τα όρια ισοδύναμου πόσιμου νερού (Drinking Water Equivalent Level- DWEL), 10 και 1mg/L αντίστοιχα. Για τους υπόλοιπους ρύπους δεν τίθεται κάποιο όριο.
- **Κατηγορία I:** Κατατάσσεται σε αυτή την κατηγορία η Ναφθαλίνη (Naphthalene – Nap). Οι πληροφορίες για την αξιολόγηση του ρύπου ως καρκινογόνου είναι ανεπαρκείς και το όριο ισοδύναμου πόσιμου νερού (Drinking Water Equivalent Level- DWEL) τίθεται στα 0,7mg/L.
- **Κατηγορία B2:** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν το Βενζο[α]πυρένιο (Benzo[a]pyrene – BaP), το Βενζο[α]ανθρακένιο (Benz[a]anthracene – BaA), η Χρυσένη (Chrysene – Chry), το Βενζο[b]φθορανθένιο (Benzo[b]fluoranthene – BbF) και το Βενζο[k]φθορανθένιο (Benzo

[k]fluoranthene – BkF). Πιθανόν καρκινογόνα για τον άνθρωπο, υπάρχουν επαρκή στοιχεία για τα ζώα ενώ ανεπαρκή ή καθόλου για τον άνθρωπο. Για το Benzo[a]πυρένιο δίνεται στόχος μέγιστου επιπέδου ρύπου (Maximum Contaminant Level Goal - MCLG) και όριο μέγιστου επιπέδου ρύπων (Maximum Contaminant Level – MCL), 0 και 0,0002mg/L αντίστοιχα. Για τους υπόλοιπους ρύπους δεν τίθεται κάποιο όριο.

- Για τους υπόλοιπους ρύπους που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις αλλά δεν αναφέρονται σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες, δηλαδή για το Ακεναφθυλένιο (Acenaphthylene – Acy), το Φθορανθένιο (Fluoranthene – Flt), το Διβενζ[α,η]ανθρακένιο (Dibenz[a,h]anthracene – DahA) και το Ινδενο [1,2,3-cd] πυρένιο (Indeno [1,2,3-cd] pyrene – IcdP) δεν υπάρχει αναφορά από την υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος των Η.Π.Α. και επομένως ούτε προτείνονται όρια. Εξάιρεση αποτελεί το Ακεναφθένιο (Acenaphthene – Acp) το οποίο ενώ δεν κατατάσσεται σε κάποια κατηγορία, δίνονται όρια ισοδύναμου πόσιμου νερού (Drinking Water Equivalent Level- DWEL) 2mg/L.

Αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων κατηγορίας PAHs παρουσιάζονται στον Πίνακα 0.4A στο παράρτημα Α. Από τις μετρήσεις για το Ανθρακένιο (Anthracene – Ant) δεν ανιχνεύθηκε σε δύο από τις δέκα δεξαμενές και στις υπόλοιπες οκτώ προέκυψαν συγκεντρώσεις μικρότερες των 0,01 mg/L. Όλα τα δείγματα πληρούν το όριο ισοδύναμου πόσιμου νερού των 10 mg/L. Για το Φθορένιο (Fluorene – Flu) στις οκτώ δεξαμενές παρατηρήθηκαν συγκεντρώσεις μικρότερες των 0,01 mg/L και δύο συγκεντρώσεις μεγαλύτερες, 0,014 και 0,035 mg/L. Όλα τα δείγματα πληρούν το όριο ισοδύναμου πόσιμου νερού του 1 mg/L. Από τις μετρήσεις για την Ναφθαλίνη (Naphthalene – Nap), δεν ανιχνεύθηκε σε δύο από τις δέκα δεξαμενές και στις υπόλοιπες οκτώ προέκυψαν συγκεντρώσεις μικρότερες των 0,01 mg/L. Όλα τα δείγματα πληρούν το όριο ισοδύναμου πόσιμου νερού των 0,7mg/L. Ο ρύπος του Βενζο[α]πυρενίου (Benzo[a]pyrene–BaP) δεν ανιχνεύθηκε σε καμία δεξαμενή. Από τις μετρήσεις για το Ακεναφθένιο (Acenaphthene – Acp) δεν ανιχνεύθηκε σε δύο από τις δέκα δεξαμενές και στις υπόλοιπες οκτώ προέκυψαν συγκεντρώσεις μικρότερες των 0,01mg/L. Όλα τα δείγματα επομένως πληρούν το όριο ισοδύναμου πόσιμου νερού των 2mg/L.

Οι συγκεντρώσεις του Φαινανθρενίου (Phenanthrene – Phe) μετρήθηκαν από μικρότερες των 0,01 έως 0,028mg/L και του Βενζο[ghi]περυλενίου (Benzo[ghi] perylene – BghiP) από μικρότερες των 0,005 έως 0,0076mg/L. Το Πυρένιο (Pyrene – Pyr), το Βενζο[α]ανθρακένιο (Benz[a]anthracene – BaA), η Χρυσένη (Chrysene – Chry) και το Φθορανθένιο (Fluoranthene – Flt) εμφάνισαν από μη ανιχνεύσιμες συγκεντρώσεις μέχρι μικρότερες των 0,01mg/L. Το Βενζο[b]φθορανθένιο (Benzo[b]fluoranthene – BbF) και το Βενζο[k]φθορανθένιο (Benzo[k]fluoranthene – BkF) εμφάνισαν από μη ανιχνεύσιμες συγκεντρώσεις μέχρι μικρότερες των 0,005mg/L. Το Ακεναφθυλένιο (Acenaphthylene – Acy) εμφανίζει από μη ανιχνεύσιμες συγκεντρώσεις έως 0,021mg/L και το Διβενζ[α,η]ανθρακένιο (Dibenz[a,h]anthracene – DahA) και το Ινδενο[1,2,3-cd]πυρένιο (Indeno [1,2,3-cd] pyrene – IcdP) πυρένιο εμφανίζουν από μη ανιχνεύσιμες έως μικρότερες των 0,005mg/L.

Με τα όρια που δίνονται από την υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος των Η.Π.Α. (US EPA [127]) για το πόσιμο νερό, οι ρύποι που μετρήθηκαν πληρούν τις προϋποθέσεις για χρήση του νερού

ως πόσιμου επομένως δεν τίθεται ζήτημα λόγω παρουσίας ατμοσφαιρικών ρύπων για την χρήση του συλλεγόμενου νερού για άρδευση.

4.6 Σύνοψη Παραμέτρων

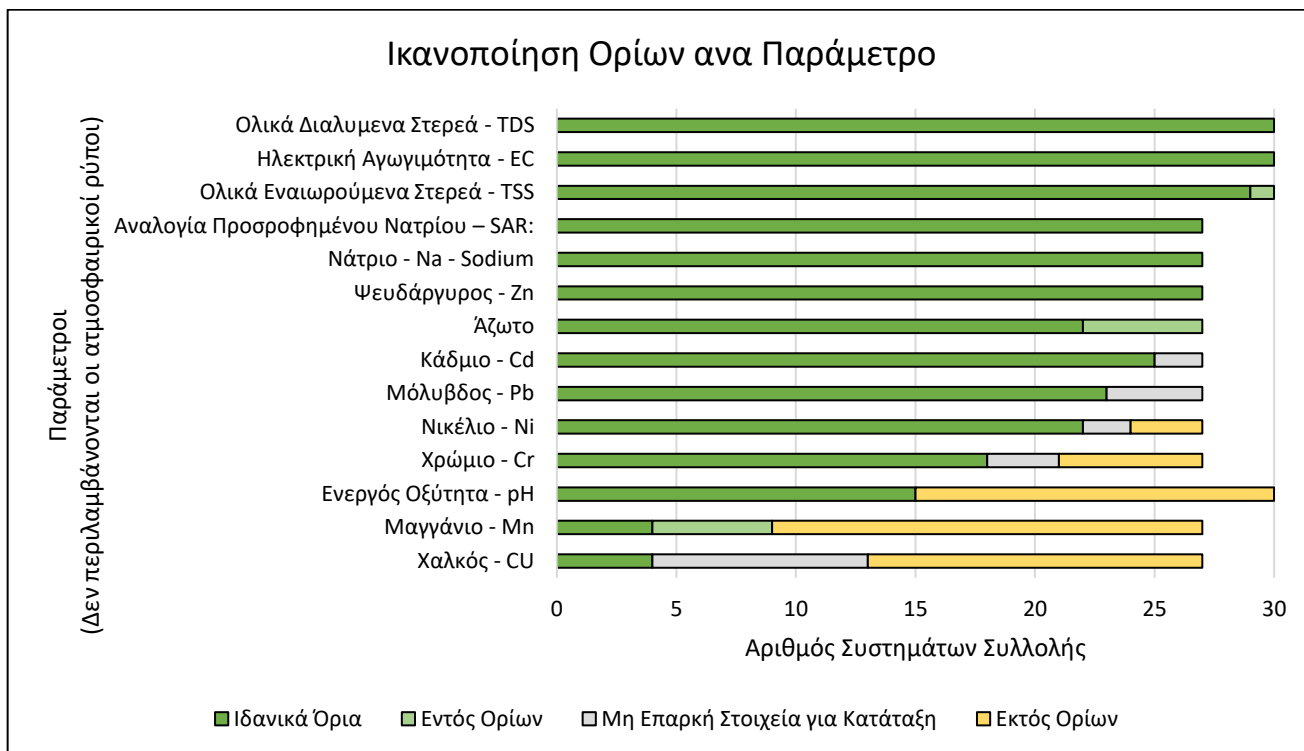
Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και εφόσον για κάθε παράμετρο έχουν πραγματοποιηθεί οι μετρήσεις των τιμών των πειραματικών στοιχείων όπως φαίνονται στους Πίνακες 0.1Α, Πίνακας 0.2Α, Πίνακας 0.3Α και Πίνακας 0.4Α στο παράρτημα Α και έχουν ερευνηθεί τα προτεινόμενα όρια διαφόρων οργανισμών, πραγματοποιείται μια αξιολόγηση της ποιότητας του συλλεγόμενου νερού των συστημάτων. Για την αξιολόγηση ελήφθησαν υπόψη μόνο οι παράμετροι για τις οποίες δίνονται όρια από την διεθνή οργάνωση τροφίμων & γεωργίας (FAO) [115] για την ποιότητα των αρδευτικών υδάτων και το SAR. Έτσι αξιολογήθηκαν οι παράμετροι της ενεργού οξύτητας – pH, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας - E.C., των ολικών αιωρούμενων στερεών – TSS, των ολικών διαλυμένων στερεών – TDS, του αζώτου, του καδμίου – Cd, του μαγγανίου – Mn, του μολύβδου – Pb, του νικελίου – Ni, του χαλκού – Cu, του χρωμίου – Cr, του ψευδαργύρου – Zn, του νατρίου – Na και της αναλογίας προσροφημένου νατρίου – SAR. Οι τέσσερις κατηγορίες κατάταξης είναι: Ιδανικά Όρια, Εντός Ορίων, Εκτός Ορίων και Μη Επαρκή Στοιχεία για Κατάταξη. Για να πληρούνται τα ιδανικά όρια για μια συγκεκριμένη παράμετρο, θα πρέπει να πληρούνται τα πιο αυστηρά όρια που δίνονται για την συγκεκριμένη παράμετρο. Εάν δεν πληρούνται τα πιο αυστηρά όρια, αλλά η πειραματική τιμή βρίσκεται εντός των πιο ελαστικών ορίων που μπορεί να δημιουργούνται ορισμένα μικρής κλίμακας προβλήματα, τότε πληρούνται τα Εντός Ορίων όρια. Τα Εκτός Ορίων όρια, υποδεικνύουν ότι οι πειραματικές μετρήσεις είναι εκτός των προτεινόμενων ορίων για άρδευση. Η κατάταξη αυτή δεν απαγορεύει την χρήση του νερού για άρδευση. Και οι τρεις παραπάνω κατηγορίες έχουν δημιουργηθεί με βάση τις προτεινόμενες τιμές των ορίων της διεθνούς οργάνωσης τροφίμων & γεωργίας (FAO) [115] για την ποιότητα των αρδευτικών υδάτων, η οποία προσδιορίζει πιθανά προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν λόγω της αλατότητας, του ρυθμού διείδυσης του νερού στο έδαφος, τοξικότητας ορισμένων ιόντων και άλλων επιπτώσεων. Η παραπάνω κατάταξη στοχεύει στην ανάδειξη των παραμέτρων που μπορεί δυνητικά να προκαλέσουν ορισμένα προβλήματα και επομένως την διερεύνηση πιθανών τρόπων μείωσης των συγκεντρώσεων τους. Η κατάταξη ορισμένων τιμών παραμέτρων εκτός των προτεινόμενων ορίων δεν συνεπάγεται καταστροφικές επιδράσεις στις καλλιέργειες και στους καταναλωτές, όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο της νομοθεσίας αλλά τιμές που πιθανώς να δημιουργήσουν ορισμένα προβλήματα. Για τις μετρήσεις που ανήκουν στην τελευταία κατηγορία, για τις οποίες δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για την κατάταξη ορισμένων αποτελεσμάτων, δεν μπορεί να προκύψει κάποιο συμπέρασμα καθώς οι τιμές αυτές δυνητικά βρίσκονται εντός όλου του εύρους των μετρήσεων. Στην δυσμενέστερη περίπτωση όλες οι τιμές της κατηγορίας αυτής περιλαμβάνουν τιμές εκτός ορίων.

Οι μικροβιολογικές παράμετροι, για τις οποίες δεν τίθενται όρια για άρδευση από βρόχινο νερό, κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες, στην Απουσία μικροοργανισμών, στην Εκτιμώμενη τιμή, στην Παρουσία και στην Μετρημένη τιμή. Παρά το γεγονός ότι δεν υπάρχουν προτεινόμενα όρια να πραγματοποιηθεί σύγκριση, μπορεί να πραγματοποιηθεί σύγκριση των τριών ειδών

μικροοργανισμών που μετρήθηκαν μεταξύ τους και κατάταξη των δεξαμενών συλλογής συγκριτικά με τις υπόλοιπες.

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι πληρούν τα προτεινόμενα όρια για το πόσιμο νερό επομένως δεν χρειάζεται κάποια επιπλέον ανάλυση και δεν παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα.

Συγκεντρώνοντας για την κάθε παράμετρο τον αριθμό των συστημάτων συλλογής όπου ικανοποιούνται τα ιδανικά, τα εντός και εκτός ορίων όρια και δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για κατηγοριοποίηση, προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 4.12).

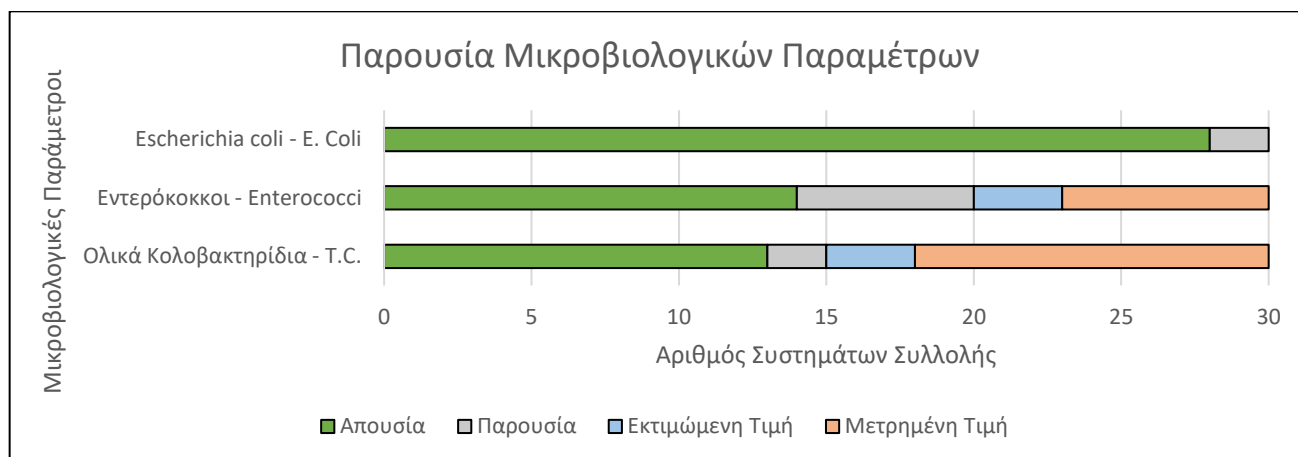


Εικόνα 4.12 Διάγραμμα ικανοποίησης ορίων παραμέτρων στα συστήματα συλλογής ανά μικροβιολογική παράμετρο

Από τις 14 παραμέτρους για τις οποίες έχει δημιουργηθεί η παραπάνω κατάταξη, προκύπτουν επτά παράμετροι να πληρούν τα ιδανικά όρια ή να βρίσκονται εντός ορίων, δύο να μην μπορεί να διευκρινιστεί εάν βρίσκονται εντός ή εκτός και πέντε να περιέχουν μετρήσεις οι οποίες βρίσκονται εκτός των προτεινόμενων ορίων. Ενώ το μαγγάνιο έχει τις περισσότερες μετρήσεις εκτός ορίων (18/27 – 67%), ο χαλκός λαμβάνοντας υπόψη και τις μετρήσεις που μπορεί να προκύψουν εκτός ορίων, δυνητικά μπορεί να φτάσει τις 23 μετρήσεις εκτός ορίων από τις 27 συνολικά (85%). Οι μισές μετρήσεις της ενεργού οξύτητας βρίσκονται εντός (15/30) και οι άλλες μισές εκτός των ορίων. Το χρώμιο και το νικέλιο έχουν εννέα (33%) και πέντε (19%) μετρήσεις αντίστοιχα οι οποίες βρίσκονται ή δύναται να βρίσκονται στο δυσμενέστερο σενάριο εκτός ορίων. Για τον μόλυβδο και το κάδμιο ενώ δεν υπάρχουν αποδεδειγμένα μετρήσεις εκτός ορίων, στο δυσμενέστερο σενάριο δύναται να περιέχουν τέσσερις (15%) και δύο (7%) αντίστοιχα μετρήσεις εκτός ορίων. Παρατηρείται ότι εκτός της ενεργού οξύτητας, οι υπόλοιπες παράμετροι, οι οποίες δύναται να δημιουργήσουν προβλήματα στις καλλιέργειες και χρειάζονται περεταίρω ανάλυση είναι βαρέα μέταλλα. Για τις παραμέτρους

των βαρέων μετάλλων των οποίων ορισμένες τιμές προκύπτουν εκτός ορίων, παρατηρείται και προβληματίζει το γεγονός ότι η μέγιστη πειραματικές τιμές των συγκεντρώσεων είναι πολλαπλάσιες των προτεινόμενων τιμών των ορίων. Η ενεργός οξύτητα δεν προβληματίζει ιδιαίτερα καθώς η μέγιστη πειραματική τιμή (9,92) δεν αποκλίνει πολύ από την προτεινόμενη τιμή (8,4).

Το αντίστοιχο διάγραμμα για τις μικροβιολογικές παραμέτρους παρουσιάζεται παρακάτω, όπου για κάθε μικροβιολογική παράμετρο παρατηρείται ο αριθμός των συστημάτων στα οποία παρατηρήθηκαν μετρήσεις και το είδος των αποτελεσμάτων κάθε μέτρησης.



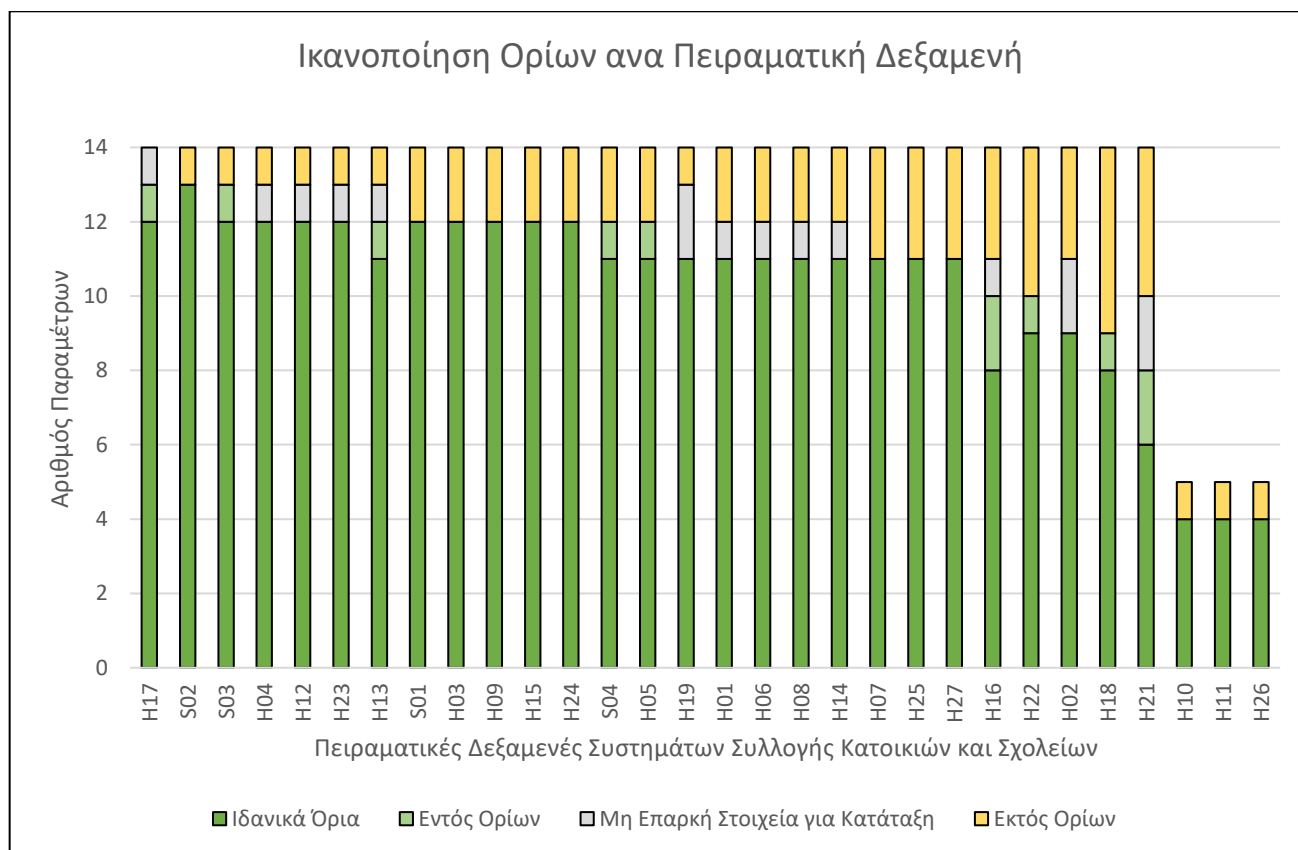
Εικόνα 4.13: Διάγραμμα παρουσίας μικροβιολογικών παραμέτρων στα συστήματα συλλογής ανά μικροβιολογική παράμετρο

Παρατηρείται, ότι η παρουσία *E.Coli* στα συστήματα συλλογής είναι μειωμένη σε σχέση με τις υπόλοιπες παραμέτρους. Από τα 30 συστήματα, στα 28 (93%) δεν εμφανίστηκε ο μικροοργανισμός *E.Coli* και μόνο σε δύο παρατηρήθηκε παρουσία, χωρίς όμως να μπορεί να προσδιοριστούν οι τόσο χαμηλές τιμές των μετρήσεων. Οι μικροβιολογικές παράμετροι των εντερόκοκκων και των ολικών κολοβακτηριδίων απουσίαζαν από 14 (47%) και 13 (43%) συστήματα αντίστοιχα.

Αντίστοιχα με τα παραπάνω διαγράμματα (Εικόνα 4.12, Εικόνα 4.13) δημιουργήθηκαν τα παρακάτω διαγράμματα (Εικόνα 4.14, Εικόνα 4.15), για κάθε σύστημα συλλογής ομβρίων υδάτων από τα 30 που ερευνήθηκαν παρουσιάζεται στο διάγραμμα ικανοποίησης των ορίων των παραμέτρων στα συστήματα συλλογής ανά σύστημα συλλογής (Εικόνα 4.14) ο αριθμός των παραμέτρων που πληρούν τα ιδανικά όρια, τα εντός ορίων, τα εκτός ορίων και τα μη επαρκή στοιχεία για κατάταξη όρια για κάθε σύστημα συλλογής. Ως παράμετροι παρουσιάζονται οι 14 παράμετροι για τις οποίες δημιουργήθηκε η κατάταξη στο διάγραμμα ικανοποίησης ορίων παραμέτρων στα συστήματα συλλογής ανά σύστημα συλλογής.

Από το διάγραμμα αυτό, προκύπτει ότι στο δυσμενέστερο σενάριο σε όλα τα συστήματα συλλογής, οι τιμές των αποτελεσμάτων τουλάχιστον μιας παραμέτρου βρίσκονται εκτός ορίων. Πιο αναλυτικά, για το δυσμενέστερο σενάριο όπου όλες οι τιμές των μετρήσεων για τις οποίες δεν υπάρχει ακριβής μέτρηση για κατάταξη θεωρηθούν ότι βρίσκονται εκτός ορίων, προκύπτουν, τρία συστήματα με 1/14 (7%) παραμέτρους εκτός ορίων, 11 με 2/14 (14%) , οκτώ με 3/14 (21%), δύο με 4/14 (29%), δύο με 5/14 (36%), ένα με 6/14 (43%), και τρία με 1/4 (25%). Στην δυσμενέστερη κατάσταση προκύπτει να

βρίσκεται το σύστημα H21, ενώ τα τέσσερα σχολεία (S01, S02, S03, S04) βρίσκονται μεταξύ των 14 πιο ικανοποιητικών από πλευρά ορίων συστημάτων. Παρά την απουσία συστημάτων όπου όλες οι τιμές των παραμέτρων να βρίσκονται στο δυσμενέστερο σενάριο εντός ορίων, στα 15 από τα 30 συστήματα, τουλάχιστον το 75% των παραμέτρων βρίσκονται εντός ορίων, ενώ μόνο σε ένα σύστημα προκύπτει το ποσοστό αυτό να είναι μικρότερο του 60%. Οι παραπάνω διαπιστώσεις ταιριάζουν απόλυτα με τα συμπεράσματα του ακόμα πιο πάνω διαγράμματος, όπου οι παράμετροι των οποίων μεγάλο μέρος των μετρήσεων τους βρίσκονται εκτός ορίων, είναι κατανεμημένοι σε όλα τα συστήματα συλλογής.

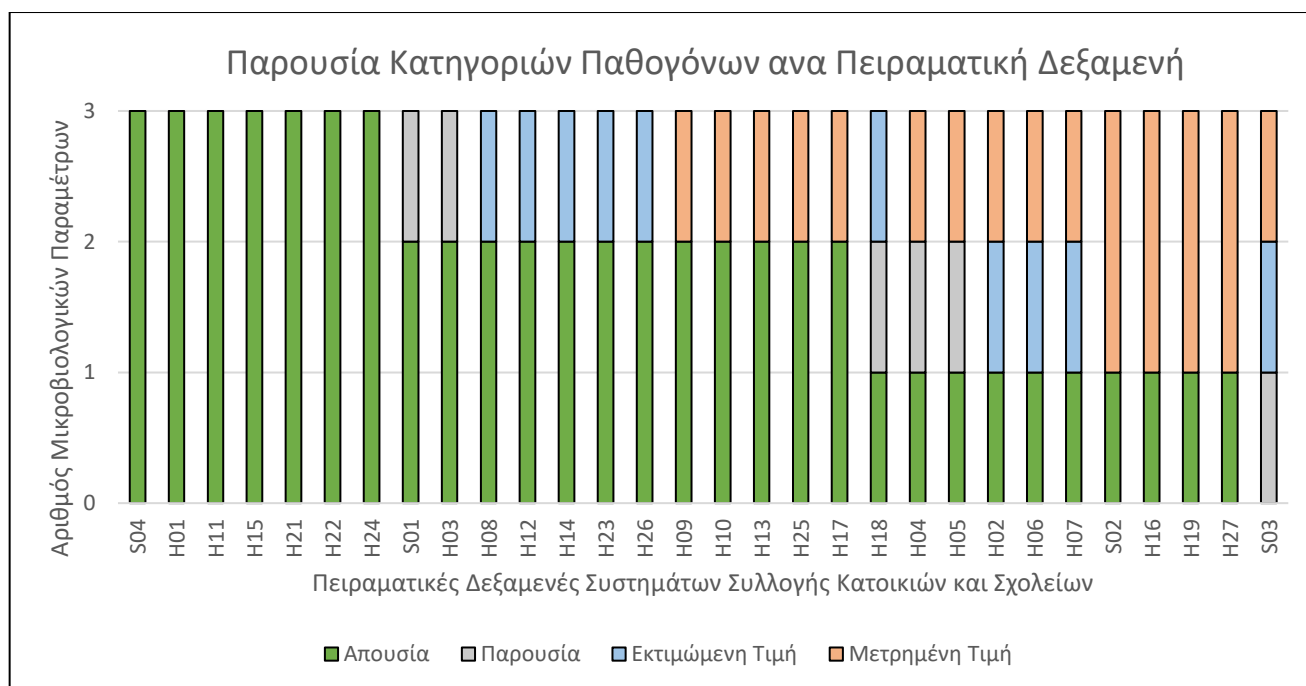


Εικόνα 4.14: Διάγραμμα ικανοποίησης ορίων παραμέτρων στα συστήματα συλλογής ανά σύστημα συλλογής

Στο διάγραμμα παρουσίας μικροβιολογικών παραμέτρων στα συστήματα συλλογής ανά σύστημα συλλογής (Εικόνα 4.15) παρουσιάζεται για κάθε σύστημα συλλογής, η παρουσία των μικροβιολογικών παραμέτρων.

Από τα 30 συστήματα που μελετήθηκαν, σε επτά συστήματα δεν εμφανίστηκε κανένα είδος μικροοργανισμών από αυτά που μελετώνται στην συγκεκριμένη εργασία. Σε 12 συστήματα, μία στις τρεις (33%) παραμέτρους εμφάνιζε τουλάχιστον παρουσία στα δείγματα, σε δέκα συστήματα, δύο στις τρεις (67%) και σε ένα σύστημα υπήρχε τουλάχιστον παρουσία και των τριών (100%) κατηγοριών μικροοργανισμών.

Από όλα τα παραπάνω προκύπτει ότι από την πλειοψηφία των παραμέτρων που κατηγοριοποιούνται δεν τίθεται θέμα περεταίρω διερεύνησης της ποιότητας του συλλεγόμενου νερού. Για τις παραμέτρους για τις οποίες μεγάλο εύρος των τιμών των πειραματικών αποτελεσμάτων τους βρίσκονται εκτός προτεινόμενων ορίων, αφορούν μέταλλα και επηρεάζουν την πλειοψηφία των συστημάτων συλλογής, δεν καθιστούν απαγορευτική την άρδευση με το συλλεγόμενο νερό αλλά θα ήταν δόκιμη περεταίρω διερεύνηση.



Εικόνα 4.15: Διάγραμμα παρουσίας μικροβιολογικών παραμέτρων στα συστήματα συλλογής ανά σύστημα συλλογής

4.7 Προτάσεις Βελτίωσης του Συστημάτων Συλλογής Ομβρίων Υδάτων

Από την σύνοψη των αποτελεσμάτων των πειραματικών αποτελεσμάτων προκύπτει ότι λόγω ορισμένων παραμέτρων που βρίσκονται εκτός των προτεινόμενων ορίων, ενώ δεν καθίσταται απαγορευτική η χρήση του συλλεγόμενου νερού που υπερβαίνει τα συγκεκριμένα όρια, προτιμητέα θα ήταν η διερεύνηση μέτρων για την μείωση των συγκεκριμένων συγκεντρώσεων. Για τον λόγο αυτό παρατίθενται ορισμένες προτάσεις βελτίωσης των συστημάτων, ώστε να μειωθούν οι τιμές των συγκεντρώσεων των παραμέτρων των οποίων ορισμένες πειραματικές τιμές τους βρίσκονται ή δύναται να βρίσκονται εκτός των προτεινόμενων ορίων και αφορούν την ενεργό οξύτητα, τα βαρέα μέταλλα του χαλκού, του μαγγανίου, του χρωμίου, του νικελίου, του μολύβδου και του καδμίου. Μείωση των συγκεντρώσεων των μικροβιολογικών παραμέτρων είναι πάντοτε επιθυμητή και ιδανικά η απουσία τους από τα συστήματα συλλογής. Ακόμα μείωση της συγκέντρωσης οποιασδήποτε άλλης παραμέτρου είναι προς την βελτίωση της ποιότητας του συλλεγόμενου νερού.

Η πιο ελπιδοφόρα πρόταση βελτίωσης του συστήματος συλλογής ομβρίων, αποτελεί η προσθήκη κουτιού φίλτρου (Filter box) και συστήματος εκτροπής πρώτου ξεπλύματος (First flush system).

Ειδικά η προσθήκη του συστήματος πρώτης έκπλυσης αναμένεται να συμβάλλει αρκετά στην βελτίωση της ποιότητας του συλλεγόμενου νερού. Αποτελεί αρκετά οικονομική λύση για τα πλεονεκτήματα που προσφέρει και σε περιπτώσεις όπου υπάρχει περίσσεια νερού που υπερχειλίζει από την δεξαμενή δεν αναμένεται να αποτελεί πρόβλημα στην μείωση της ποσότητας που συλλέγεται. Εκτός από την ύπαρξη του συστήματος πρώτης έκπλυσης στην προτεινόμενη διάταξη του ΠΟΥ στο κεφάλαιο 3, χρησιμοποιείται κατά κόρον στα ερευνητικά συστήματα που έχουν πραγματοποιηθεί διεθνώς στην βιβλιογραφία και έχουν συνταχθεί έρευνες πάνω στην βελτίωση της ποιότητας του βρόχινου νερού με την χρήση του συστήματος αυτού. Πιο συγκεκριμένα, ο [128] συμπεραίνει μετά από πειράματα σε συστήματα συλλογής με σύστημα εκτροπής πρώτου ξεπλύματος, ότι η ποιότητα του βρόχινου νερού που συλλέγεται είναι σημαντικά πιο καλή από την ποιότητα που εκτρέπεται μέσω του συστήματος πρώτης έκπλυσης. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν και άλλες έρευνες ([129], [130]) όπου με κάθε χρήση του εκτροπέα παρατηρείτο μείωση των ρύπων στο συλλεγόμενο νερό. Σύμφωνα με τον [131] είναι λογική αυτή η βελτίωση καθώς μετά από πειράματα αποδείχθηκε ότι κατά την διάρκεια μια βροχόπτωσης οι ρύποι μειώνονται με την πάροδο του χρόνου. Ωστόσο για την βελτίωση της ποιότητας του συλλεγόμενου βρόχινου χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην ποσότητα που εκτρέπεται. Η εκτίμηση της ποσότητας αυτής επηρεάζεται από παραμέτρους όπως η συχνότητα των βροχοπτώσεων, η ένταση τους και η κατάσταση της επιφάνειας συλλογής και πρέπει να καθορίζεται ανάλογα την περίπτωση [132]. Στις έρευνες που αναφέρονται σχετικά με την σημασία του συστήματος εκτροπής πρώτου ξεπλύματος ερευνώνται διάφοροι παράμετροι της ποιότητας του βρόχινου νερού. Το σύστημα μπορεί να απομακρύνει διαφορετικούς ρύπους με διαφορετική αποτελεσματικότητα, ωστόσο αποτελεί κοινή παραδοχή ότι συνολικά συμβάλλει στην βελτίωση της ποιότητας του βρόχινου νερού. Στην περίπτωση του ερευνητικού έργου CIRC4Food, με τα πειραματικά αποτελέσματα που έχουν προκύψει, η προσθήκη του συστήματος αναμένεται να μειώσει αρκετά τις συγκεντρώσεις των ρύπων που υπερβαίνουν τα όρια, ωστόσο δεν είναι σίγουρο σε ποιες παραμέτρους θα επιδράσει περισσότερο και εάν τελικά θα μειώσει τις συγκεντρώσεις σε επίπεδα εντός ορίων.

Ένας άλλος τρόπος βελτίωσης της ποιότητας του συλλεγόμενου νερού με τροποποίηση του συστήματος συλλογής, αποτελεί ο διαχωρισμός της βρύσης απόληψης από τον εκκενωτή πυθμένα όπως προτείνεται και στο προτεινόμενο τυπικό σύστημα συλλογής του ΠΟΥ. Στα συστήματα που έχουν εγκατασταθεί στο ερευνητικό έργο CIRC4Food, δεν υπάρχει διαχωρισμός και κατ' επέκταση η απόληψη πραγματοποιείται αρκετά χαμηλά ως προς το ύψος της δεξαμενής. Με τον τρόπο αυτόν στοιχεία που έχουν καθιζάνει στον πυθμένα της δεξαμενής μπορούν εύκολα να καταλήξουν στο σύστημα στάγδην άρδευσης.

Η βελτίωση της ποιότητας του συλλεγόμενου νερού μπορεί ακόμα εύκολα να επιτευχθεί σε ένα βαθμό με την αυτοψία στα συστήματα συλλογής και την αξιολόγηση τους με βάση το έντυπο υγειονομικής επιθεώρησης του ΠΟΥ. Συνδυαστικά με τα πειραματικά αποτελέσματα κάθε συστήματος μπορούν να προταθούν εξατομικευμένες λύσεις για κάθε σύστημα οι οποίες να στοχεύουν στην απομάκρυνση ή αντικατάσταση στοιχείων των συστημάτων ή στοιχείων πλησίον αυτών που μπορεί να επηρεάζουν την ποιότητα του συλλεγόμενου νερού. Εφόσον παρατηρείται ότι οι παράμετροι των οποίων ορισμένες συγκεντρώσεις βρίσκονται εκτός ορίων είναι κυρίως βαρέα

μέταλλα, μπορεί να δοθεί έμφαση στην έρευνα μεταλλικών στοιχείων των συστημάτων ή εντός ή πλησίον αυτών.

Η βελτίωση της ποιότητας του συλλεγόμενου νερού μπορεί ακόμα να επιτευχθεί συνδυαστικά με ένα οργανωμένο σχέδιο διαχείρισης του συστήματος συλλογής, ειδικά στην βελτίωση των τιμών της ενεργού οξύτητας. Δεδομένου της περιόδου που πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες για την έρευνα που μελετάται, αναμένεται να έχει επιδράσει δυσμενώς στις τιμές της ενεργού οξύτητας η μεγάλη περίοδος αποθήκευσης και η συχνότητα ανανέωσης του νερού. Μικρότερη περίοδος αποθήκευσης και πιο συχνή ανανέωση των υδάτων της δεξαμενής θα είχαν επιδράσει θετικά στην μείωση των υψηλών τιμών που μετρήθηκαν σε ορισμένες περιπτώσεις. Λαμβάνοντας υπόψη τον όγκο νερού που κατακρημνίζεται στην περιοχή μελέτης ετησίως, τον τελικό όγκο που συλλέγεται στην δεξαμενή και τον όγκο νερού που απαιτούν οι καλλιέργειες, καθώς και την χρονική διάσταση των δεδομένων αυτών, μπορεί να καταρτιστεί ένα ολοκληρωμένο σχέδιο διαχείρισης που στόχο θα έχει την μείωση των περιόδων αποθήκευσης, την αύξηση της συχνότητας ανανέωσης του νερού και συνδυαστικά με το σύστημα εκτροπής πρώτου ξεπλύματος, την εξάλειψη των υπερχειλίσεων της δεξαμενής αλλά αντ' αυτού η επιλογή συλλογής του καλύτερης ποιότητας νερού μέσω του συστήματος εκτροπής πρώτου ξεπλύματος.

5 Συμπεράσματα – Μελλοντική Έρευνα

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η αξιολόγηση συστημάτων συλλογής βρόχινου νερού με στόχο την ανάπτυξη της αστικής γεωργίας. Η διερεύνηση πραγματοποιήθηκε μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης και εργαστηριακών μετρήσεων. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση αφορά στην μελέτη της χωρικής και χρονικής εξέλιξης της διεθνούς έρευνας αναφορικά με την συλλογή βρόχινου νερού με στόχο την επαναχρησιμοποίηση του για άρδευση και πιο συγκεκριμένα η καταλληλότητα του για την χρήση αυτή. Η εργαστηριακή διερεύνηση αφορά στην αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων που συλλέγονται σε οικιακά συστήματα αξιοποίησης του βρόχινου νερού που έχουν αναπτυχθεί στην πόλη των Τρικάλων στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου CIRC4Food, μέσω συλλογής, και αποθήκευσης ομβρίων υδάτων από στέγες οικιών και συνεπακόλουθης χρήσης του για την ανάπτυξη αστικών λαχανόκηπων.

Από την βιβλιογραφική ανασκόπηση και σύμφωνα με το ερευνητικό ερώτημα που τέθηκε, οι αναλύσεις και τα άρθρα που μελετήθηκαν αφορούν στην συλλογή νερού, στην ποιότητα του και στην αστική γεωργία και αυτό παρατηρείται και από τις λέξεις – κλειδιά που ερευνηθήκαν. Σχετικά με την χωρική κατανομή των ερευνών, αυτή είναι διάσπαρτη, τόσο σε ανεπτυγμένες χώρες όσο και σε αναπτυσσόμενες, γεγονός που υποδηλώνει την καθολικότητα και την σημασία των συγκεκριμένων ερευνών πάνω στην επίλυση σημαντικών παγκόσμιων προβλημάτων. Ο όγκος της έρευνας που έχει πραγματοποιηθεί παγκοσμίως πάνω στο συγκεκριμένο αντικείμενο μέχρι στιγμής, δεν αντικατοπτρίζει πλήρως τον σημαντικό ρόλο που μπορεί να διαδραματίσει η χρήση συστημάτων συλλογής βρόχινου νερού στην επίλυση επικείμενων σοβαρών προβλημάτων που πρόκειται να αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα, ωστόσο παρατηρείται μια σημαντική αύξηση των σχετικών αναλύσεων και άρθρων που δημοσιεύονται τα τελευταία χρόνια όπως φαίνεται στο σχήμα (Εικόνα 2.9.) Το ερευνητικό ενδιαφέρον για το συγκεκριμένο αντικείμενο φαίνεται ότι είναι καθολικό και ερευνάται τόσο από ανεπτυγμένες όσο και από αναπτυσσόμενες χώρες.

Ως προς το πειραματικό σκέλος, στα πειράματα που διενεργήθηκαν στο ερευνητικό έργο CIRC4Food παρουσιάζονται τιμές αποτελεσμάτων που συγκλίνουν κατά κύριο λόγο με τις τιμές αποτελεσμάτων πειραμάτων που έχουν δημοσιευθεί στη διεθνή βιβλιογραφία. Λόγω απουσίας νομοθετικού πλαισίου για τα αποδεκτά όρια άρδευσης από συλλεγόμενο βρόχινο νερό, χρησιμοποιήθηκαν τα προτεινόμενα όρια της διεθνούς οργάνωσης τροφίμων & γεωργίας (FAO) για την ποιότητα των αρδευτικών υδάτων. Στην πλειοψηφία τους, οι τιμές των συγκεντρώσεων των παραμέτρων μετρήθηκαν εντός των προτεινόμενων ορίων, με εξαίρεση την ενεργό οξύτητα και ορισμένα βαρέα μέταλλα. Οι πιο ανησυχητικές τιμές συγκεντρώσεων εντοπίζονται κυρίως στον χαλκό και το μαγγάνιο. Από την άλλη πλευρά οι συγκεντρώσεις της πλειοψηφίας των μετάλλων όπως ο ψευδάργυρος, το κάδμιο και ο μόλυβδος κυμαίνονται σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Η κατανομή των παραμέτρων των οποίων ορισμένες τους συγκεντρώσεις μετρήθηκαν εκτός προτεινόμενων ορίων ήταν ομοιόμορφη σε όλα τα συστήματα και επομένως η πλειοψηφία των συστημάτων προέκυψε με υψηλό ποσοστό παραμέτρων να πληρούν τα όρια σε κάθε σύστημα αλλά όλα τα συστήματα να έχουν τουλάχιστον μια παράμετρο της οποίας η συγκέντρωση να είναι εκτός ορίων. Ενώ η υπέρβαση ορισμένων προτεινόμενων ορίων δεν καθιστά το νερό ακατάλληλο για άρδευση, για την αποφυγή

προβλημάτων που μπορεί να εμφανιστούν συνίσταται η βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του συλλεγόμενου νερού με την προσθήκη κουτιού φίλτρου (Filter box) και συστήματος εκτροπής πρώτου ξεπλύματος (First flush system) καθώς και με εξατομικευμένες λύσεις για κάθε σύστημα συλλογής.

Με βάση τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την συγκεκριμένη έρευνα παρατηρούνται ορισμένα ζητήματα που χρήζουν περαιτέρω έρευνας. Έτσι η προτεινόμενη μελλοντική έρευνα προτείνεται να επικεντρωθεί σε τρεις βασικούς άξονες. Τα όρια και την νομοθεσία, την βελτίωση των συστημάτων συλλογής ομβρίων υδάτων για την βελτίωση της ποιότητας του συλλεγόμενου νερού και τέλος την έρευνα των καλλιεργειών που πρόκειται να αρδευτούν με το συλλεγόμενο νερό και πως επηρεάζονται από αυτό.

Στο κομμάτι των ορίων χρειάζεται περαιτέρω έρευνα για την καταλληλότητα υιοθέτησης ήδη υπάρχοντων ορίων και νομοθεσιών για άρδευση όπως των ορίων που αφορούν επαναχρησιμοποίηση υδάτων. Όρια όπως αυτά της διεθνούς οργάνωσης τροφίμων & γεωργίας (FAO) για την ποιότητα των αρδευτικών υδάτων, φαίνεται να είναι τα πιο αντιπροσωπευτικά, όμως παρουσιάζουν έλλειψη καθορισμού τιμών ορίων σε αρκετές παραμέτρους με κυριότερη την έλλειψη σε μικροβιολογικές παραμέτρους. Ο καθορισμός ορίων σε διεθνές επίπεδο ωστόσο αποτελεί δύσκολο εγχείρημα καθώς πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τόσο τοπικές κλιματικές συνθήκες όσο και το είδος της καλλιέργειας και του εδάφους για την βελτιστοποίηση της παραγωγής.

Στο κομμάτι της βελτίωσης των συστημάτων συλλογής, η προσθήκη επιπλέον συστημάτων όπως η προσθήκη κουτιού φίλτρου (Filter box) και του συστήματος εκτροπής πρώτου ξεπλύματος (First flush system) προτείνεται καθώς δύναται να μειώσει τις τιμές των συγκεντρώσεων αρκετών παραμέτρων. Εξατομικευμένες ενέργειες σε κάθε σύστημα συλλογής μετά από αυτοψία και σύμφωνα με το έντυπο υγειονομικής επιθεώρησης του ΠΟΥ, πιθανώς να προκύψουν, ειδικά για την μείωση των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων. Ακόμα η κατάρτιση ολοκληρωμένου σχεδίου διαχείρισης των συστημάτων συλλογής δύναται να βελτιώσει ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά του συλλεγόμενου νερού. Το σχέδιο αυτό θα έχει ως στόχο την βελτιστοποίηση του χρόνου αποθήκευσης του συλλεγόμενου νερού και του χρόνου ανανέωσης του, καθώς και την βέλτιστη λειτουργία του συστήματος εκτροπής πρώτου ξεπλύματος, έτσι ώστε να πραγματοποιείται επιλογή του πιο ποιοτικού νερού για συλλογή και να ελαχιστοποιούνται τα γεγονότα υπερχειλίσσης των δεξαμενών.

Τέλος, στο κομμάτι των καλλιεργειών, χρειάζεται επιπλέον έρευνα για τον καθορισμό των χαρακτηριστικών του συλλεγόμενου βρόχινου νερού ανάλογα με τα είδη που πρόκειται να καλλιεργηθούν για την καλύτερη αξιολόγηση των συστημάτων. Μια παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπόψη στο είδος των καλλιεργειών είναι η διαφοροποίηση του είδους τους, ανάλογα με τον τρόπο καλλιέργειας, όπου για παράδειγμα, η ποικιλία ντομάτας που καλλιεργείται σε εμπορικές καλλιέργειες έχει συνήθως πιο παχιά φλούδα για την αποφυγή ρωγμών των καρπών, που θα μπορούσαν να διευκολύνουν την είσοδο παθογόνων [133]. Οι κήποι μικρής κλίμακας για προσωπική χρήση δεν έχουν απαραίτητα αυτή την γνώση και μπορεί να καταστούν πιο ευάλωτοι σε κινδύνους [48].

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας αποτελούν μια πολύ μικρή προσθήκη στην έρευνα που παράγεται διεθνώς σχετικά με την ανάπτυξη συστημάτων συλλογής ομβρίων υδάτων για την άρδευση καλλιεργειών αστικής γεωργίας και υπάρχει η ελπίδα ότι τα αποτελέσματα αυτά, μπορούν



Εικόνα 5.1: Στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών

να χρησιμοποιηθούν για μελλοντικές έρευνες και επομένως στην επίλυση ορισμένων σοβαρών προβλημάτων όπως αυτά της λειψυδρίας και του επισιτισμού τα οποία ολοένα και διογκώνονται. Η σημασία της συνέχισης των ερευνών πάνω στα συγκεκριμένα συστήματα είναι κρίσιμης σημασίας για το μέλλον της ανθρωπότητας και συμβαδίζει με την εκπλήρωση των βιώσιμων στόχων 2, 6, 11, 12 και 13 του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (UN), στόχοι για την μηδενική πείνα, για το καθαρό νερό και την αποχέτευση, για τις βιώσιμες πόλεις και κοινότητες, για την υπεύθυνη κατανάλωση και παραγωγή και για την δράση για το κλίμα αντίστοιχα [134].

να χρησιμοποιηθούν για μελλοντικές έρευνες και επομένως στην επίλυση ορισμένων σοβαρών προβλημάτων όπως αυτά της λειψυδρίας και του επισιτισμού τα οποία ολοένα και διογκώνονται. Η σημασία της συνέχισης των ερευνών πάνω στα συγκεκριμένα συστήματα είναι κρίσιμης σημασίας για το μέλλον της ανθρωπότητας και συμβαδίζει με την εκπλήρωση των βιώσιμων στόχων 2, 6,

Παράρτημα Α

Παρατίθενται παρακάτω οι πίνακες με τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Λόγω του μικρού αριθμού δειγματοληψιών και κατ' επέκταση την απουσία στατιστικών χαρακτηριστικών για κάθε σύστημα, στις φυσικοχημικές παραμέτρους όπου υπήρχαν δύο μετρήσεις στο ίδιο σύστημα χρησιμοποιήθηκε ως πιο αξιόπιστη και πιο αντιπροσωπευτική η τιμή που βρισκόταν πιο κοντά στον μέσο όρο όλων των μετρήσεων της κάθε παραμέτρου όλων των συστημάτων. Στις μικροβιολογικές παραμέτρους ως πιο αξιόπιστη θεωρήθηκε η μικρότερη ένδειξη, καθώς η επιμόλυνση του συλλεγόμενου νερού την στιγμή της δειγματοληψίας είναι πιθανώς στιγμιαία κατάσταση και όχι αντιπροσωπευτική της συνολικής εικόνας του κάθε συστήματος.

Πίνακας 0.1Α: Αποτελέσματα Φυσικοχημικών Παραμέτρων πειραματικών αποτελεσμάτων

α/α	Δείγμα	Φυσικοχημικές Παράμετροι																	
		Ενεργός Οξύτητα		Ηλεκτρική Αγωγιμότητα		Θολότητα		Αλκαλικότητα		C.O.D.		T.S.S.		T.D.S.		NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ⁻³
		pH		Electrical Conductivity		Turbidity		Alkalinity											
		-		μS/cm		NTU		mg/L CaCO ₃		mg/L									
		02/23	04/23	02/23	04/23	02/23	04/23	02/23	04/23	02/23	04/23	02/23	04/23	02/23	04/23	02/23			
1	S01	9,5	9,3	56,8		1,3		29,5		< 15		1,6		10,0		< 0,019	< 1	0,0	< 0,3065
2	S02	8,6	-	15,0		0,8		6,0		< 15		0,4		11,0		0,0	< 1	0,0	< 0,3065
3	S03	9,5	9,8	17,6		1,7		6,0		16,1		2,1		3,0		0,1	< 1	0,0	< 0,3065
4	S04	7,7	6,7	180,0	21,3	1,5	1,7	205,0	15,0	< 15	< 15	0,7	1,0	247,0	55,0	0,1	14,3	0,0	< 0,3065
01	H01	6,8	-	22,1		1,0		7,5		< 15		0,3		76,5		< 0,019	1,4	0,0	< 0,3065
02	H02	9,7	8,9	102,6		5,9		56,0		34,6		3,9		102,0		< 0,019	< 1	0,0	< 0,3065
03	H03	7,9	10,2	45,9	21,4	6,6	7,9	11,5	15,0	37,3	41,3	14,7	10,8	423,1	42,0	0,3	1,5	0,0	< 0,3065
04	H04	7,3	-	16,9		2,8		8,0		< 15		2,0		167,0		< 0,019	< 1	0,0	0,4
05	H05	9,1	8,9	61,4	66,9	1,6	65,6	35,0	107,5	16,2	105,0	1,9	91,0	355,0	154,0	< 0,019	< 1	0,0	< 0,3065
06	H06	8,7	-	24,2		1,7		15,0		< 15		2,0		2,0		< 0,019	< 1	0,0	< 0,3065
07	H07	8,3	8,4	161,9	44,4	0,7	2,9	155,0	52,5	15,5	28,2	3,9	3,5	357,0	45,0	< 0,019	< 1	0,0	< 0,3065
08	H08	9,1	9,7	31,4		1,9		9,5		17,5		1,3		240,9		0,1	2,2	0,0	< 0,3065
09	H09	6,6	-	22,2		1,5		6,0		< 15		1,0		122,0		0,1	1,5	0,0	< 0,3065

10	H10	-	9,9	-	14,9	-	5,5	-	10,0	-	26,0	-	6,7	-	37,0	-	-	-	-
11	H11	-	9,0	-	34,2	-	2,6	-	32,5	-	25,5	-	2,2	-	38,0	-	-	-	-
12	H12	8,8	9,2	50,0		0,8		7,5		16,6		0,6		70,0		0,3	3,1	0,1	< 0,3065
13	H13	7,2	-	20,8		1,6		6,5		16,5		1,2		150,0		< 0,019	< 1	0,0	< 0,3065
14	H14	8,6	9,9	124,8		2,1		57,0		20,5		1,0		137,5		< 0,019	< 1	0,0	< 0,3065
15	H15	7,8	-	20,4		2,8		7,5		31,9		2,0		291,0		< 0,019	< 1	0,0	< 0,3065
16	H16	7,9	-	220,0		8,7		196,0		19,8		39,3		188,0		< 0,019	11,2	0,0	< 0,3065
17	H17	7,2	-	26,7		1,0		11,0		< 15		0,5		4,0		< 0,019	2,1	0,0	< 0,3065
18	H18	7,8	9,6	176,8	61,3	32,8	21,8	107,5	95,0	69,7	67,9	17,5	34,0	376,0	136,0	< 0,019	12,6	0,1	< 0,3065
19	H19	7,3	-	20,3		2,5		11,0		< 15		2,8		61,0		< 0,019	< 1	0,0	< 0,3065
20	H20	-	-	-															-
21	H21	8,4	8,6	235,0		1,1		216,0		< 15		1,7		283,0		< 0,019	13,1	0,1	< 0,3065
22	H22	7,6	9,9	220,0	18,3	0,8	5,1	325,5	14,0	16,0	21,8	1,1	2,7	316,0	1,0	< 0,019	25,3	0,0	< 0,3065
23	H23	9,6	7,7	37,9		5,1		20,0		20,9		5,2		20,0		< 0,019	< 1	0,0	< 0,3065
24	H24	7,1	-	16,6		2,0		7,0		17,5		1,8		59,0		0,3	< 1	0,0	< 0,3065
25	H25	7,5	9,2	57,9	30,6	17,8	5,0	33,0	30,0	38,4	29,6	48,6	5,7	18,7	38,0	< 0,019	< 1	0,0	< 0,3065
26	H26	-	9,8	-	20,2	-	3,5	-	16,0	-	31,5	-	8,7	-	28,0	-	-	-	-
27	H27	8,5	9,3	39,8		2,2		12,5		< 15		1,0		241,0		0,0	< 1	0,0	< 0,3065

Πίνακας 0.2Α: Αποτελέσματα Βαρέων Μετάλλων και Αλκαλίων πειραματικών αποτελεσμάτων

α/α	Δείγμα	Βαρέα Μέταλλα (mg/L)							Αλκάλια (mg/L)			
		Κάδμιο	Μαγγάνιο	Μόλυβδος	Νικέλιο	Χαλκός	Χρώμιο	Ψευδάργυρος	Ασβέστιο	Κάλιο	Μαγνήσιο	Νάτριο
		Cd	Mn	Pb	Ni	Cu	Cr	Zn	Ca	K	Mg	Na
1	S01	n.d.	2,1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,10	8,2	0,25	0,43	0,99
2	S02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	< 0,050	1,1	0,13	0,12	0,35
3	S03	n.d.	1,5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,15	1,4	0,25	0,21	0,59
4	S04	n.d.	6,3	n.d.	n.d.	n.d.	5,3	0,13	0,55	0,80	0,47	7,18
01	H01	n.d.	1,8	n.d.	n.d.	2,1	<1,6	0,21	1,7	0,18	0,46	0,90
02	H02	n.d.	4,1	8,3	n.d.	< 2,0	<1,6	0,079	11	0,36	2,1	11
03	H03	n.d.	13	< 3,0	n.d.	2,3	n.d.	0,22	4,5	0,29	0,62	0,92
04	H04	n.d.	2,4	n.d.	n.d.	< 2,0	n.d.	0,087	1,2	0,077	0,34	0,60
05	H05	n.d.	< 1,5	n.d.	n.d.	2,4	n.d.	0,086	7,7	0,30	1,6	1,00
06	H06	n.d.	3,2	n.d.	n.d.	< 2,0	n.d.	0,11	2,3	0,20	0,37	0,67
07	H07	n.d.	4,7	n.d.	n.d.	2,7	5,5	< 0,050	33	1,80	16	7,60
08	H08	n.d.	3,9	n.d.	n.d.	< 2,0	n.d.	0,37	2,4	0,28	0,2	0,63
09	H09	n.d.	3,3	< 3,0	n.d.	4	n.d.	0,89	1	0,43	0,18	0,66
10	H10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	H11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	H12	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	< 2,0	n.d.	0,27	0,99	< 0,050	0,092	0,27
13	H13	n.d.	< 1,5	n.d.	5,0	< 2,0	n.d.	0,3	1,3	0,19	0,27	0,60
14	H14	n.d.	n.d.	< 3,0	n.d.	4,2	<1,6	< 0,050	5,2	0,34	9,6	2,0
15	H15	n.d.	3,0	n.d.	n.d.	3,2	n.d.	0,16	1,5	0,14	0,18	0,65
16	H16	n.d.	13	3,0	< 5,0	7,2	5,8	0,16	41	0,87	23	5,5
17	H17	n.d.	< 1,5	n.d.	n.d.	< 2,0	n.d.	0,23	2,2	0,26	0,29	0,59
18	H18	n.d.	18	15	7,9	9,7	5,9	0,93	33	0,81	13	4,5
19	H19	< 0,25	9,4	< 3,0	n.d.	< 2,0	n.d.	2,0	1,4	0,24	0,29	0,64
20	H20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	H21	< 0,25	< 1,5	21	< 5,0	7,7	6,2	0,4	44	1	26	6,4
22	H22	n.d.	3,9	n.d.	5,1	14	2,5	0,25	71	5,14	37	13

23	H23	n.d.	1,6	n.d.	n.d.	< 2,0	n.d.	0,076	2,6	0,24	1,6	0,89
24	H24	n.d.	8,1	n.d.	n.d.	2,8	n.d.	0,91	1,3	0,23	0,21	0,57
25	H25	n.d.	14	3,0	n.d.	9,1	n.d.	0,33	8,4	0,31	0,54	0,66
26	H26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	H27	n.d.	n.d.	7,1	n.d.	2,3	n.d.	0,11	2	0,058	0,17	0,22

Πίνακας 0.3Α: Αποτελέσματα Μικροβιολογικών παραμέτρων πειραματικών αποτελεσμάτων

α/α	Δείγμα	Μικροβιολογικές παράμετροι					
		Ολικά Κολοβακτηρίδια		Εντερόκοκκοι		Escherichia coli E. Coli	
		Total Coliforms		Enterococci			
		cfu/100mL					
		02/23	04/23	02/23	04/23	02/23	04/23
1	S01	0		0		0	
2	S02	89		19		0	
3	S03	0		*3		0	
4	S04	0		0		0	
01	H01	16		**1		0	
02	H02	*3		230		**1	
03	H03	26	0	60	*5	0	0
04	H04	600	629	10	*6	0	35
05	H05	*6	>400	12	91	0	70
06	H06	48		**1		0	
07	H07	61	>160	**1	59	0	**2
08	H08	0		**1		0	
09	H09	5000		0		0	
10	H10		0,00		26,00		0,00
11	H11		0,00		0,00		0,00
12	H12	0		**1		0	
13	H13	76		0		0	
14	H14	0		**1		0	
15	H15	0		0		0	
16	H16	41400		2310		0	
17	H17	*5		0		**1	
18	H18	>100000	>800	970	250	0	0
19	H19	0		0		0	
20	H20						
21	H21	0		0		0	
22	H22	6000	**2	**1	0	0	0
23	H23	0		0		0	
24	H24	200		0		0	
25	H25	129	**2	0	**1	0	0
26	H26		30,00		58,00		0,00
27	H27	37		0		0	

*Εκτιμώμενη

**Παρουσία

Πίνακας 0.4Α: Αποτελέσματα Ατμοσφαιρικών Ρύπων πειραματικών αποτελεσμάτων

α/α	Δείγμα	Ατμοσφαιρικοί Ρύποι Κατηγορίας PAHs																	
		Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (PAH)	polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)																
		Ακεναφθένιο (Acenaphthene – AcP)	Ακεναφθυλένιο (Acenaphthylene – Acy)	Ανθρακένιο (Anthracene – Ant)	Βενζο[α]ανθρακένιο (Benz[a]anthracene – BaA)	Βενζο[α]πυρένιο (Benzo[a]pyrene – BaP)	Βενζο[β]φθορανθένιο (Benzo[b]fluoranthene – BbF)	Βενζο[ghi]περυλένιο (Benzo[ghi]perylene – BghiP)	Βενζο[k]φθορανθένιο (Benzo[k]fluoranthene – BkF)	Διβενζ[α,η]ανθρακένιο (Dibenz[a,h]anthracene – DahA)	Ινδενο[1,2,3-cd]πυρένιο (Indeno [1,2,3-cd] pyrene – IcdP)	Ναφθαλινη (Naphthalene – Nap)	Πυρένιο (Pyrene – Pyr)	Φαινανθρένιο (Phenanthrene – Phe)	Φθορανθένιο (Fluoranthene – Flt)	Φθορόνιο (Fluorene – Flu)	Χρυσένη (Chrysene – Chry)		
		mg/L																	
1	S01	-	<0,01	<0,01	*	<0,01	*	<0,005	<0,005	<0,005	*	<0,005	<0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2	S02	-	<0,01	0,01	*	<0,01	*	<0,005	<0,005	*	*	<0,005	<0,1	<0,01	0,015	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
3	S03	-	<0,01	0,012	<0,01	<0,01	*	<0,005	<0,005	<0,005	*	<0,005	<0,1	<0,01	0,012	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
4	S04	-	*	*	<0,01	*	*	<0,005	<0,005	<0,005	*	<0,005	*	*	0,012	*	<0,01	*	*
01	H01	-	*	<0,01	<0,01	*	*	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	*	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
02	H02	-	<0,01	0,013	<0,01	<0,01	*	<0,005	<0,005	<0,005	*	<0,005	<0,1	<0,01	0,025	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
03	H03	-																	
04	H04	-																	
05	H05	-																	
06	H06	-																	

07	H07	-																
08	H08	-	<0,01	0,021	<0,01	<0,01	*	<0,005	<0,005	*	*	*	<0,1	<0,01	0,028	0,011	0,014	<0,01
09	H09	-																
10	H10	-																
11	H11	-																
12	H12	-																
13	H13	-																
14	H14	-																
15	H15	-																
16	H16	-																
17	H17	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	*	<0,005	<0,005	<0,005	*	<0,005	<0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
18	H18	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	*	*	0,008	*	*	*	<0,1	<0,01	0,027	<0,01	0,035	<0,01
19	H19	-	<0,01	0,018	<0,01	*	*	<0,005	<0,005	*	*	<0,005	<0,1	<0,01	0,025	<0,01	<0,01	<0,01
20	H20	-																
21	H21	-																
22	H22	-																
23	H23	-																
24	H24	-																
25	H25	-																
26	H26	-																
27	H27	-																

*Μη ανιχνεύσιμο

Παράρτημα Β

Παρατίθενται παρακάτω οι πίνακες με τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων της βιβλιογραφίας για τις παραμέτρους για τις οποίες δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στην παρούσα έρευνα.

Πίνακας 0.1B: Αποτελέσματα πειραματικών μετρήσεων βιβλιογραφίας

Παράμετρος	Μονάδα	Τιμή		Αριθμός μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Είδος μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Υλικό κατασκευής ή επίχωσης μονάδων συλλογής ομβρίων υδάτων	Βιβλιογραφία
		Μέση Τιμή ± Τυπική Απόκλιση	Ελάχιστη - Μέγιστη				
Ολικός Οργανικός Άνθρακας - TOC	mg/L		3,7 - 13,3	6	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[77]
		4,42	1,67 - 12,67	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽³⁾
Διαλυμένο Οξυγόνο - DO	mg/L		<11	4	Στέγες	Γαλλικά κεραμίδια ή ινοπλισμένο σκυρόδεμα	[51]
		1,02		Τουλάχιστον 10	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[60]
		6,26	2,6 - 10,6	34	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[69]
			3,87 - 11,41	2	Στέγες	Μεταλλικές	[75]
		9,3		2	Στέγες	Πλάκες σκυροδέματος ή χαλίκι	[84] ⁽⁴⁾
		10,2	6,2 - 13,2	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Οροφή θερμοκηπίου	[86]
Σκληρότητα - Hardness	mg/L CaCO ₃		15 - 55	3	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[54]
			105 - 264	1	Στέγη ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[55] ⁽⁵⁾
		167 ± 59	97 - 275	1	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[62]
		88		Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[81] ⁽⁶⁾
			60,96 - 149,02	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽⁷⁾
		126,6	58 - 167	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Οροφή θερμοκηπίου	[86]
Θερμοκρασία - Temperature	oC	13		Τουλάχιστον 10	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[60]
		22,9 ± 1,37		9	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[68] ⁽⁸⁾
		26,6	22,5 - 30,5	34	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[69]
			20,7 - 22,2	6	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[77]
		11,1		2	Στέγες	Πλάκες σκυροδέματος ή χαλίκι	[84] ⁽⁴⁾
Διαφάνεια	%	72,48	22,6 - 89,6	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽³⁾
Χρώμα - Color	μΗ	0	0	4	Στέγες	Γαλλικά κεραμίδια ή ινοπλισμένο σκυρόδεμα	[51]
	mg Pt-Co/L		0,4 - 1,2	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽⁷⁾

Αλατότητα	%	0	0	Τουλάχιστον 10	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[60]	
Βιοχημικώς Απαιτούμενο οξυγόνο - BOD	mg/L	0,67		Τουλάχιστον 10	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[60]	
			4,87 - 39,12	6	Πειραματικές κλίνες	Τριών ειδών Φυτεμένες	[71]	
		6,39	1 - 45	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽³⁾	
		4,3		2	Στέγες	Πλάκες σκυροδέματος ή χαλίκι	[84] ⁽⁴⁾	
Κάλυψη Αλγών	%	44		2	Στέγες	Πλάκες σκυροδέματος ή χαλίκι	[84] ⁽⁴⁾	
Ολικό Χλώριο - Total Cl	mg/L	0,4 ± 0,1		9	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[68] ⁽⁸⁾	
Ελεύθερο Υπολειμματικό Χλώριο - FRC	mg/L	0,73 ± 0,17	0,53 - 0,93	1	Στέγη	Φυτεμένη	[52]	
		0,3 ± 0,1		9	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[68] ⁽⁸⁾	
Χλώριο - Cl	mg/L		57,4 - 59,44	1	Πειραματική κλίνη	Άργιλος	[49]	
			57,4 - 59,44	1	Πειραματική κλίνη	Κάκτοι "Coroa-de-Frade"		
			57,4 - 59,44	1	Πειραματική κλίνη	Γρασίδι "Grana Esmeralda"		
			3,54 - 21,27	3	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[54]	
			80 - 160	1	Στέγη ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[55] ⁽⁵⁾	
			0,6 - 3,1	2	Στέγες	Μεταλλικές	[75]	
		8,46		Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[81] ⁽⁶⁾	
		3,64	0,82 - 18,62	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽³⁾	
			6,13 - 79,2	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽⁷⁾	
Ολικός Φωσφόρος - Total P	mg/L	12,8	5,67 - 19,05	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Οροφή θερμοκηπίου	[86]	
		0,114	0,036 - 0,398	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽³⁾	
	mg/L	0,87	0,48 - 1,42	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Οροφή θερμοκηπίου	[86]	
			0,06 - 0,29 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Άργιλος	[49]	
Αμμωνία - NH ₃	mg/L		0,11 - 0,15 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Κάκτοι "Coroa-de-Frade"		
			0,11 - 0,5 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Γρασίδι "Grana Esmeralda"		
			1,3 - 4,22	6	Πειραματικές κλίνες	Φυτεμένη	[58]	
Ολικό Άζωτο - Total N	mg/L	2,14	0,82 - 5,48	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽³⁾	
Ολικό Άζωτο Kjeldahl - TKN	mg/L		<1	1	Στέγη	Μεταλλικές	[80] ⁽⁹⁾	
		3,4	1,7 - 5,1	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Οροφή θερμοκηπίου	[86]	
Αρσενικό - As	mg/L		0,000108 - 0,12	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[88]	
Μέταλλα	mg/L		0 - 0,01	1	Στέγη ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[55] ⁽⁵⁾	
		Σίδηρος - Fe		0,09 - 0,33	2	Στέγες	Μεταλλικές	[75]
				0,39 - 1,13	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Αστική περιοχή	[76]
				0,52 - 0,69	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Βιομηχανική περιοχή	
				0,35 - 1,13	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Περιοχή διυλιστηρίων	
				0,4 - 0,75 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	μεταλλικές λαμαρίνες	

			0,25 - 1,25 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	φύλλα αλουμινίου	
			0,35 - 1,25 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Αμίαντος	
			0,35 - 1,1 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Κεραμίδια	
			0,25 - 1 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία <5 ετών	
			0,35 - 1,2 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία >5 & <10 ετών	
			0,4 - 0,8 ⁽¹⁾	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Ηλικία >10 ετών	
			<0,3	1	Στέγη	Μεταλλικές	[80] ⁽⁹⁾
			0,01 - 0,083	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽⁷⁾
		35,2	9,6 - 106	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Οροφή θερμοκηπίου	[86]
Θειικά - SO ₄	mg/L		100 - 500 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Άργιλος	[49]
			100 - 500 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Κάκτοι "Coroa-de-Frade"	
			100 - 500 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Γρασίδι "Grana Esmeralda"	
			50 - 95	1	Στέγη ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[55] ⁽⁵⁾
			2 - 43	2	Στέγες	Μεταλλικές	[75]
		12		Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[81] ⁽⁶⁾
		6,44	1,97 - 29,20	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽³⁾
			2,4 - 15,62	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽⁷⁾
	29,1	10,6 - 45,8	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Οροφή θερμοκηπίου	[86]	
Βόριο - B	mg/L		1,2 - 1,6 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Άργιλος	[49]
			1,2 - 1,8 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Κάκτοι "Coroa-de-Frade"	
			1,8 - 2,5 ⁽¹⁾	1	Πειραματική κλίνη	Γρασίδι "Grana Esmeralda"	
			0,011 - 0,056	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽⁷⁾
Βάριο - Ba	mg/L		0 - 0,0112	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽⁷⁾
Υδράργυρος - Hg	mg/L		<0,0001	1	Στέγη	Μεταλλικές	[80] ⁽⁹⁾
Σελήνιο - Se	mg/L		<0,002	1	Στέγη	Μεταλλικές	[80] ⁽⁹⁾
			0,004 - 0,009	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽⁷⁾
Αργίλιο - Al	mg/L		<0,03	1	Στέγη	Μεταλλικές	[80] ⁽⁹⁾
			0,093 - 0,336	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽⁷⁾
Φθόριο - F	mg/L		0,071 - 0,163	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽⁷⁾
Ποσοστό Ανταλλάξιμου Νατρίου - ESP	mg/L	28,14		Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[81] ⁽⁶⁾

	Υπολειμματικό Ανθρακικό Νάτριο - RSC	meq/L	0,67		Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[81] ⁽⁶⁾
	Διττανθρακικό Άλας	mg/L	25,5 ± 4,6		1	Πειραματική κλίνη	Άργιλος	[49]
11,2 ± 1,9				1	Πειραματική κλίνη	Κάκτοι "Coroa-de-Frade"		
13,6 ± 2,2				1	Πειραματική κλίνη	Γρασίδι "Grana Esmeralda"		
	Ανθρακικό Άλας	meq/L		0,2 - 0,5	3	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[54]
		mg/L	0	0	3	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[54]
Μικροβιολογικές Παράμετροι	Salmonella	CFU/100mL			1	Στέγη	Δεν αναφέρεται	[70]
	Faecal Coliforms	CFU/100mL	0	0	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[59] ⁽¹⁰⁾
				1 - 3,68	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[61] ⁽¹¹⁾
		logCFU/100ml		1,11 - 1,83	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[66] ⁽¹²⁾
			0,52 ± 0,29		9	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[68] ⁽⁸⁾
		CFU/100mL		0 – 7000	2	Στέγες	Μεταλλικές	[75]
			3000 - 12600	12	Στέγες	Κεραμίδια ή πλάκες σκυροδέματος	[85] ⁽⁷⁾	
	Heterotrophic Bacteria	CFU/100mL	36340 ± 19118	18700 - 27400	1	Στέγη	Φυτεμένη	[52]
			2x10 ⁵	300 – 33x10 ⁵	113	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[65]
				253000 - 752000	6	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[77]
				120000 - 230000	1	Στέγη	Μεταλλικές	[80] ⁽⁹⁾
	Legionella spp.	GU/L		37300	113	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[65]
		CFU/100mL	247x10 ⁵	337000 – 163x10 ⁶	34	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[69]
	Psychrophilic bacteria	CFU/cm		<10 - 9300	2	Στέγες	Μεταλλικές	[75]
	Mesophilic bacteria	CFU/cm		<10 - 350	2	Στέγες	Μεταλλικές	[75]
	Aeromonas	CFU/100mL		922 - 164000	6	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[77]
	P. aeruginosa	CFU/100mL		<10000	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽³⁾
	CFU 20oC	CFU/100mL		>1000	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽³⁾
	CFU 37oC	CFU/100mL		>1000	Δεν αναφέρεται	Στέγες ⁽²⁾	Δεν αναφέρεται	[83] ⁽³⁾
	Acanthamoeba spp.	CFU/100mL	748x10 ⁵	1010000– 468x10 ⁶	34	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[69]
	C. jejuni	CFU/100mL	282000		34	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[69]
	M. avium	CFU/100mL	13x10 ⁵	180000 - 81x10 ⁷	34	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[69]
	Pneumophila	CFU/100mL	Not detected	Not detected	34	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[69]
Intracellulare	CFU/100mL	2590000	84100 – 914x10 ⁸	34	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[69]	
N. fowleri	CFU/100mL	Not detected	Not detected	34	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[69]	
P.aeruginosa	CFU/100mL	457x10 ⁸	2950000 – 941x10 ⁸	34	Στέγες	Δεν αναφέρεται	[69]	
Atrazine	ng/L		< 903	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Κεραμοσκεπή ή polyester ή χαλίκι	[87]	
alachlor	ng/L		< 191	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Κεραμοσκεπή ή polyester ή χαλίκι	[87]	

R-dichlorprop	ng/L	<106	Δεν αναφέρεται	Στέγες	Κεραμοσκεπή ή polyester ή χαλίκι	[87]
---------------	------	------	----------------	--------	----------------------------------	------

- (1) Η τιμή έχει προσδιοριστεί προσεγγιστικά από διάγραμμα
- (2) Η στέγη ως επιφάνεια συλλογής αποτελεί την βασική αλλά όχι αποκλειστική πηγή συλλογής νερού του οποίου μετράται η ποιότητα
- (3) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού εκτός από στέγες και από επιφάνειες συλλογής όπως αυλές και δρόμοι
- (4) Γίνεται σύγκριση με υπόγεια ύδατα
- (5) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από την στέγη και γκρίζου νερού
- (6) Οι τιμές που μετρήθηκαν αφορούν μίξη συλλεγόμενου βρόχινου νερού από στέγες, προαύλιους χώρους και από οδοποιία
- (7) Γίνεται σύγκριση με βρόχινο νερό συλλεγόμενο από πρανή και οδοστρώματα
- (8) Γίνεται σύγκριση με νερό χειμάρων και δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα
- (9) Γίνεται σύγκριση με απευθείας συλλεγόμενο βρόχινο νερό και πλημμυρικά ύδατα
- (10) Γίνεται σύγκριση με υπόγεια ύδατα, πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα
- (11) Γίνεται σύγκριση με υπόγεια ύδατα και δευτεροβάθμια επεξεργασμένα λύματα
- (12) Γίνεται σύγκριση με νερό χειμάρων και επεξεργασμένα λύματα

Βιβλιογραφία

- [1] M. Yousefi, S. Ghalehaskar, F.B. Asghari, A. Ghaderpoury, M.H. Dehghani, M. Ghaderpoori, and A.A. Mohammadi, "Distribution of fluoride contamination in drinking water resources and health risk assessment using geographic information system, northwest Iran", 2019
- [2] L. Stroosnijder, D. Moore, A. Alharbi, E. Argaman, B. Biazin, and E. van den Elsen, "Improving water use efficiency in drylands", 2012
- [3] S. B. Grant, J. Saphores, D. L. Feldman, A. J. Hamilton, T. D. Fletcher, P. L. M. Cook, M. Stewardson, B. F. Sanders, L. A. Levin, R. F. Ambrose, A. Deletic, R. Brown, S. C. Jiang, D. Rosso, W. J. Cooper, and I. Marusic, "Taking the 'waste' out of 'wastewater' for human water security and ecosystem sustainability", 2012
- [4] C. J. Vorosmarty, P. B. McIntyre, M. O. Gessner, D. Dudgeon, A. Prusevich, P. Green, S. Glidden, S. E. Bunn, C. A. Sullivan, C. R. Liermann, and P. M. Davies, "Global threats to human water security and river biodiversity", 2010
- [5] M. A. Hanjra and M. E. Qureshi, "Global water crisis and future food security in an era of climate change", 2010
- [6] FAO & WWC, "Towards a Water and Food Secure Future: Critical Perspectives for Policy-makers", 2015
- [7] P. G. Pardey, J. M. Beddow, T. M. Hurley, T. K. Beatty, and V. R. Eidman, "A bounds analysis of world food futures: global agriculture through to 2050", 2014
- [8] F. Schierhorn, D. Müller, A. V. Prishchepov, M. Faramarzi, and A. Balmann, "The potential of Russia to increase its wheat production through cropland expansion and intensification", 2014
- [9] S. Pollack, "Consumer demand for fruit and vegetables: the U.S. example: economic research service," in Changing Structure of Global Food Consumption and Trade, A. Regmi (Ed.), United States Department of Agriculture, Washington, DC, 2001
- [10] M. T. Brandl, "Fitness of human enteric pathogens on plants and implications for food safety", 2006
- [11] M.A. Alim, A. Rahman, Z. Tao, B. Samali, M.M. Khan, and S. Shirin, "Suitability of roof harvested rainwater for potential potable water production: A scoping review", 2020
- [12] G. Z. Teklehaimanot, I. Kamika, M. A. A. Coetzee, and M. N. B. Momba, "Seasonal variation of nutrient loads in treated wastewater effluents and receiving water bodies in Sedibeng and Soshanguve, South Africa", 2015
- [13] L. Palmer, "Urban agriculture growth in US cities", 2018
- [14] T. Kozai, G. Niu, and M. Takagaki, "Chapter 3 - PFAL Business and R&D in the World: Current Status and Perspectives", 2016
- [15] C. Amos, A. Rahman, J. Gathenya, E. Friedler, F. Karim, and A. Renzaho, "Roof-Harvested Rainwater Use in Household Agriculture: Contributions to the Sustainable Development Goals", 2020
- [16] Pollard, G. Ward, J. Roetman, "Water Use Efficiency in Urban Food Gardens: Insights from a Systematic Review and Case Study", 2018
- [17] M. Goddard, A. Dougill, and T. Benton, "Scaling up from gardens: Biodiversity conservation in urban environments", 2010
- [18] F. Lupia and G. Pulighe, "Water use and urban agriculture: Estimation and water saving scenarios for residential kitchen gardens", 2015
- [19] L. Lawson, "Agriculture: sowing the city", 2016

- [20] R. McDougall, P. Kristiansen, and R. Rader, "Small-scale urban agriculture results in high yields but requires judicious management of inputs to achieve sustainability", 2019
- [21] L. Palmer, "Urban agriculture growth in US cities", 2018
- [22] J. Whitfield, "Seeds of an edible city architecture", 2009
- [23] J. Nolasco, "Sustainable Water Management for Urban Agriculture: Planting Justice" Working Paper Pacific Institute, Oakland, CA, 2011
- [24] Oberholtzer, L., Dimitri, C., Pressman, A., "Urban Agriculture in the United States: Baseline Findings of a Nationwide Survey", 2016
- [25] T. Abbasi and S.A. Abbasi, "Sources of pollution in rooftop rainwater harvesting systems and their control: Critical review", 2011
- [26] M.I. Hejazi, J. Edmonds, L. Clarke, P. Kyle, E. Davies, V. Chaturvedi, M. Wise, P. Patel, J. Eom, and K. Calvin, "Integrated assessment of global water scarcity over the 21st century under multiple climate change mitigation policies", 2014
- [27] C. Despins, K. Farahbakhsh, and C. Leidl, "Assessment of rainwater quality from rainwater harvesting systems in Ontario, Canada", 2009
- [28] R.G. Allen, L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith, "Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements-FAO Irrigation and Drainage Paper 56" FAO: Rome, Italy, 1998
- [29] O.O. Aladenola and O.B. Adeboye, "Assessing the Potential for Rainwater Harvesting", 2010
- [30] T. V. Cech, "Principles of Water Resources: History, Development, Management, and Policy, John Wiley & Sons", 2018
- [31] G. J. Young, J. C. I. Dooge, and J. C. Rodda, "Global Water Resource Issues", Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 1994
- [32] R.A. AbdelKhaleq and I.A. Ahmed, "Rainwater harvesting in ancient civilizations in Jordan", 2007
- [33] T.M. Boers and J. Ben-Asher, "A review of rainwater harvesting", 1982
- [34] Y.D. Gómez and L.G. Teixeira, "Residential rainwater harvesting: Effects of incentive policies and water consumption over economic feasibility", 2017
- [35] B.N. Uba and A. Onakufe, "Rainwater quality from different roof catchments in the Port Harcourt district, Rivers State, Nigeria", 2000
- [36] C. Despins, K. Farahbakhsh, and C. Leidl, "Assessment of rainwater quality from rainwater harvesting systems in Ontario, Canada", 2009
- [37] G. Fipps, "Irrigation Water Quality Standards and Salinity Management Strategies", 2003
- [38] Krishna, H.J., Brown, C., Gerston, J., Colley, S., The Texas Manual on Rainwater Harvesting, 3rd edition. Texas Water Development Board, Austin, Texas, United States of America, 2005
- [39] U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), "Guidelines for Water Reuse", EPA/600/R-12/618, September 2012
- [40] Y. Deng, "Pollution in rainwater harvesting: A challenge for sustainability and resilience of urban agriculture", 2021
- [41] K. Ackerman, "Urban Agriculture: Opportunities and Constraints", 2012
- [42] S.E. Wortman and S.T. Lovell, "Environmental challenges threatening the growth of urban agriculture in the United States", 2013
- [43] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, "Using Graywater and Stormwater to Enhance Local Water Supplies: an Assessment of Risks, Costs, and Benefits", 2016

- [44] I. Déportes, J. L. Benoit-Guyod, and D. Zmirou, "Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review", 1995
- [45] M. Steele and J. Odumeru, "Irrigation water as a source of foodborne pathogens on fruit and vegetables", 2004
- [46] United States Environmental Protection Agency (USEPA), "Method 1600: Enterococci in Water by Membrane Filtration Using Membrane-Enterococcus Indoxyl-B-d-glucoside Agar (mEI)," EPA-821/R-02/022, 2002
- [47] W. Ahmed, T. Gardner, and S. Toze, "Microbiological quality of roof-harvested rainwater and health risks: a review", 2011
- [48] K.-Y. Lim and S. C. Jiang, "Reevaluation of health risk benchmark for sustainable water practice through risk analysis of rooftop-harvested rainwater", 2013
- [49] Y.R. Machado Gomes, S.M. dos Santos, and P.M. Torres de Macedo, "Effects of ecological roofs in water quality: An experimental study over a humid tropical climate", 2023
- [50] M. Shahmohammad, M. Hosseinzadeh, B. Dvorak, F. Bordbar, H. Shahmohammadmirab, and N. Aghamohammadi, "Sustainable green roofs: a comprehensive review of influential factors", 2022
- [51] C.A. de Paiva Sampaio, R.F. Terezo, G.M. Ide, C.A. Spanholi, F. Martins Matos, and T. Burgardt, "Rainwater harvesting roofs: insights of water quality and potential usage in rural areas", 2022
- [52] T.C. Santana, C. Guiselini, S.D.L. Cavalcanti, M.V. da Silva, R.B. Vigoderis, J.A.S. Júnior, and A.M.D.R.F. Jardim, "Quality of rainwater drained by a green roof in the metropolitan region of Recife, Brazil", 2022
- [53] A. Moses, J.E. McLain, A. Kilungo, R.A. Root, L. Abrell, S. Buxner, and M.D. Ramírez-Andreotta, "Minding the gap: socio-demographic factors linked to the perception of environmental pollution, water harvesting infrastructure, and gardening characteristics", 2022
- [54] G. Zakir-Hassan, J.F. Punthakey, G. Shabir, F. Yasmeen, M. Sultan, H. Ashraf, and F. Majeed, "Physicochemical investigation of rainfall for managed aquifer recharge in Punjab (Pakistan)", 2022
- [55] M.S. Begum, S. Kumar Bala, and A.K.M. Saiful Islam, "Effect of Performance of Water Stashes Irrigation Approaches on Selected Species of Plant's Water Productivity in Urban Rooftop Agriculture with Respect to Climate Change", 2021
- [56] C.C. Amos, A. Rahman, S. Jahan, J.M. Gathenya, and M.A. Alim, "Improving Household Agriculture with Roof-Harvested Rainwater: A Case Study in Sydney and Nairobi", 2021
- [57] T. Deksissa, H. Trobman, K. Zendeudel, and H. Azam, "Integrating urban agriculture and stormwater management in a circular economy to enhance ecosystem services: Connecting the dots", 2021
- [58] B. Rocha, T. A. Paço, A. C. Luz, P. Palha, S. Milliken, B. Kotzen, and R. C. de Carvalho, "Are biocrusts and xerophytic vegetation a viable green roof typology in a Mediterranean climate? A comparison between differently vegetated green roofs in water runoff and water quality," 2021
- [59] H. B. Yin, C. H. Chen, S. Karanth, S. Byun, C. Mayer, D. Harriger, ... and J. Patel, "Effect of cultivars and irrigation waters on persistence of indicator bacteria on lettuce grown in high tunnel", 2020
- [60] I. Saeedi and M. Goodarzi, "Rainwater harvesting system: A sustainable method for landscape development in semiarid regions, the case of Malayer University campus in Iran", 2020
- [61] H. B. Yin, G. Gu, X. Nou, and J. Patel, "Comparative evaluation of irrigation waters on microbiological safety of spinach in field", 2019
- [62] R. S. Shatnawi, "Rooftop runoff water quality in university buildings, case study at Jordan Applied Science Private University", 2019

- [63] G. G. Clark, R. Jamal, and J. Weidhaas, "Roofing material and irrigation frequency influence microbial risk from consuming homegrown lettuce irrigated with harvested rainwater", 2019
- [64] P. D. H. Guerrero, L. M. M. Mata, P. B. Madrigal, and J. J. M. Criollo, "Production and economic analysis of a Pop-Up Farm in Mexico City", 2019
- [65] L. Steege and G. Moore, "The presence and prevalence of *Legionella* spp in collected rainwater and its aerosolization during common gardening activities", 2018
- [66] H. B. Yin, X. Nou, G. Gu, and J. Patel, "Microbiological quality of spinach irrigated with reclaimed wastewater and roof-harvest water", 2018
- [67] M. Jongman and L. Korsten, "Irrigation water quality and microbial safety of leafy greens in different vegetable production systems: A review", 2018
- [68] Yin, H. B., & Patel, J. "Comparison of methods to determine the microbial quality of alternative irrigation waters", 2018
- [69] K. A. Hamilton, K. Parrish, W. Ahmed, and C. N. Haas, "Assessment of water quality in roof-harvested rainwater barrels in greater Philadelphia", 2018
- [70] J. O. Yeboah and K. Kodom, "Study of progressive changes in bacteriological constituent of harvested rainwater from Oyoko community in Kumasi, Ghana", 2017
- [71] S. Galarza-Molina et al., "The benefits of an eco-productive green roof in Bogota, Colombia", 2017
- [72] H. Wang, J. Qin, and Y. Hu, "Are green roofs a source or sink of runoff pollutants?", 2017
- [73] K. A. Hamilton, W. Ahmed, S. Toze, and C. N. Haas, "Human health risks for *Legionella* and *Mycobacterium avium* complex (MAC) from potable and non-potable uses of roof-harvested rainwater", 2017
- [74] M. Jongman and L. Korsten, "Microbial quality and suitability of roof-harvested rainwater in rural villages for crop irrigation and domestic use", 2016
- [75] K. Józwiakowski, A. Listosz, M. Gizińska-Górna, A. Pytka, M. Marzec, B. Sosnowska, ... and A. Dyczko, "Quality of rainwaters outflowing from roofs of garage buildings of park authority of Roztocze National Park", 2016
- [76] O. A. Akintola, A. Y. Sangodoyin, and F. O. Agunbiade, "Evaluation of environmental pollution effects on domestic roof-harvested rainwater in Southern part of Nigeria using impact indices", 2013
- [77] W. D. Shuster, D. Lye, A. De La Cruz, L. K. Rhea, K. O'Connell, and A. Kelty, "Assessment of residential rain barrel water quality and use in Cincinnati, Ohio", 2013
- [78] M. De Kwaadsteniet, P. H. Dobrowsky, A. Van Deventer, W. Khan, and T. E. Cloete, "Domestic rainwater harvesting: microbial and chemical water quality and point-of-use treatment systems", 2013
- [79] C. Vialle, C. Sablayrolles, J. Silvestre, L. Monier, S. Jacob, M. C. Huau, and M. Montrejaud-Vignoles, "Pesticides in roof runoff: Study of a rural site and a suburban site", 2013
- [80] S. Islam, M. Lefsrud, J. Adamowski, B. Bissonnette, and A. Busgang, "Design, construction, and operation of a demonstration rainwater harvesting system for greenhouse irrigation at McGill University, Canada", 2013
- [81] M. P. Samuel, S. Senthilvel, and A. C. Mathew, "Water quality assessment of various forms of rainwater and statistical studies on physico-chemical characteristics of stormwater in Coimbatore, India", 2012
- [82] N. Abdu, A. Abdulkadir, J. O. Agbenin, and A. Buerkert, "Vertical distribution of heavy metals in wastewater-irrigated vegetable garden soils of three West African cities", 2011

- [83] E. Nolde, "Possibilities of rainwater utilisation in densely populated areas including precipitation runoffs from traffic surfaces", 2007
- [84] M. Scholz, "Case study: design, operation, maintenance and water quality management of sustainable storm water ponds for roof runoff", 2004
- [85] K. Zhu, L. Zhang, W. Hart, M. Liu, and H. Chen, "Quality issues in harvested rainwater in arid and semi-arid Loess Plateau of northern China", 2004
- [86] J. Chen, R. C. Beeson, T. H. Yeager, R. H. Stamps, and L. A. Felter, "Evaluation of captured rainwater and irrigation runoff for greenhouse foliage and bedding plant production", 2003
- [87] T. D. Bucheli, S. R. Müller, S. Heberle, and R. P. Schwarzenbach, "Occurrence and behavior of pesticides in rainwater, roof runoff, and artificial stormwater infiltration", 1998
- [88] K. Palawat, R. A. Root, L. I. Cortez, T. Foley, V. Carella, C. Beck, and M. D. Ramírez-Andreotta, "Patterns of contamination and burden of lead and arsenic in rooftop harvested rainwater collected in Arizona environmental justice communities", 2023
- [89] L. Prudencio and S.E. Null, "Stormwater management and ecosystem services: A review", 2018
- [90] CIRC4Food (2021): <https://www.circ4food.eu/agricultural-environmental-solutions/>, accessed on, October 30, 2023
- [91] Hellenic Statistical Authority (ΕΛΣΤΑΤ) - Census of Residential Population Results 2021.
- [92] Hellenic Statistical Authority (ΕΛΣΤΑΤ) - Census of Buildings 2011.
- [93] A. Tsatsou, C. Ioannides, C. Noutsopoulos, G. Tsimiklis, G. Chrisomallios, Z. Tsiropoulos, and S. Malamis, "CIRC4Food: An urban food production system inspired by the circular economy" 2021
- [94] Hellenic Statistical Authority (ΕΛΣΤΑΤ), "Κατανομή της Έκτασης της Ελλάδος κατά Βασικές Κατηγορίες Κάλυψης/Χρήσης Γης / 2000"
- [95] World Health Organization (WHO), "DRINKING-WATER Rainwater collection and storage," Technical Fact Sheet, Draft: 13 February 2020.
- [96] World Health Organization (WHO), "DRINKING-WATER Rainwater collection and storage," Sanitary Inspection Form, Draft: 25 February 2020.
- [97] Γ. Τσακίρης, ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ Σχεδιασμός & Διαχείριση, Τόμος Ι: Αστικά Υδραυλικά Έργα, Αθήνα, Εκδόσεις Συμμετρία, 2010
- [98] Γ. Τσακίρης, ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ Σχεδιασμός & Διαχείριση, Τόμος ΙΙ: Εγγειοβελτιωτικά Έργα, Αθήνα, Εκδόσεις Συμμετρία, 2006
- [99] Α. Ανδρεαδάκης, Επεξεργασία Νερού, Βασικές αρχές και διεργασίες, Αθήνα, Εκδόσεις Συμμετρία, 1η έκδοση, 2008.
- [100] Α. Ανδρεαδάκης, Μ. Πανταζίδου, και Α. Σταθόπουλος, Περιβαλλοντική Τεχνολογία, Α' Έκδοση, Αθήνα, Εκδόσεις Συμμετρία, 2008
- [101] American Water Works Association, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th Edition," American Water Works Association, Dec. 2022
- [102] Κ. Χατζημπίρος, Οικολογία: Οικοσυστήματα και προστασία του περιβάλλοντος, Αθήνα, Εκδόσεις Συμμετρία, 2014
- [103] Κ. Νάκου, "Ολική σκληρότητα και χλωριόντα του νερού στις νησιωτικές περιοχές", 2014
- [104] Government of South Australia. "Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)" Available: <https://www.sahealth.sa.gov.au/wps/wcm/connect/public+content/sa+health+internet/conditions/chemicals+and+contaminants/polycyclic+aromatic+hydrocarbons+pahs>, accessed on, October 30, 2023

- [105] Environmental Protection Agency (EPA). "Regulatory and Guidance Information By Topic." Available: <https://www.epa.gov/regulatory-information-topic>, accessed on, October 30, 2023
- [106] European Union (EU), "Addressing the Challenge of Water Scarcity and Droughts in the European Union" Brussels: European Union (EU), 2007
- [107] European Commission (EC), "Guidelines on integrating water reuse into water planning and management in the context of the WFD", 2016
- [108] National Conference of State Legislature, "State Rainwater Harvesting Statues, Programs and Legislation", 2013
- [109] National Conference of State Legislature (NCSL), "State rainwater harvesting laws and programs," 2017
- [110] Ackers, M.L., Mahon, B.E., Leahy, E., Goode, B., Damrow, T., Hayes, P.S., Bibb, F.W., Rice, H.D. et al. "An outbreak of Escherichia coli O157: H7 infections associated with leaf lettuce consumption", 1998
- [111] E. D. Hilborn, J. H. Mermin, P. A. Mshar, J. L. Hadler, A. Voetsch, C. Wojtkunski, M. Swartz, R. Mshar, et al., "A multistate outbreak of Escherichia coli O157:H7 infections associated with consumption of mesclun lettuce", 1999
- [112] U.S. EPA, "Final rule (40 CFR Part 131). Water Quality Standards for Coastal and Great Lakes Recreation Waters" Federal Register, 2004
- [113] U.S. EPA, "Recreational Water Quality Criteria," Office of Water Report 820-F-12e058, United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C., 2012
- [114] L.R. Beuchat, "Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables", 2002
- [115] R. S. Ayers and D. W. Westcot, "Water quality for agriculture," FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1. Reprinted 1989, 1994.
- [116] US Dept of Agriculture, "Quality of irrigation water," Agriculture Handbook 60.
- [117] U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), "Guidelines for Water Reuse", EPA/600/R-12/618, September 2012
- [118] South African Water Quality Guidelines, Volume 4: Agricultural Water Use: Irrigation, Second Edition, 1996
- [119] World Health Organization, "Water quality: guidelines, standards and health Assessment of risk and risk management for water-related infectious diseases", 2001
- [120] UMass Extension Greenhouse Crops and Floriculture Program, "Greenhouse Best Management Practices (BMP) Manual: Water Quality for Crop," Center for Agriculture, Food, and the Environment, University of Massachusetts Amherst available: <https://ag.umass.edu/greenhouse-floriculture/greenhouse-best-management-practices-bmp-manual/water-quality-for-crop>, accessed on, October 30, 2023
- [121] ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) 2020/741 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 25ης Μαΐου 2020 σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις για την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων
- [122] Earthworks Turf," Irrigation Water Guidelines" Soil First Consulting
- [123] P. Payment and E. Franco, "Clostridium perfringens and somatic coliphages as indicators of the efficiency of drinking water treatment for viruses and protozoan cysts", 1993
- [124] C. Gleeson and N. Gray, "The Coliform Index and Waterborne Disease. Problems of Microbial Drinking Water Assessment", 1997
- [125] G. Bitton, "Microbial indicators of fecal contamination: application to microbial source tracking", 2005
- [126] A.J. Plazinska, "Microbiological Quality of Rainwater in Several Communities in the Anangu Pitjantjatjara Lands", 2003

- [127] U.S. EPA, "2018 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories Tables", 2018
- [128] J. Mao, et al., "Effect of roof materials and weather patterns on the quality of harvested rainwater in Shanghai, China", 2021
- [129] C.K. John, et al., "Reusable rainwater quality at the Ikorodu area of Lagos, Nigeria: Impact of first-flush and household treatment techniques", 2021
- [130] M.E. Morgado, et al., "The effect of a first flush rainwater harvesting and subsurface irrigation system on E. coli and pathogen concentrations in irrigation water, soil, and produce", 2022
- [131] T. Do, et al., "Effect of the first-flush phenomenon on the quantification of microplastics in rainwater", 2023
- [132] B. Charlebois, et al., "Effective first flush volumes in experimental household-scale rainwater catchment systems", 2023
- [133] M. M. Peet and D. H. Willits, "Role of excess water in tomato fruit cracking", 1995.
- [134] United Nations, "Sustainable Development UN: The 17 Goals" available: <https://sdgs.un.org/goals>, accessed on, October 30, 2023

