

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΚΑΙ Η ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΕΩΝ
ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ & ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΤΣΑΡΟΥΧΑ ΜΑΡΙΑ ΕΛΠΙΔΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΚΑΓΙΑΝΝΗΣ ΠΑΝΤΟΛΕΩΝ

ΒΟΛΟΣ, 2013

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Η συνεχής αύξηση του πληθυσμού έχει οδηγήσει στην ολοένα αυξανόμενη ζήτηση γλυκού νερού, η οποία με τη σειρά της συμβάλει στην απόρριψη μεγάλων ποσοτήτων αστικών λυμάτων στους φυσικούς αποδέκτες με αποτέλεσμα τον κίνδυνο υποβάθμισης τόσο του φυσικού όσο και του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος. Για την αποφυγή της υποβάθμισης ή τον περιορισμό της, πολλές χώρες έχουν αναπτύξει μια νέα αντίληψη στη διαχείριση υδατικών πόρων η οποία συμπεριλαμβάνει έννοιες όπως αυτές της βιωσιμότητας και της περιβαλλοντικής ηθικής. Εν όψει των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε συνδυασμό με την έλλειψη νερού, η επαναχρησιμοποίηση ύδατος αποτελεί μια ελκυστική λύση τόσο για τη διατήρηση όσο και για την αύξηση των υδατικών πόρων. Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η ανάδειξη των δυνατοτήτων επαναχρησιμοποίησης του νερού μέσα από την ανάλυση του οφέλους και των διαθέσιμων τεχνολογιών επαναχρησιμοποίησης του νερού, από τη μελέτη της διεθνούς εμπειρίας, καταλήγοντας στην δυνατότητα εφαρμογής αυτής της πρακτικής στην Ελλάδα.

Λέξεις κλειδιά: επαναχρησιμοποίηση νερού, ανακύκλωση νερού, διαχείριση υδατικών πόρων, υποδομές νερού, επεξεργασία υδάτων

ABSTRACT: The rapid population growth has led to the growing demand for freshwater which contributes to the discharge of large quantities of waste water to natural receivers resulting in the risk of downgrading both natural and man-made environment. Consequently, a lot of countries have developed a new approach to water resources management which includes concepts such as in order to avoid or reduce environmental degradation. On account of the impact of climate change combined with the water shortage, the reuse of water is an attractive solution both for the conservation and the increasing of water resources. Ultimately, the purpose of this thesis is the presentation of the potential water reuse via the analysis of the benefits and available technological means for water reuse, deriving from the study of international experience, resulting in the possibility of applying this practice in Greece.

Keywords: water reuse, water recycling, water resources management, water infrastructure, water treatment

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	iv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ.....	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ	vi
ΑΡΤΙΚΟΛΕΞΑ.....	vii
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	viii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ ΩΣ ΣΗΜΕΡΑ.....	3
1.1 Α΄ ΦΑΣΗ 4000-700 π.Χ.	3
1.2 Β΄ ΦΑΣΗ 1000 π.Χ.-500 μ.Χ.....	5
1.3 Γ΄ ΦΑΣΗ 500-1500μ.Χ.....	7
1.4 Δ΄ΦΑΣΗ 1500-1900 μ.Χ.....	7
1.5 Ε΄ΦΑΣΗ 1900-2013 μ.Χ.....	8
1.6 ΣΥΝΟΨΗ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ	12
2.1 ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΩΝ.....	12
2.2 ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΩΝ	17
3.1 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ.....	18
3.1.1 ΟΔΗΓΙΑ 2000/60/ΕΚ.....	18
3.1.2 ΣΧΕΔΙΟ“BLUEPRINT”	21
3.2 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ	22
3.2.1 ΝΟΜΟΙ 1650/86 ΚΑΙ 1739/87.....	23
3.2.2 ΝΟΜΟΣ 3199/2003.....	24
3.3 ΣΥΝΟΨΗ.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ	27
4.2 ΟΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ	28
4.2.1 ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ	29
4.2.2 ΑΣΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ	30
4.2.3. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΧΡΗΣΗ	30
4.2.4 ΦΟΡΤΙΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΠΟΥ ΔΕΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΥΔΡΕΥΣΗ.....	31
4.2.5 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΩΡΩΝ ΑΝΑΨΥΧΗΣ.....	32
4.2.6 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΓΙΑ ΣΚΟΠΟΥΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ	32
4.3 ΣΥΝΟΨΗ.....	33

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΥΔΑΤΩΝ	33
5.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ	34
5.2 ΙΣΧΥΟΝ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	38
5.2.1 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΕ ΔΙΕΘΝΕΣ ΕΠΙΠΕΔΟ	38
5.2.2. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΕ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	39
5.2.3. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΕ ΕΘΝΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	40
5.3 ΟΦΕΛΗ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ	43
5.3.1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ	43
5.3.2. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ.....	45
5.4 ΣΥΝΟΨΗ.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΔΑΤΩΝ	47
6.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΡΟΧΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ	48
6.1.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΡΟΦΗΣ.....	50
6.1.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΔΦΟΥΣ.....	54
6.1.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΒΡΟΧΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ	56
6.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΚΡΙΖΟΥ ΝΕΡΟΥ	57
6.2.1 ΑΠΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	58
6.2.2 ΧΗΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	59
6.2.3 ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	60
6.2.4 ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	62
6.2.5 ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	64
6.2.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΓΚΡΙΖΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	66
6.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ	66
6.4 ΣΥΝΟΨΗ.....	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΔΙΕΘΝΗ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ	69
7.1 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΒΡΟΧΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ	70
7.1.1 ΜΙΚΡΗ ΚΛΙΜΑΚΑ	70
7.1.2 ΜΕΣΑΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ.....	74
7.1.3 ΜΕΓΑΛΗ ΚΛΙΜΑΚΑ	77
7.1.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΒΡΟΧΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	81
7.2 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΓΚΡΙΖΟΥ ΝΕΡΟΥ	82
7.2.1 ΜΙΚΡΗ ΚΛΙΜΑΚΑ	82
7.2.2 ΜΕΣΑΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ.....	85
7.2.3 ΜΕΓΑΛΗ ΚΛΙΜΑΚΑ	89
7.2.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΓΚΡΙΖΟΥ ΝΕΡΟΥ ...	92
7.3 ΣΥΝΟΨΗ.....	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΥΔΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	94

8.1 ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	95
8.2 ΕΜΠΟΔΙΑ	97
8.2.1 ΕΛΛΙΠΕΣ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	97
8.2.2 ΕΛΛΙΠΗΣ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ	98
8.2.3. ΨΥΧΟΛΟΓΙΚΟΙ ΛΟΓΟΙ.....	99
8.3 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	100
8.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ	103
8.5 ΣΥΝΟΨΗ.....	110
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	111
9.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	111
9.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	121
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	122
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΡΤΩΝ.....	125
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ	127
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	130

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1: ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΜΟΗΕΝΟ-ΔΑΡΟ.....	4
ΕΙΚΟΝΑ 2: Η ΣΤΟΑ ΤΟΥ ΑQUA CLAUDIA, ΕΝΟΣ ΑΠΟ ΤΑ ΥΔΑΡΑΓΩΓΕΙΑ ΤΗΣ ΡΩΜΗΣ.	6
ΕΙΚΟΝΑ 3: ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΚΟΧΛΙΑ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΙΔΗ	6
ΕΙΚΟΝΑ 4: ΒΡΥΣΗ ΜΕ ΦΩΤΟΚΥΤΤΑΡΟ ΓΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΝΕΡΟΥ	67
ΕΙΚΟΝΑ 5: ΑΚΡΟΦΥΣΙΟ ΓΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΝΕΡΟΥ.....	67
ΕΙΚΟΝΑ 6: ΚΕΦΑΛΗ ΝΤΟΥΣ ΓΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΝΕΡΟΥ	68
ΕΙΚΟΝΑ 7: Η ΛΙΜΝΗ ΡΙΑΝΟ ΕΙΝΑΙ ΠΟΛΥ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΓΙΑ ΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΡΟΤΣΔΑΜΕΡ ΡΛΑΤΖ.....	72
ΕΙΚΟΝΑ 8: ΤΟ ΤΑΝΝΕΡ ΣΠΡΙΝΓΣ ΠΑΡΚ (ΑΠΟΨΗ ΑΠΟ ΤΟ ΒΟΡΡΑ).	75
ΕΙΚΟΝΑ 9: ΤΟ ΓΥΑΛΙΝΟ ΥΠΟΣΤΕΓΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΣΕ ΣΧΗΜΑ ΦΥΛΛΟΥ	77
ΕΙΚΟΝΑ 10: ΚΑΤΟΨΗ ΤΗΣ ΠΛΑΤΕΙΑΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΞΗΡΩΝ ΠΕΡΙΟΔΩΝ, ΗΠΙΩΝ ΒΡΟΧΩΝ, ΚΑΙ ΣΦΟΔΡΩΝ ΚΑΤΑΙΓΙΔΩΝ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ ΠΡΟΣ ΤΑ ΔΕΞΙΑ).	80
ΕΙΚΟΝΑ 11: ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΟΨΗ ΤΗΣ ΠΛΑΤΕΙΑΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΞΗΡΩΝ ΠΕΡΙΟΔΩΝ, ΗΠΙΩΝ ΒΡΟΧΩΝ, ΚΑΙ ΣΦΟΔΡΩΝ ΚΑΤΑΙΓΙΔΩΝ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ ΠΡΟΣ ΤΑ ΔΕΞΙΑ).	81
ΕΙΚΟΝΑ 12: ΚΤΗΡΙΟ SOLAIRE.....	86
ΕΙΚΟΝΑ 13: ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΒΑΤΤΕΡΥ ΠΑΡΚ.....	86
ΕΙΚΟΝΑ 14: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΧΑΛΚΙΔΑ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΚΡΩΝ (ΝΗΣΟΣ ΠΑΣΑΣ)	104
ΕΙΚΟΝΑ 15: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΧΑΛΚΙΔΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΚΡΩΝ (ΝΗΣΟΣ ΠΑΣΑΣ)	105
ΕΙΚΟΝΑ 16: Η ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ (Ε.Ε.Λ.Θ.)	107
ΕΙΚΟΝΑ 17: Η ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΨΥΤΑΛΛΕΙΑΣ	108

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΗΜΑ 1: Η ΠΥΡΑΜΙΔΑ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΑΡΧΩΝ ΤΗΣ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ.	13
ΣΧΗΜΑ 2: ΣΥΣΤΗΜΑ ΟΡΟΦΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΛΛΟΓΗ ΒΡΟΧΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	50
ΣΧΗΜΑ 3: ΥΠΕΡΓΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΒΡΟΧΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ	52
ΣΧΗΜΑ 4: ΥΠΕΡΓΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΒΡΟΧΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΑΝΤΛΙΑ	52
ΣΧΗΜΑ 5: ΥΠΟΓΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΒΡΟΧΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	53
ΣΧΗΜΑ 6: ΥΠΕΡΓΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΜΕ ΜΙΚΡΟ ΔΟΧΕΙΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΒΡΟΧΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ	54
ΣΧΗΜΑ 7: ΥΠΕΡΓΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΜΕ ΜΙΚΡΟ ΔΟΧΕΙΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΜΕ ΒΑΡΥΤΗΤΑ.....	54
ΣΧΗΜΑ 8: ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΓΙΑ ΣΥΛΛΟΓΗ ΒΡΟΧΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ	55
ΣΧΗΜΑ 9: ΤΥΠΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΠΛΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΚΡΙΖΟΥ ΝΕΡΟΥ	58
ΣΧΗΜΑ 10: ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΧΗΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΚΡΙΖΟΥ ΝΕΡΟΥ	60
ΣΧΗΜΑ 11: ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΚΡΙΖΟΥ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΑΜΜΟΦΙΛΤΡΟ	60
ΣΧΗΜΑ 12: ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΚΡΙΖΟΥ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ. 61	
ΣΧΗΜΑ 13: ΤΥΠΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΚΡΙΖΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	63
ΣΧΗΜΑ 14: ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΥ	64
ΣΧΗΜΑ 15: ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΡΟΗΣ	64
ΣΧΗΜΑ 16: ΥΓΡΟΒΙΟΤΟΠΟΙ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗΣ ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΡΟΗΣ.....	65
ΣΧΗΜΑ 17: ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ROTSDAMER PLATZ	73
ΣΧΗΜΑ 18: ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ROTSDAMER PLATZ	74
ΣΧΗΜΑ 19: ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΝΕΡΟΥ ΤΟΥ TANNER SPRINGS PARK.	76
ΣΧΗΜΑ 20: ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΚΡΙΖΟΥ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΦΙΛΤΡΩΝ-ΚΑΛΑΜΩΝΩΝ.....	83
ΣΧΗΜΑ 21: ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΓΚΡΙΖΟΥ ΝΕΡΟΥ	84
ΣΧΗΜΑ 22: ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ SOLAIRE	87
ΣΧΗΜΑ 23: ΡΟΗ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΤΗΣ ΒΙΡΤΖΙΝΙΑ	90
ΣΧΗΜΑ 24: ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΤΗΣ VIRGINIA	91
ΣΧΗΜΑ 25: ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΧΑΛΑΣΤΡΑΣ – ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ	106

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

ΓΡΑΦΗΜΑ 1: ΠΟΣΟΣΤΟ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΜΑΖΩΝ ΠΟΥ ΚΙΝΔΥΝΕΥΟΥΝ ΝΑ ΜΗΝ ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΘΟΥΝ ΣΤΟΝ ΣΤΟΧΟ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ ΑΝΑ ΚΡΑΤΟΣ ΜΕΛΟΣ.....	20
ΓΡΑΦΗΜΑ 2: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 1.	112
ΓΡΑΦΗΜΑ 3: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΣΟΦΑΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 1.	112
ΓΡΑΦΗΜΑ 4: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 2.	112
ΓΡΑΦΗΜΑ 5: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΣΟΦΑΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 2.	113
ΓΡΑΦΗΜΑ 6: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 3.	113
ΓΡΑΦΗΜΑ 7: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΣΟΦΑΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 3.	113
ΓΡΑΦΗΜΑ 8: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 4.	114
ΓΡΑΦΗΜΑ 9: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΣΟΦΑΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 4.	115
ΓΡΑΦΗΜΑ 10: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 5.	115

ΓΡΑΦΗΜΑ 11: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΣΟΦΑΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 5.	116
ΓΡΑΦΗΜΑ 12: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 6.	116
ΓΡΑΦΗΜΑ 13: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΣΟΦΑΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 6.	116
ΓΡΑΦΗΜΑ 14: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 7.	117
ΓΡΑΦΗΜΑ 15: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΣΟΦΑΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 7.	117
ΓΡΑΦΗΜΑ 16: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 8 (ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥΣ).....	118
ΓΡΑΦΗΜΑ 17: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΣΟΦΑΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 8 (ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥΣ).....	118
ΓΡΑΦΗΜΑ 18: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 8 (ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΓΚΡΙΖΩΝ ΝΕΡΩΝ)	119
ΓΡΑΦΗΜΑ 19: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΣΟΦΑΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 8 (ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΓΚΡΙΖΩΝ ΝΕΡΩΝ)	119
ΓΡΑΦΗΜΑ 20: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 8 (ΑΦΑΛΛΑΤΩΣΗ)	119
ΓΡΑΦΗΜΑ 21: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΣΟΦΑΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 8 (ΑΦΑΛΛΑΤΩΣΗ).....	119
ΓΡΑΦΗΜΑ 22: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΟΥ ΒΟΛΟΥ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 9.	120
ΓΡΑΦΗΜΑ 23: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΤΩΝ ΣΟΦΑΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 9.	120
ΓΡΑΦΗΜΑ 24: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 10.....	121
ΓΡΑΦΗΜΑ 25: ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΕΡΩΤΩΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΕΡΩΤΗΣΗ 12.....	121

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

ΧΑΡΤΗΣ 1: ΤΟ ΟΡΑΜΑ ΤΗΣ «ROTTERDAM WATERCITY 2030» (ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ).	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
ΧΑΡΤΗΣ 2: ΤΟ ΕΡΓΟ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΤΗΣ ΒΙΡΤΖΙΝΙΑ.	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

ΑΡΤΙΚΟΛΕΞΑ

ΑΗΣ	Ατμοηλεκτρικός Σταθμός
ΔΕΥΑ	Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης & Αποχέτευσης
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΕΛ	Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων
ΕΘΙΑΓΕ	Εθνικό Ύδριμα Αγροτικής Έρευνας
ΕΚ	Ευρωπαϊκή Κοινότητα
ΕΜΠ	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
ΕΜΥ	Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
ΕΥΑΘ	Εταιρία Ύδρευσης & Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
ΚΕΛ	Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων
ΠΟΥ	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας
ΥΠ.ΑΝ.	Υπουργείο Ανάπτυξης & Ανταγωνιστικότητας
ΥΠ.Ε.ΚΑ.	Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.	Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
ASLA	American Society of Landscape Architects
CBOD	Carbonaceous biochemical oxygen demand
EPA	Environmental Protection Agency
EU	European Union
RMIT	Royal Melbourne Institute of Technology
WHO	World Health Organization

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής δεν θα ήταν εφικτή χωρίς την παρουσία και καθοδήγηση του επιβλέποντος καθηγητή κ. Π. Σκάγιαννη. Θα ήθελα, έτσι, να τον ευχαριστήσω για την πολύτιμη βοήθειά του καθ'όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας και για την ανάθεση ενός τόσο ενδιαφέροντος θέματος. Επιπλέον, ευχαριστώ τον επιστημονικό συνεργάτη κ. Γ. Καπαρό, για τις συμβουλές του και την βιβλιογραφική βάση που μου παρείχε. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιστήθια φίλη Ζωή Παπαδημητρίου για την βοήθειά της στην εκτέλεση της παρουσίασης της εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη στήριξή τους σε όλους τους τομείς καθ'όλη την διάρκεια των προπτυχιακών μου σπουδών και τους φίλους μου για την αμέριστη συμπαράστασή τους κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό αποτελεί ένα πολύτιμο φυσικό διαθέσιμο, το οποίο λόγω της μη ορθής μέχρι τώρα διαχείρισης του υφίσταται σοβαρή απειλή. Το νερό είναι ένα αγαθό υπέρτατης σημασίας καθώς από αυτό εξαρτάται η βιολογική ισορροπία των ειδών και κατ' επέκταση η ισορροπία του πλανητικού οικοσυστήματος. Ο συνεχής έντονος ρυθμός αύξησης του πληθυσμού, και επομένως η αύξηση της ζήτησης σε νερό, σε συνδυασμό με το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής επιτάσσουν την υιοθέτηση νέων μεθόδων διαχείρισής του. Η κοινωνία δεν έχει πλέον την πολυτέλεια να χρησιμοποιεί το νερό μόνο μία φορά και κατά συνέπεια η επαναχρησιμοποίηση του νερού πρέπει να αποτελεί προτεραιότητα. Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η ανάδειξη των δυνατοτήτων επαναχρησιμοποίησης του νερού, μελετώντας επιτυχημένα παραδείγματα του εξωτερικού αλλά και της Ελλάδας καταλήγοντας σε μια πιλοτική έρευνα η οποία διεξήχθη προκειμένου να αποκομιστούν στοιχεία σχετικά με την στάση του κοινού στο συγκεκριμένο θέμα.

Προχωρώντας στην δομή των κεφαλαίων, στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια ιστορική αναδρομή των διαδικασιών διαχείρισης και επεξεργασίας του νερού ξεκινώντας από την αρχαιότητα και καταλήγοντας στη σημερινή εποχή και στις σύγχρονες μεθόδους διαχείρισης ύδατος.

Μεταβαίνοντας στο δεύτερο κεφάλαιο, επεξηγείται εις βάθος η έννοια της σύγχρονης διαχείρισης των υδάτων. Επίσης, αναφέρονται οι βασικοί ορισμοί που σχετίζονται με αυτή αλλά και με την πρακτική της επαναχρησιμοποίησης του νερού.

Εν συνεχεία, στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεσμικό πλαίσιο που αφορά στην διαχείριση υδάτων τόσο σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης όσο και σε εθνικό επίπεδο.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται διαχωρισμός των χρήσεων του νερού σε καταναλωτικές και μη καταναλωτικές και αναφέρονται οι δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης ή ανακύκλωσης ύδατος για τις χρήσεις αυτές.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύεται η προοπτική επαναχρησιμοποίησης του νερού και η αναγκαιότητά της. Αρχικά, αναφέρονται ορισμένα έργα που αποτελούν σταθμούς στην επαναχρησιμοποίηση του νερού σε παγκόσμιο επίπεδο, στη συνέχεια το θεσμικό πλαίσιο για την επαναχρησιμοποίηση υδάτων σε διεθνές, ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο, και τέλος παρουσιάζονται τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη της επαναχρησιμοποίησης νερού.

Στο έκτο κεφάλαιο αναφέρονται οι τεχνολογίες επαναχρησιμοποίησης αλλά και μέθοδοι εξοικονόμησης ύδατος. Οι τεχνολογίες κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το είδος του νερού που επαναχρησιμοποιείται. Έτσι, γίνεται διάκριση μεταξύ τεχνολογιών επαναχρησιμοποίησης γκρίζου και βρόχινου νερού.

Έπειτα, στο έβδομο κεφάλαιο μελετώνται επιτυχημένα παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης γκρίζου και βρόχινου νερού στο διεθνή χώρο. Τα παραδείγματα, που αναφέρονται, κατηγοριοποιούνται σε μικρής, μεσαίας και μεγάλης κλίμακας ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής τους.

Το όγδοο κεφάλαιο αφορά στην επαναχρησιμοποίηση στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά στα εμπόδια αλλά και τις προοπτικές επαναχρησιμοποίησης στην Ελλάδα. Επίσης, παρουσιάζονται κάποιες εφαρμογές της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης νερού στον ελλαδικό χώρο.

Στο ένατο κεφάλαιο αναλύονται τα αποτελέσματα της πιλοτικής έρευνας που διεξήχθησε μόνιμους κατοίκους της πόλης του Βόλου και της κομόπολης των Σοφάδων Καρδίτσας για την αποκόμιση στοιχείων σχετικών με την επαναχρησιμοποίηση του νερού.

Τέλος, στο δέκατο κεφάλαιο παρατίθενται τα βασικά συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ ΩΣ ΣΗΜΕΡΑ

Από την αρχαιότητα οι άνθρωποι έχουν κατανοήσει την αξία του νερού. Πάντα προσπαθούσαν να βρουν κατάλληλες μεθόδους και τεχνικές προκειμένου να επωφεληθούν από αυτό το πολύτιμο αγαθό. Παρακάτω παρουσιάζεται εν συντομία η πορεία που ακολούθησε η ανθρωπότητα προκειμένου να φτάσει στα σύγχρονα συστήματα διαχείρισης νερού.

1.1 Α΄ ΦΑΣΗ 4000-700 π.Χ.

Οι άνθρωποι ασχολούνται με την αποθήκευση και τη διανομή του νερού εδώ και πολλούς αιώνες. Όταν οι ανθρώπινοι πληθυσμοί διέμεναν σε ένα μέρος για μεγάλο χρονικό διάστημα, αυτό ήταν συνήθως κοντά σε ένα ποτάμι ή μια λίμνη. Τότε, το νερό των ποταμών ή των λιμνών αποτελούσε την κύρια πηγή πόσιμου νερού. Για το λόγο αυτό, όλοι οι αρχαίοι πολιτισμοί αναπτύχθηκαν κοντά σε πηγές νερού. Στις περιπτώσεις που δεν υπήρχαν ποτάμια ή λίμνες σε κοντινή απόσταση, οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν τα υπόγεια ύδατα προκειμένου να προμηθευτούν πόσιμο νερό. Έτσι, για να αντλήσουν το νερό στην επιφάνεια της γης δημιούργησαν τα πρώτα πηγάδια (Outwater, 1996).

Περίπου 7000 χρόνια πριν, στην Ιερικό (Ισραήλ) αποθήκευαν νερό σε δεξαμενές οι οποίες χρησιμοποιούνταν ως πηγές. Επίσης, εκείνη την χρονική περίοδο άρχισαν να αναπτύσσονται συστήματα μεταφοράς πόσιμου νερού. Η μεταφορά γινόταν μέσω απλών καναλιών, σκάβοντας στην άμμο ή σε βράχια. Αργότερα, επίσης άρχισαν να χρησιμοποιούν κοίλους σωλήνες. Στην Αίγυπτο χρησιμοποιούσαν κορμούς από φοίνικες, ενώ την Κίνα και την Ιαπωνία καλάμια από μπαμπού. Στην Περσία αναζητούσαν υπόγειες πηγές για να καλύψουν τις ανάγκες τους σε νερό (EPA US, 2000, Διαδίκτυο: Enzler MSc, 1998/2011).

Στην αρχαία Ελλάδα, η εκμετάλλευση του νερού από πηγές, από γεωτρήσεις, αλλά και από όμβρια ύδατα ξεκίνησε από πολύ νωρίς. Λόγω της ταχείας αύξησης του αστικού πληθυσμού, αναγκάστηκαν να αποθηκεύουν νερό σε δεξαμενές και να το μεταφέρουν μέσω ενός δικτύου διανομής. Στη συνέχεια, το νερό που είχε χρησιμοποιηθεί περνούσε στο δίκτυο αποχέτευσης μαζί με το νερό της βροχής (Διαδίκτυο: Enzler MSc, 1998/2011).

Γύρω στο 3000 π.Χ., στην πόλη της Mohenjo-Daro (Πακιστάν) χρησιμοποίησαν ένα εκτεταμένο σύστημα παροχής νερού (Εικ.1) το οποίο περιελάμβανε δημόσιες υπηρεσίες (μπαγιέρες με εγκαταστάσεις βραστήρων και μπιντέδων) (Mays, 2010).

Εικόνα 1: Σύστημα παροχής νερού στην Mohenjo-Daro



(Πηγή: EPA US, 2000)

Ενώ η σημασία της άφθονης ποσότητας νερού για πόση και άλλους σκοπούς ήταν εμφανής στους προγόνους μας, η κατανόηση της ποιότητας του πόσιμου νερού δεν ήταν γνωστή ή τεκμηριωμένη (EPA, US 2000). Τα ιστορικά ευρήματα, αναφέρουν αισθητικά προβλήματα (δυσάρεστη εμφάνιση, γεύση ή οσμή) σε σχέση με το πόσιμο νερό, όμως οι άνθρωποι χρειάστηκαν χιλιάδες χρόνια για να αναγνωρίσουν ότι οι αισθήσεις τους και μόνο δεν ήταν αρκετές για να κρίνουν την ποιότητα των υδάτων. Οι Έλληνες ήταν από τους πρώτους που ενδιαφέρθηκαν για την ποιότητα των υδάτων. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούσαν λεκάνες αερισμού για τον καθαρισμό του νερού (Mays, 2010).

Η επεξεργασία του νερού αρχικά εστιάζεται στη βελτίωση των αισθητικών ιδιοτήτων των πόσιμου νερού. Ήδη από το 4000 π.Χ. έχουν καταγραφεί μέθοδοι βελτίωσης της γεύσης και της οσμής του πόσιμου νερού. Επιπλέον, υπάρχουν χειρόγραφα που χρονολογούνται από το 2000 π.Χ., που πιστοποιούν ότι υπήρχαν μέθοδοι επεξεργασίας νερού όπως το φιλτράρισμα του νερού μέσα από κάρβουνο, η έκθεση του νερού στο φως του ήλιου και το βράσιμο, στην αρχαία Ελλάδα, καθώς επίσης και στο Sanskrit (India) (Hodge, 2002). Η θολότητα αποτελούσε την κινητήρια δύναμη πίσω από τις πρώτες προσπάθειες επεξεργασίας του νερού, καθώς συχνά το νερό που προερχόταν από διάφορες πηγές περιείχε σωματίδια που του έδιναν δυσάρεστη γεύση, οσμή και εμφάνιση (Outwater, 1996).

Μετά το 1500 π.Χ., οι Αιγύπτιοι πρώτοι ανακάλυψαν την αρχή της πήξης για την αντιμετώπιση του προβλήματος της θολότητας. Συγκεκριμένα, εφήρμοσαν τη χημική στύψη προκειμένου να απομακρύνουν βλαβερά σωματίδια. Εικόνες από αυτή την τεχνική καθαρισμού βρέθηκαν στον τοίχο του τάφου του Αμενοφή Β΄ και του Ραμσή Β' (Outwater, 1996).

1.2 Β΄ ΦΑΣΗ 1000 π.Χ.-500 μ.Χ.

Αργότερα σημαντικό βήμα στις υποδομές ύδρευσης πραγματοποιήθηκε από τους Ασσύριους οι οποίοι κατασκεύασαν τα πρώτα υδραγωγεία. Πριν τον 7ο π.Χ. αιώνα δημιούργησαν την πρώτη δομή που θα μπορούσε να μεταφέρει το νερό από το ένα μέρος στο άλλο. Είχε 10 μέτρα ύψος και 300 μέτρα μήκος, και μετέφερε το νερό 80 χιλιόμετρα κατά μήκος της κοιλάδας του Νινευή (Mays, 2010).

Στη συνέχεια, παράλληλα με την ανάπτυξη της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας εξελίχθηκαν και οι υποδομές νερού. Οι Ρωμαίοι ήταν οι μεγαλύτεροι σχεδιαστές και κατασκευαστές των δικτύων διανομής νερού στην ιστορία (Hodge, 2002). Χρησιμοποιούσαν ποτάμια, ρέματα ή υπόγεια ύδατα προκειμένου να διανείμουν το νερό στον πληθυσμό. Επίσης, ήταν αυτοί που κατασκεύασαν τα πρώτα φράγματα σε ποταμούς, δημιουργώντας τεχνητές λίμνες που αποτελούσαν πηγές πόσιμου νερού (Siculus, 1939).

Γύρω στο 300-200 π.Χ., στη Ρώμη χτίστηκε το πρώτο υδραγωγείο για τη μεταφορά του πόσιμου νερού. Στην Ρώμη τα υδραγωγεία ονομάζονταν *aqueducts* (στη Λατινική γλώσσα, *aqua* σημαίνει νερό και *ducere* σημαίνει οδηγώ). Τα ρωμαϊκά υδραγωγεία ήταν πολύπλοκα και τεχνολογικά εξελιγμένα τμήματα μηχανικής που τροφοδοτούνταν εξ ολοκλήρου με τη βοήθεια της βαρύτητας, και μετέφεραν νερό σε εξαιρετικά μεγάλες αποστάσεις (Siculus, 1939). Είχαν εφαρμοστεί ειδικά για την παροχή νερού στις μεγάλες πόλεις και τις βιομηχανικές περιοχές της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας. Στην πόλη της Ρώμης μόνο, είχαν κατασκευαστεί πάνω από 400 χλμ. Υδραγωγείου (Εικ. 2). Τα περισσότερα από τα υδραγωγεία ήταν υπόγειες κατασκευές, για την προστασία τους σε περιόδους πολέμων αλλά και για την πρόληψη της ρύπανσης. Το σύνολο των υδραγωγείων είχε την δυνατότητα να εφοδιάζει την πόλη της Ρώμης με πάνω από ένα εκατομμύριο κυβικά μέτρα νερού σε καθημερινή βάση. Τα συστήματα στα οποία βασίζονταν τα ρωμαϊκά υδραγωγεία συναντώνται ακόμη και σήμερα σε ορισμένες περιοχές στη Γαλλία, τη Γερμανία, την

Ισπανία και την Τουρκία. Επίσης, πολλές από τις τεχνικές που οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν στα τότε υδραγωγεία τους, μπορεί να δει κανείς σε σύγχρονες δεξαμενές και σε συστήματα μεταφοράς νερού (Διαδίκτυο: Wilke, 2006).

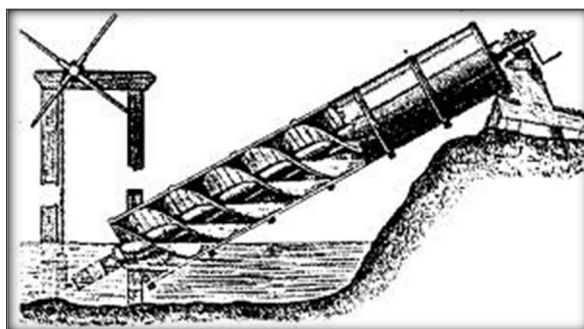
Εικόνα 2: Η στοά του Aqua Claudia, ενός από τα υδραγωγεία της Ρώμης.



(Πηγή: Διαδίκτυο: Wilke, 2006)

Την ίδια περίοδο, ο Αρχιμήδης επινόησε τον κοχλία νερού. Ο Αρχιμήδης ήταν ένας Έλληνας μηχανικός που έζησε μεταξύ 287 και 212 π.Χ., και ήταν υπεύθυνος για πολλές εφευρέσεις. Ένα από τα ευρήματά του ήταν ένα «εργαλείο» για τη μεταφορά νερού από χαμηλότερα συστήματα νερού σε μεγαλύτερο υψόμετρο (Εικ. 3). Η εφεύρεση αυτή είναι γνωστή ως κοχλίας νερού. Αρχικά, εφαρμόστηκε για την άρδευση των καλλιεργούμενων εκτάσεων και για να άρει το νερό από τα ορυχεία και τους υδροσυλλέκτες των πλοίων. Σήμερα, η εφεύρεση αυτή εξακολουθεί να ισχύει για τη μεταφορά νερού από τα χαμηλότερα στα υψηλότερα υψόμετρα. Στην Ολλανδία, για παράδειγμα, τέτοιες δομές υπάρχουν στην πόλη της Zoetermeer, στα δυτικά κοντά στη Χάγη. Ο κοχλίας νερού αποτέλεσε τη βάση για πολλές σύγχρονες βιομηχανικές αντλίες (Mays, 2010).

Εικόνα 3: Αναπαράσταση του κοχλίας του Αρχιμήδη



(Πηγή: Διαδίκτυο: Wikipedia, 2013)

1.3 Γ΄ ΦΑΣΗ 500-1500μ.Χ.

Κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα (500-1500 μ.Χ.), η παροχή νερού δεν ήταν πλέον τόσο εξελιγμένη όσο παλαιότερα. Η εποχή χαρακτηρίζεται από έλλειψη επιστημονικών καινοτομιών και πειραμάτων. Μετά την πτώση της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, πολλά υδραγωγεία καταστράφηκαν και άλλα σταμάτησαν να χρησιμοποιούνται (Mays, 2010). Την εποχή εκείνη οι πόλεις διέθεταν ξύλινες υποδομές ύδρευσης και αποχέτευσης και το νερό που χρησιμοποιούταν ήταν από ποτάμια ή πηγάδια εντός της πόλης. Επίσης, οι συνθήκες διαβίωσης έγιναν ιδιαίτερα ανθυγιεινές, γιατί τα απόβλητα και τα περιττώματα απορρίπτονταν στο νερό που χρησιμοποιούταν για πόση. Έτσι, ένα μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού απεβίωσε. Για να λυθεί το πρόβλημα οι άνθρωποι άρχισαν να χρησιμοποιούν το νερό εκτός πόλης, όπου τα ποτάμια ήταν αμόλυντα. Το νερό μεταφέρονταν στην πόλη από τους λεγόμενους νερό-μεταφορείς. Το επάγγελμα του νερό-μεταφορέα, που ήταν πολύ διαδεδομένο τότε, σχετιζόταν με τη συλλογή του νερού εκτός της πόλης και στη συνέχεια με την πώλησή του στον πληθυσμό που κατοικούσε στην πόλη (Διαδίκτυο: The Past, Present, and Future of Water Filtration Technology, 2004).

1.4 Δ΄ ΦΑΣΗ 1500-1900 μ.Χ.

Μετά το πέρας των «σκοτεινών χρόνων» του Μεσαίωνα, το επόμενο βήμα στη διαχείριση νερού έγινε το 1670, όταν ο Antonie Van Leeuwenhoek ανακάλυψε το μικροσκόπιο. Η εφεύρεση επέτρεψε στους επιστήμονες να παρατηρήσουν μικροσκοπικά σωματίδια στο νερό. Το 1676, ο Van Leeuwenhoek ήταν ο πρώτος που είδε την παρουσία μικροοργανισμών στο νερό. Στη συνέχεια, το 1700 εφαρμόστηκαν τα πρώτα φίλτρα νερού για οικιακή χρήση. Αυτά ήταν φτιαγμένα από μαλλί, σφουγγάρι και κάρβουνο και κατά τη διάρκεια του 1700, η διήθηση καθιερώθηκε ως ένα αποτελεσματικό μέσο για την απομάκρυνση των σωματιδίων από το νερό. Από τις αρχές του 1800 η αργή διήθηση άμμου είχε αρχίσει να χρησιμοποιείται τακτικά στην Ευρώπη (Διαδίκτυο: The Past, Present, and Future of Water Filtration Technology, 2004).

Το πρώτο σύστημα παροχής νερού που εξυπηρετούσε μια ολόκληρη πόλη κατασκευάστηκε στο Paisley της Σκωτίας το 1804 από τον John Gibb. Εντός 3 ετών, αυτό το σύστημα νερού επεκτάθηκε στην Γλασκώβη. Την ίδια περίοδο κατασκευάστηκε στη Σκωτία η πρώτη πραγματική δημοτική μονάδα επεξεργασίας

νερού, σχεδιασμένη από τον Robert Thom (Διαδίκτυο: Enzler MSc, 1998/2011). Η επεξεργασία του νερού βασίστηκε σε αργή διήθηση με τη βοήθεια της άμμου, και το νερό διανέμονταν μέσω αμαξών. Περίπου τρία χρόνια αργότερα, οι πρώτοι σωλήνες νερού είχαν εγκατασταθεί. Τότε και για πρώτη φορά, εισήχθη η πρόταση ότι κάθε άτομο πρέπει να έχει πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό. Ωστόσο, πέρασαν κάποια χρόνια έως ότου εφαρμοστεί η πρακτική αυτή σε περισσότερες χώρες (Διαδίκτυο: The Past, Present, and Future of Water Filtration Technology, 2004).

Το 1806 στο Παρίσι, τέθηκε σε λειτουργία μια μεγάλη μονάδα επεξεργασίας νερού. Το σύστημα επεξεργασίας βασιζόταν στη διαδικασία της διήθησης με τη βοήθεια φίλτρων άμμου και κάρβουνου. Το 1827, ο Άγγλος James Simpson κατασκεύασε ένα φίλτρο άμμου για τον καθαρισμό του πόσιμου νερού. Το συγκεκριμένο έργο συνέβαλε στην βελτίωση του επιπέδου της δημόσιας υγείας (Baker & Taras, 1981).

Το 1854 η επιδημία χολέρας εξαπλώθηκε μέσω του νερού. Η επιδημία σημείωσε λιγότερα κρούσματα σε περιοχές όπου είχαν εγκατασταθεί φίλτρα άμμου. Ο βρετανός επιστήμονας John Snow διαπίστωσε ότι η άμεση αιτία της επιδημίας ήταν μόλυνση των σωληνώσεων που μετέφεραν νερό, από λύματα. Έτσι, χρησιμοποίησε χλώριο για τον καθαρισμό του νερού, και αυτό το βήμα άνοιξε το δρόμο για την απολύμανση του νερού (Christman, 1998). Δεδομένου ότι το νερό είχε δοκιμαστεί και μύριζε φυσιολογικά, το συμπέρασμα ήταν τελικά ότι η καλή γεύση και οσμή δεν μπορεί να εγγυηθεί ασφαλές πόσιμο νερό. Η ανακάλυψη αυτή οδήγησε τις κυβερνήσεις να αρχίσουν να εγκαθιστούν δημοτικά φίλτρα νερού (φίλτρα άμμου) (Διαδίκτυο: The Past, Present, and Future of Water Filtration Technology, 2004). Στα τέλη της δεκαετίας του 1880, ο Louis Pasteur απέδειξε την «θεωρία των μικροβίων» της νόσου της χολέρας, η οποία εξήγησε πώς οι μικροοργανισμοί μπορούσαν να μεταδίδουν τη νόσο μέσω του νερού. Από τα μέσα έως τα τέλη του 1800, οι επιστήμονες είχαν καταφέρει να κατανοήσουν καλύτερα τις πηγές και τις επιπτώσεις των ρύπων πόσιμου νερού, ακόμα κι αν αυτές δεν ήταν ορατές με γυμνό μάτι (EPA US, 2000).

1.5 Ε΄ΦΑΣΗ 1900-2013 μ.Χ.

Κατά τα τέλη του δέκατου ένατου και τις αρχές του εικοστού αιώνα, οι ανησυχίες σχετικά με την ποιότητα του πόσιμου νερού συνέχισαν να επικεντρώνονται κυρίως σε ασθένειες που προκαλούνται από παθογόνα μικρόβια. Οι επιστήμονες ανακάλυψαν ότι η θολότητα, δεν ήταν μόνο αισθητικό πρόβλημα, καθώς σωματίδια στο νερό όπως

περιττώματα, θα μπορούσαν να φιλοξενούν παθογόνους οργανισμούς (Baker & Taras, 1981). Ως εκ τούτου, ο σχεδιασμός των περισσότερων συστημάτων επεξεργασίας πόσιμου νερού που κατασκευάστηκαν είχε στόχο την μείωση της θολότητας, εξαλείφοντας έτσι μολυσματικούς παράγοντες που προκαλούν τύφο, δυσεντερία, και επιδημίες χολέρας (Διαδίκτυο: Enzler MSc, 1998/2011).

Στις αρχές του 1900, στην Αμερική άρχισαν να κατασκευάζονται μεγάλα φίλτρα άμμου για την προστασία της δημόσιας υγείας, τα οποία χρησιμοποιούσαν αργή διήθηση άμμου και αποδείχθηκαν επιτυχή. Στη συνέχεια, ο Δρ Fuller διαπίστωσε ότι η ταχεία διήθηση άμμου λειτούργησε πολύ καλύτερα όταν προηγήθηκαν τεχνικές θρόμβωσης και καθίζησης. Η ικανότητα του φίλτρου βελτιώθηκε από τον καθαρισμό του με ισχυρό ατμό. Στο μεταξύ, ασθένειες που οφείλονταν στο νερό, όπως η χολέρα και ο τύφος, έγιναν όλο και λιγότερο συχνές, καθώς η χλωρίωση του νερού κέρδισε έδαφος σε όλο τον κόσμο (Baker & Taras, 1981).

Ωστόσο, μετά από κάποιο χρονικό διάστημα άρχισαν να εμφανίζονται αρνητικές επιπτώσεις της χλωρίωσης. Το χλώριο, γενικά, εξατμίζεται πολύ πιο γρήγορα από ότι το νερό, και για το λόγο αυτό συνδέθηκε με την επιδείνωση αλλά και τα αιτία της αναπνευστικής νόσου (Christman, 1998). Οι ειδικοί και οι εμπειρογνώμονες σε σχέση με το νερό άρχισαν να ψάχνουν για εναλλακτικές μεθόδους απολύμανσης νερού. Το 1902, τα στοιχεία υποχλωριώδες ασβέστιο και χλωριούχος σίδηρος αναμίχθηκαν σε αποθέματα πόσιμου νερού στο Βέλγιο, με αποτέλεσμα τόσο την πήξη, όσο και την απολύμανση. Το 1903, επινοήθηκε η αποσκλήρυνση του νερού ως μια τεχνική για την αφαλάτωση νερού. Κατιόντα απομακρύνθηκαν από το νερό με την ανταλλαγή τους με νάτριο ή άλλα κατιόντα, σε εναλλακτές ιόντος. Το 1906, το όζον εφαρμόστηκε για πρώτη φορά ως απολυμαντικό μέσο στη Γαλλία. Επιπλέον, οι άνθρωποι άρχισαν την εγκατάσταση φίλτρων νερού στο σπίτι για να αποφευχθούν οι αρνητικές επιπτώσεις του χλωρίου στο νερό (Christman, 1998).

Από το 1914, εφαρμόστηκαν σε κάποιες χώρες αρχές που έπρεπε να τηρούνται για την παροχή πόσιμου νερού για την αντιμετώπιση των κολοβακτηριδίων. Το 1972, ψηφίστηκε η πράξη για Ασφαλές Πόσιμο Νερό στις Ηνωμένες Πολιτείες. Η γενική αρχή στον ανεπτυγμένο κόσμο, ήταν πλέον ότι, «κάθε άτομο έχει το δικαίωμα σε ασφαλές πόσιμο νερό» (EPA US, 2000).

Από τις αρχές του 1970, οι ανησυχίες σχετικά με την υγεία μετατοπίστηκαν από τις ασθένειες που προκαλούνται από το νερό, στην ανθρωπογενή ρύπανση των υδάτων που πραγματοποιούνταν από τα υπολείμματα φυτοφαρμάκων, βιομηχανικής λάσπης και οργανικών χημικών ουσιών. Οι ρυθμίσεις και η νομοθεσία τώρα επικεντρώνονται στα βιομηχανικά απόβλητα και τη μόλυνση του νερού από τη βιομηχανία, επίσης υιοθετούνται νέες τεχνικές επεξεργασίας νερού, όπως εξαερισμός, κροκίδωση, και προσρόφηση ενεργού άνθρακα. Στη δεκαετία του 1980, η ανάπτυξη μεμβράνης για την αντίστροφη όσμωση προστέθηκε στη λίστα (EPA US, 2000).

Οι πειραματισμοί στην επεξεργασία νερού, σήμερα, επικεντρώνονται κυρίως σε παραπροϊόντα απολύμανσης. Ένα παράδειγμα είναι ο σχηματισμός του τριαλονομεθανίου που προκύπτει από την απολύμανση με χλώριο (Trihalomethane, THM). Αυτά τα οργανικά προϊόντα συνδέονται άμεσα με την ασθένεια του καρκίνου (Διαδίκτυο: Enzler MSc, 1998/2011).

Όσον αφορά στις υποδομές νερού, ήδη από τις αρχές του 21^{ου} αιώνα, στις περιοχές αστικών και ημιαστικών κέντρων, οι παραδοσιακές κεντρικές υποδομές νερού δεν μπορούσαν να καλύψουν σε επάρκεια και σε ποσότητα τις αυξανόμενες ανάγκες σε ζήτηση νερού. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα της έλλειψης νερού πολλές χώρες έχουν εφαρμόσει μια σειρά τακτικών όπως η αφαλάτωση, η ανακύκλωση ή η επαναχρησιμοποίηση του νερού. Επίσης, η αποκέντρωση των υποδομών νερού έχει αυξηθεί σε μεγάλο βαθμό και αποτελεί μια βιώσιμη λύση για την αντιμετώπιση της έλλειψης νερού σε μικρή κλίμακα (Διαδίκτυο: Enzler MSc, 1998/2011).

1.6 ΣΥΝΟΨΗ

Η παγκόσμια ιστορία της διαχείρισης και επεξεργασίας νερού διαχωρίζεται σε 5 φάσεις. Η πρώτη φάση αφορά στη χρονολογική περίοδο 4000 π.Χ. έως 1000 π.Χ. Οι πληθυσμοί τότε συνήθιζαν να εγκαθίστανται κοντά σε λίμνες και ποτάμια για να έχουν άμεση πρόσβαση σε πόσιμο νερό. Την ίδια περίοδο κατασκευάστηκαν τα πρώτα πηγάδια τα οποία αποτελούν τα πρώτα έργα στην ιστορία των υποδομών νερού. Τα πρώτα βήματα στην επεξεργασία του νερού έγιναν κατά βάση για την βελτίωση της αισθητικής του και όχι τόσο της σύστασής του καθώς οι άνθρωποι δεν είχαν ακόμη τις απαραίτητες γνώσεις και τα απαραίτητα όργανα για να το μελετήσουν.

Η δεύτερη φάση χρονολογείται μεταξύ 1000 π.Χ. και 500 μ.Χ. και χαρακτηρίζεται από μεγάλη πρόοδο όσον αφορά στις υποδομές νερού. Την περίοδο εκείνη κατασκευάστηκαν τα πρώτα υδραγωγεία στη ρωμαϊκή αυτοκρατορία. Πλέον οι άνθρωποι είχαν καταφέρει να μεταφέρουν το νερό σε μεγάλες αποστάσεις. Οι μέθοδοι μεταφοράς νερού που χρησιμοποιήθηκαν στα υδραγωγεία εκείνης της εποχής εφαρμόζονται ακόμη και σήμερα.

Η τρίτη φάση αναφέρεται στην περίοδο των μεσαιωνικών χρόνων και αποτελεί μια γκρίζα σελίδα στην ιστορία των υποδομών νερού, καθώς τα έργα, που ήταν αποτέλεσμα της προόδου που σημειώθηκε τους προηγούμενους αιώνες, καταστράφηκαν. Γενικά, ο Μεσαίωνας αποτελεί μια νεκρή περίοδο από άποψη τόσο πειραμάτων, όσο και υποδομών σχετικών με το νερό.

Στην μετά το Μεσαίωνα εποχή που εντάσσεται η τέταρτη φάση στην ιστορία της διαχείρισης και επεξεργασίας νερού, πραγματοποιήθηκε μεγάλο άλμα στη βελτίωση της ποιότητας του νερού με την εφεύρεση του μικροσκοπίου το 1670. Τότε, ανακάλυψαν την παρουσία μικροοργανισμών μέσα στο νερό με αποτέλεσμα να αρχίσουν να κατασκευάζονται τα πρώτα φίλτρα νερού. Μετά από 2 αιώνες περίπου όμως εξαπλώθηκε η επιδημία της χολέρας. Το νερό αποτελούσε το βασικό μέσο εξάπλωσης της ασθένειας και για την αντιμετώπιση της κατάστασης εγκαταστάθηκαν δημοτικά φίλτρα νερού. Πλέον είχε γίνει κατανοητό ότι η καλή γεύση και οσμή δεν μπορεί να εγγυηθεί ασφαλές πόσιμο νερό.

Τέλος, η τέταρτη φάση διαχείρισης και επεξεργασίας νερού χρονολογείται από το 1900 ως σήμερα. Στην αρχή της φάση αυτής, συνεχίστηκαν οι προσπάθειες για τη βελτίωση της ποιότητας του πόσιμου νερού με διάφορων ειδών φίλτρα και εφαρμόστηκε κατά κόρον η μέθοδος χλωρίωσης του νερού. Επίσης, εφαρμόστηκαν νέες τεχνικές για την επεξεργασία του νερού όπως η αποσκλήρυνση του νερού με σκοπό την αφαλάτωση και η απολύμανση με τη χρήση όζοντος. Έτσι, ξεπεράστηκαν οι ανησυχίες για την ποιότητα του πόσιμου νερού και από το 1970 το ενδιαφέρον άρχισε να επικεντρώνεται σε θέματα που αφορούσαν στην μόλυνση και την ρύπανση των υδάτων από τον άνθρωπο. Σήμερα, οι αυξημένες απαιτήσεις σε νερό επιτάσσουν την ανακάλυψη νέων πηγών νερού. Ήδη από την αρχή του αιώνα που διανύουμε, έχουν εφαρμοστεί συστήματα που συνδυάζουν τις αποκεντρωμένες υποδομές νερού με μεθόδους ανακύκλωσης. Ίσως βρισκόμαστε στην αρχή μιας νέας εποχής σχετικά με τη διαχείριση και την επεξεργασία του νερού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Πριν αναφερθούν οι βασικές έννοιες σχετικά με τη σύγχρονη διαχείριση του νερού, πρέπει να σημειωθεί πως το νερό παίζει σημαντικό ρόλο στην καθημερινή ζωή, αν και οι περισσότεροι άνθρωποι δεν γνωρίζουν πλήρως τη λειτουργία του. Το νερό συναντάται στις πόλεις σε διαφορετικές μορφές όπως:

- ✓ λύματα και απόνερα,
- ✓ πόσιμο νερό για καθημερινή χρήση (πόση, μαγείρεμα),
- ✓ όμβρια ύδατα, τα οποία αποστραγγίζονται από σκληρές επιφάνειες (στέγες, δρόμους, κλπ.) για πρόληψη των πλημμυρών και για διατήρηση της ασφάλειας σε δρόμους και κτήρια,
- ✓ φυσικά υδάτινα σώματα (π.χ. ποτάμια, λίμνες, ρυάκια),
- ✓ τεχνητά υδατικά συστήματα ή χαρακτηριστικά σε ανοιχτούς χώρους (π.χ. σιντριβάνια, νεροχύτες, ρέματα νερού) που συμβάλλουν στην τέρψη των πόλεων (βελτίωση μικροκλίματος, μείωση σκόνης και ρύπων του αέρα, καθώς και αναψυχή).

(Hoyer et al., 2011)

2.1 ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΩΝ

Η διαχείριση υδάτων ορίζεται ως η εφαρμογή κατασκευαστικών και μη κατασκευαστικών μέτρων για την ρύθμιση φυσικών και τεχνητών υδατικών συστημάτων προς όφελος του ανθρώπου και του περιβάλλοντος (Grigg, 1996). Μέσω της σωστής και αποτελεσματικής διαχείρισης υδατικών πόρων επιτυγχάνεται διατήρηση των υπάρχοντων φυσικών υδατικών συστημάτων, επαναχρησιμοποίηση υδατικών πόρων μετά από κατάλληλες μελέτες, καθώς και διαχείριση της ζήτησης νερού με απώτερο σκοπό την εξοικονόμηση (Grigg, 1998). Η διαχείριση ως διαδικασία διέπεται από μια σειρά αρχών οι οποίες ιεραρχούνται με βάση το ρίσκο που επιφέρει η κάθε μία και την προτίμηση επιλογής (EPA US, 2004). Έτσι, οι βασικές αρχές της σύγχρονης διαχείρισης των υδάτων ιεραρχούνται ως εξής (Σχ. 1):

1. Μείωση: Αποφυγή της κατανάλωσης νερού ή μείωση της κατανάλωσης μέσω της εφαρμογής μέτρων εξοικονόμησης νερού.

2. Επαναχρησιμοποίηση: Επαναχρησιμοποίηση νερού μετά από πρωτοβάθμια επεξεργασία ή χρήση αποθηκευμένου νερού για μια δραστηριότητα χωρίς προηγούμενη επεξεργασία.
3. Ανακύκλωση: Χρήση αποθηκευμένου νερού για μια δραστηριότητα μετά από επεξεργασία (EPA US, 2004).

Σχήμα 1: Η πυραμίδα των βασικών αρχών της σύγχρονης διαχείρισης των υδάτων.



(Πηγή: EPA US, 2004)

Αναλυτικότερα, στην παραπάνω ιεράρχηση, η μείωση της κατανάλωσης νερού έρχεται πρώτη καθώς είναι προτιμότερη από την αναζήτηση συνεχώς εναλλακτικών πηγών νερού ή μεθόδων επαναχρησιμοποίησης. Στην συνέχεια, οι όροι επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση όπως επίσης και άλλες εναλλακτικές πηγές αποτελούν το κλειδί στην μείωση της πίεσης της ανθρώπινης επίδρασης στα υδατικά αποθέματα, καθώς και στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και της πληθυσμιακής αύξησης (Manero και Mujeriego, 2011).

Ο όρος επαναχρησιμοποίηση αναφέρεται στην επαναξιοποίηση κάποιας ποσότητας νερού στα πλαίσια πρωτοβάθμιας διεργασίας. Πιο συγκεκριμένα, ο όρος αφορά στη συλλογή του νερού, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί (σχετικά ανεπεξέργαστο) σε κάποια άλλη δραστηριότητα. Έτσι, η χρήση νερού που προκύπτει από άλλες πλύσεις (όπως νερό νιπτήρα) στον καθαρισμό τουαλέτας αποτελεί ένα παράδειγμα επαναχρησιμοποίησης νερού. Ένα δεύτερο παράδειγμα αποτελεί η συλλογή και η αποθήκευση του νερού της βροχής προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ξανά για μη πόσιμους σκοπούς, όπως το πότισμα του κήπου ή το πλύσιμο του αυτοκινήτου (Victoria EPA, 2008).

Η ανακύκλωση νερού καταλαμβάνει την τελευταία θέση στην ιεραρχία, και άρα τη μικρότερη προτίμηση επιλογής και το μεγαλύτερο ρίσκο, καθώς περιλαμβάνει τη συλλογή νερού, την επεξεργασία και κατόπιν τη χρήση του. Η ανακύκλωση νερού είναι δυνατόν να εφαρμοστεί σε τρεις κατηγορίες υδάτων και συγκεκριμένα στο βρόχινο νερό, στο γκρίζο νερό και στα αστικά λύματα. Ένα παράδειγμα εφαρμογής της συγκεκριμένης αρχής αποτελεί η ανακύκλωση (επαναχρησιμοποίηση μετά από επεξεργασία) οικιακών λυμάτων με σκοπό την άρδευση κήπων ή τον καθαρισμό εξωτερικών χώρων. Η ίδια διαδικασία θα μπορούσε να εφαρμοστεί και στην περίπτωση του βρόχινου νερού με στόχο την αξιοποίησή του τόσο σε εσωτερικές όσο και σε εξωτερικές χρήσεις (EPA US, 2004). Ο όρος ανακύκλωση δεν χρησιμοποιείται ιδιαίτερα και συνηθίζεται ο όρος επαναχρησιμοποίηση.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, στόχος της αποτελεσματικής διαχείρισης των υδάτων είναι η εξοικονόμηση νερού, η οποία προωθεί την παροχή καλής ποιότητας νερού και επαρκούς ποσότητας τόσο για τον άνθρωπο όσο και για το περιβάλλον. Η τακτική της εξοικονόμησης νερού αποτελεί πλέον προτεραιότητα για όλες τις χρήσεις ύδατος σε όλες τις κοινωνίες καθώς οι ανάγκες σε νερό σημειώνουν συνεχή αύξηση και τα φαινόμενα ξηρασίας είναι όλο και πιο συχνά.

2.2 ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Υγρό Απόβλητο

Το υγρό απόβλητο είναι οποιοδήποτε «νερό» το οποίο παρουσιάζει αρνητικά επηρεασμένη ποιότητα εξαιτίας των ανθρωπογενών παρεμβάσεων. Περιλαμβάνει τα υγρά απόβλητα από κατοικίες, εμπορικές ιδιοκτησίες, βιομηχανία, γεωργία και καλύπτει ένα ευρύ φάσμα πιθανών μολυσματικών παραγόντων και συγκεντρώσεων (Makenzie, 2005). Συχνά αναφέρεται ως δημοτικό υγρό απόβλητο που περιέχει πλήθος μολυσματικών παραγόντων ως αποτέλεσμα της μείξης των εκροών από διαφορετικές πηγές (Διαδίκτυο: Pollution articles, 2010).

Μαύρο Νερό

Με τον όρο μαύρο νερό χαρακτηρίζονται τα υγρά απόβλητα της τουαλέτας ενός σπιτιού. Ο συγκεκριμένος τύπος εκροής νερού αποτελεί την πιο επιβαρυσμένη μορφή αστικών αποβλήτων, δεδομένου ότι περιέχει παθογόνους μικροοργανισμούς, οργανικό φορτίο και άζωτο σε υψηλές συγκεντρώσεις. Οι οργανικές ενώσεις, που περιέχονται σε μεγάλο ποσοστό στο μαύρο νερό, έχουν υποστεί μια πρώτη

επεξεργασία στο ανθρώπινο πεπτικό σύστημα και επομένως έχουν ως ένα βαθμό σταθεροποιηθεί με αποτέλεσμα η περαιτέρω αποσύνθεσή τους στο νερό να μην είναι εύκολη (Eriksson et al., 2002). Επίσης, πέραν των αποβλήτων των ανθρώπινων οργανισμών σε αυτή την κατηγορία συγκαταλέγονται και άλλες ουσίες όπως φαρμακευτικές και χημικά καθαριστικά οικιακής χρήσης (Nolde, 1999).

Γκρίζο Νερό

Το γκρίζο νερό αφορά στο σύνολο των εκροών που προέρχονται από τη χρήση νιπτήρων μπάνιου, πλυντηρίων ρούχων, πλυντηρίων πιάτων, μπανιερών, ντουζιέρων και νεροχυτών κουζίνας (Nolde, 1999, Jefferson et al., 1999, 2000, 2004, Eriksson et al., 2002, Elmitwalli και Otterpohl, 2007). Αν και οι εκροές από τις συσκευές της κουζίνας, που αποτελούν μόνο το 5% της μέσης οικιακής κατανάλωσης νερού (Christova-Boal et al., 1996), ανήκουν τυπικά στην κατηγορία του γκρίζου νερού, δεν συνιστάται να αναμιγνύονται με τις υπόλοιπες συνιστώσες του γκρίζου νερού επειδή είναι περισσότερο επιβαρυνμένες λόγω μικροβιακού φορτίου που προέρχεται από τις διάφορες διαδικασίες προετοιμασίας της τροφής και λόγω της υψηλής περιεκτικότητας του σε λίπη και έλαια (Fane και Reardon, 2009). Αξίζει να σημειωθεί πως το κλάσμα του γκρίζου νερού ισοδυναμεί με το 75% του συνολικού όγκου των παραγόμενων υγρών οικιακών λυμάτων (Hansen και Kjellerup, 1994).

Το γκρίζο νερό παράγεται ως αποτέλεσμα του τρόπου ζωής των ατόμων που ζουν σε μια κατοικία, των προϊόντων που χρησιμοποιούνται και της φύσης των εγκαταστάσεων και των συσκευών. Έτσι, η ποιότητα του γκρίζου νερού μεταξύ διαφόρων κατοικιών μπορεί να παρουσιάζει μεγάλη μεταβλητότητα (Eriksson et al., 2002). Τα χαρακτηριστικά του γκρίζου νερού εξαρτώνται κατά βάση από τους παρακάτω παράγοντες:

- ✓ Την ποιότητα του γκρίζου νερού,
- ✓ Το είδος του δικτύου διανομής, τόσο του πόσιμου όσο και του γκρίζου νερού,
- ✓ Τις δραστηριότητες που πραγματοποιούνται στο νοικοκυριό

(Eriksson et al., 2002).

Το γκρίζο νερό είναι δυνατόν να επαναχρησιμοποιηθεί, καθώς είναι λιγότερο επιβαρυνμένο σε σχέση με το μαύρο. Συγκεκριμένα, κρίνεται σκόπιμη η επαναχρησιμοποίηση του στις τουαλέτες ('καζανάκι') καθώς στις περισσότερες χώρες καταναλώνεται πόσιμο νερό για αυτή τη χρήση. Έχει εκτιμηθεί ότι το 30% της

συνολικής ποσότητας νερού που καταναλώνεται μέσα σε μία οικία θα μπορούσε να εξοικονομηθεί μέσω της επαναχρησιμοποίησης του γκρίζου νερού στις τουαλέτες (Karpiscak et al., 1990).

Βρόχινο Νερό

Βρόχινο είναι το νερό που προέρχεται από τις βροχοπτώσεις και το οποίο πρέπει να συλλέγεται και χρησιμοποιείται για διάφορους σκοπούς (Διαδίκτυο: EPA US, 2008). Το βρόχινο νερό διακρίνεται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο συλλογής του:

- ✓ Την απορροή που προέρχεται από πλακόστρωτους ή καλυμμένους από τσιμέντο χώρους (πεζοδρόμια, αυλές, εξωτερικούς διαδρόμους)- (landbased),
- ✓ Την απορροή που προέρχεται από την καλυμμένη έκταση της κατοικίας και συγκεκριμένα από την οροφή (στέγη, δώμα)- (roofbased)

(Department of Environment and Conservation NSW, 2006).

Το νερό της δεύτερης κατηγορίας είναι πιο καθαρό από αυτό της πρώτης και μπορεί ενδεχομένως να χρησιμοποιηθεί ως πόσιμο. Η ποιότητα του συλλεγόμενου βρόχινου νερού εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

- ✓ Το περιβάλλον στο οποίο λαμβάνουν χώρα οι κατακρημνίσεις,
- ✓ Την επιφάνεια στην οποία συλλέγεται το βρόχινο νερό,
- ✓ Τον χώρο στον οποίο αποθηκεύεται το βρόχινο νερό

(Texas Water Development Board, 2005).

Ανακυκλωμένο και Αναγεννημένο Νερό

Ο όρος ανακυκλωμένο νερό αφορά στο νερό που λαμβάνεται από οποιοδήποτε είδος αποβλήτων και υφίσταται επεξεργασία βάσει υψηλών προδιαγραφών, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια νέα δραστηριότητα με ασφάλεια (Smith και Shaw, 1999). Πιο συγκεκριμένα, το ανακυκλωμένο νερό είναι το νερό που ήταν προηγουμένως απόβλητο (λύματα) αλλά έχει πλέον καθαριστεί προκειμένου να χρησιμοποιηθεί εκ νέου αντί να διατεθεί ως απόβλητο σε άλλο υδατικό σύνολο (Christova-Boal et al., 1996).

Το ανακυκλωμένο νερό είναι μια ασφαλής εναλλακτική πηγή νερού που, όταν αντιμετωπίζεται όπως απαιτείται, είτε χρησιμοποιείται έμμεσα για την κατανάλωση ως πόσιμο νερό, είτε προορίζεται να χρησιμοποιηθεί για άλλες χρήσεις (Διαδίκτυο: EPA US, 2008), όπως:

- ✓ Άρδευση γεωργικών εκτάσεων,
- ✓ Βιομηχανική επεξεργασία όπως ψύξη,
- ✓ Δημοτικές χρήσεις, όπως πότισμα κήπων και πάρκων,
- ✓ Οικιακές χρήσεις, όπως τουαλέτες, πλύσιμο αυτοκινήτων και πότισμα κήπων
(Διαδίκτυο: Water Secure Fact Sheet, 2010).

Σημειώνεται ότι στην περίπτωση της άρδευσης υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί ανά περίπτωση, ενώ διαφορετικές καλλιέργειες αντιδρούν διαφορετικά στην χρήση του ανακυκλωμένου νερού (Makenzie, 2005).

Επίσης υπάρχει ο όρος «αναγεννημένο νερό», που συχνά χρησιμοποιείται εναλλακτικά με τον όρο «ανακυκλωμένο νερό». Ωστόσο, πολλά δημοσιεύματα κάνουν μία διάκριση μεταξύ αυτών των δύο σε σχέση με τη χρήση. Έτσι το «αναγεννημένο» νερό υφίσταται συνήθως πιο προηγμένη επεξεργασία και θεωρείται έμμεσα πόσιμο νερό (Robinson, 1996). Αντίθετα, το ανακυκλωμένο νερό δεν υποβάλλεται σε περαιτέρω επεξεργασία και γενικά θεωρείται μη πόσιμο (Διαδίκτυο: Recycled water in Australia, 2009).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΩΝ

Αν και η Ευρώπη θεωρείται μακράν επαρκής όσον αφορά στους υδάτινους πόρους, η λειψυδρία και η ξηρασία είναι όλο και πιο συχνά φαινόμενα στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η μακροπρόθεσμη ανισορροπία που προκύπτει από το γεγονός ότι η ζήτηση νερού υπερβαίνει τους διαθέσιμους πόρους νερού δεν είναι πλέον ασυνήθιστη.

Εκτιμάται ότι μέχρι το 2007, τουλάχιστον το 11% του πληθυσμού της Ευρώπης και το 17% του εδάφους της είχε επηρεαστεί από τη λειψυδρία, βάζοντας το κόστος της ξηρασίας στην Ευρώπη τα τελευταία τριάντα χρόνια σε 100 δισ. ευρώ. Η Επιτροπή αναμένει περαιτέρω επιδείνωση της κατάστασης των υδάτων στην Ευρώπη, εάν οι θερμοκρασίες συνεχίσουν να αυξάνονται ως αποτέλεσμα της αλλαγής του κλίματος. Το νερό ίσως ήταν μέχρι πρόσφατα το πρόβλημα λίγων περιοχών, αλλά πλέον αφορά 500 εκατομμύρια Ευρωπαίους, συμπεριλαμβανομένων και των Ελλήνων (Διαδίκτυο: EU, 2010).

Για τους παραπάνω λόγους, τόσο η Ευρωπαϊκή Ένωση, όσο και η Ελλάδα έχουν θεσπίσει μια σειρά πλαισίων και νόμων προκειμένου να καταφέρουν να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα έλλειψης νερού και παράλληλα να επιτύχουν την προστασία του περιβάλλοντος.

3.1 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ

Οι πρώτες κινήσεις προκειμένου να δημιουργηθεί ένα αποτελεσματικό και πάνω απ' όλα ενιαίο πλαίσιο σχετικά με τις τακτικές που πρέπει να ακολουθούνται για την σωστή διαχείριση των υδάτων ξεκίνησαν στην Ευρώπη το 1970. Συγκεκριμένα, το πρώτο «κύμα» οδηγιών για τα νερά τοποθετείται χρονικά από το 1975 έως το 1980. Στόχος του είναι ο έλεγχος της ποιότητας του νερού και η αποτροπή της ρύπανσης. Οι κοινοτικές αυτές οδηγίες ενσωματώθηκαν στο ελληνικό δίκαιο με υπουργικές αποφάσεις (Λαζαρέτου, 2002). Ο απώτερος σκοπός της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την διαχείριση των υδάτων ήταν και είναι η διασφάλιση καλής ποιότητας νερού τόσο για τους ανθρώπους όσο και για το περιβάλλον σε πανευρωπαϊκό επίπεδο (Διαδίκτυο: EU, 2010). Οι σπουδαιότερες νομοθετικές ρυθμίσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη διαχείριση των υδάτων είναι η Οδηγία 2000/60/ΕΚ και το Σχέδιο “BLUEPRINT” που παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

3.1.1 ΟΔΗΓΙΑ 2000/60/ΕΚ

Μια από τις σημαντικότερες νομοθετικές ρυθμίσεις στον τομέα της διαχείρισης των υδάτινων πόρων είναι η Οδηγία για την Προστασία και την Αποκατάσταση της ποιότητας των Υδάτων στην Ευρώπη, (Water Framework Directive 2000/60/EC) του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000 για την θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής υδάτων η οποία στοχεύει στην βελτίωση της ποιότητας του συνόλου του νερού από οικολογική και χημική άποψη έως το έτος του 2015 (Βαδράτσικας, 2007).

Συγκεκριμένα το πλαίσιο αφορά στην προστασία (Διαδίκτυο: ΥΠΕΚΑ, 2009):

- των εσωτερικών επιφανειακών,
- των υπογείων υδάτων,
- των μεταβατικών υδάτων και
- των παράκτιων υδάτων.

Σε πρώτη φάση η οδηγία προβλέπει την ταυτοποίηση και την ανάλυση των ευρωπαϊκών υδάτων όλων των κρατών μελών. Η ταξινόμηση γίνεται ανά υδρογραφική λεκάνη και ανά περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού. Σε δεύτερη φάση προβλέπεται έγκριση των σχεδίων διαχείρισης και των προγραμμάτων μέτρων, τα

οποία βρίσκονται σε αρμονία με τις ανάγκες κάθε υδατικού συστήματος. Η προθεσμία εφαρμογής των σχεδίων διαχείρισης έπρεπε να είχε οριστεί έως το 2012 (Διαδίκτυο: Europa, 2010).

Τα σχέδια αυτά στοχεύουν:

- στην πρόληψη της επιδείνωσης, τη βελτίωση και την αποκατάσταση των υδατικών συστημάτων των επιφανειακών υδάτων, την επίτευξη του στόχου της καλής οικολογικής και χημικής κατάστασης αυτών, το αργότερο μέχρι τα τέλη του 2015, και τη μείωση της ρύπανσης λόγω απορρίψεων και εκπομπών επικίνδυνων ουσιών.
- στην προστασία, τη βελτίωση και την αποκατάσταση της κατάστασης των υπόγειων υδάτων, στην πρόληψη της ρύπανσής τους και της επιδείνωσης της κατάστασής τους με στόχο την ισορροπία μεταξύ άντλησης και ανανέωσης.
- στη διατήρηση των προστατευόμενων περιοχών.
- στην κοστολόγηση και βιώσιμη διαχείριση των υδάτων. Η πολιτική τιμολόγησης επιτρέπει την άσκηση πίεσης τόσο προς την κατεύθυνση περιορισμού της χρήσης των υδάτινων πόρων όσο και προς τη συντήρηση των υποδομών.
- στην ποιότητα του πόσιμου νερού. Η οδηγία αποσκοπεί στην προστασία της υγείας του κοινού με την καθιέρωση κριτηρίων υγιεινής και καθαριότητας στα οποία πρέπει να ανταποκρίνεται το πόσιμο νερό στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ, 2000).

Για την διευκόλυνση της εφαρμογής της οδηγίας, τα κράτη μέλη έχουν αναπτύξει την Κοινή Στρατηγική Εφαρμογής της Οδηγίας-πλαίσιο για το νερό (ΚΣΕ), η οποία συμφωνήθηκε και τέθηκε σε ισχύ τον Μάιο του 2001 (European Commission, 2001). Η Κοινή Στρατηγική Εφαρμογής της Οδηγίας-πλαίσιο βασίζεται σε τέσσερις βασικές ενέργειες:

- Ανταλλαγή πληροφοριών.
- Ανάπτυξη κατευθυντήριων οδηγιών για τεχνικά θέματα.
- Διαχείριση πληροφοριών και δεδομένων.
- Εφαρμογή, έλεγχος και επικύρωση των κατευθυντήριων οδηγιών.

(European Commission, 2001).

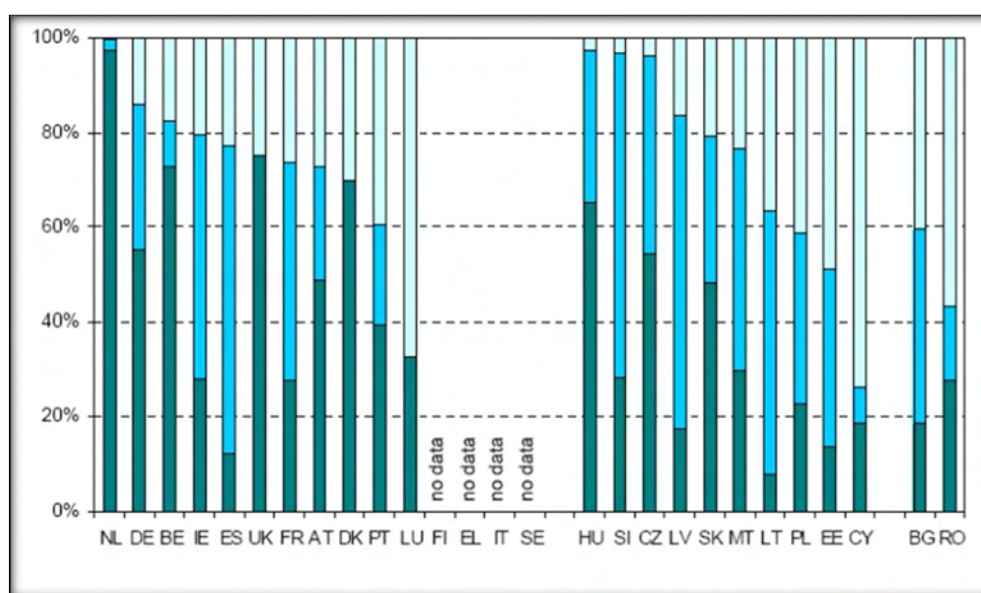
Σύμφωνα με το άρθρο 5 της Οδηγίας τα κράτη μέλη είχαν την υποχρέωση να υποβάλλουν περιβαλλοντική και οικονομική ανάλυση μέχρι τον Δεκέμβριο του 2004. Συγκεκριμένα, βάση των διευκρινίσεων του άρθρου 5 τα κράτη-μέλη είχαν την υποχρέωση να απαντήσουν στην εξής ερώτηση: «Ποιος είναι ο κίνδυνος να μην επιτευχθούν οι στόχοι της Οδηγίας βάση των σημερινών δεδομένων;» Τα στοιχεία που προέκυψαν βάση αυτής της ανάλυσης παρουσιάζονται παρακάτω (Γράφημα 1) (Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2007).

Η ευρωπαϊκή επιτροπή εξέδωσε το Μάρτιο του 2007 ανακοίνωση που απευθυνόταν προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της Ευρώπης. Με την ανακοίνωση αυτή, η οποία έχει τίτλο «Προς την αειφόρο διαχείριση του νερού στην Ευρώπη –Πρώτο στάδιο εφαρμογής της Οδηγίας-Πλαίσιο για το νερό 2000/60/ΕΚ», συνοψίζεται η πρώτη έκθεση προόδου που αφορά στην εφαρμογή της Οδηγίας.

Από την έκθεση προκύπτει ότι οι στόχοι που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση, εμποδίζονται από μία σειρά τρίτων παραγόντων που επηρεάζουν αρνητικά την ποιότητα των υδάτων, όπως είναι η έντονη εκμετάλλευση του νερού για άρδευση στον τομέα της γεωργίας ή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, και φυσικά, η ρύπανση των υδάτων (Διαδίκτυο: Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., 2006).

Γράφημα 1: Ποσοστό των επιφανειακών υδάτινων μαζών που κινδυνεύουν να μην ανταποκριθούν στον στόχο της Οδηγίας ανά κράτος μέλος.

(■ = Αντιμετωπίζουν κινδύνους, ■ = Ανεπαρκή Δεδομένα, ■ = Δεν αντιμετωπίζουν κινδύνους)



(Πηγή: Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2007).

3.1.2 ΣΧΕΔΙΟ “BLUEPRINT”

Τον Νοέμβριο του 2012, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ξεκίνησε ένα νέο σχέδιο για την προστασία των υδάτινων πόρων της Ευρώπης, το οποίο αποτελεί μια στρατηγική για την εξασφάλιση της διάθεσης νερού καλής ποιότητας προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες των ανθρώπων, να προωθήσει την οικονομία και να προστατέψει το περιβάλλον. Το σχέδιο αυτό υπογραμμίζει ότι η διαχείριση των υδάτων δεν αφορά μόνο στην προστασία του περιβάλλοντος και τις συνθήκες υγείας, αλλά και την οικονομική ανάπτυξη και την ευημερία. Είναι ένας τρόπος για να διασφαλιστεί ότι η ΕΕ αναπτύσσει πλήρως το αναπτυξιακό δυναμικό της και ότι όλοι οι τομείς της οικονομίας έχουν το διαθέσιμο νερό που χρειάζονται για τη δημιουργία ανάπτυξης και θέσεων εργασίας. Πρόκειται για το επονομαζόμενο “Blueprint to safeguard Europe’s water resources”, το οποίο αναθεωρεί την Οδηγία Πλαίσιο του 2000 και βελτιώνει την πολιτική σχετικά με την διαχείριση των υδάτων.

Το συγκεκριμένο σχέδιο επιδιώκει μια στρατηγική προσέγγιση τριών βαθμίδων:

- ✓ Βελτίωση της εφαρμογής της τρέχουσας πολιτικής υδάτων της ΕΕ με την πλήρη αξιοποίηση των ευκαιριών που παρέχονται από τους ισχύοντες νόμους. Για παράδειγμα, την εδραίωση μέτρων σχετικά με το νερό, όπως η αποκατάσταση των υγροτόπων και των πλημμυρίδων περιοχών ή η βελτίωση της εφαρμογής του κανόνα «ο ρυπαίνων πληρώνει» μέσω της μέτρησης, της τιμολόγησης του νερού και της οικονομική ανάλυσης.
- ✓ Ενσωμάτωση των στόχων της πολιτικής των υδάτων σε άλλους συναφείς τομείς πολιτικής, όπως η γεωργία, η αλιεία, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι μεταφορές, και το ταμείο Συνοχής και τα διαρθρωτικά ταμεία.
- ✓ Η κάλυψη των «κενών» του ισχύοντος πλαισίου, ιδίως σε σχέση με τα εργαλεία που απαιτούνται για την αύξηση της αποδοτικής χρήσης του νερού. Σε αυτό το πλαίσιο, εξετάζεται το ενδεχόμενο καθορισμού της ποσότητας νερού που θα χρησιμοποιείται από τα κράτη μέλη με στόχο την οικονομία του, αλλά και την ανάπτυξη των προτύπων της ΕΕ για την επαναχρησιμοποίηση του νερού.

Οι κατευθύνσεις του “Blueprint to safeguard Europe’s water resources”, θα πρέπει να εφαρμοστούν μέχρι το 2020. Αναλυτικότερα το συγκεκριμένο πλαίσιο εστιάζει στους παρακάτω τομείς:

- ✓ Ορθολογική Χρήση Νερού,
- ✓ Καινοτομία στη διαχείριση των φυσικών πόρων,
- ✓ Χρήσεις γης,
- ✓ Οικονομικά κίνητρα για την ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων,
- ✓ Βελτίωση γνώσεων για τη χάραξη πολιτικής των υδάτων,
- ✓ Επίβλεψη της πολιτικής διαχείρισης του νερού,
- ✓ Διαχείριση των υδάτων σε παγκόσμια κλίμακα

(Διαδίκτυο: EU, 2012).

Η εφαρμογή των προτάσεων που περιγράφονται στο προσχέδιο βασίζεται στην Κοινή Στρατηγική Εφαρμογής της Οδηγίας-πλαίσιου για τα ύδατα που αναφέρθηκε παραπάνω. Πρόκειται για μια ανοιχτή και συμμετοχική διαδικασία στην οποία συμμετέχουν τα κράτη μέλη, μη κυβερνητικές οργανώσεις και επιχειρήσεις.

Το Blueprint υποστηρίζεται από την Ευρωπαϊκή Σύμπραξη Καινοτομίας για το νερό και ο χρονικός ορίζοντας εφαρμογής του είναι στενά συνδεδεμένος με τη στρατηγική 2020 της ΕΕ και, ειδικότερα, με τον Οδικό Χάρτη 2011 για την αποτελεσματική χρήση των πόρων (Διαδίκτυο: EU, 2012). Η ανάλυση στην οποία βασίζεται καλύπτει ένα μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, έως το 2050, και πρόκειται να οδηγήσει στην θέσπιση πολιτικής υδάτων της ΕΕ μακροπρόθεσμα (Διαδίκτυο: EU, 2012).

Όσον αφορά στον Οδικό Χάρτη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για μία επαρκή σε πόρους Ευρώπη, υιοθετήθηκε στις 20 Σεπτεμβρίου το 2011 και προτείνει την εισαγωγή δεικτών επάρκειας πόρων και στόχων στο μπλοκ των 27 κρατών μελών. Εκτός από υποχρεωτικές προϋποθέσεις επάρκειας σε συσκευές χρήσης νερού, το έγγραφο δεν κάνει λόγο για νομικά δεσμευτικούς στόχους (European Commission, 2011).

3.2 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

Το θεσμικό πλαίσιο της Ελλάδας, αναφορικά με την διαχείριση των υδάτων, χαρακτηριζόταν μέχρι αρκετά πρόσφατα (μέσα 1980') από πολυνομία, έλλειψη εκσυγχρονισμού και αντιφατικότητα. Αξίζει να σημειωθεί ότι από το 1900 μέχρι και τα μέσα του 1980 είχαν εκδοθεί περίπου 300 νόμοι, προεδρικά και βασιλικά διατάγματα και υπουργικές αποφάσεις γενικής, τοπικής και ειδικής έκτασης που συνθέταν το νομικό πλαίσιο της Ελλάδας για τη διαχείριση των υδάτων. Ως επακόλουθο, σε αρκετές περιπτώσεις τα παραπάνω έρχονταν σε πλήρη αντίθεση ή

επικαλύπτονταν και συχνά επικρατούσε σύγχυση γύρω από την προστασία και την αξιοποίηση των υδατικών πόρων (Μανιάτη-Σιάτου, 2004).

Σύμφωνα με το Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων που πραγματοποίησε το ΥΠΕΧΩΔΕ σε συνεργασία με το ΕΜΠ, οι διατάξεις αυτές χαρακτηρίζονταν από αποσπασματική αντιμετώπιση των τομεακών προβλημάτων, καθώς και από απουσία σύνδεσης και εναρμόνισης με τις αναπτυξιακές επιδιώξεις παραγωγικών τομέων και περιοχών της χώρας. Επίσης, προωθούσαν ιδιαίτερα τις θέσεις των φορέων που τις έχουν εκδώσει και δεν προέβλεπαν τα κατάλληλα όργανα παρακολούθησης και εξειδίκευσης της εφαρμογής τους, υποβαθμίζοντας την ποιοτική διάσταση της διαχείρισης. Ακόμη στερούνταν προοπτικής για το μέλλον και άρα δεν ήταν ικανές να προσεγγίσουν τα σημερινά προβλήματα. Το πιο σημαντικό πρόβλημα ήταν, όμως η αδυναμία εφαρμογής τους και η έλλειψη αποτελεσματικών μηχανισμών ελέγχου και επιβολής των προβλεπόμενων κυρώσεων (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. και Ε.Μ.Π., 2007).

3.2.1 ΝΟΜΟΙ 1650/86 ΚΑΙ 1739/87

Οι πρώτες ολοκληρωμένες κινήσεις που έγιναν για την διαχείριση των υδάτων στην Ελλάδα θεσμοθετούνται με τους εξής νόμους:

- ✓ Ν.1650/86 (ΦΕΚ 160 Α/18-10-86) για την προστασία του περιβάλλοντος
- ✓ Ν.1739/87 (ΦΕΚ 201 Α/20-11-87) για τη διαχείριση των υδατικών πόρων

Σύμφωνα με τον νόμο 1650/86 (ΦΕΚ 160 Α/18-10-86), το νερό αποτελεί στοιχείο του περιβάλλοντος και έτσι προβλέπονται οργανωτικά και θεσμικά μέτρα για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της ποιότητάς του (Μανιάτη-Σιάτου, 2004).

Ο νόμος 1739/87 (ΦΕΚ 201 Α/20-11-87) εισάγει μια σύγχρονη αντίληψη για την αντιμετώπιση του νερού στην έρευνα, στη διοίκηση και στην καθημερινή πρακτική. Συγκεκριμένα, θεσμοθετεί διαδικασίες και όργανα για την διαχείριση των υδάτων σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο. Με το Ν.1739/87 καταργήθηκαν όσες από τις διατάξεις του προαναφερθέντος πολυδιάσπαρτου πλαισίου των 300 νόμων έρχονται σε αντίθεση με αυτόν ή ανάγονται σε ζητήματα που ρυθμίζονται ειδικότερα από αυτόν (ΥΠΑΝ κ.α., 2003). Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι ο νόμος αυτός αποτέλεσε στο παρελθόν τον μοναδικό νόμο που συνέδεε τα θέματα διαχείρισης με τον προγραμματισμό ανάπτυξης της χώρας. Η έννοια της διαχείρισης των υδατικών πόρων νοείται ως το σύνολο των παρεμβάσεων και δραστηριοτήτων που είναι

απαραίτητα για την πληρέστερη δυνατή κάλυψη των αναγκών σε νερό για κάθε χρήση. Κύριος σκοπός της διαχείρισης είναι η αντιμετώπιση των προβλημάτων της ανεπάρκειας, των συγκρουόμενων και ανταγωνιστικών χρήσεων, καθώς και της διατήρησης της υψηλότερης ποιότητας νερού, ανάλογα με τη χρήση του, σήμερα και στο μέλλον.

Αν και οι νόμοι οριοθέτησαν μια καθοριστική, για τη νομοθετική πραγματικότητα των νερών, χρονική περίοδο, εντούτοις, οι αδυναμίες του δημόσιου τομέα, όπως η έλλειψη στήριξης, προσωπικού και πιστώσεων, οδήγησαν στην μη πλήρη εφαρμογή τους, με αποτέλεσμα τη συνέχιση της αποσπασματικής και ευκαιριακής αντιμετώπισης του νερού. Ωστόσο, αν και εφαρμόστηκαν μερικώς, απέδωσαν καρπούς, ιδιαίτερα ο νόμος 1739/87 καθώς δημιούργησε τις απαραίτητες δομές προκειμένου να συνειδητοποιήσουν οι χρήστες και όλοι οι εμπλεκόμενοι στον τομέα του νερού την αναγκαιότητα ορθολογικής και προγραμματισμένης χρήσης του. Επιπλέον, μέσω των νόμων αυτών αποκτήθηκε από τις υπηρεσίες του δημόσιου τομέα εμπειρία στην εφαρμογή και παγίωση τέτοιων ρυθμίσεων, καθώς και αντίληψη του είδους και του μέτρου των επεμβάσεων που απαιτούνται για τη βελτίωσή τους. Τέλος, αποτέλεσαν χρήσιμο υπόβαθρο για τα πρώτα στάδια υλοποίησης της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, καθώς και για την κατάρτιση του Ν. 3199/2003, που ψηφίστηκε κατ' εφαρμογή της (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. και Ε.Μ.Π., 2007).

3.2.2 ΝΟΜΟΣ 3199/2003

Ο νόμος 3199/2003 εκδόθηκε σε εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, με στόχο την εναρμόνιση της εθνικής με την κοινοτική νομοθεσία και αφορά στην προστασία και διαχείριση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων (ΦΕΚ 280 Α/9-12-2003). Συγκεκριμένα, με τις διατάξεις αυτού του νόμου και των κανονιστικών πράξεων που εκδόθηκαν κατ'εξουσιοδότησή του, εναρμονίζεται το εθνικό δίκαιο προς τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000 (Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων L 327/22.12.2000). Επίσης, μέσω του νόμου θεσπίζονται διοικητικά όργανα προκειμένου να διασφαλιστεί η προστασία των υδάτων, μεταξύ των οποίων είναι η Εθνική Επιτροπή Υδάτων, το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων, η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων, οι Διευθύνσεις Υδάτων των Περιφερειών και το Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων. Οι παραπάνω φορείς έχουν συγκεκριμένες αρμοδιότητες και καθορισμένη σύσταση (Διαδίκτυο: Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. 2006). Στον νόμο προσδιορίζονται οι βασικές

αρχές των προγραμμάτων, μέτρων και παρακολούθησης, ή αλλιώς των σχεδίων διαχείρισης, και της χρήσης των υδάτων, ενώ η εναρμόνιση ουσιαστικών θεμάτων της Οδηγίας παραπέμπεται σε Προεδρικά Διατάγματα που εκδόθηκαν μετά την Οδηγία (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. και Ε.Μ.Π., 2007).

Επισημαίνεται ότι σημαντική πρόοδος γίνεται με το Προεδρικό Διάταγμα 51/8.3.2007 (Α' 54), το οποίο εναρμονίζει τα σημαντικά θέματα της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Η πλήρης εφαρμογή του ΠΔ θα οδηγήσει αναντίρρητα στην ολοκληρωμένη προστασία και ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας (Βαδράτσικας, 2007).

Αξίζει να ειπωθεί όμως ότι η καθυστέρηση της εναρμόνισης της κοινοτικής με την ελληνική νομοθεσία, είχε ως επακόλουθο μια σημαντικότερη καθυστέρηση στην εφαρμογή των επιμέρους διατάξεων της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, με βάση το χρονοδιάγραμμα της Ε.Ε. (Κούγκολος, 2004). Η σοβαρότερη καθυστέρηση ωστόσο, σύμφωνα με το Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, αφορά στην εφαρμογή του Άρθρου 5, το οποίο περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των υδάτινων σωμάτων ανά κατηγορίες και τύπους, την ανάλυση και περιγραφή των χαρακτηριστικών των λεκανών απορροής, την εκτίμηση των πιέσεων και ανάλυση επιπτώσεων, τον προκαταρκτικό χαρακτηρισμό των ιδιαίτερος τροποποιημένων υδάτινων σωμάτων, τον χαρακτηρισμό των υδάτινων σωμάτων (επιφανειακών, υπογείων, παράκτιων και μεταβατικών) και την αξιολόγηση του κινδύνου μη επίτευξης των στόχων της Οδηγίας και την προκαταρκτική οικονομική ανάλυση. Για το έργο αυτό, το οποίο σημειωτέον έπρεπε να είχε ολοκληρωθεί το Μάρτιο του 2005, έχουν γίνει κάποιες χρήσιμες μεθοδολογικού χαρακτήρα διερευνήσεις, αλλά ωστόσο δεν έχει αρχίσει ακόμη η ουσιαστική υλοποίηση (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. και Ε.Μ.Π., 2007).

Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι τα προγράμματα παρακολούθησης που βρίσκονται σε λειτουργία και διαθέτουν διαφορετικό φορέα διαχείρισης το καθένα είναι αποσπασματικά, συχνά επικαλυπτόμενα και ελλιπή ως προς τις θέσεις, τη συχνότητα και τις μετρούμενες παραμέτρους (Βαδράτσικας, 2007). Στην κατεύθυνση αυτή κρίνεται σκόπιμο να σημειωθούν οι σοβαρότατες ελλείψεις σε ότι αφορά στις βιολογικές παραμέτρους και τις χημικές ουσίες προτεραιότητας. Κατά συνέπεια, η ενοποίηση και η συμπλήρωση της νομοθεσίας, στο πνεύμα των διατάξεων της Οδηγίας, θα απαιτήσει οπωσδήποτε τεράστια προσπάθεια και σημαντικό χρόνο (Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. και Ε.Μ.Π., 2007).

3.3 ΣΥΝΟΨΗ

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω σε ευρωπαϊκό επίπεδο οι σπουδαιότερες ρυθμίσεις αναφορικά με τη διαχείριση και προστασία των υδάτων είναι α) η Οδηγία 2000/60/ΕΚ, που θεσμοθετήθηκε το 2000 και β) το Blue Print, που θεσμοθετήθηκε το 2012 και συμπληρώνει την Οδηγία 2000/60/ΕΚ ενώ αφορά στους στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τα ύδατα μακροπρόθεσμα. Το θεσμικό πλαίσιο της Ελλάδας εναρμονίζεται με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ μέσω του νόμου 3199/2003 και με το BluePrint μέσω προεδρικών διαταγμάτων. Επίσης, ενέργειες υπέρτατης σημασίας σε εθνικό επίπεδο αποτελούν οι νόμοι 1650/86 και 1739/87 οι οποίοι θεωρούνται τα θεμέλια για την διαχείριση και προστασία των υδατικών πόρων στην Ελλάδα.

Ωστόσο, για την ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων το θεσμικό πλαίσιο που περιγράφεται στο κεφάλαιο αυτό δεν επαρκεί. Διότι ο σύγχρονος τρόπος ζωής με τις αυξανόμενες ανάγκες σε νερό και η συνεχής αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού προστάζουν την επαναχρησιμοποίηση και την ανακύκλωση του νερού. Αυτό σημαίνει πως τόσο η Ευρώπη, όσο και η Ελλάδα θα πρέπει να διαθέτουν κανονισμούς που να ρυθμίζουν θέματα που αφορούν την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων προκειμένου να προβούν στη σωστή διαχείριση τους. Οι κανονισμοί αυτοί αναφέρονται σε επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ

4.1 ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το νερό χρησιμοποιείται προκειμένου να εξυπηρετήσει είτε καταναλωτικούς, ή μη καταναλωτικούς σκοπούς. Έτσι, αντίστοιχα οι χρήσεις του νερού κατηγοριοποιούνται σε καταναλωτικές και σε μη καταναλωτικές (ΥΠΑΝ κ.α., 2003, Καρούζος κ.α., 2005).

Ως καταναλωτικές χαρακτηρίζονται οι χρήσεις που απαιτούν συγκεκριμένη ποσότητα νερού που εξέρχεται από το φυσικό υδατικό σύστημα και της οποίας μόνο ένα μέρος επιστρέφει άμεσα ή έμμεσα στο υδατικό σύστημα, με διαφοροποιημένη την ποιοτική του κατάσταση (ΥΠΑΝ κ.α., 2003, Καρούζος κ.α., 2005).

Στις καταναλωτικές χρήσεις ανήκουν:

- ✓ η γεωργία και η κτηνοτροφία (άρδευση των καλλιεργειών και κάλυψη των αναγκών νερού της κτηνοτροφίας),
- ✓ η ύδρευση των νοικοκυριών,
- ✓ η κάλυψη των αναγκών σε νερό της βιομηχανίας και
- ✓ η παραγωγή ενέργειας και συγκεκριμένα η ψύξη των ΑΗΣ (ΥΠΑΝ κ.α., 2003, Καρπούζος κ.α., 2005).

Ως μη καταναλωτικές χαρακτηρίζονται οι χρήσεις στις οποίες δεν μεταβάλλονται τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού που χρησιμοποιείται. Επίσης, το νερό που χρησιμοποιείται δεν απομακρύνεται από το φυσικό υδατικό του σύστημα. Η ζήτηση μη καταναλωτικού χαρακτήρα χαρακτηρίζεται ως δέσμευση, της οποίας οι κύριες επιπτώσεις εμφανίζονται αφενός στην ορθολογική διαχείριση των διαθέσιμων ποσοτήτων και αφετέρου στις ποιοτικές προδιαγραφές που απαιτούνται (ΥΠΑΝ κ.α., 2003, Καρπούζος κ.α., 2005).

Στις μη καταναλωτικές χρήσεις νερού ανήκουν:

- ✓ η κάλυψη των αναγκών της ιχθυοκαλλιέργειας (η οποία προκαλεί ποιοτική υποβάθμιση του νερού),
- ✓ η παραγωγή ενέργειας και συγκεκριμένα για την λειτουργία των ΥΗΣ και
- ✓ η κάλυψη των περιβαλλοντικών αναγκών. Η περιβαλλοντική χρήση του νερού αφορά στην παροχή που απαιτείται στα υδατορεύματα ή τους όγκους νερού σε φυσικές ή τεχνητές λίμνες προκειμένου να μην υποβαθμιστεί η ποιότητα του νερού και το σχετικό οικοσύστημα. Η απαιτούμενη ποσότητα σχετίζεται και με τη δυνατότητα αυτοκαθαρισμού του υδατικού αποδέκτη (ΥΠΑΝ κ.α., 2003, Καρπούζος κ.α., 2005).

Η προοπτική επαναχρησιμοποίησης του νερού συμβάλλει στην επίτευξη της επάρκειας νερού και για τα δύο είδη χρήσεων, δηλαδή καταναλωτικές και μη καταναλωτικές (ΥΠΑΝ κ.α., 2003, Καρπούζος κ.α., 2005).

4.2 ΟΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ

Ο βαθμός επεξεργασίας του γκρίζου και του βρόχινου νερού καθορίζει ποιες από τις παραπάνω χρήσεις μπορεί να εξυπηρετήσει το επαναχρησιμοποιημένο νερό. Γενικά, η επαναχρησιμοποίηση του νερού διακρίνεται σε δύο βασικούς τύπους και εν συνεχεία κάθε τύπος μπορεί να αναλυθεί σε επιμέρους υπο-περιπτώσεις (Ανδρεαδάκης, 2007).

Οι δύο αυτοί βασικοί τύποι είναι:

A. Επαναχρησιμοποίηση για μη πόσιμους σκοπούς, η οποία εξυπηρετεί τις παρακάτω χρήσεις:

- ✓ Αγροτική,
- ✓ Αστική,
- ✓ Βιομηχανική,
- ✓ Φόρτιση υπογείων υδροφορέων (που δεν χρησιμοποιούνται για ύδρευση),
- ✓ Αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και δημιουργία χώρων αναψυχής.

B. Επαναχρησιμοποίηση για εμπλουτισμό του δικτύου ύδρευσης, η οποία εξυπηρετεί πόσιμους σκοπούς:

- ✓ Έμμεση πόση (μέσω εμπλουτισμού υπόγειων υδροφορέων),
- ✓ Άμεση πόση.

(Ανδρεαδάκης, 2007).

4.2.1 ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ

Η άρδευση αγροτικών εκτάσεων απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού και αποτελεί ένα σημαντικό ποσοστό των συνολικών αναγκών σε νερό στις περισσότερες χώρες. Σε παγκόσμιο επίπεδο, το ποσοστό του νερού που εξυπηρετεί αγροτικές χρήσεις υπερβαίνει το 70% της συνολικής κατανάλωσης νερού. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, η άρδευση αντιπροσωπεύει το 34-40% της ολικής χρήσης του νερού ενώ στη Καλιφόρνια και την Αριζόνα το αντίστοιχο ποσοστό κυμαίνεται μεταξύ 80-85%. Στην Ελλάδα το ποσοστό αυτό είναι ακόμη μεγαλύτερο καθώς ανέρχεται στο 86% της συνολικής κατανάλωσης νερού της χώρας (FAO, 1992).

Στην περίπτωση που οι υδατικοί πόροι μιας περιοχής δεν ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις για τις αγροτικές εφαρμογές, είναι δυνατό να εμπλουτιστούν με κατάλληλα επεξεργασμένα απόβλητα (Ανδρεαδάκης, 2007). Τα οφέλη που προκύπτουν από την επαναχρησιμοποίηση του νερού για αγροτικούς σκοπούς, εκτός από την προφανή εξοικονόμηση υδάτινων πόρων, σε πολλές περιπτώσεις σχετίζονται και με την αύξηση της αγροτικής παραγωγής. Έτσι, αποτελεί πλέον συνηθισμένο φαινόμενο, σε πολλές περιοχές του κόσμου, η επιλογή της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων και των όμβριων υδάτων για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών (Γκίκας, 2003).

4.2.2 ΑΣΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ

Η αστική επαναχρησιμοποίηση του νερού αφορά στην παροχή ανακτημένου νερού σε αστικές περιοχές για οποιαδήποτε χρήση εκτός της πόσης. Η αστική επαναχρησιμοποίηση είναι ιδιαίτερα σημαντική δεδομένου ότι μόνο περίπου το 15% του νερού που χρησιμοποιείται σε αστικές περιοχές απαιτείται να έχει την ποιότητα του πόσιμου. Αν και οι ποσότητες ανακτημένων υγρών αποβλήτων που χρησιμοποιούνται σήμερα για αστική χρήση παγκοσμίως είναι περιορισμένες και προβλέπεται ότι θα παραμείνουν σε χαμηλά επίπεδα και στο προσεχές μέλλον, οι τεχνολογικές επιτεύξεις στον τομέα αυτό έχουν μεγάλο επιστημονικό και κοινωνικό ενδιαφέρον (Hermanowicz και Asano, 1998).

Στις αστικές χρήσεις ανήκουν το πότισμα αθλητικών γηπέδων, σχολικών αυλών, γηπέδων παιχνιδιού, δημόσιων πάρκων και κέντρων αναψυχής, νησίδων και κρασπέδων αυτοκινητοδρόμων και κήπων που περιβάλλουν δημόσια κτήρια και εγκαταστάσεις, κήπων μονοκατοικιών και πολυκατοικιών, γενικό πλύσιμο και άλλες εργασίες συντήρησης, εμπορικές χρήσεις, όπως οι εγκαταστάσεις πλυσίματος οχημάτων, το πλύσιμο παραθύρων, το νερό ανάμιξης για ζιζανιοκτόνα, εντομοκτόνα και υγρά λιπάσματα, πυροπροστασία κλπ. (Ανδρεαδάκης, 2007).

Κατά τον σχεδιασμό των συστημάτων επαναχρησιμοποίησης ανακτημένου νερού για αστική χρήση, οι βασικές παράμετροι που πρέπει να μελετώνται είναι η αξιοπιστία εξυπηρέτησης και η προστασία της δημόσιας υγείας (Ανδρεαδάκης, 2007).

4.2.3. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΧΡΗΣΗ

Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιούνται σε πολλές χώρες σημαντικές προσπάθειες για τη μείωση της παραγωγής βιομηχανικών αποβλήτων καθώς επίσης και για τη μείωση της κατανάλωσης νερού για βιομηχανική χρήση. Στην υλοποίηση των προσπαθειών αυτών συμβάλλουν οι αυστηροί κανονισμοί και οι περιορισμοί που επιβάλλονται από την νομοθεσία και τις οδηγίες που εκδίδονται αλλά και η κλιμακωτή τιμολόγηση της κατανάλωσης και η ανάπτυξη περιβαλλοντικής και κοινωνικής συνείδησης (EPA, 2004).

Η χρήση ανακυκλωμένου νερού στη βιομηχανία αποτελεί ένα ιδιαίτερα συχνό φαινόμενο. Το ανακυκλωμένο νερό που χρησιμοποιείται συνήθως παράγεται ως παραπροϊόν κατά τις διάφορες διεργασίες. Όπως τα όμβρια ύδατα, έτσι και τα αστικά λύματα είναι κατάλληλα για πολλές βιομηχανικές χρήσεις που χρησιμοποιούν νερό

το οποίο δεν χρειάζεται να έχει την ποιότητα του πόσιμου. Αυτές οι χρήσεις σχετίζονται με:

- ✓ το νερό ψύξης το οποίο παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ζήτηση,
- ✓ το νερό τροφοδοσίας λεβήτων και
- ✓ το βιομηχανικό νερό (Ανδρεαδάκης, 2007).

4.2.4 ΦΟΡΤΙΣΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΠΟΥ ΔΕΝ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΥΔΡΕΥΣΗ.

Ο τεχνητός εμπλουτισμός υπόγειων υδροφορέων με ανακτημένο νερό εξυπηρετεί τους εξής σκοπούς:

- ✓ τη δημιουργία υδραυλικού φράγματος (το οποίο παρεμποδίζει την διείσδυση και ανάμιξη του θαλάσσιου νερού με το γλυκό νερό παράκτιων υδροφορέων),
- ✓ την αποθήκευση του ανακτημένου νερού για μελλοντική χρήση ή για εξισορρόπηση των διακυμάνσεων της ζήτησης (π.χ. για άρδευση που είναι συνήθως εποχιακή, για ανύψωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, για έλεγχο πιθανών καθιζήσεων του εδάφους, καθώς και για την περαιτέρω επεξεργασία των αστικών αποβλήτων ώστε να είναι δυνατή η μελλοντική χρησιμοποίησή τους) (EPA, 2004).

Η αποθήκευση του ανακτημένου νερού σε υπόγειους υδροφορείς επιτρέπει την αποφυγή των δυσάρεστων συνεπειών, που συνδέονται με τις επιφανειακές εγκαταστάσεις αποθήκευσης, όπως είναι η εξάτμιση, η ρύπανση, ο ευτροφισμός οι οποίες υποβαθμίζουν την ποιότητα του νερού με την δημιουργία δυσάρεστων οσμών και γεύσεων και την παραγωγή τοξικών ουσιών. Επίσης, Η αποθήκευση του ανακτημένου νερού σε υπόγειους υδροφορείς είναι μικρότερου κόστους από το αντίστοιχο κόστος επιφανειακών ταμιευτήρων. Μειονεκτούν όμως έναντι των επιφανειακών εγκαταστάσεων αποθήκευσης ως προς το κόστος κατασκευής και λειτουργίας των απαιτούμενων γεωτρήσεων, που είναι ιδιαίτερα υψηλό και ως προς την προχωρημένη επεξεργασία που απαιτείται. Τέλος, η αποθήκευση του ανακτημένου νερού σε υπόγειους υδροφορείς αυξάνει την πιθανότητα του κινδύνου ρύπανσης του υπόγειου υδροφορέα, η εξυγίανση του οποίου είναι μια δύσκολη, δαπανηρή και χρονοβόρα διαδικασία (EPA, 2004, Ανδρεαδάκης, 2007).

4.2.5 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΩΡΩΝ ΑΝΑΨΥΧΗΣ

Η χρήση ανακτημένου νερού για την αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και τη δημιουργία χώρων αναψυχής περιλαμβάνει (Ανδρεαδάκης, 2007):

- ✓ τη διατήρηση φυσικών υδροβιοτόπων ή τη δημιουργία τεχνητών,
- ✓ τη δημιουργία χώρων αναψυχής και
- ✓ την αύξηση της παροχής επιφανειακών ρευμάτων.

Σκοπός τους είναι η δημιουργία ενός περιβάλλοντος στο οποίο μπορεί να αναπτυχθεί ζωή.

4.2.6 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΓΙΑ ΣΚΟΠΟΥΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Η εφαρμογή των έργων επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων και όμβριων υδάτων για άμεση ή έμμεση ύδρευση είναι πολύ περιορισμένη. Συμβαίνει μόνο σε κάποιες περιοχές στις οποίες δεν είναι δυνατή ή είναι ιδιαίτερα δύσκολη η αξιοποίηση άλλων διαθέσιμων υδατικών πόρων. Γενικά υπήρξε και εξακολουθεί να υπάρχει ακόμα και σήμερα σοβαρός προβληματισμός ως προς την άμεση ή έμμεση επαναχρησιμοποίηση όμβριων υδάτων και πολύ περισσότερο λυμάτων για πόση. Οι βασικές ανησυχίες αναφορικά με την επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων για υδρευτικούς σκοπούς, σχετίζονται πιθανές χρόνιες επιδράσεις στην υγεία από πιθανή αντίδραση και ανάμειξη ανόργανων και οργανικών συστατικών που παραμένουν στην ανακτώμενη εκροή, ακόμα και υπό συνθήκες πολύ προχωρημένης επεξεργασίας (Αγγελάκης και Παρανυχιάκης, 2005).

Είναι ευρύτατα παραδεκτό ότι τα συνήθη ποιοτικά κριτήρια του πόσιμου νερού επαρκούν μόνο στην περίπτωση που η υδροληψία γίνεται από πηγές που δεν έχουν ακόμα υποστεί ρύπανση και όχι από ανακτημένα λύματα. Στην περίπτωση των λυμάτων οι απαιτήσεις είναι μεγαλύτερες και όχι καλά προσδιορισμένες. Οι έρευνες οι σχετικές με τις επιδράσεις στην υγεία κατά την επαναχρησιμοποίηση για πόση είναι εφαρμόσιμες μόνο για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση, καθώς το μείγμα των ρύπων διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Ακόμα και για την ίδια περιοχή είναι πιθανό τα επικίνδυνα συστατικά των λυμάτων να αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου (Ανδρεαδάκης, 2007).

4.3 ΣΥΝΟΨΗ

Στο κεφάλαιο αυτό έγινε ένας διαχωρισμός μεταξύ των χρήσεων του νερού και μεταξύ των διαφόρων τύπων επαναχρησιμοποίησης. Οι χρήσεις του νερού διακρίθηκαν σε καταναλωτικές και μη καταναλωτικές ανάλογα με το αν απομακρύνονται ή όχι από το φυσικό τους υδατικό σύστημα. Η επαναχρησιμοποίηση του νερού διακρίνεται σε επαναχρησιμοποίηση για πόσιμους και μη πόσιμους σκοπούς και εξυπηρετεί κυρίως τις καταναλωτικές χρήσεις. Η επαναχρησιμοποίηση για μη πόσιμους σκοπούς οι οποία διακρίνεται σε επιμέρους κατηγορίες είναι περισσότερο συνηθισμένη. Η βασική αιτία είναι ότι το ανακτημένο νερό όταν προορίζεται για μη πόσιμες χρήσεις δεν χρήζει ιδιαίτερα προηγμένης επεξεργασίας σε αντίθεση με το όταν προορίζεται για πόσιμες χρήσεις. Επίσης, η χρήση ανακτημένου νερού για πόσιμες χρήσεις δεν είναι πάντα ασφαλής και θέτει μεγάλα ρίσκα για τη δημόσια υγεία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΥΔΑΤΩΝ

Πλήθος πόλεων στη Βόρεια Αμερική και στην Ευρώπη έχουν επάρκεια όσον αφορά στην παροχή νερού. Αυτό οφείλεται στην πρόοδο των τεχνικών συστημάτων ύδατος, τα οποία έχουν καταστήσει εφικτή την παροχή πόσιμου νερού.

Ωστόσο, σε αρκετές περιοχές του κόσμου εξακολουθούν να υπάρχουν προβλήματα με τη διαθεσιμότητα του νερού και την επεξεργασία και μεταφορά των λυμάτων. Επιπροσθέτως, η ανάπτυξη των πλακόστρωτων επιφανειών στις πόλεις δημιουργεί προβλήματα, καθώς η φυσική διήθηση διακόπτεται με τη σφράγιση του εδάφους με αποτέλεσμα την αύξηση της επιφανειακής απορροής και τους αυξημένους κινδύνους πλημμυρών (Hoyer et al., 2011).

Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψη την κλιματική αλλαγή, η συχνότητα των πλημμυρών και η ξηρασία τα επόμενα χρόνια θα συνεχίσουν να αυξάνονται. Από την «τρίτη παγκόσμια έκθεση για την ανάπτυξη του νερού» (United Nations World Water Development Report 2009) προκύπτει ότι:

- ✓ Περισσότερα από 4 δισεκατομμύρια άνθρωποι εξακολουθούν να μην έχουν πρόσβαση σε ασφαλές, πόσιμο νερό, ενώ η παγκόσμια κατανάλωση νερού αυξάνεται διαρκώς.

- ✓ Στις περιοχές όπου εντοπίζεται λειψυδρία, ο πληθυσμός αυξάνεται διαρκώς. Έτσι, προβλέπεται ότι το 2030 περίπου το μισό του παγκόσμιου πληθυσμού θα ζει σε περιοχές με πρόβλημα λειψυδρίας.
- ✓ Η συχνότητα των καταστροφών που σχετίζονται με το νερό, όπως πλημμύρες ή ξηρασία, έχουν διπλασιαστεί κατά τη δεκαετία μεταξύ 1996 και 2005, σε σχέση με το χρονικό διάστημα 1950-1980 και προκάλεσαν πέντε φορές μεγαλύτερες καταστροφές. Η τάση αυτή αναμένεται να αυξηθεί τα επόμενα χρόνια.

(Διαδίκτυο: Unesco, 2009).

Γενικότερα, η μέση ημερήσια κατανάλωση νερού στις ευρωπαϊκές χώρες είναι 220 λίτρα ανά άτομο. Στη Βόρεια Αμερική και Ιαπωνία είναι 350 λίτρα ανά άτομο, ενώ στην υποσαχάρια Αφρική μόνο 10-20 λίτρα ανά άτομο (Διαδίκτυο: World Water Council, 2010).

Η μεγαλύτερη κατανάλωση νερού συναντάται σε Ινδία, Κίνα και Ηνωμένες Πολιτείες, καθώς και σε Πακιστάν, Ιαπωνία, Ταϊλάνδη, Ινδονησία, Μπαγκλαντές, Μεξικό και Ρωσική Ομοσπονδία (Διαδίκτυο: Unesco, 2009).

Υπό φυσιολογικές συνθήκες, το νερό λειτουργεί σε έναν κύκλο βροχοπτώσεων, διήθησης, επιφανειακής απορροής, και εξάτμισης. Ωστόσο, σε αρκετές περιοχές, αυτός ο κύκλος έχει διαταραχθεί και δεν μπορεί να συνεχίσει ομαλά την πορεία του. Αυτό επηρεάζει αρνητικά τα υπόγεια ύδατα, τα αποθέματα νερού, την ποιοτική και ποσοτική κατάσταση των ποταμών που συμμετέχουν στον κύκλο νερού, καθώς και το αστικό κλίμα. Όλα τα προβλήματα που απαριθμούνται καθιστούν σαφές ότι υπάρχει μία ανάγκη για πιο αποτελεσματικές λύσεις στη διαχείριση των αστικών λυμάτων (Hoyer et al., 2011). Επίσης, είναι κατανοητό ότι το νερό δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να σπαταλιέται αλλά πρέπει να συλλέγεται προκειμένου να χρησιμοποιηθεί σε άλλους τομείς είτε μέσω της διαδικασίας της ανακύκλωσης του, είτε μέσω της διαδικασίας επαναχρησιμοποίησης του (Hoyer et al., 2011).

5.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

Η δύναμη της επαναχρησιμοποίησης των υδάτων προκειμένου να αντιμετωπιστεί η έλλειψη του γλυκού νερού είχε γίνει αντιληπτή ήδη από τα αρχαία χρόνια. Υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις για τη χρήση υγρών αποβλήτων για την άρδευση γεωργικών καλλιεργειών κατά τη διάρκεια της Μινωικής περιόδου (3000-1100 π.Χ.). Επίσης, οι

Μινωίτες θεωρούνται πρωτοπόροι σε τεχνολογίες σχετικές με τη συλλογή, υγιεινή και χρήση όμβριων νερών (Grimaldi et al., 2006). Οι τεχνολογίες αυτές διαδόθηκαν στη συνέχεια στην κεντρική Ελλάδα και από εκεί σε άλλες χώρες. Επίσης, άρδευση καλλιεργούμενων εκτάσεων με επαναχρησιμοποιημένο νερό έχει καταγραφεί στη Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο, από το 16ο και 18ο αιώνα, αντίστοιχα. Αργότερα, κατά τη διάρκεια του 19ου αιώνα η εισαγωγή συστημάτων συλλογής λυμάτων, για την απόρριψη των λυμάτων στα επιφανειακά ύδατα οδήγησε στην έμμεση χρήση των λυμάτων και άλλων υγρών αποβλήτων. Αυτή η μη προγραμματισμένη επαναχρησιμοποίηση του νερού σε συνδυασμό με την ανεπαρκή επεξεργασία νερού και λυμάτων, οδήγησε σε καταστροφικές επιδημίες υδρογενών νόσων κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1840 και του '50 (Ngo et al., 2003).

Όσον αφορά στη νεότερη ιστορία, εδώ και 100 χρόνια περίπου, και ξεκινώντας από τις Ηνωμένες Πολιτείες χρησιμοποιείται «αναγεννημένο» νερό μετά από ανάλογη επεξεργασία σε ποικίλες χρήσεις. Όταν ακόμη η επαναχρησιμοποίηση του νερού βρισκόταν σε πολύ πρώιμο στάδιο ως τεχνική, πολλές από τις μεγάλου όγκου χρήσεις του ανακυκλωμένου νερού ήταν για εφαρμογές (π.χ. άρδευση βοσκοτόπων) σε περιοχές γειτνιάζουσες με τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων οι οποίες δεν απαιτούν υψηλής ποιότητας εκροές. Οι εν λόγω εφαρμογές συχνά αντιμετωπιζόνταν ως μία μέθοδος διάθεσης λυμάτων. Το 1912, το πρώτο μικρό αστικό σύστημα επαναχρησιμοποίησης ξεκίνησε με την άρδευση του Golden Gate Park στο Σαν Φρανσίσκο. Από τη δεκαετία του 1960, η άρδευση του τοπίου είχε αποτελέσει μια σημαντική χρήση του ανακυκλωμένου νερού (Διαδίκτυο: Water Reuse Association, 2011).

Το 1977, στην πόλη της Αγίας Πετρούπολης, στην Florida, χτίστηκε το πρώτο μεγάλο αστικό σύστημα επαναχρησιμοποίησης στις Ηνωμένες Πολιτείες. Με τη συνεχή αύξηση της ζήτησης του νερού, καθώς οι πληθυσμοί αυξήθηκαν και τα αποθέματα νερού περιορίστηκαν, η σκόπιμη επαναχρησιμοποίηση υψηλής ποιότητας ανακυκλωμένου νερού έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία 30 χρόνια. Το αναγεννημένο νερό πλέον θεωρείται ότι είναι ένας πολύτιμος πόρος σε πολλά μέρη του κόσμου, και η τάση έχει μετατοπιστεί προς ένα υψηλότερο επίπεδο χρήσεων, όπως η άρδευση αστικού τοπίου, η έκπλυση τουαλέτας, οι βιομηχανικές χρήσεις, και η αύξηση του πόσιμου νερού (Ngo et al., 2003, Grimaldi et al., 2006).

Σύμφωνα με την Οργάνωση Επαναχρησιμοποίησης του νερού που εδρεύει στην Βιρτζίνια, ΗΠΑ (γνωστή ως “WateReuse Association”), τα γεγονότα-σταθμοί στην παγκόσμια ιστορία της επαναχρησιμοποίησης του νερού είναι τα εξής:

- ✓ 1912: Το πρώτο μικρό αστικό σύστημα επαναχρησιμοποίησης ξεκίνησε με την άρδευση του Golden Gate Park στο Σαν Φρανσίσκο.
- ✓ 1965: Στο Ισραήλ αρχίζει χρήση ανακυκλωμένου νερού για την άρδευση των καλλιεργειών.
- ✓ 1966: Η Φλόριντα εισέρχεται στην αρένα του αναγεννημένου νερού με την κατασκευή του Tallahassee Reclaimed Water Farm.
- ✓ 1977: Η πόλη της Αγίας Πετρούπολης, Florida, κατασκευάζει το πρώτο μεγάλο αστικό σύστημα επαναχρησιμοποίησης στις Ηνωμένες Πολιτείες.
- ✓ 1984: Στο Τόκιο αρχίζει η χρήση ανακυκλωμένου νερού από την Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Ochiai, για την έκπλυση τουαλέτας σε εμπορικά κτήρια στην περιοχή Shinjuku. Η μονάδα λειτουργεί υπό την αιγίδα του μητροπολιτικού γραφείου ύδρευσης και αποχέτευσης του Τόκιο.
- ✓ 1985: Water Conserv II, το μεγαλύτερο έργο επαναχρησιμοποίησης που συνδυάζει την γεωργική άρδευση με τον εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα μέσω λεκανών ταχείας διήθησης, αρχίζει τη λειτουργία στο Ορλάντο, Φλόριντα.
- ✓ 1987: Εκπόνηση μελέτης από τον Οργανισμό Υδατικών Πόρων του Monterey County, Καλιφόρνια, με τίτλο "Ανάκτηση αποβλήτων, Μελέτη για τη γεωργία, Τελική Έκθεση" από την έρευνα προέκυψε ότι η άρδευση ενεργειακών καλλιεργειών (π.χ. αγριαγκινάρες) με ανακυκλωμένο νερό φαίνεται να είναι τόσο ασφαλής όσο και η άρδευση με φρέσκο νερό.
- ✓ 1989: Η Ισπανία αρχίζει την άρδευση των γηπέδων γκολφ με ανακυκλωμένο νερό από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων Consorcidela Costa Brava.
- ✓ 1996: Εκπόνηση μελέτης από το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ, (National Academies of Science, National Research Council), με τίτλο "Η χρήση του ανακυκλωμένου νερού ή λάσπης στα τρόφιμα Φυτικής Παραγωγής". Οι καλλιέργειες που αρδεύονται με επαναχρησιμοποίηση δεν παρουσιάζουν μεγαλύτερο κίνδυνο για τον καταναλωτή από ό,τι καλλιέργειες αρδεύονται από συμβατικές πηγές.

- ✓ 1998: Στο Monterey County, Καλιφόρνια, αρχίζει να εφαρμόζεται η άρδευση με ανακυκλωμένο νερό, συμπεριλαμβανομένων 12.000 στρεμμάτων λαχανικών, όπως μαρούλια, φράουλες, κουνουπίδι, μπρόκολο, αγκινάρες, σέλινο και μάραθο. Τα λαχανικά συνεχίζουν να αρδεύονται με ανακυκλωμένο νερό.
- ✓ 1998: Εκπόνηση μελέτης με τίτλο "Ασφάλεια χρήσης ανακυκλωμένου νερού στην καλλιέργεια τροφίμων για τα έργα ανακύκλωσης νερού στο Monterey County". Το ανακυκλωμένο νερό είναι τόσο ασφαλές για την άρδευση των λαχανικών, όπως οι συμβατικές πηγές του νερού άρδευσης.
- ✓ 1999: Το έργο αγωγών που πραγματοποιήθηκε στη Βιρτζίνια που είναι ιδιαίτερα γνωστό ως Pipeline Project, αποτελεί το μεγαλύτερο έργο αποκατάστασης του νερού στην Αυστραλία, εξυπηρετεί σκοπούς άρδευσης, χρησιμοποιώντας αναγεννημένο νερό από τη Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων του Μπολιβάρ.
- ✓ 2003: Εκπόνηση μελέτης από το Τμήμα Προστασίας Περιβάλλοντος της Φλόριντα, με τίτλο: "Έρευνα για πρωτοζωϊκά παθογόνα στο αναγεννημένο νερό". Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι δεν υπάρχουν στοιχεία από οποιαδήποτε ασθένεια που συνδέονται με τα συστήματα επαναχρησιμοποίησης του νερού στις Ηνωμένες Πολιτείες ή σε άλλες χώρες που έχουν εύλογα πρότυπα για την επαναχρησιμοποίηση.
- ✓ 2005: Εκπόνηση μελέτης από το Ίδρυμα Ερευνών Επαναχρησιμοποίησης νερού των ΗΠΑ (γνωστό ως "WateReuse Research Foundation"), με τίτλο «Άρδευση πάρκων, παιδικών χαρών, και σχολικών αυλών με Αναγεννημένο Νερό: Έκταση και Ασφάλεια". Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι δεν υπάρχουν περιστατικά ασθενειών που οφείλονται σε παθογόνα βακτήρια ή χημικές ουσίες, και οι κίνδυνοι δεν είναι συγκριτικά διαφορετικοί από τους κινδύνους που συνδέονται με την άρδευση με πόσιμο νερό.
- ✓ 2008: Εκπόνηση μελέτης από τον David York, σχετικά με την ασφάλεια της άρδευσης των καλλιεργειών τροφίμων με ανακτημένο νερό, στη Φλόριντα, με τίτλο «Ασφάλεια και προστασία της δημόσιας υγείας χωρίς αρνητικές αντιδράσεις από την πλευρά του κοινού».
- ✓ 2009: Εκπόνηση μελέτης από το Ίδρυμα Ερευνών Επαναχρησιμοποίησης νερού (WateReuse Research Foundation), με τίτλο "Μια ποσοτική σύγκριση του ανακυκλωμένου νερού, και των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων". Η

μελέτη έδειξε πως τα αναγεννημένα, τα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα έχουν περισσότερες ομοιότητες από διαφορές νερού.

(Διαδίκτυο: Water Reuse Association, 2011).

Όσον αφορά στην Ευρώπη οι διαδικασίες ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης του νερού δεν είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένες. Πρωτοπόρες χώρες στην επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων για μη πόσιμες χρήσεις είναι η Κύπρος, η Ισπανία και η Ιταλία, οι οποίες έπρεπε να αντιμετωπίσουν το έντονο πρόβλημα λειψυδρίας. Στην επαναχρησιμοποίηση του βρόχινου νερού σπουδαία βήματα έχουν πραγματοποιηθεί από τη Γερμανία και την Ολλανδία, όπου έχουν αναπτυχθεί κατάλληλα συστήματα για την πρόληψη των πλημμύρων.

5.2 ΙΣΧΥΟΝ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ

Η έλλειψη ενιαίου νομοθετικού πλαισίου σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση του νερού αποτελεί το βασικό εμπόδιο στην εφαρμογή της συγκεκριμένης πρακτικής. Οι περισσότερες χώρες που ανήκουν στην λεκάνη της Μεσογείου όπως Τουρκία, Αίγυπτος, Λίβανος, Μάλτα, Αλγερία, Αλβανία κ.α. δεν διαθέτουν καν σαφείς οδηγίες σε σχέση με την επαναχρησιμοποίηση του νερού. Αν και σε ορισμένες χώρες η επαναχρησιμοποίηση είναι αρκετά ανεπτυγμένη, μέσω ενός οργανωμένου θεσμικού πλαισίου συναντάται και πάλι το πρόβλημα έλλειψης ενιαίου πλαισίου. Συγκεκριμένα, οι κανονισμοί κάθε χώρας διαφέρουν κατά πολύ μεταξύ τους. Υπάρχουν χώρες όπως η Ιταλία και η Ισπανία που το θεσμικό πλαίσιο δεν αφορά καν στο σύνολο της χώρας. Χώρες όπως η Ιταλία, η Κύπρος και το Ισραήλ εφαρμόζουν κανονισμούς όσον αφορά στην επαναχρησιμοποίηση του νερού που συμφωνούν με την Οδηγία της Καλιφόρνιας, ενώ άλλες χώρες όπως η Γαλλία και η Τυνησία έχουν υιοθετήσει κανονισμούς σχετικά με την ποιότητα του νερού που συμπίπτουν με την Οδηγία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ) (Bahri και Brissaud, 2004).

5.2.1 ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΕ ΔΙΕΘΝΕΣ ΕΠΙΠΕΔΟ

Παρακάτω παρουσιάζονται τα σπουδαιότερα νομοθετικά εργαλεία, σε παγκόσμιο επίπεδο, για την επαναχρησιμοποίηση των υδάτων.

Οδηγία Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO)

Η Οδηγία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας θεσπίστηκε το 1989 και αποτελεί μια προσπάθεια που στοχεύει στην αντιμετώπιση των δυνατοτήτων επαναχρησιμοποίησης λυμάτων στις αναπτυσσόμενες χώρες και για το λόγο αυτό τα

κριτήρια επαναχρησιμοποίησης δεν είναι ιδιαίτερα αυστηρά. Έτσι, αρκετές χώρες έχουν αποφασίσει να θέσουν νέα κριτήρια προκειμένου να διασφαλίσουν τις απαραίτητες συνθήκες υγιεινής και ποιότητας (Blumenthal et al., 2000).

Τα μέτρα που θεσπίστηκαν μέσω της Οδηγίας του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας προκειμένου να μειώσουν αλλά και να εξαλείψουν τους κινδύνους μετάδοσης ασθενειών κατά την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για άρδευση διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες, οι οποίες είναι:

- Επεξεργασία λυμάτων,
- Περιορισμός των τύπων των αρδευόμενων καλλιεργειών,
- Επιλογή μεθόδου άρδευσης,
- Έλεγχος της ανθρώπινης έκθεσης στους παθογόνους μικροοργανισμούς των λυμάτων, του εδάφους ή των καλλιεργειών (WHO, 1989).

Κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνιας

Η πολιτεία της Καλιφόρνιας έχει θεσπίσει τον πρώτο κανονισμό για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων ήδη από το 1918. Αυτές οι πρώτες ρυθμίσεις αφού υπέστησαν πληθώρα επεκτάσεων και αναθεωρήσεων απέκτησαν την σημερινή τους μορφή το 1978. Ο συγκεκριμένος κανονισμός αποτελεί την κοινή βάση στο ζήτημα επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων και σε χώρες πέραν της Καλιφόρνιας (Crook et al., 2001).

5.2.2. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΕ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Στην Ευρώπη η μοναδική νομική βάση μέσω της οποίας γίνεται προσπάθεια διευθέτησης του θέματος είναι η Ευρωπαϊκή Οδηγία 91/271 (Διαδίκτυο: European Union, 1991), η οποία αναφέρεται κατά βάση στην επεξεργασία αστικών λυμάτων. Ωστόσο, θεωρείται ιδιαίτερα ελλιπής και αυτό διαφαίνεται από το ότι δεν αποτελεί δεσμευτικό εργαλείο καθώς αναφέρει επιγραμματικά ότι «η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων πρέπει να γίνεται όποτε κρίνεται σκόπιμο».

Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 91/271 (Διαδίκτυο: European Union, 1991), σχετικά με τη διαχείριση των αστικών λυμάτων, εκδόθηκε στις 21 Μαΐου 1991. Στόχος της είναι η προστασία του περιβάλλοντος από τις αρνητικές επιπτώσεις της διάθεσης των αστικών λυμάτων και των υγρών αποβλήτων ορισμένων βιομηχανικών κλάδων και αφορά στη συλλογή, την επεξεργασία και την διάθεση των:

- ✓ Οικιακών λυμάτων,
- ✓ Υγρών αποβλήτων από ορισμένους βιομηχανικούς τομείς,
- ✓ Μεικτών λυμάτων

(Διαδίκτυο: European Union, 1991).

Συγκεκριμένα, η οδηγία επιβάλλει:

- ✓ Συλλογή και επεξεργασία των λυμάτων σε όλους τους οικισμούς άνω των 2000 κατοίκων,
- ✓ Δευτεροβάθμια επεξεργασία του συνόλου των λυμάτων από οικισμούς άνω των 2000 κατοίκων, και πιο προηγμένη επεξεργασία για οικισμούς άνω των 10000 κατοίκων σε συγκεκριμένες ευαίσθητες περιοχές και στις λεκάνες απορροής τους,
- ✓ Προέγκριση για όλες τις απορρίψεις αστικών λυμάτων, και των βιομηχανικών λυμάτων σε αστικά συστήματα συλλογής λυμάτων,
- ✓ Παρακολούθηση της απόδοσης των εγκαταστάσεων επεξεργασίας και των νερών,
- ✓ Έλεγχος της διάθεσης της ιλύος καθαρισμού των λυμάτων και της διαδικασίας επεξεργασίας των λυμάτων όποτε είναι σκόπιμο

(Διαδίκτυο: European Union, 1991).

5.2.3. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΕ ΕΘΝΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Το νομικό πλαίσιο της χώρας μας για την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων βασίζεται στην Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ, 2011) η οποία τροποποιεί την διαχείριση των αστικών και των βιομηχανικών υγρών αποβλήτων, προκειμένου να συλλέγεται το νερό από την επεξεργασία των λυμάτων και στη συνέχεια να επαναχρησιμοποιείται. Διευκρινίσεις για την εφαρμογή της ΚΥΑ παρέχονται με την εγκύκλιο 145447/23.6.2011 του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.ΚΑ).

Η συγκεκριμένη ΚΥΑ κατηγοριοποιεί τις δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων σε τέσσερις ομάδες, οι οποίες είναι οι εξής:

1. Άρδευση,
2. Βιομηχανική χρήση,
3. Τροφοδότηση και εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων,
4. Αστική και περιαστική επαναχρησιμοποίηση.

Ανάλογα με τις παραπάνω κατηγορίες τίθενται όρια για συμβατικές και μικροβιολογικές παραμέτρους και προσδιορίζεται ο βαθμός της επεξεργασίας των λυμάτων και η συχνότητα δειγματοληψιών.

Η εφαρμογή της ΚΥΑ για την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων αφορά σε:

A. Υγρά αστικά ή οικιακά ή βιομηχανικά λύματα βάσει της ΚΥΑ 5673/400/1997 (ΚΥΑ, 1997), ανεξάρτητα από το μέγεθος εγκατάστασης.

B. Υγρά βιομηχανικά απόβλητα άλλων βιομηχανικών εγκαταστάσεων, οποιουδήποτε μεγέθους που είναι μη επικίνδυνα ή θεωρούνται μη επικίνδυνα μετά από κατάλληλη επεξεργασία.

Στην περίπτωση που τα επεξεργασμένα υγρά απόβλητα χρησιμοποιούνται για σκοπούς άρδευσης τότε συναντώνται 2 τύποι επαναχρησιμοποίησης:

- ✓ Πρώτον, πραγματοποιείται περιορισμένη άρδευση που αφορά μόνο σε καλλιέργειες των οποίων τα παραγόμενα προϊόντα καταναλώνονται μετά από θερμική, ή άλλου είδους επεξεργασία, ή απλά δεν προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, ή επίσης όταν τα προϊόντα που παράγουν δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το έδαφος. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν καλλιέργειες όπως καλλιέργειες ζωοτροφών, δέντρα, βιομηχανικές καλλιέργειες κ.α. Αξίζει να σημειωθεί πως στις εκτάσεις περιορισμένης άρδευσης απαγορεύεται η πρόσβαση του κοινού, καθώς επίσης και η εφαρμογή της μεθόδου του καταιονισμού για άρδευση.
- ✓ Δεύτερον, πραγματοποιείται απεριόριστη άρδευση, που αφορά σε καλλιέργειες των οποίων τα προϊόντα καταναλώνονται ωμά. Παραδείγματα τέτοιων καλλιεργειών αποτελούν τα λαχανικά, τα οπωροφόρα δέντρα κλπ., καθώς και οι ανθοκομικές καλλιέργειες. Σε αυτές τις περιπτώσεις δεν ισχύουν οι περιορισμοί της πρώτης κατηγορίας. Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων που σχετίζεται με τη βιομηχανία εφαρμόζεται για διαδικασίες όπως χρήση νερών ψύξης, αναπλήρωση νερών λεβήτων και για διάφορες άλλες βιομηχανικές διεργασίες. Ωστόσο, δεν εφαρμόζεται στις περιπτώσεις βιομηχανιών που παράγουν προϊόντα τα οποία προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση (ΚΥΑ, 2011).

Όσον αφορά στην επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για τον εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα, αυτή επιτυγχάνεται με δύο τρόπους:

A. Μέσω γεωτρήσεων υπό πίεση ή με βαρύτητα

B. Με τη μέθοδο της διήθησης διαμέσου εδαφικού στρώματος με κατάλληλα χαρακτηριστικά και επαρκές βάθος.

Η αστική και περιαστική επαναχρησιμοποίηση αφορά στις δασικές εκτάσεις το αστικό πράσινο, την πυρόσβεση, τον καθαρισμό των οδών, τους χώρους αναψυχής, την αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και συμβάλλει στη διεξαγωγή εργασιών όπως πότισμα εκτάσεων, συμπύκνωση εδαφών, πυρόσβεση καθαρισμός οδών και πεζοδρομίων, χρήση νερού για διακοσμητικά σιντριβάνια, τη δημιουργία τεχνητών ή τη διατήρηση φυσικών λιμνών ή υδροβιοτόπων καθώς και την ενίσχυση παροχής επιφανειακών ρεμάτων (ΚΥΑ, 2011).

Η ΚΥΑ του 2011 (Εφημερίς της Κυβερνήσεως, 8/3/2011) ορίζει τον ελάχιστο βαθμό επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων ανάλογα με την κατηγορία στην οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Έτσι, για την περιορισμένη άρδευση και τη βιομηχανική χρήση για ψύξη νερού απαιτείται δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία και απολύμανση. Ως δευτεροβάθμια επεξεργασία νοείται η προχωρημένη επεξεργασία λυμάτων η οποία οδηγεί σε απομάκρυνση οργανικού άνθρακα, αζώτου και μερικές φορές και φωσφόρου (αναλόγως της εγκατάστασης).

Για την απεριόριστη άρδευση και την βιομηχανική χρήση εκτός από την ψύξη νερού απαιτείται τριτοβάθμια και δευτεροβάθμια επεξεργασία και απολύμανση. Σκοπός της τριτοβάθμιας επεξεργασίας είναι η αφαίρεση βαρέων μετάλλων και τοξικών ή άλλων συστατικών. Η τριτοβάθμια επεξεργασία είναι απαραίτητη όταν η παρουσία βιομηχανικών αποβλήτων στα λύματα είναι σημαντική και όταν πρόκειται τα απόβλητα να επαναχρησιμοποιηθούν για απεριόριστη άρδευση.

Τέλος, για την αστική ή περιαστική χρήση και για τον εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα απαιτείται δευτεροβάθμια επεξεργασία ακολουθούμενη από προχωρημένη επεξεργασία και απολύμανση.

5.3 ΟΦΕΛΗ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ

Η επαναχρησιμοποίηση κατάλληλα επεξεργασμένων αστικών ή βιομηχανικών λυμάτων παρουσιάζει εγγενή οφέλη που σχετίζονται με την εξοικονόμηση υδατικών πόρων, την προστασία του περιβάλλοντος καθώς και οικονομικά οφέλη.

5.3.1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Η ανακύκλωση νερού προσφέρει τεράστια οφέλη στο περιβάλλον. Παρέχοντας μια πρόσθετη πηγή νερού, η ανακύκλωση του νερού μπορεί να βοηθήσει να βρεθούν τρόποι για να μειωθεί η εκτροπή νερού από τα ευαίσθητα οικοσυστήματα. Άλλα οφέλη αποτελούν η μείωση των αστικών λυμάτων καθώς και η μείωση και πρόληψη της ρύπανσης. Το ανακυκλωμένο νερό μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ή την ενίσχυση των υδροτόπων και των παρόχθιων οικοτόπων (Διαδίκτυο: GEC Sanitation Programme, 2013).

Ευαίσθητα Οικοσυστήματα

Η ανακύκλωση του νερού μπορεί να μειώσει την εκτροπή του γλυκού νερού από τα ευαίσθητα οικοσυστήματα. Τα φυτά, κάθε είδους ζώα αλλά και τα ψάρια εξαρτώνται από την επαρκή ροή των υδάτων στους οικοτόπους τους, προκειμένου να είναι ικανά να ζήσουν και να αναπαραχθούν. Η έλλειψη επαρκούς ροής, ως αποτέλεσμα της εκτροπής για γεωργικούς, οικιακούς, και βιομηχανικούς σκοπούς μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες στην ποιότητα του νερού και στην βιωσιμότητα των οικοσυστημάτων. Η χρήση του φρέσκου νερού μπορεί να αντικατασταθεί από τη χρήση ανακυκλωμένου νερού, γεγονός που θα δώσει την δυνατότητα να «ελευθερωθούν» σημαντικές ποσότητες νερού οι οποίες θα αυξήσουν την ροή του νερού στα οικοσυστήματα (EPA US , 1998).

Ευαίσθητες Υδάτινες Μάζες

Η ανακύκλωση του νερού μειώνει την διάθεση των υγρών αποβλήτων στις ευαίσθητες υδάτινες μάζες. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η ώθηση για την ανακύκλωση του νερού δεν προέρχεται από την ανάγκη επάρκειας στην παροχή νερού, αλλά και από την ανάγκη για την εξάλειψη ή μείωση της διάθεσης των λυμάτων στις θάλασσες, στις λίμνες στις εκβολές ποταμών ή στα ρέματα (Anderson, 2003).

Για παράδειγμα, μεγάλες ποσότητες των επεξεργασμένων λυμάτων των βιομηχανικών μονάδων που αποβάλλονται από το San Jose / Σάντα Κλάρα νότια

στον κόλπο του San Francisco, απείλησαν το φυσικό αλμυρό νερό του βιότοπου. Σε απάντηση, ένα έργο ανακύκλωσης του κόστους 140 εκατομμυρίων δολαρίων ολοκληρώθηκε το 1997. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα ανακύκλωσης νερού έχει την ικανότητα να δώσει 21 εκατομμύρια γαλόνια την ημέρα του ανακυκλωμένου νερού για χρήση σε άρδευση και σε βιομηχανία. Με την αποφυγή της μετατροπής των αλμυρών υδάτων σε υφάλμυρο έλος, διασφαλίζεται η προστασία των δύο απειλούμενων ειδών που κατοικούν στον βιότοπο (EPA US, 1998).

Ενίσχυση υγροτόπων

Το ανακυκλωμένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ή την ενίσχυση των υγροτόπων και των παρόχθιων οικοτόπων. Οι υγρότοποι προσφέρουν πολλά οφέλη, που συμπεριλαμβάνουν την βελτίωση της ποιότητας νερού, την μείωση των πλημμυρών, την αλιεία και την γονιμότητα του εδάφους (Διαδίκτυο: GEC Sanitation Programme, 2013). Οι υγρότοποι και τα ρέματα που έχουν υποστεί βλάβη ή έχουν αποξηρανθεί λόγω εκτροπής του νερού, μπορούν να προστατευθούν μέσω αύξησης της υδατοροής με ανακυκλωμένο νερό για τη διατήρηση και τη βελτίωση του υδάτινου και μη περιβάλλοντος (EPA US, 1998).

Μείωση και πρόληψη της ρύπανσης

Όταν οι απορρίψεις ρυπογόνων ουσιών στους ωκεανούς, στα ποτάμια και σε άλλα υδατικά συστήματα περικοπούν, μειώνονται και τα φορτία ρύπων σε αυτούς τους φορείς. Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις, οι ουσίες που μπορεί να αποτελούν ρύπους, μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν επωφελώς για άρδευση (Anderson, 2003). Για παράδειγμα, το ανακυκλωμένο νερό μπορεί να περιέχει υψηλότερα επίπεδα θρεπτικών συστατικών, όπως άζωτο, έναντι του πόσιμου νερού. Άρα, η εφαρμογή του ανακυκλωμένου νερού για γεωργική χρήση μπορεί να αποτελέσει μια πρόσθετη πηγή θρεπτικών συστατικών και να ελαττώσει την ανάγκη χρήσης λιπασμάτων (EPA US, 1998).

Αξίζει να σημειωθεί πως το ανακυκλωμένο νερό χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια για την άρδευση αμπελώνων στην Καλιφόρνια. Πρόσφατα, μια εταιρεία οινοποιείων και η πόλη της Santa Rosa ολοκλήρωσαν τις εγκαταστάσεις για την άρδευση 350 στρεμμάτων των αμπελώνων με ανακυκλωμένο νερό (EPA US, 1998).

5.3.2. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Πέραν των σημαντικών περιβαλλοντικών ωφελειών, τα οικονομικά μεγέθη συνηγορούν προς την κατεύθυνση επαναχρησιμοποίησης του νερού. Με το πέρασμα του χρόνου, οι επιστήμονες και υπεύθυνοι που διαχειρίζονται τα ζητήματα του νερού αναγνωρίζουν τα οικονομικά οφέλη του ανακυκλωμένου νερού. Για το λόγο αυτό έχει αυξηθεί σημαντικά και το δημόσιο ενδιαφέρον για την επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση του νερού. Η επαναχρησιμοποίηση προσφέρει την δυνατότητα να καλυφθούν οι αυξανόμενες πιέσεις και ανάγκες για ζήτηση νερού λόγω της αύξησης του πληθυσμού καθώς και της αύξησης σε απαιτήσεις για άρδευση και άλλες χρήσεις (Διαδίκτυο: GEC Sanitation Programme, 2013).

Αρχικά, η επαναχρησιμοποίηση του νερού συνεισφέρει στη μείωση των δαπανών για την δημιουργία υποδομών αποθήκευσης ύδατος οι οποίες είναι απαραίτητες στην περίπτωση ύδρευσης από συμβατικές πηγές.

Ακόμη, η ένταξη του ανακυκλωμένου νερού στο υδατικό ισοζύγιο έχει αποδειχθεί οικονομικά συμφέρουσα καθώς επιτρέπει την φόρτιση του υδροφόρου ορίζοντα και κατ' επέκταση την εξοικονόμηση του νερού των φραγμάτων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να επαρκεί το νερό για τις ανάγκες του αυξανόμενου πληθυσμού άρα να περιορίζονται οι αφαλατώσεις ύδατος. Η αφαλάτωση του θαλάσσιου νερού, δεν αποτελεί την βέλτιστη λύση για την εξοικονόμηση νερού (Molinos-Senante et al., 2011). Προκειμένου να πραγματοποιηθούν τα τρία συνήθη στάδια επεξεργασίας του θαλασσινού νερού (το στάδιο της προ-επεξεργασίας, το στάδιο της αντίστροφης όσμωσης και το τελικό στάδιο επεξεργασίας), με απώτερο σκοπό την αφαλάτωση του, απαιτείται η χρήση ηλεκτρικού ρεύματος και πετρελαίου. Με τον τρόπο αυτό, ο περιορισμός των αφαλατώσεων οδηγεί σε μικρότερη εξάρτηση από το πετρέλαιο, αλλά και από το ηλεκτρικό ρεύμα, με αποτέλεσμα την διατήρηση της τιμής του νερού σε λογικά επίπεδα. Η διατήρηση αυτή δεν μπορεί να επιτευχθεί στην περίπτωση του αφαλατωμένου νερού λόγω των αυξομειώσεων της τιμής του πετρελαίου και του ηλεκτρικού ρεύματος (Διαδίκτυο: European Commission Euro-Mediterranean Partnership, 2005).

Επιπροσθέτως, αξίζει να αναφερθεί, πέρα από την οικονομική σκοπιά, ότι στην περίπτωση της Κύπρου όπου τέθηκαν σε λειτουργία μονάδες παραγωγής αφαλάτωσης για 40.000 κυβικά μέτρα την ημέρα, ή στη Σαουδική Αραβία όπου

εντοπίζονται οι μεγαλύτερες μονάδες αφαλάτωσης στον κόσμο, δημιουργήθηκε έπειτα από χρόνια τεράστιο πρόβλημα από τα απόβλητα άλμης που διοχετεύονταν στη θάλασσα. Συγκεκριμένα καταστράφηκε σημαντικό μέρος της θαλάσσιας πανίδας και χλωρίδας σε ακτίνα αρκετών χιλιομέτρων από τις μονάδες αφαλάτωσης. Συνεπώς για την εφαρμογή της μεθόδου αφαλάτωσης θαλάσσιου νερού για την επαναχρησιμοποίηση ύδατος, πρέπει να ληφθεί υπόψη και το οικολογικό πρόβλημα που μπορεί να δημιουργηθεί (Molinos-Senante et al., 2011).

Επιπλέον, τα οφέλη της επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων αστικών λυμάτων στη γεωργία αντισταθμίζουν κατά πολύ το κόστος που σχετίζεται με την κατασκευή και τη λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων, ενώ μειώνουν τη συνολική ζήτηση για πόσιμο νερό. Ερευνητές σε μελέτη που αφορούσε στην περιοχή του Δέλτα του Llobregat στην Ισπανία όπου υλοποιήθηκε το έργο της επαναχρησιμοποίησης υπολόγισαν ότι τα συνολικά οφέλη για τη γεωργία και το αστικό περιβάλλον ξεπέρασαν το συνολικό κόστος κατά 9,5 εκατ. ευρώ ετησίως (Winpenny et al., 2010).

Όσον αφορά στους αγρότες, τα αποτελέσματα της ανάλυσης κόστους-οφέλους έδειξαν ότι η προστιθέμενη αξία της χρήσης ανακυκλωμένου νερού από τις πόλεις προέρχεται από τη μείωση στο κόστος άντλησης πόσιμου νερού, π.χ. από τους ποταμούς (Διαδίκτυο: European Commission Euro-Mediterranean Partnership, 2005). Επιπλέον, οι αγρότες μπορούν να έχουν πρόσβαση σε πιο αξιόπιστη παροχή νερού ενώ χρειάζονται λιγότερο λίπασμα, διότι τα λύματα είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά (Winpenny et al., 2010).

Όσον αφορά στις πόλεις, προκύπτουν δυνητικά οφέλη λόγω της μεγαλύτερης διαθεσιμότητας πόσιμου νερού, που δεν χρησιμοποιείται από τους αγρότες. Κατ' αυτόν τον τρόπο εξοικονομούνται χρήματα από το κόστος απόληψης, αφαλάτωσης και επεξεργασίας υδάτων, όπως και το κόστος μεταφοράς από απομακρυσμένες εγκαταστάσεις απόληψης υδάτων (Διαδίκτυο: GEC Sanitation Programme, 2013).

5.4 ΣΥΝΟΨΗ

Οι απαιτήσεις για επάρκεια νερού, τόσο από άποψη ποσότητας όσο και από άποψη ποιότητας, συνεχώς αυξάνονται και καθιστούν αναγκαία την εφαρμογή πρακτικών επαναχρησιμοποίησης υδάτων. Αν και τα πρώτα συστήματα επαναχρησιμοποίησης νερού χρονολογούνται από το 1900 δεν είναι ιδιαίτερα δημοφιλή και σε αρκετές

χώρες εφαρμόζονται μερικώς ή και καθόλου, σε αυτές τις χώρες ανήκει και η Ελλάδα.

Τα πρωτεία στην επαναχρησιμοποίηση του νερού κατέχουν οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Πέραν του ότι στις ΗΠΑ πραγματοποιήθηκαν τα πρώτα βήματα για την δημιουργία συστημάτων επαναχρησιμοποίησης του νερού ο κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνιας αποτελεί ένα θεσμικό πλαίσιο παγκόσμιου βεληνεκούς όσον αφορά στην επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων. Ο συγκεκριμένος κανονισμός ήταν για πολλές χώρες η βάση προκειμένου να συγκροτήσουν θεσμικές ρυθμίσεις για την επαναχρησιμοποίηση προσαρμοσμένες στις δικές τους ανάγκες. Φυσικά, εκτός από τον κανονισμό της πολιτείας της Καλιφόρνιας, εξίσου σημαντικό ρόλο στην επαναχρησιμοποίηση των υδάτων κατέχει η Οδηγία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας που στοχεύει στην διασφάλιση παραμέτρων ποιότητας του επαναχρησιμοποιημένου νερού. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο η επαναχρησιμοποίηση του νερού ρυθμίζεται από την Ευρωπαϊκή Οδηγία 91/271. Η Ελλάδα φαίνεται να υστερεί στον τομέα αυτό καθώς δεν έχει θεσπίσει ακόμη ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για την επαναχρησιμοποίηση του νερού. Το μόνο νομοθετικό εργαλείο σε εθνικό επίπεδο είναι η ΚΥΑ της 2/2/2011.

Πέραν του περιβαλλοντικού οφέλους που προφανώς υπάρχει, καθώς η επαναχρησιμοποίηση του νερού συμβάλει στη διατήρηση του κύκλου του στον οποίο στηρίζεται η διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος, τα οικονομικά οφέλη είναι επίσης σημαντικά. Παρά το γεγονός ότι το κόστος κατασκευής και λειτουργίας των συστημάτων και μονάδων επαναχρησιμοποίησης νερού είναι υψηλό αντισταθμίζεται σε αρκετά σύντομο χρονικό διάστημα από το κέρδος που προκύπτει από την εξοικονόμηση νερού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΔΑΤΩΝ

Οι τεχνολογίες στις οποίες βασίζεται η επαναχρησιμοποίηση και γενικότερα η σωστή διαχείριση των υδάτων κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την επεξεργασία που απαιτείται για κάθε τύπο ύδατος. Όπως προαναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2 η σωστή διαχείριση των υδάτων διέπεται από μία σειρά αρχών οι οποίες είναι η ανακύκλωση του νερού, η επαναχρησιμοποίηση του νερού άλλα παράλληλα και η μείωση της κατανάλωσης μέσω της εφαρμογής μέτρων εξοικονόμησης νερού.

Έτσι έχουμε τεχνολογίες που σχετίζονται με:

- ✓ Την επεξεργασία του βρόχινου νερού
- ✓ Την επεξεργασία του γκριζού νερού
- ✓ Την εξοικονόμηση νερού

6.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΡΟΧΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

Τα έργα συλλογής, αποθήκευσης και επαναχρησιμοποίησης του βρόχινου νερού συναντώνται από την αρχαιότητα ακόμη, ως εξειδικευμένες κατασκευές κυρίως για στρατιωτικούς σκοπούς (Rogers, 1989). Για παράδειγμα, οι ακροπόλεις της αρχαιότητας συχνά διέθεταν συστήματα καναλιών μέσω των οποίων τα όμβρια ύδατα οδηγούνταν σε υπόγειες δεξαμενές έτσι ώστε σε περίπτωση πολιορκίας οι έγκλειστοι να έχουν νερό. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας περίπτωσης είναι η ακρόπολη των Μυκηνών (Διαδίκτυο: Μεσογειακό Γραφείο Πληροφόρησης για το Περιβάλλον).

Στα νεότερα χρόνια η μέθοδος συλλογής όμβριων σε δεξαμενές εφαρμόστηκε κυρίως σε άνυδρες περιοχές για επάρκεια λειτουργικού νερού είτε σε επίπεδο κατοικίας είτε σε επίπεδο οικισμού (π.χ. Κυκλάδες, Δωδεκάνησα). Συνηθιζόταν αρκετά παραδοσιακά σπίτια πολλών περιοχών της Ελλάδας να διαθέτουν δεξαμενές που συγκέντρωναν το νερό της βροχής, με το οποίο κάλυπταν μεγάλο μέρος των αναγκών τους σε νερό (Παπαπέτρου, 2008). Σήμερα αναγνωρίζεται η σοφία της συλλογής του βρόχινου νερού στο σπίτι αλλά και σε δημόσια κτήρια, σχολεία, κλπ. Έτσι, γίνεται προσπάθεια από τους αρμόδιους φορείς της χώρας μας, για να ξαναμπεί η στέρνα στη ζωή των κατοίκων των νησιών (και όχι μόνο) και να βελτιωθούν οι παλιότερες τεχνικές ώστε να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα που είχαν οι παραδοσιακές δεξαμενές. Παραδοσιακά στην Ελλάδα, οι υπόγειες δεξαμενές γνωστές και ως στέρνες ήταν λιθόκτιστες με συνδετικό υλικό. Χρησιμοποιούσαν πέτρα και συνδετικό υλικό (τσιμεντοκονίαμα, ασβέστη, τριμμένο κεραμίδι-«κουρασάνι») για να στεγανοποιήσουν τα τοιχώματα. Για να διατηρείται το νερό καθαρό τοποθετούνταν χέλια εντός της στέρνας ώστε να μην αναπτύσσονται βρύα στα τοιχώματα καθώς τα χέλια ανάδευαν τα νερά με την κυκλική τους κίνηση. Τα χέλια ήταν και δείκτες καθαρότητας καθώς αν το νερό είχε μολυνθεί, πέθαιναν (Τσιρογιάννης, 2011).

Αξίζει να σημειωθεί ότι σε περιόδους έντονης ξηρασίας το αποθηκευμένο νερό χρησιμοποιούταν ακόμη και ως πόσιμο. Ωστόσο, η πόση του βρόχινου νερού χωρίς καμία επεξεργασία είναι δυνατόν να καταστρέψει την ισορροπία των ηλεκτρολυτών

Καλίου- Νατρίου στον ανθρώπινο οργανισμό γεγονός που προκαλεί ισχυρό σοκ το οποίο αν δεν αντιμετωπιστεί έγκαιρα μπορεί να οδηγήσει ακόμη και στο θάνατο. Προς αποφυγή των επικίνδυνων αυτών συνεπειών μετά την αποθήκευση του βρόχινου νερού συνηθιζόταν η προσθήκη ασβέστη στις δεξαμενές. Σήμερα, σε αρκετές περιοχές της χώρας μας έχουν διατηρηθεί τέτοιες δεξαμενές, στις οποίες διακρίνονται στον πυθμένα υπολείμματα ασβέστη. Η αντίληψη όμως ότι ο ασβέστης ταυτόχρονα απολύμαινε το αποθηκευμένο νερό, είναι λανθασμένη (Διαδίκτυο: Μεσογειακό Γραφείο Πληροφόρησης για το Περιβάλλον).

Παρόμοιες τακτικές για τη συλλογή και την επαναχρησιμοποίηση του βρόχινου νερού πραγματοποιούνταν και σε χώρες του εξωτερικού που αντιμετώπιζαν προβλήματα που σχετιζόνταν με την έλλειψη νερού.

Γενικά, το νερό της βροχής και το νερό που προκύπτει από το λιώσιμο του χιονιού αποτελούν τις κύριες πηγές του συνόλου του πόσιμου νερού του πλανήτη. Σήμερα, τα συστήματα συλλογής των όμβριων υδάτων με σκοπό την επαναχρησιμοποίησή τους μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο ευρείες κατηγορίες: συστήματα εδάφους και συστήματα οροφής (Διαδίκτυο: Waskom και Kallenberger, 2012, Διαδίκτυο: Thomas και Martinson, 2011). Στα συστήματα εδάφους η απορροή όμβριων από το έδαφος συλλέγεται σε δεξαμενές και σε μικρές λίμνες κατακράτησης πριν καν το νερό φτάσει σε κάποιο ποτάμι ή ρέμα. Τα συστήματα οροφής, από την άλλη πλευρά, πραγματοποιούν συλλογή των όμβριων υδάτων που εμπίπτουν σε μια στέγη πριν το νερό φτάσει στο έδαφος (Texas Commission on Environmental Quality, 2007).

Αν και το νερό που συλλέγεται μέσω των συστημάτων οροφής είναι, σε γενικές γραμμές, καλύτερης ποιότητας από άποψη χημικών και βιολογικών μολυσματικών παραγόντων, πρέπει να υποβληθεί σε κατάλληλη επεξεργασία πριν επαναχρησιμοποιηθεί. Το ίδιο ισχύει και για το νερό που συλλέγεται από τα συστήματα εδάφους. Το επίπεδο επεξεργασίας που πραγματοποιείται εξαρτάται, σε μεγάλο βαθμό, από το αν το νερό θα επαναχρησιμοποιηθεί για πόσιμους ή μη πόσιμους σκοπούς (Texas Commission on Environmental Quality, 2007). Προφανώς, τα όμβρια ύδατα που προορίζονται για πόσιμους σκοπούς υφίστανται πιο εις βάθος επεξεργασία από ό,τι τα όμβρια ύδατα που προορίζονται για άλλες χρήσεις (Kinkade - Levario, 2007).

6.1.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΡΟΦΗΣ

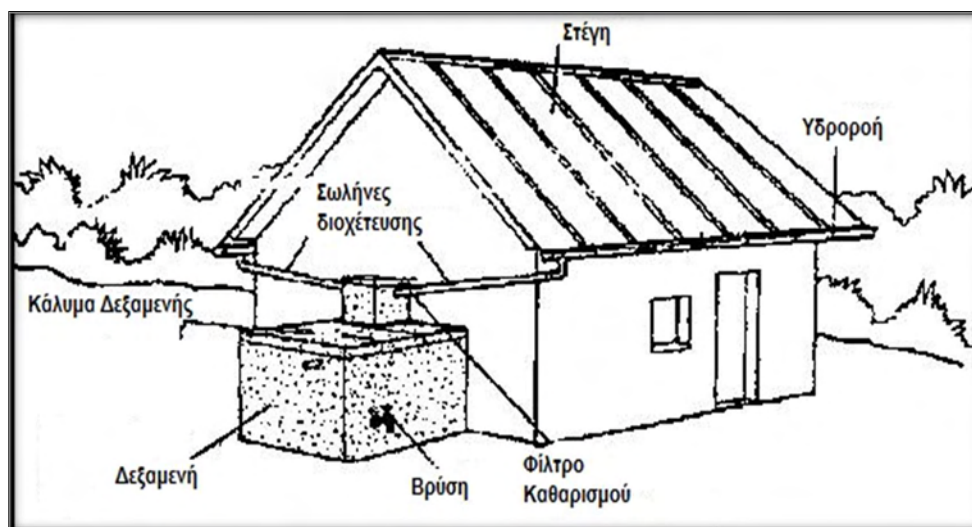
Το σύστημα οροφής για τη συλλογή ομβρίων υδάτων αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία: την περιοχή συλλογής, το σύστημα μεταφοράς και τη δεξαμενή αποθήκευσης. Η περιοχή συλλογής στις περισσότερες περιπτώσεις είναι η στέγη ενός σπιτιού ή ενός κτηρίου. Το υλικό που χρησιμοποιείται στην κατασκευή της στέγης επηρεάζει την αποδοτικότητα της συλλογής και την ποιότητα του νερού (Gould και Nissen-Petersen, 1999, Διαδίκτυο: Thomas και Martinson, 2011).

Το σύστημα μεταφοράς αποτελείται συνήθως από υδρορροές ή σωλήνες που μεταφέρουν το νερό της βροχής που συλλέγεται στην οροφή σε δεξαμενές αποθήκευσης. Τόσο οι υδρορροές, όσο και η επιφάνεια της οροφής θα πρέπει να κατασκευάζονται από χημικώς αδρανή υλικά, όπως ξύλο, πλαστικό, αλουμίνιο, ή fiberglass, προκειμένου να αποφευχθούν αρνητικές επιδράσεις στην ποιότητα του νερού (Wall και McCown, 1989).

Οι δεξαμενές αποθήκευσης πρέπει επίσης να είναι κατασκευασμένες από αδρανή υλικά, όπως οπλισμένο σκυρόδεμα, fiberglass, ή ανοξείδωτο χάλυβα (Rogers, 1989). Οι δεξαμενές αποθήκευσης είτε τοποθετούνται εξαρχής κατά την κατασκευή του κτηρίου, ή μετά την κατασκευή του και αποτελούν μία ξεχωριστή μονάδα (Kinkade - Levario, 2007).

Το Σχήμα 2 παρουσιάζει την τυπική διάταξη ενός συστήματος οροφής στη Δομινικανή Δημοκρατία.

Σχήμα 2: Σύστημα Οροφής για τη συλλογή βρόχινου νερού



(Πηγή: Διαδίκτυο: African Technology Policy Studies Network, 2013),

Γενικά, τα συστήματα οροφής για τη συλλογή του βρόχινου διακρίνονται σε 3 κατηγορίες οι οποίες είναι:

- ✓ Συστήματα υπέργεια δεξαμενής για συλλογή όμβριων,
- ✓ Συστήματα υπόγεια δεξαμενής για συλλογή όμβριων,
- ✓ Συστήματα άμεσης τροφοδοσίας για συλλογή όμβριων

(Gould και Nissen-Petersen, 1999).

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα συστήματα που διατίθενται στην αγορά αποτελούν κυρίως συνδυασμό των παραπάνω συστημάτων (Πηγή: Διαδίκτυο: Rain Water Harvesting Ltd, 2008). Όσον αφορά στο κόστος των συστημάτων αυτών, πρέπει να αναφερθεί πως ποικίλλει ανάλογα με την τοποθεσία και το είδος των υλικών που χρησιμοποιούνται (Gould και Nissen-Petersen, 1999). Παρακάτω, παρουσιάζονται αναλυτικά τα παραπάνω συστήματα.

Συστήματα Υπέργεια Δεξαμενής

Τα συστήματα υπέργεια δεξαμενής διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- ✓ Συστήματα υπέργεια δεξαμενής χωρίς αντλία,
- ✓ Συστήματα υπέργεια δεξαμενής σε συνδυασμό με αντλία

(Διαδίκτυο: City of Albuquerque, 1995).

Οι βασικές απαιτήσεις της πρώτης κατηγορίας συστημάτων είναι η δεξαμενή συλλογής και κάποια φίλτρα που πρέπει να τοποθετηθούν στις υδρορροές (Σχ. 3). Το βρόχινο νερό που αποθηκεύεται είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για σκοπούς όπως η άρδευση φυτών κήπου ή φυτών βεράντας σε περιορισμένη έκταση, με το ενδεχόμενο να μην υπάρχει σταθερή πίεση και με τη βοήθεια δοχείου ποτίσματος ή λάστιχου ποτίσματος. Το συγκεκριμένο σύστημα είναι σχετικά απλό και χαμηλού κόστους (Διαδίκτυο: The city of San Diego, 2002/2013, Διαδίκτυο: Pushard, 2004).

Το σύστημα υπέργεια δεξαμενής σε συνδυασμό με αντλία αποτελεί προέκταση του προηγούμενου συστήματος καθώς προστίθεται μια αντλία που τοποθετείται μετά τη δεξαμενή βρόχινου νερού (Σχ. 4). Το σύστημα αυτό μπορεί να εξυπηρετήσει ανάγκες σε μεγαλύτερη παροχή νερού έναντι του προηγούμενου καθώς έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί για όγκο βρόχινου νερού μεγαλύτερο από 1m³. Το αποθηκευμένο βρόχινο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άρδευση φυτών κήπου και βεράντας με

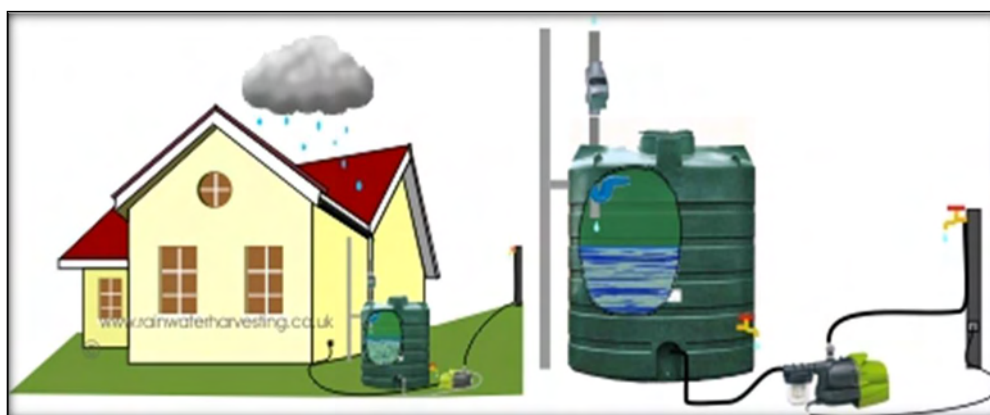
τη βοήθεια λάστιχου ποτίσματος, καθώς επίσης και για άλλες εξωτερικές χρήσεις όπως π.χ. πλύσιμο αυτοκινήτου (Διαδίκτυο: Waterfall, 1998).

Σχήμα 3: Υπέργεια δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού



(Πηγή: Διαδίκτυο: Rain Water Harvesting Ltd, 2008)

Σχήμα 4: Υπέργεια δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού σε συνδυασμό με αντλία



(Πηγή: Διαδίκτυο: Rain Water Harvesting Ltd, 2008)

Συστήματα Υπόγειας Δεξαμενής

Η απορροή από τη στέγη συλλέγεται με έναν κεντρικό σωλήνα ο οποίος καταλήγει στο υπόγειο σύστημα συλλογής βρόχινου νερού (Σχ. 5). Το σύστημα απαιτεί την τοποθέτηση αντλίας για τη διασφάλιση σταθερής πίεσης σε εξωτερικές βρύσες ή σε λάστιχα ποτίσματος. (Πηγή: Διαδίκτυο: Rain Water Harvesting Ltd, 2008). Το σύστημα αυτό εξυπηρετεί την παροχή νερού, όγκου από 1m^3 έως 30m^3 . Το πλεονέκτημα ενός υπόγειου συστήματος βρόχινου νερού είναι ότι έχει λιγότερες πιθανότητες ανάπτυξης πάγου στις σωληνώσεις (Διαδίκτυο: Pushard, 2004).

Σχήμα 5: Υπόγεια δεξαμενή συλλογής βρόχινου νερού



(Πηγή: Διαδίκτυο: Rain Water Harvesting Ltd, 2008)

Συστήματα Άμεσης Τροφοδοσίας

Τα συστήματα άμεσης τροφοδοσίας διακρίνονται σε 2 κατηγορίες:

- ✓ Συστήματα άμεσης τροφοδοσίας μικρού δοχείου συλλογής
- ✓ Συστήματα άμεσης τροφοδοσίας με βαρύτητα

Στην πρώτη κατηγορία συστημάτων τοποθετείται ένα μικρό δοχείο συλλογής το οποίο δέχεται την απορροή από τις υδρορροές της κατοικίας (Σχ. 6). Η ποσότητα αυτή του βρόχινου νερού που συλλέγεται εντός του δοχείου διοχετεύεται μέσω αντλίας σε μεγαλύτερη υπέργεια δεξαμενή αποθήκευσης που μπορεί να βρίσκεται σε αρκετή απόσταση από την κατοικία (Πηγή: Διαδίκτυο: Rain Water Harvesting Ltd, 2008). Το σύστημα αυτό είναι κατάλληλο για όγκους νερού από 1m³ έως 30m³ και εξυπηρετεί χρήσεις όπως τροφοδοσία συστήματος άρδευσης, εξωτερικών βρυσών, αλλά και περιορισμένης κλίμακας άρδευση μέσω ποτιστικού δοχείου (Διαδίκτυο: Stormsaver commercial rainwater harvesting, 2010).

Το σύστημα άμεσης τροφοδοσίας με βαρύτητα αποτελεί μια παραλλαγή του προηγούμενου συστήματος άμεσης τροφοδοσίας και προτείνεται στην περίπτωση που το έδαφος και η μορφολογία μιας περιοχής επιτρέπει την τοποθέτηση υπέργειας δεξαμενής σε θέση η οποία έχει σημαντική υψομετρική διαφορά σε σχέση με τα σημεία ζήτησης, δηλαδή την κατοικία (Σχ. 7). Ανάλογα με την τοποθεσία και τη στάθμη στην οποία θα τοποθετηθεί η δεξαμενή, καθορίζεται και η πίεση του νερού (Διαδίκτυο: Waterfall, 1998, Διαδίκτυο: Pushard, 2004).

Σχήμα 6: Υπέργεια δεξαμενή με μικρό δοχείο συλλογής βρόχινου νερού



(Πηγή: Διαδίκτυο: Rain Water Harvesting Ltd, 2008)

Σχήμα 7: Υπέργεια δεξαμενή με μικρό δοχείο συλλογής και τροφοδοσία με βαρύτητα



(Πηγή: Διαδίκτυο: Rain Water Harvesting Ltd, 2008)

6.1.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η συλλογή των όμβριων υδάτων μέσω συστημάτων εδάφους είναι λιγότερο πολύπλοκη σε σχέση με αυτή των συστημάτων οροφής. Πρόκειται για τη βελτίωση της ικανότητας απορροής της επιφάνειας της γης μέσω διαφόρων τεχνικών. Σε σύγκριση με τα συστήματα οροφής, τα συστήματα εδάφους παρέχουν τη δυνατότητα συλλογής νερού από μια μεγαλύτερη επιφάνεια (Gould, 1992). Με τη διατήρηση των ροών (συμπεριλαμβανομένων και των ροών των πλημμυρών) από μικρά ρυάκια και ρέματα σε μικρές δεξαμενές αποθήκευσης (υπέργειες ή υπόγειες) χαμηλού κόστους, είναι δυνατόν να αντιμετωπιστούν οι ανάγκες σε νερό ενός σπιτιού ή οικισμού κατά τη διάρκεια ξηρών περιόδων. Ωστόσο, χρησιμοποιώντας τα συστήματα εδάφους για τη συλλογή του βρόχινου νερού είναι πιθανό να υπάρχουν υψηλά ποσοστά απώλειας ύδατος λόγω της διείσδυσης του νερού στο έδαφος. Επίσης, συχνά το συλλεγόμενο νερό να είναι οριακής ποιότητας και να ενδείκνυται για ελάχιστες χρήσεις. Για το λόγο αυτό τα συγκεκριμένα σκοπού συστήματα είναι κυρίως κατάλληλα για την

αποθήκευση νερού για γεωργικούς (Pacey και Cullis, 1989). Στο σχήμα 8 παρουσιάζεται μια τυπική διάταξη συστήματος εδάφους το οποίο περιλαμβάνει μια πλακόστρωτη επιφάνεια, η οποία διευκολύνει την απορροή, ένα αμμόφιλτρο και μια δεξαμενή αποθήκευσης του νερού.

Σχήμα 8: Τυπική διάταξη του συστήματος εδάφους για συλλογή βρόχινου νερού



(Πηγή: Gould, 1992)

Οι τεχνικές που συμβάλλουν στην αύξηση της απορροής της επιφάνειας της γης είναι οι εξής:

- ✓ μείωση ή τροποποίηση της βλάστησης,
- ✓ αύξηση της κλίσης της γης με τεχνητή κάλυψη του εδάφους,
- ✓ μείωση της διαπερατότητας του εδάφους μέσω συμπίεσης του εδάφους,
- ✓ μείωση της διαπερατότητας του εδάφους μέσω εφαρμογής χημικών ουσιών (Gould, 1992).

Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά όλες οι τεχνικές.

Μείωση ή τροποποίηση της βλάστησης

Η μείωση της βλάστησης από το έδαφος μπορεί να αυξήσει την επιφανειακή απορροή, αλλά επίσης μπορεί να προκαλέσει μεγαλύτερη διάβρωση του εδάφους (Wall και McCown, 1989). Για το λόγο αυτό προτείνεται, η χρήση πυκνής βλάστησης, όπως χόρτο, δεδομένου ότι βοηθά τόσο να διατηρηθεί ένα υψηλό ποσοστό της απορροής, όσο και να ελαχιστοποιηθεί η διάβρωση του εδάφους (Pacey και Cullis, 1989).

Αύξηση της κλίσης του εδάφους

Οι απότομες κλίσεις είναι δυνατόν να επιτρέψουν την ταχεία απορροή των όμβριων υδάτων στον συλλέκτη. Ωστόσο, ο ρυθμός της απορροής πρέπει να ελέγχεται για την ελαχιστοποίηση της διάβρωσης του εδάφους. Η τοποθέτηση επίπεδων «φύλλων» από πλαστικό, ή η δημιουργία πλακόστρωτων επιφανειών μαζί με την ανάλογη κλίση μπορεί να αυξήσει περαιτέρω την αποτελεσματικότητα με τη μείωση τόσο των απωλειών λόγω εξάτμισης όσο και της διάβρωσης του εδάφους. Αξίζει να σημειωθεί ότι, η χρήση επίπεδων φύλλων από γαλβανισμένο σίδηρο για την πρόληψη της διάβρωσης συνιστάται και κατασκευάστηκε στην πολιτεία της Βικτώρια, Αυστραλία, περίπου πριν από 90 χρόνια (Wall και McCown, 1989).

Η συμπίεση του εδάφους με φυσικά μέσα

Πρόκειται για λείανση και συμπίεση της επιφάνειας του εδάφους με χρήση ανάλογου εξοπλισμού όπως γκρέιντερ. Για την αύξηση της επιφανειακής απορροής και την ελαχιστοποίηση των ποσοστών διάβρωσης του εδάφους, κατασκευάζονται αναβαθμίδες διατήρησης κατά μήκος της κάθετης κλίσης προς τη ροή της απορροής. (Gould, 1992). Οι αναβαθμίδες διαχωρίζονται από τους επικλινείς συλλέκτες και στη συνέχεια επιτυγχάνεται η απορροή του νερού ομοιόμορφα σε όλες τις υδρορροές του συστήματος. Έπειτα, το νερό κατευθύνεται προς ένα κατώτερο συλλέκτη και αποθηκεύεται (Pacey και Cullis, 1989).

Η συμπίεση του εδάφους με χρήση χημικών ουσιών:

Η χρήση χημικών ουσιών όπως το νάτριο μπορεί να μειώσει σημαντικά τη διαπερατότητα του εδάφους. Ωστόσο, η χρήση χημικών ουσιών που βασίζονται σε νάτριο μπορεί να αυξήσει την περιεκτικότητα άλατος στο νερό που συλλέγεται, και υπάρχει πιθανότητα το νερό να μην είναι κατάλληλο τόσο για πόση όσο και για σκοπούς άρδευσης (Gould, 1992).

6.1.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΒΡΟΧΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η συλλογή, η επεξεργασία και η επαναχρησιμοποίηση του βρόχινου νερού επιτυγχάνεται από μία σειρά συστημάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Τα συστήματα αυτά, που διαχωρίζονται σε συστήματα εδάφους και σε συστήματα οροφής, αυτά αποτελούν την εξέλιξη της παραδοσιακής στέρνας της οποίας η χρήση ξεκινά από τα αρχαία χρόνια.

Όσον αφορά στα συστήματα οροφής, τα πιο οικονομικά εξ αυτών σχετικά με το κόστος αγοράς είναι τα σύστημα που χρησιμοποιούν υπέργεια δεξαμενή. Στην περίπτωση που τα συστήματα υπέργειας δεξαμενής συνδυάζονται με αντλία, τότε έχουν μεγαλύτερες δυνατότητες παροχής νερού και είναι υψηλότερου κόστους. Εάν το έδαφος μιας περιοχής χαρακτηρίζεται από υψομετρική διαφορά προτείνεται το σύστημα υπέργειας δεξαμενής αποθήκευσης, η οποία εξασφαλίζει τη ροή του αποθηκευμένου βρόχινου νερού με βαρύτητα προς τα διάφορα σημεία ζήτησης. Σε περιοχές με έντονα φαινόμενα παγετού συστήνονται συστήματα υπόγειας δεξαμενής αποθήκευσης προκειμένου να μειωθούν οι πιθανότητες ανάπτυξης πάγου στις σωληνώσεις.

Τα συστήματα εδάφους για την επαναχρησιμοποίηση του βρόχινου νερού είναι πιο απλά από τα συστήματα οροφής. Καθώς η λειτουργία τους βασίζεται σε απλές τεχνικές που έχουν την δυνατότητα να αυξήσουν την επιφανειακή απορροή του εδάφους με στόχο την συλλογή μεγαλύτερης ποσότητας βρόχινου νερού. Το κόστος των συστημάτων αυτών είναι χαμηλότερο σε σχέση μετά συστήματα οροφής επειδή απαιτούν απλούστερο εξοπλισμό. Μειονεκτούν όμως έναντι των συστημάτων οροφής από την άποψη της ποιότητας του συλλεγόμενου νερού. Για το λόγο αυτό το βρόχινο νερό που συλλέγεται μέσω των συστημάτων εδάφους συχνά χρήζει περαιτέρω επεξεργασίας και επαναχρησιμοποιείται για περιορισμένες χρήσεις.

6.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΚΡΙΖΟΥ ΝΕΡΟΥ

Τα πρώτα συστήματα επαναχρησιμοποίησης και επεξεργασίας γκρίζου νερού χρονολογούνται από το 1970 (Arika et al., 1977, Hall et al., 1974, Hypes et al., 1975, Winneberger et al., 1974). Οι τεχνολογίες που εφαρμόστηκαν αρχικά σχετίζονταν με τη φυσική επεξεργασία και συγκεκριμένα με την χονδροειδή διήθηση και τη χρήση μεμβρανών σε συνδυασμό με απολύμανση. Στη συνέχεια (80'-90') οι τεχνολογίες άρχισαν να βασίζονται σε βιολογικές μεθόδους επεξεργασίας όπως π.χ. οι περιστρεφόμενοι βιολογικοί δίσκοι και τα αερόβια βιολογικά φίλτρα. Αργότερα, στα τέλη του '90 ξεκίνησαν να πραγματοποιούνται μελέτες για την επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου νερού που βασίζονταν σε προηγμένες τεχνολογίες επεξεργασίας.

Σε γενικές γραμμές οι τεχνολογίες που αναπτύσσονται για την επεξεργασία του γκρίζου νερού περιλαμβάνουν:

- ✓ Απλά συστήματα,

- ✓ Φυσικά συστήματα,
- ✓ Χημικά συστήματα,
- ✓ Βιολογικά συστήματα,
- ✓ Εκτεταμένα συστήματα.

Στις τεχνολογίες αυτές προηγείται ένα στάδιο επεξεργασίας και έπεται ένα στάδιο απολύμανσης ως ένα είδος μετά-επεξεργασίας (Pidou et al., 2007). Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά και τα τέσσερα είδη συστημάτων.

6.2.1 ΑΠΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

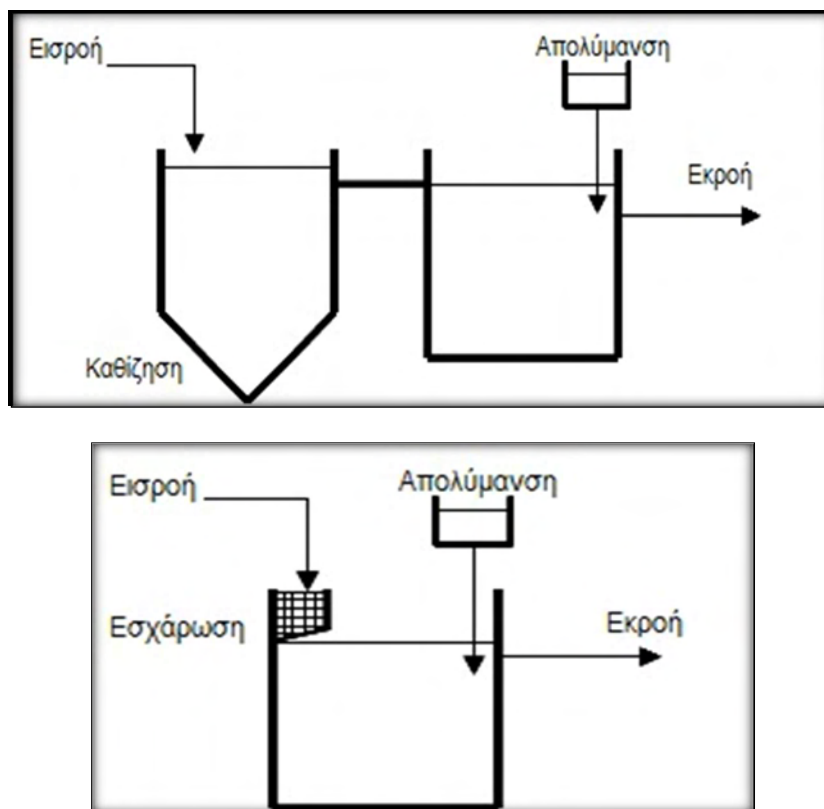
Πρόκειται για συστήματα δύο σταδίων που βασίζονται:

α) στην χονδροειδή διήθηση ή καθίζηση με σκοπό την απομάκρυνση των μεγαλύτερων σε μέγεθος στερεών,

β) στην απολύμανση της προκύπτουσας εκροής (Pidou et al., 2007).

Στα συστήματα αυτά το χονδροειδές φίλτρο είναι μια μεταλλική σχάρα ενώ η απολύμανση συντελείται με χρήση χλωρίου ή βρωμίου (Σχ.9) (Jefferson et al. 1999).

Σχήμα 9: Τυπικές διατάξεις απλών συστημάτων επεξεργασίας γκρίζου νερού



(Πηγή: Pidou et al., 2007, Ιδία επεξεργασία)

Η επεξεργασία του γκρίζου νερού που επιτυγχάνεται θεωρείται περιορισμένη. Ωστόσο, σημαντική μείωση των μικροοργανισμών έχει αναφερθεί στο στάδιο της απολύμανσης. Τα συστήματα αυτά προτείνεται να λειτουργούν σε μικρή κλίμακα δηλαδή σε επίπεδο νοικοκυριού και χρησιμοποιούνται για να επεξεργάζονται κυρίως εκροές μικρού ρυπαντικού φορτίου από μπανιέρες, ντουζιέρες και νιπτήρες προκειμένου να εξυπηρετήσουν σκοπούς όπως η άρδευση και η τροφοδοσία νερού στα καζανάκια των λουτρών. Το λειτουργικό κόστος των απλών συστημάτων είναι σχετικά χαμηλό (ξεκινούν από 600 ευρώ) και η χρήση τους απλή. Για το λόγο αυτό είναι ιδιαίτερα δημοφιλή στην αγορά. Όμως υπάρχουν παραδείγματα περιπτώσεων που τα απλά συστήματα αποδείχθηκαν μη βιώσιμα οικονομικά για ένα απλό νοικοκυριό, ενώ αντίθετα σε επίπεδο ξενοδοχειακής μονάδας εξασφάλισαν υψηλό κέρδος από την εξοικονόμηση νερού (Pidou et al., 2007).

6.2.2 ΧΗΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Υπάρχουν 3 υποκατηγορίες συστημάτων τα οποία χρησιμοποιούν τεχνολογία χημικών για την επεξεργασία του γκρίζου νερού (Σχ. 10). Δύο από αυτά βασίζονται στην κροκίδωση με χρήση αργιλίου¹, ενώ το τρίτο βασίζεται στην φωτοχημική οξείδωση με διοξείδιο του τιτανίου (TiO₂) (Pidou et al., 2007).

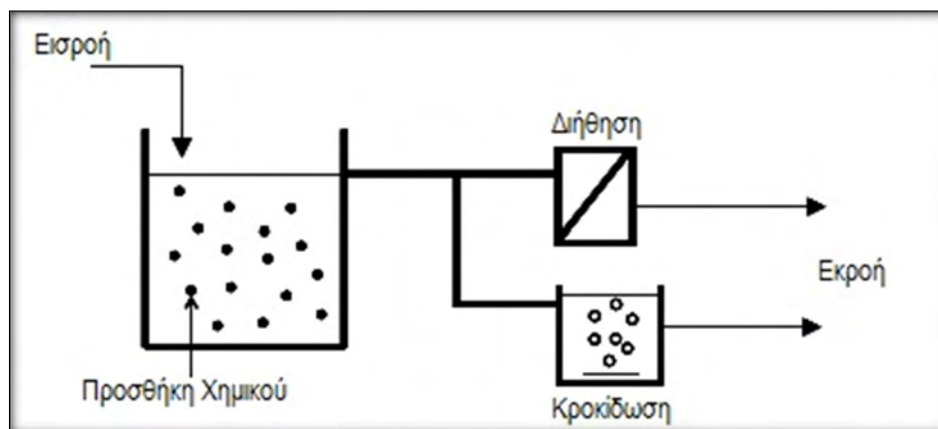
Το ένα από τα δύο συστήματα που βασίζεται στη χρήση αργιλίου συνδυάζει τις διαδικασίες κροκίδωσης-διήθησης από στρώμα άμμου και κοκκώδη ενεργό άνθρακα (GAC) για την επεξεργασία των νερών που προέρχονται από το πλυντήριο (Sostar – Turk et al., 2005). Το δεύτερο σύστημα που βασίζεται στη χρήση αργιλίου συνδυάζει ηλεκτροκροκίδωση² με απολύμανση για την επεξεργασία γκρίζου νερού με μικρές συγκεντρώσεις ρύπων (Parsons et al., 2000).

¹ Η κροκίδωση με τη χρήση αργιλίου στην επεξεργασία νερού είναι η διαδικασία κατά την οποία δημιουργούνται συσσωματώματα (κροκίδες) του αιωρούμενου υλικού, σε κολλοειδείς διαστάσεις, που υπάρχει στο ανεπεξέργαστο νερό και είναι απαραίτητη για να γίνει η καθίζηση των ουσιών αυτών οι οποίες λόγω των μικρών διαστάσεων τους καθιζάνουν με πολύ μικρές ταχύτητες.

² Η ηλεκτροκροκίδωση είναι μια προηγμένη και αποτελεσματική ηλεκτροχημική τεχνολογία απομάκρυνσης οργανικών και ανόργανων ρύπων από το νερό ή διάφορα υγρά απόβλητα που χρησιμοποιεί ως άνοδο θυσιαζόμενα ηλεκτρόδια από αργίλιο (Al), σίδηρο (Fe) ή μαγνήσιο (Mg) για τη δημιουργία των κροκιδωτικών Al(OH)₃, Fe(OH)₃ και Mg(OH)₂ αντίστοιχα.

Το κόστος αγοράς ενός τυπικού χημικού συστήματος επεξεργασίας γκρίζου νερού δυναμικότητας 1.000 l/ημέρα ανέρχεται στα 4.000 με 4.500 ευρώ. Ενώ το κόστος του χημικών που προστίθενται σε 70 ευρώ ανά έτος περίπου (Διαδίκτυο: Hydranos Ltd).

Σχήμα 10: Τυπική διάταξη χημικού συστήματος επεξεργασίας γκρίζου νερού



(Πηγή: Pidou et al., 2007, Ιδία επεξεργασία)

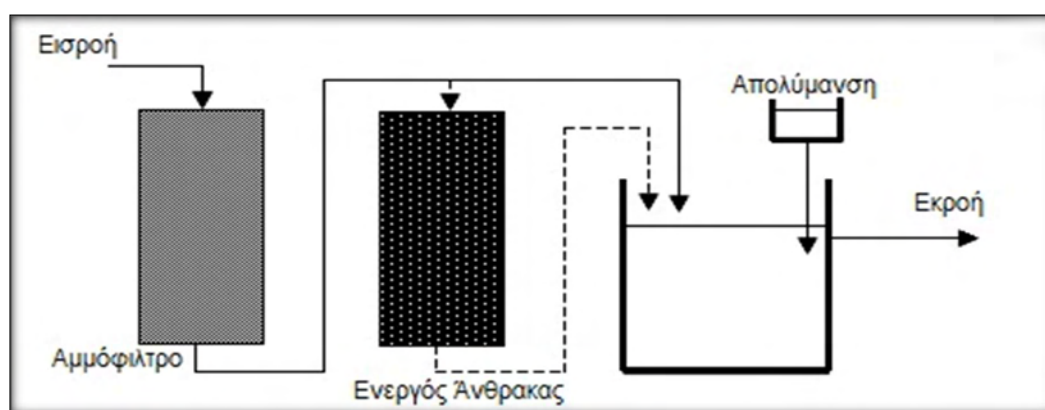
6.2.3 ΦΥΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας μπορούν να χωριστούν σε δύο υποκατηγορίες:

- ✓ Συστήματα με αμμόφιτρα και (Σχ.11)
- ✓ Συστήματα με μεμβράνες(Σχ.12)

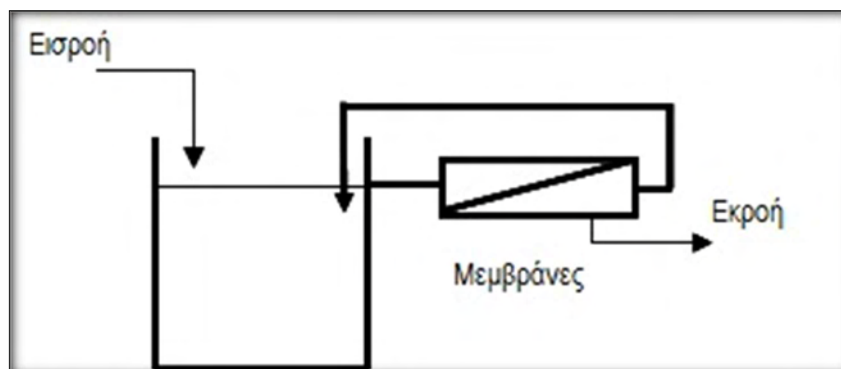
(Pidouetal., 2007).

Σχήμα 11: Τυπική διάταξη φυσικού συστήματος επεξεργασίας γκρίζου νερού με αμμόφιτρο



(Πηγή: Pidou et al., 2007, Ιδία επεξεργασία)

Σχήμα 12: Τυπική διάταξη φυσικού συστήματος επεξεργασίας γκρίζου νερού με μεμβράνες



(Πηγή: Pidou et al., 2007, Ιδία επεξεργασία)

Τα συστήματα αυτά υπερτερούν έναντι των άλλων καθώς η λειτουργία τους δεν διαταράσσεται από πιθανές μεταβολές στη σύσταση του γκρίζου νερού (Jefferson et al., 1999). Το κόστος των συστημάτων αυτών ποικίλει ανάλογα με τη δυναμικότητα του συστήματος. Τα συστήματα με αμμόφιλτρα είναι πολύ πιο οικονομικά από τα συστήματα με μεμβράνες. Αξίζει να σημειωθεί ότι, στην αγορά είναι διαθέσιμα συστήματα με αμμόφιλτρα που το κόστος αγοράς τους ανέρχεται στα 150 ευρώ. Αντίθετα το κόστος των συστημάτων μεμβρανών ανέρχεται περίπου στα 2,000 ευρώ (Διαδίκτυο: Hydranos Ltd).

Στην πρώτη κατηγορία συστημάτων, δηλαδή στα συστήματα με αμμόφιλτρα, τα αμμόφιλτρα χρησιμοποιούνται αυτοτελώς ή συνδυάζονται με κάποιο στάδιο απολύμανσης (CHMC, 2004, Hypes et al., 1975, Prathapar et al., 2006). Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται αυτοτελώς πραγματοποιούν χονδροειδή διήθηση του γκρίζου νερού. Όπως στα απλά συστήματα, έτσι και στα συστήματα με αμμόφιλτρα επιτυγχάνεται περιορισμένη επεξεργασία των διαφορετικών κλασμάτων του γκρίζου νερού. Στις περιπτώσεις που τα συστήματα με αμμόφιλτρα συνδυάζονται με κάποιο στάδιο απολύμανσης, τότε ευνοείται η απομάκρυνση των μικροοργανισμών (CHMC, 2004).

Τα συστήματα της δεύτερη κατηγορίας, τα συστήματα μεμβρανών, εμποδίζουν την εκροή των αιωρούμενων στερεών σωμάτων με μέγεθος μεγαλύτερο από το μέγεθος των πόρων του μεμβρανικού υλικού. Το οποίο στις μεμβράνες διήθησης ανέρχεται στα 0.5 μm και στις μεμβράνες αντίθετης όσμωσης μπορεί να αγγίξει τις μοριακές

διαστάσεις. Στα συστήματα αυτά το νερό μετά την επεξεργασία εμφανίζει εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις θολότητας και τα ολικά κολοβακτηρίδια είναι κάτω από τα ανιχνεύσιμα όρια. Ωστόσο, το μειονέκτημα των συστημάτων μεμβρανών είναι οι υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις για την εξασφάλιση της πίεσης (Jefferson et al., 1999).

Το μέγεθος των πόρων των μεμβρανών είναι υπέρτατης σημασίας αναφορικά με το βαθμό επεξεργασίας του γκρίζου νερού (Pidou et al., 2007). Πιο συγκεκριμένα, η ποιότητα του επεξεργασμένου νερού είναι καλύτερη όσο μικρότερος είναι ο πόρος της χρησιμοποιούμενης μεμβράνης κυρίως όσον αφορά στην απομάκρυνση των οργανικών ενώσεων (Rammon et al., 2004). Αξίζει να αναφερθεί πως τα συστήματα μεμβρανών έχουν αυξημένο κόστος συντήρησης, καθώς παρατηρείται συχνά έμφραξη των μεμβρανών και για το λόγο αυτό είναι συχνά απαραίτητος ο καθαρισμός τους (Sostar – Turk et al., 2005, Ahn et al., 1998).

6.2.4 ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Μια μεγάλη ποικιλία βιολογικών διεργασιών έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανακύκλωση γκρίζου νερού. Βιολογικές διεργασίες πραγματοποιούνται με τη βοήθεια των παρακάτω συστημάτων:

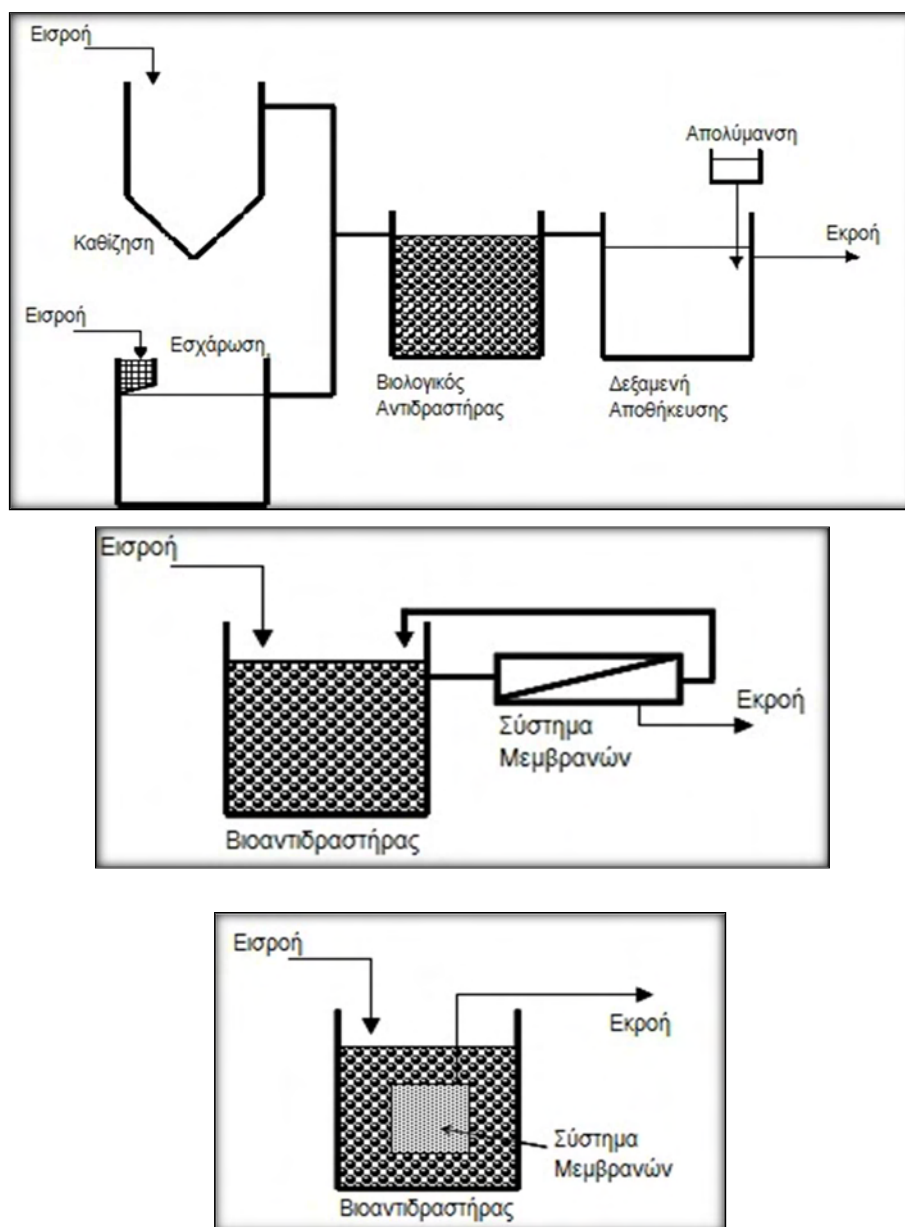
- ✓ Αντιδραστήρες σταθερής κλίνης
- ✓ Συστήματα βιολογικών δίσκων
- ✓ Αναερόβια Φίλτρα
- ✓ Συστήματα διακοπτόμενης λειτουργίας (SBR)
- ✓ Βιοαντιδραστήρες μεμβρανών (MBR)
- ✓ Αερόβια βιολογικά φίλτρα (Pidou et al., 2007)

Το κόστος των βιολογικών συστημάτων διαφοροποιείται ανάλογα με τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται. Ωστόσο, τα βιολογικά συστήματα είναι σε γενικές γραμμές υψηλού κόστους.

Τα βιολογικά συστήματα σπάνια χρησιμοποιούνται αυτοτελώς και συνήθως οι βιολογικές διεργασίες έπονται φυσικών διεργασιών, όπως η καθίζηση και η εκσακχάρωση που αποτελούν το στάδιο της προεπεξεργασίας, και ακολουθούνται από κάποιο είδος απολύμανσης. Επίσης, συνδυάζονται με αμμόφιλτρα, ενεργό άνθρακα, τεχνητούς υγροβιότοπους και μεμβράνες (Pidou et al., 2007).

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται τυπικές διατάξεις βιολογικών συστημάτων (Σχ.13).

Σχήμα 13: Τυπικές διατάξεις βιολογικών συστημάτων επεξεργασίας γκρίζου νερού



(Πηγή: Pidou et al., 2007, Ιδία επεξεργασία)

Όσον αφορά στην ποιότητα του επεξεργασμένου νερού των βιολογικών συστημάτων, σύμφωνα με έρευνα του Pidou et al. (2007), ανεξάρτητα από το είδος των διεργασιών όλα τα βιολογικά συστήματα πέτυχαν εξαιρετική απομάκρυνση οργανικών και στερεών. Επίσης, τα βιολογικά συστήματα που περιελάμβαναν το στάδιο της απολύμανσης πέτυχαν σημαντική απομάκρυνση των παθογόνων παραγόντων. Τα

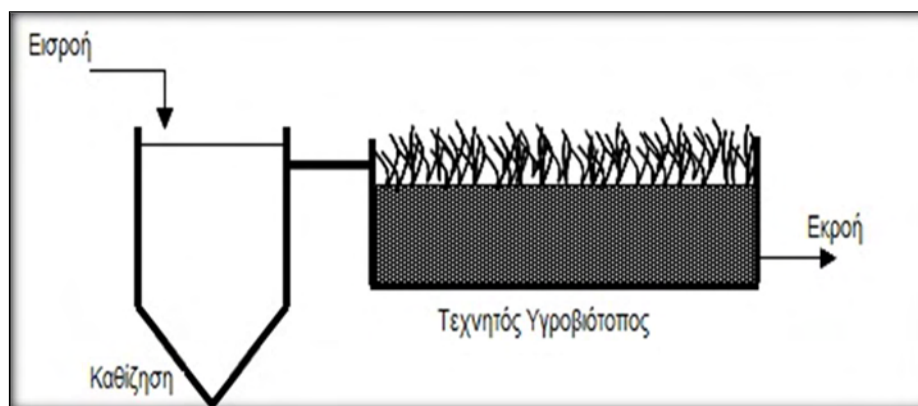
μόνα συστήματα που κατάφεραν σημαντική μείωση των παθογόνων παραγόντων χωρίς το στάδιο της απολύμανσης ήταν αυτά των αντιδραστήρων μεμβρανών (Pidou et al., 2007).

Σε μικρή κλίμακα τα βιολογικά συστήματα φαίνεται να παρουσιάζουν δυσκολίες καθώς οι συνεχείς διακυμάνσεις του ρυπαντικού φορτίου και της ροής του προς την επεξεργασία του γκρίζου νερού και οι υπερβολικές φορτίσεις μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στη λειτουργία των τεχνολογιών που βασίζονται σε βιολογικές μεθόδους (Jefferson et al., 1999).

6.2.5 ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα εκτεταμένα συστήματα για την επεξεργασία του γκρίζου νερού αφορούν στους τεχνητούς υγροβιότοπους (Σχ. 14) (όπως είναι οι καλαμώνες) και τις τεχνητές λίμνες. Το πιο συνηθισμένο είδος φυτού που χρησιμοποιείται στην κατασκευή τεχνητών υγροβιοτόπων είναι το *Phragmites australis*. Αυτά τα συστήματα έπονται μιας διαδικασίας καθίζησης, η οποία έχει ως στόχο την απομάκρυνση μεγαλύτερων στερεών σωμάτων που μπορεί να εμπεριέχονται στο γκρίζο νερό και ακολουθούνται από διήθηση μέσα από στρώμα άμμου, προκειμένου να κατακρατηθούν σωματίδια που μεταφέρονται στην εκροή των παραπάνω συστημάτων (Pidou et al., 2007).

Σχήμα 14: Τυπική διάταξη τεχνητού υγροβιότοπου

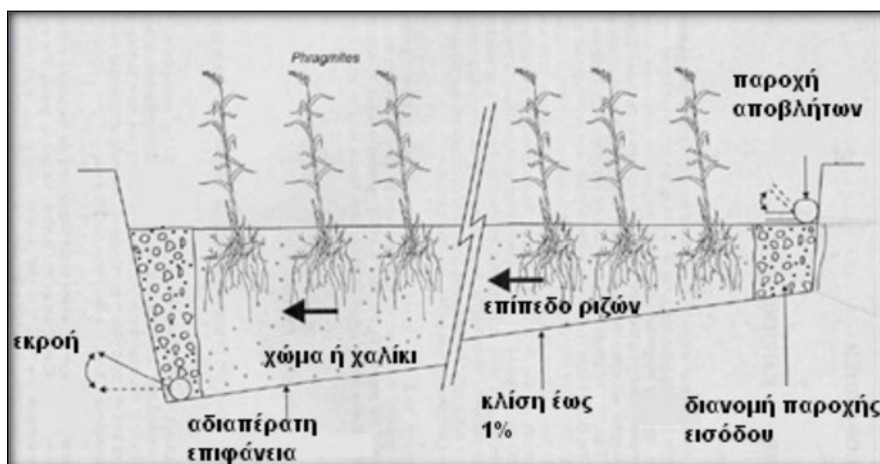


(Πηγή: Pidou et al., 2007, Ιδία επεξεργασία)

Οι υγροβιότοποι διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες (Νουτσόπουλος, 2010):

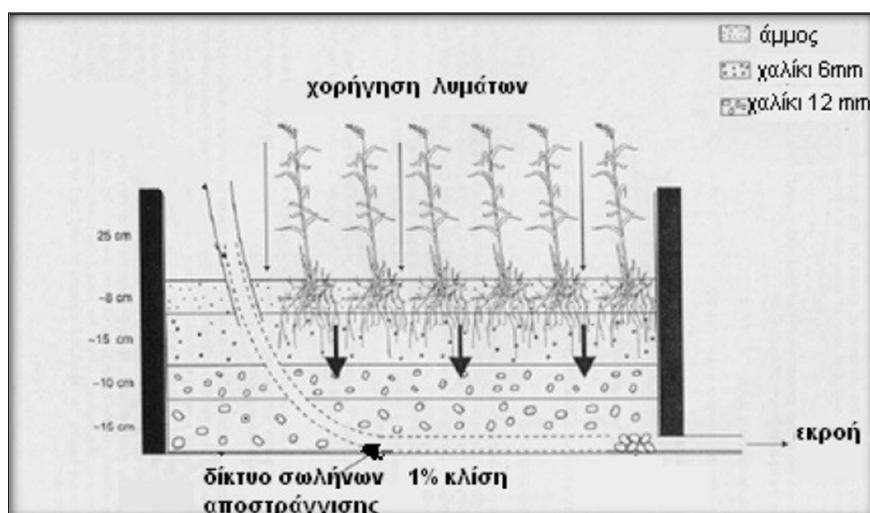
- ✓ Υγροβιότοποι Επιφανειακής Ροής
- ✓ Υγροβιότοποι Υποεπιφανειακής Ροής
 - Η ροή των λυμάτων γίνεται οριζόντια (Horizontal flow) (Σχ. 15)
 - Η ροή των λυμάτων γίνεται κατακόρυφα (Vertical flow) (Σχ. 16)

Σχήμα 15: Υγροβιότοποι οριζόντιας υποεπιφανειακής ροής



(Πηγή: Νουτσόπουλος, 2010, Ιδία επεξεργασία)

Σχήμα 16: Υγροβιότοποι κατακόρυφης υποεπιφανειακής ροής



(Πηγή: Νουτσόπουλος, 2010, Ιδία επεξεργασία)

Η εφαρμογή των εκτεταμένων συστημάτων σε οικιακό επίπεδο έχει τη μορφή τεχνητών υγροβιοτόπων μικρής κλίμακας συνήθως (λεκάνες φυτοκαθαρισμού), ενώ δεν υπάρχουν παραδείγματα τεχνητών λιμνών που να επεξεργάζονται το γκρίζο νερό σε επίπεδο κατοικίας (Dallas et al., 2004).

Οι τεχνητοί υγροβιότοποι είναι αποτελεσματικοί στην επεξεργασία του γκρίζου νερού από άποψη θολότητας και αιωρούμενων σωματιδίων. Ωστόσο, ο βαθμός απομάκρυνσης των μικροοργανισμών είναι σχετικά μικρός (Pidou et al., 2007). Τέλος, πρέπει να σημειωθεί, ότι τα συστήματα αυτά είναι οικονομικά και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούν είναι φιλικές προς το περιβάλλον (Dallas et al., 2004, Shrestha et al., 2001).

6.2.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΓΚΡΙΖΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η συλλογή, η επεξεργασία και η επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου νερού πραγματοποιείται μέσω τεσσάρων ειδών συστημάτων. Τα οποία κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούν. Έτσι, υπάρχουν τα απλά, τα χημικά, τα φυσικά, τα βιολογικά και τα εκτεταμένα συστήματα. Όσον αφορά στα φυσικά συστήματα επεξεργασίας του γκρίζου νερού, αξίζει να σημειωθεί ότι οι φυσικές διεργασίες δεν είναι αρκετά αξιόπιστες και άρα δεν μπορούν να διασφαλίσουν την επαρκή απομάκρυνση των οργανικών και των θρεπτικών που εμπεριέχονται στο γκρίζο νερό (Li et al., 2003). Για τον λόγο αυτό δεν συνιστάται η εφαρμογή τους στην επεξεργασία του γκρίζου νερού. Από την άλλη πλευρά, οι τεχνολογίες που σχετίζονται τη χρήση χημικών επιτυγχάνουν αποτελεσματική απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και των οργανικών φορτίων του γκρίζου νερού εφόσον οι ρύποι αυτοί βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις (Li et al., 2009). Οι βιολογικές διεργασίες έχουν καλές αποδόσεις στην περίπτωση γκρίζων νερών με μέσο και υψηλό ρυπαντικό φορτίο και θεωρούνται η πιο οικονομική και εφικτή λύση για την ανακύκλωση γκρίζου νερού. Επίσης τα συστήματα βιοαντιδραστήρων μεμβρανών αποτελούν μια ιδιαίτερα ελκυστική λύση που μπορεί να εφαρμοστεί στην επεξεργασία γκρίζου νερού μέσου και υψηλού ρυπαντικού φορτίου, κυρίως σε περιπτώσεις εργατικών κατοικιών και συγκροτημάτων κατοικιών που εξυπηρετούν περισσότερους από 500 κατοίκους.

6.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

Υπάρχει μία ποικιλία πρακτικών λύσεων για την εξοικονόμηση νερού σε επίπεδο σπιτιού και συγκεκριμένα στις οικιακές συσκευές. Οι λύσεις αυτές αφορούν σε εξαρτήματα που περιορίζουν την υδατική κατανάλωση ορισμένων συμβατικών συσκευών αλλά και ηλεκτρικών συσκευών που διαθέτουν κάποιο πρόγραμμα ελάχιστης κατανάλωσης νερού.

Εξοικονόμηση νερού στις βρύσες

Στις βρύσες υπάρχουν δύο μηχανισμοί που επιτρέπουν την εξοικονόμηση νερού, οι οποίοι είναι:

- ✓ Αισθητήρας ανίχνευσης κίνησης (Εικ. 4)
- ✓ Ακροφύσιο μείωσης ροής της βρύσης (Εικ. 5)

Στην πρώτη περίπτωση η βρύση λειτουργεί όταν ανιχνευτεί κίνηση από ειδικό φωτοκύτταρο που είναι ενσωματωμένο. Η λύση αυτή είναι δυνατόν να προσαρμοστεί και σε υφιστάμενες βρύσες καθώς υπάρχουν προϊόντα που μπορούν να προσαρμόζονται στο στόμιο της βρύσης (Διαδίκτυο: ΔΕΥΑΒΑ, 2010).

Εικόνα 4: Βρύση με φωτοκύτταρο για εξοικονόμηση νερού



(Πηγή: Διαδίκτυο: Google Image.)

Στην δεύτερη περίπτωση τοποθετείται ειδικό ακροφύσιο στο στόμιο της βρύσης. Η λειτουργία των ακροφυσίων έγκειται στην εισαγωγή αέρα στη ροή του νερού της βρύσης με αποτέλεσμα να μειώνεται η (αρχικά αμιγής) ροή του νερού. Αυτό όμως δεν σημαίνει πως αλλάζει η πίεση του νερού και έτσι η μείωση παροχής νερού δεν γίνεται αντιληπτή από το χρήστη. Το κόστος των ακροφυσίων είναι ιδιαίτερα μικρό και η εξοικονόμηση νερού που μπορούν να επιτύχουν μπορεί να φτάσει το 50% (Διαδίκτυο: Δίκτυο Μεσόγειος, 2006).

Εικόνα 5: Ακροφύσιο για εξοικονόμηση νερού



(Πηγή: Διαδίκτυο: Google Image.)

Εξοικονόμηση νερού στο ντους-μπανιέρα

Για την εξοικονόμηση νερού στο ντους και την μπανιέρα προτείνεται η εγκατάσταση «τηλεφώνων» οικονομίας (Εικ. 6). Στην περίπτωση υφιστάμενου μπάνιου που δεν είναι εφικτή η αλλαγή τηλεφώνου της ντουζιέρας ή της μπανιέρας προτείνεται η τοποθέτηση μειωτήρα ροής στη βρύση της ντουζιέρας/μπανιέρας (Διαδίκτυο: Δίκτυο Μεσόγειος, 2006, Διαδίκτυο: ΔΕΥΑΒΑ, 2010)

Εικόνα 6: Κεφαλή ντους για εξοικονόμηση νερού



(Πηγή: Διαδίκτυο: Google Image.)

Εξοικονόμηση νερού στην τουαλέτα

Σε μία κατοικία τα μεγαλύτερα ποσοστά νερού τα καταναλώνει η τουαλέτα. Επομένως η εγκατάσταση μηχανισμών εξοικονόμησης νερού στην τουαλέτα θα μείωναν σημαντικά την ποσότητα του καταναλισκόμενου οικιακού νερού (Διαδίκτυο: Δίκτυο Μεσόγειος, 2006, Διαδίκτυο: ΔΕΥΑΒΑ, 2010). Προτείνονται δύο μηχανισμοί για την εξοικονόμηση νερού στην τουαλέτα:

- ✓ Εγκατάσταση καζανακίου με μηχανισμό διπλής ενεργοποίησης,
- ✓ Τοποθέτηση μικρών εξαρτημάτων που μειώνουν τον όγκο του νερού που απελευθερώνεται.

Στην πρώτη περίπτωση τα περισσότερα προϊόντα που κυκλοφορούν διαθέτουν κουμπί ενεργοποίησης για 3 και 6 λίτρα ή για 3 και 9 λίτρα. Το κόστος για την αγορά του εξοπλισμού κυμαίνεται ανάλογα με το είδος του δοχείου (εξωτερικά ή εντοιχισμένα). Η συγκεκριμένη λύση προτείνεται σε νέες κατοικίες όπου θα εγκατασταθούν από την αρχή καζανάκια διπλής ροής. Μπορεί φυσικά να εφαρμοστεί κα σε ήδη υπάρχουσες κατοικίες αλλά με μεγαλύτερο κόστος (Διαδίκτυο: Δίκτυο Μεσόγειος, 2006, Διαδίκτυο: ΔΕΥΑΒΑ, 2010).

Στην δεύτερη περίπτωση τοποθετούνται στο καζανάκι μικρά εξαρτήματα που μειώνουν τον όγκο του νερού που απελευθερώνεται σε κάθε πάτημα κουμπιού. Επίσης είναι δυνατή και η τοποθέτηση ενός μηχανισμού στο καζανάκι που επιτρέπει στο χρήστη να καταναλώνει νερό μόνον εφόσον κρατάει το κουμπί ενεργοποίησης πατημένο (Διαδίκτυο: Δίκτυο Μεσόγειος, 2006, Διαδίκτυο: ΔΕΥΑΒΑ, 2010).

Πέραν των συσκευών εξοικονόμησης νερού που προαναφέρθηκαν υπάρχουν διάφορες πρακτικές που εάν ο καθένας μας εφάρμοζε στην καθημερινότητά του θα ήταν δυνατόν να επιτευχθεί σημαντική μείωση στην κατανάλωση νερού. Τέτοιες πρακτικές είναι η χρήση ντους και όχι μπάνιου για την προσωπική υγιεινή, το στοπ στο τ/φ του ντους ή αυτόματη βρύση, το πλύσιμο πιάτων στο πλυντήριο πιάτων και όχι στο νεροχύτη, το πλύσιμο αυλής/μπαλκονιού/βεράντας/αυτοκινήτου με κουβά ή με λάστιχο στο οποίο έχει ενσωματωθεί πιστόλι εκτόξευσης νερού, ο έλεγχος διαρροών στις υδραυλικές εγκαταστάσεις, το αυτόματο πότισμα κ.α.

6.4 ΣΥΝΟΨΗ

Στο κεφαλαίο αυτό αναφέρθηκαν οι τεχνολογίες σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου νερού αλλά και του βρόχινου νερού καθώς επίσης και τεχνολογίες που αφορούν την εξοικονόμηση νερού.

Σε πρώτη φάση αναλύθηκαν οι τεχνολογίες για την επαναχρησιμοποίηση του βρόχινου νερού. Οι τεχνολογίες αυτές συνδέονται με τη λειτουργία 2 ειδών συστημάτων: συστήματα εδάφους και συστήματα οροφής. Στη συνέχεια παρουσιάστηκαν τα συστήματα επεξεργασίας γκρίζου νερού τα οποία διακρίνονται σε απλά, χημικά, φυσικά, βιολογικά και εκτεταμένα συστήματα. Τέλος, αναφέρθηκαν κάποιες τεχνικές για την εξοικονόμηση νερού.

Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω είναι απαραίτητος προκειμένου να αντιμετωπιστούν τυχόν προβλήματα λειψυδρίας και να επιτευχθεί επάρκεια νερού τόσο σε ποσότητα όσο και σε ποιότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΔΙΕΘΝΗ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

Παρακάτω αναφέρονται παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης τόσο του βρόχινου νερού όσο και του γκρίζου νερού στο διεθνή χώρο τα οποία ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής τους κατηγοριοποιούνται σε μικρής κλίμακας, μεσαίας κλίμακας ή μεγάλης κλίμακας.

7.1 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΒΡΟΧΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το βρόχινο νερό αποτελεί την καθαρότερη πηγή νερού απ' όλες όσες είναι διαθέσιμες και για τον λόγο αυτό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη διαχείριση για την εξοικονόμησή του (Τρικοιλίδου κ.α., 2003). Η επαναχρησιμοποίηση των όμβριων υδάτων διαθέτει μια μακροχρόνια ιστορία ξεκινώντας από πολύ παλιά και φθάνοντας μέχρι και σήμερα όπου χρησιμοποιείται για άρδευση, πόση, και για διάφορες άλλες χρήσεις.

7.1.1 ΜΙΚΡΗ ΚΛΙΜΑΚΑ

Γερμανία, Βερολίνο, Potsdamer Platz

Στο Βερολίνο τέθηκε σε εφαρμογή ένα σχέδιο με σκοπό την δημιουργία μιας ζωντανής, όμορφης και οικολογικά λειτουργικής δημόσιας έκτασης, στην οποία κυριαρχεί το νερό ως διακοσμητικό στοιχείο, και η οποία τοποθετείται σε αστικό επίκεντρο πυκνής δόμησης που χαρακτηρίζεται από ποικιλία χρήσεων γης. Το συγκεκριμένο εγχείρημα σχεδιάστηκε κατά τη διάρκεια της περιόδου 1994-1998 και κατασκευάστηκε κατά το χρονικό διάστημα 1997-1998. Το σχέδιο βρίσκεται στην πλατεία Potsdam (Potsdamer Platz) και χαρακτηρίζεται ιστορικά σημαντικό και τεχνολογικά εξελιγμένο. Η αστική οικολογία αποτελεί ζήτημα εξέχουσας σημασίας, όπως προκύπτει από το μεγάλο ποσοστό πράσινων στεγών και από τα εκτεταμένα συστήματα νερού, αποδεικνύοντας ότι ο οικολογικός σχεδιασμός μπορεί να προσαρμοστεί ακόμη και σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές (Διαδίκτυο: Potsdamer Platz, 2010).

Ιστορικά αξίζει να σημειωθεί, ότι μετά το άνοιγμα του σταθμού Potsdamer Railway το 1838, η περιοχή είχε εξελιχθεί σε μία από τις πιο πολυσύχναστες πλατείες της Ευρώπης, εξέλιξη που κορυφώθηκε το 1920 με 83.000 επισκέπτες την ημέρα. Η αρχιτεκτονική του χώρου αλλάζει συχνά, δικαιώνοντας τη φήμη της ως προοδευτικό αστικό χώρο. Ωστόσο, η Potsdamer Platz καταστράφηκε σχεδόν ολοσχερώς κατά τη διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου και έγινε μια άγονη συνοριακή ζώνη μεταξύ ανατολικού και δυτικού Βερολίνου κατά τη διάρκεια του Ψυχρού Πολέμου. Ο σχεδιασμός για μια νέα πλατεία ξεκίνησε λίγο μετά τη γερμανική επανένωση με ένα διαγωνισμό σχεδιασμού που διοργανώθηκε από τη Γερουσία του Βερολίνου το 1991 (Διαδίκτυο: Potsdamer Platz, 2010).

Το νερό έπαιξε κρίσιμο ρόλο από την έναρξη του σχεδιασμού. Στον Herbert Dreiseitl ανατέθηκε να σχεδιάσει το σύστημα νερού, μια έννοια που συνδυάζει αριστοτεχνικά την αισθητική με τη διατήρηση και την οικολογική επεξεργασία του νερού της βροχής για χρήση στο εσωτερικό των κτηρίων. Υπάρχει μια ισχυρή σχέση μεταξύ του αστικού τοπίου και του συστήματος νερού. Οι επιφάνειες των στεγών, ιδιαίτερα το υψηλό ποσοστό τόσο των εκτεταμένων όσο και των εντατικών πράσινων στεγών, καθώς και η διαμόρφωση των κτηρίων, ήταν σημαντικοί παράγοντες για τη χωρητικότητα του συστήματος και την τεχνική της μηχανικής. Ο σχεδιασμός του τοπίου στην Potsdamer Platz ενσωματώνει φυσικά εμπνευσμένα θέματα σε ένα εξαιρετικά αστικό περιβάλλον (Dreiseitl και Grau, 2006).

Το σύστημα νερού στην Potsdamer Platz απαιτούσε ενδελεχή ανάλυση δεδομένων, υπολογισμούς, και μοντελοποίηση (Dreiseitl, 1996a). Όπως γραφείο Dreiseitl, το νερό είναι ένα απρόβλεπτο μέσο (Dreiseitl και Grau, 2006). Ερευνήθηκαν πολλοί παράγοντες για την ανάπτυξη ενός αξιόπιστου συστήματος διαχείρισης των όμβριων υδάτων και οικολογικά ορθών συνθηκών διαχείρισης επιφανειακών υδάτων (Dreiseitl, 1996a).

Τα υπόγεια ύδατα στο Βερολίνο και συγκεκριμένα στην Potsdamer Platz είναι σχετικά υψηλά και τα όμβρια ρέουν ως επί το πλείστον ξεχωριστά από τα κανάλια των επιφανειακών υδάτων, όπως εκτός από περιπτώσεις έντονης βροχοπτώσης (Kardoff, 1999). Συνεπώς, η μείωση της εξάρτησης από το τοπικό αποχετευτικό σύστημα ήταν μια ιδιαίτερη πρόκληση. Για την πρόληψη των πλημμυρών δημιουργήθηκε ένας τεχνητός υδροφόρος ορίζοντας και εγκαταστάθηκαν μια σειρά μηχανισμών για να συγκρατούν τα όμβρια ύδατα. Αυτοί οι μηχανισμοί συγκράτησης περιλαμβάνουν πράσινες στέγες, πέντε υπόγειες δεξαμενές αποθήκευσης, που αντιστοιχούν σε ζώνες αποστράγγισης και μπορούν να αποθηκεύσουν 2.600 κυβικά μέτρα νερού, και μια επιφάνεια αποθήκευσης νερού σε μορφή τριγωνικής λίμνης (λίμνη Piano), με παρακείμενο βραχίονα (νότιο σύστημα νερού) και κανάλια (βόρειο σύστημα νερού και σύστημα νερού Piazza), που μπορεί να αποθηκεύσει 13.649m³ (Dreiseitl, 1996c). Η απορροή από τις πλακόστρωτες επιφάνειες και τις στέγες συλλέγεται αρχικά σε υπόγειες δεξαμενές. Από τις δεξαμενές, το νερό της βροχής εισέρχεται σε ένα κύκλο όπου αντλείται από τις αποθήκες επιφανειακών υδάτων και επιστρέφει στις δεξαμενές. Το νερό φιλτράρεται συνεχώς καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου μέσω βιοτόπων, καταρακτών, και τεχνητών φίλτρων, εξασφαλίζοντας την

κατάλληλη ποιότητα για τη χρήση του εντός των κτηρίων και για ένα οικολογικά υγιές πάρκο (Dreiseitl, 1996a, Dreiseitl, 1996d).

Η λίμνη Piano (Εικ. 7) είναι ο κύριος συνδετικός κρίκος του αστικού καθαρισμού όμβριων υδάτων και της διήθησης επιφανειακών συστημάτων. Η λίμνη Piano είναι πολύ σημαντική για το μικροκλίμα της Potsdamer Platz. Διατηρεί την οικολογική ισορροπία, συμβάλλει στην περιβαλλοντική κατήχηση, και είναι το σημείο εστίασης της υπαίθριας αναψυχής. Το μέγεθος, το σχήμα και το βάθος της λίμνης κατασκευάστηκαν προσεκτικά για να βελτιστοποιήσουν την κυκλοφορία του νερού και την διήθηση (Hoyer et al.,2011).

Εικόνα 7: Η λίμνη Piano της Potsdamer Platz.



(Πηγή: Dreiseitl, 1996a).

Προκειμένου να εξεταστεί προσεκτικά πώς οι αλλαγές της θερμοκρασίας, των ανέμων, και ο όγκος του νερού θα μπορούσαν να επηρεάσουν τις συνθήκες

κυκλοφορίας του νερού, πραγματοποιήθηκε κατασκευή μοντέλων με τη βοήθεια υπολογιστή (Dreiseitl και Grau, 2006). Ένα τέτοιο μοντέλο απεικονίζεται στο Σχήμα 17. Τα όμβρια ύδατα συλλέγονται από τις στέγες και τους δρόμους, στη συνέχεια κατατίθεται σε υπόγειες δεξαμενές και κυκλοφορούν μέσω του συστήματος επιφανειακών υδάτων και τέλος χρησιμοποιούνται στην άρδευση κήπων και την αποχέτευση. Τα συστήματα φιλτραρίσματος χρησιμοποιούνται συνεχώς. Οι ρυθμοί κυκλοφορίας του νερού είναι υπεύθυνοι για τη ρύθμιση της διήθησης μέσω φίτρων εδάφους σε ρηγά σημεία των αποχετεύσεων και των καλαμιώνων (Dreiseitl, 1998).

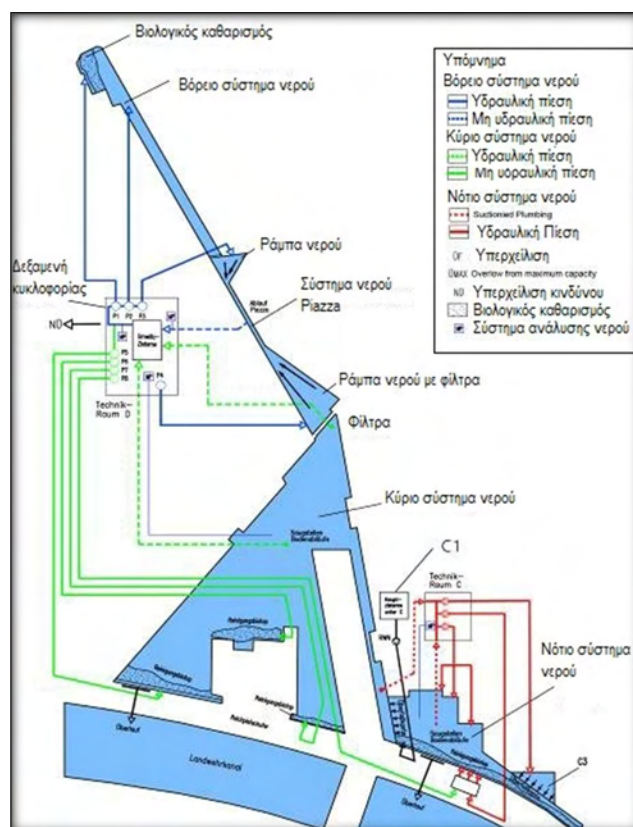
Σχήμα 17: Μοντέλο κυκλοφορίας του νερού στην Potsdamer Platz



(Πηγή: Dreiseitl, 1998)

Τα άλλα συστήματα νερού είναι εξίσου σημαντικά και μοναδικά στο σχεδιασμό τους. Το βόρειο σύστημα νερού (North Water System) είναι ένα κανάλι δίπλα σε μια πεζοδρομημένη λεωφόρο και μαζί με τους καταρράκτες που τρέχουν γύρω από την πλατεία Marlene Dietrich είναι γνωστό ως σύστημα Piazza. Το νότιο σύστημα νερού (South Water System) αντανακλά την λαμπρή αρχιτεκτονική της Daimler Chrysler, κτήριο του αρχιτέκτονα Renzo Piano. Γενικά, το σύστημα νερού της Potsdamer Platz είναι προσεκτικά ενσωματωμένο στον αστικό ιστό (Dreiseitl και Grau, 2006). Στο σχήμα 18 παρουσιάζεται το ολοκληρωμένο σύστημα νερού της Potsdamer Platz το οποίο αποτελείται από μια σειρά υπογείων δεξαμενών αποθήκευσης που αντλούν νερό από τα συστήματα επιφανειακών υδάτων.

Σχήμα 18: Το σύστημα νερού της Potsdamer Platz



(Πηγή: Dreiseitl, 1998)

7.1.2 ΜΕΣΑΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ

Η.Π.Α., Πόρτλαντ, Tanner Springs Park

Ένα παράδειγμα διαχείρισης και επαναχρησιμοποίησης όμβριων υδάτων μεσαίας κλίμακας αποτελεί το Tanner Springs Park, στο Πόρτλαντ των Ηνωμένων Πολιτειών. Η βασική ιδέα της συγκεκριμένης προσπάθειας αφορούσε στην αποκατάσταση των φυσικών υγροτόπων και στη δημιουργία ενός λειτουργικού, όμορφου, δημοσίου πάρκου σε μια πυκνοδομημένη αστική περιοχή μέσω της βιώσιμης διαχείρισης όμβριων υδάτων. Η περιοχή στην οποία τοποθετείται το πάρκο βρίσκεται στο κέντρο της πόλης του Πόρτλαντ και ονομάζεται Pearl District (Περιφερειακό Μαργαριτάρι) (Hoyer et al., 2011).

Τα τελευταία χρόνια το Pearl District έχει μετατραπεί από μία βιομηχανική ζώνη σε μία κοινωνικά και εθνικά ποικιλόμορφη γειτονιά. Μετά την παρακμή της βιομηχανίας, η πόλη του Πόρτλαντ αποφάσισε να ανακατασκευάσει το Περιφερειακό Μαργαριτάρι για εμπορική και οικιακή χρήση. Ωστόσο, λόγω της βιομηχανικής φύσης του, και του σημαντικού δικτύου σιδηροδρομικών υποδομών, η περιοχή

υποφέρει από έλλειψη χώρων πρασίνου. Το σχέδιο αναπτύχθηκε για να αντιμετωπίσει αυτήν την έλλειψη χώρων πρασίνου, ενώ παράλληλα συνέβαλε στη συνολική οικολογική αναζωογόνηση της πόλης. Η έννοια αυτή (της οικολογικής αναζωογόνησης), που αναπτύχθηκε από τους Peter Walker και Partners περιλαμβάνει 3 διαφορετικά είδη πάρκων (Εικ. 8) που δημιουργούν ένα πράσινο διάδρομο από το κέντρο του Πόρτλαντ που καταλήγει στον ποταμό Willamette στα βόρεια της πόλης. Το Tanner Springs είναι ένα από αυτούς τους χώρους πρασίνου, για τον οποίο οι σχεδιαστές ορίζουν δύο κατευθύνσεις, «φέρνει την αίσθηση ενός υγροτόπου, και μετατρέπει το πάρκο σε έναν προορισμό για περισυλλογή» (Διαδίκτυο: Johns, 2005/2009). Ο σχεδιασμός αυτού του πάρκου ξεκίνησε το 2003. Η υπεύθυνη ομάδα σχεδιασμού αποτελείτο από το Atelier Dreiseitl Water scapes με έδρα το Überlingen, στη Γερμανία, που εργάστηκε σε συνεργασία με ντόπιους αρχιτέκτονες από την εταιρεία Greenworks, και άλλους συμβούλους. Η κατασκευή ολοκληρώθηκε σε έναν χρόνο κατά τη διάρκεια των ετών 2004-2005 (Dreiseitl και Grau, 2006, Διαδίκτυο: Portland Parks & Recreation).

Εικόνα 8: Το Tanner Springs Park (άποψη από το Βορρά).

Τα 3 τμήματα του πάρκου είναι ευδιάκριτα: λίμνη με γέφυρα πεζών στα ανατολικά, φυσική βλάστηση έλους στη μέση, κλασικό πάρκο στα δυτικά.

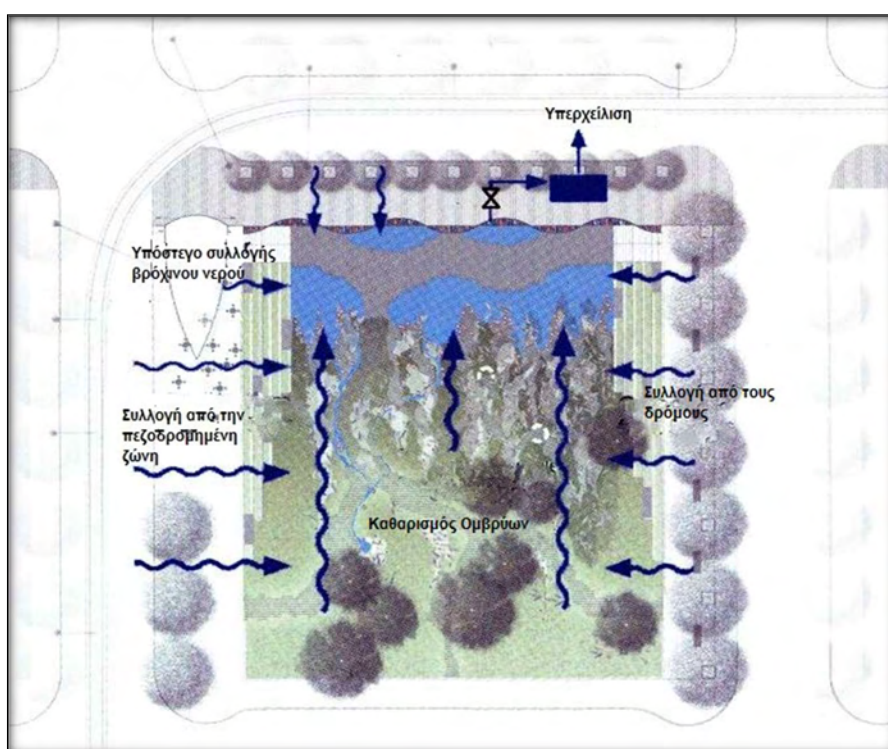


(Πηγή: Hoyer et al., 2011)

Το Tanner Springs Park βρίσκεται στο κέντρο της συνοικίας Περλ. Περιτριγυρισμένο από κτήρια κατοικίας, το πάρκο χαρακτηρίζεται από ακανόνιστα σχήματα νερού, αναφορικά με τις αρχικές ελώδεις περιοχές που κάποτε υπήρχαν εκεί. Σε αρκετές περιοχές του πάρκου υπάρχουν μικρές τεχνητές πηγές από τις οποίες το νερό ρέει αργά με κατεύθυνση προς τα κάτω σε μια βυθισμένη τεχνητή λίμνη (Σχ. 20). Η λίμνη είναι το βασικό στοιχείο της διαχείρισης των όμβριων στην περιοχή αυτή (Hoyer et al., 2011).

Σχήμα 19: Το σύστημα νερού του Tanner Springs Park.

Όλα τα όμβρια ύδατα οδηγούνται στην λίμνη κατακράτησης.



(Πηγή: Dreiseitl, 1996)

Παρακείμενα πεζοδρόμια της πόλης εκβάλλουν στη λίμνη, όπου το νερό συγκεντρώνεται και μπορεί σταδιακά να εξατμιστεί. Στενά κανάλια και μια γυάλινη οροφή σε σχήμα φύλλου (Εικ. 9) συλλέγουν το νερό και το οδηγούν στην λίμνη χαμηλότερης στάθμης, όπου το νερό συγκρατείται και αντλείται πίσω με ένα ελατήριο. Κατά μήκος της πορείας του, το νερό απορροφάται από το έδαφος, εξασφαλίζοντας άνθηση των φυτών στα γύρω έλη. Το στάσιμο νερό χρησιμεύει επίσης για τη βελτίωση του μικροκλίματος της περιοχής μέσω της εξάτμισης. Κατά τη διάρκεια ακραίων βροχοπτώσεων, σε περίπτωση υπερχειλίσης το νερό διοχετεύεται στο αποχετευτικό σύστημα. Έτσι, η κίνηση του νερού από τις

επιφανειακές πηγές εντός του πάρκου δημιουργεί ένα φιλόξενο περιβάλλον (Διαδίκτυο: Johns, 2005/2009).

Εικόνα 9: Το γυάλινο υπόστεγο συλλογής όμβριων σε σχήμα φύλλου



(Πηγή: Hoyer et al., 2011)

Από την αρχή, το Tanner Springs Park σχεδιάστηκε από την προοπτική του πολεοδομικού σχεδιασμού και της αρχιτεκτονικής τοπίου, κάτι το οποίο αντικατοπτρίζεται στη χρηστικότητα του πάρκου. Επίσης, συμμετείχαν σπουδαίοι σχεδιαστές που ασχολούνται με έργα που περιλαμβάνουν το υδάτινο στοιχείο (Διαδίκτυο: ASLA Oregon, 2006). Ωστόσο, η διαχείριση των όμβριων θα είχε εφαρμοστεί με μεγαλύτερη επιτυχία, συγκεντρώνοντας την απορροή όμβριων από μια ευρύτερη περιοχή. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί μέσα από μια συνεργασία μεταξύ του πολεοδομικού οργανισμού της πόλης και των υπηρεσιών διαχείρισης των υδάτων κατά τη διάρκεια της κατάρτισης του γενικού σχεδίου για την περιφέρεια Περγλ. Το πάρκο κατασκευάστηκε όταν το σχέδιο ήταν ήδη σε ισχύ, συνεπώς, μια πιο ολοκληρωμένη διαχείριση των ομβρίων δεν ήταν εφικτή (Hoyer et al., 2011).

7.1.3 ΜΕΓΑΛΗ ΚΑΙΜΑΚΑ

Ολλανδία, Ρότερνταμ, Waterplan 2

Μετά το Άμστερνταμ, το Ρότερνταμ είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πόλη στην Ολλανδία. Εκεί βρίσκεται το μεγαλύτερο λιμάνι της Ευρώπης και, μέχρι να ξεπεραστεί από τη Σαγκάη το 2004, ήταν το πιο πολυσύχναστο λιμάνι στον κόσμο. Το αστικό τοπίο του Ρότερνταμ επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την ανάπτυξη του λιμανιού (Hoyer et al., 2011).

Η πόλη του Ρότερνταμ αποφάσισε να εκμεταλλευτεί το νερό ως μια ευκαιρία για να κάνει την ίδια την πόλη πιο ελκυστική μέσω της δημιουργίας και της υλοποίησης νέων λύσεων για την αποθήκευση όμβριων στις πυκνοδομημένες αστικές περιοχές, ακολουθώντας μια ολοκληρωμένη προσέγγιση και δημιουργώντας ένα ολοκληρωμένο σχέδιο διαχείρισης των υδάτων (Municipality of Rotterdam et al., 2007).

Λόγω του γεγονότος ότι το Rotterdam βρίσκεται 2 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, η πόλη περιβάλλεται από αναχώματα και έχει ένα πολύπλοκο σύστημα άντλησης που προστατεύει την πόλη από τις πλημμύρες. Μέχρι τώρα, οι στρατηγικές διαχείρισης του νερού, αντιμετώπιζαν το νερό κυρίως ως μια επεμβατική απειλή, και επικεντρώνονταν στην ασφάλεια, την ποσότητα και την ποιότητά του (Διαδίκτυο: Gemeente Rotterdam). Αυτό άλλαξε το 2007, όταν έγινε όλο και πιο σαφές ότι το Ρότερνταμ επρόκειτο να πληγεί σοβαρά από την κλιματική αλλαγή (υψηλότερη στάθμη του νερού λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, πλημμύρες που επρόκειτο να προκληθούν από την αύξηση των βροχοπτώσεων) (Διαδίκτυο: Jacobs J.). Για την αντιμετώπιση της δυσμενούς αυτής προοπτικής, το Ρότερνταμ ανέπτυξε το Waterplan 2, μια ολοκληρωμένη κοινή προσέγγιση του χωροταξικού σχεδιασμού και της διαχείρισης των υδάτων. Ένα από τα βασικά ερωτήματα για την ανάπτυξη του Waterplan 2 για το Ρότερνταμ ήταν «πώς μπορεί η πόλη να γίνει πιο ελκυστική ως τόπος για να ζει κανείς, να εργάζεται, να σπουδάζει και να περνά τον ελεύθερο χρόνο του, και πώς είναι δυνατόν να λυθούν την ίδια στιγμή τα προβλήματα που σχετίζονται με το νερό;» (Municipality of Rotterdam et al., 2007).

Στο Ρότερνταμ, ως πόλη «δέλτα», θεωρείται πως το νερό είναι ένα από τα κύρια αξιοθέατά του, και τώρα, με το δεύτερο σχέδιο του νερού (Waterplan 2), το Rotterdam χρησιμοποιεί το νερό ως μία ευκαιρία, δίνοντας έμφαση σε στρατηγικές διαχείρισης που παρέχουν ασφάλεια, και παράλληλα βελτιώνουν το αστικό τοπίο και ενθαρρύνουν την αλληλεπίδραση με το νερό (Διαδίκτυο: Gemeente Rotterdam). Ο κύριος σκοπός είναι η υλοποίηση στόχων σε όλη την πόλη, δημιουργώντας την προγραμματισμένη Rotterdam Watercity 2030 (Διαδίκτυο: Water World). Το «Waterplan 2 Ρότερνταμ» περιγράφει πώς ο δήμος του Ρότερνταμ θέλει και θα προσπαθήσει να διαχειρίζεται το νερό της πόλης κατά την προσεχή περίοδο. Το συγκεκριμένο σχέδιο αποτελεί ένα από τα πρακτικά μέρη της πολιτικής αυτής για την ανάπτυξη της Rotterdam Watercity 2030 και είναι υπέρτατης σημασίας, καθώς τα

σημάδια της κλιματικής αλλαγής γίνονται ολοένα και πιο έντονα (Διαδίκτυο: Jacobs J.). Το όραμα Rotterdam Watercity 2030 (Χάρτης 1) περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο η πόλη σχεδιάζει να αυξήσει την ελκυστικότητά της ως πόλη του νερού, εξασφαλίζοντας την προστασία της από τους κινδύνους του νερού, και κυρίως από τις πλημμύρες μέχρι το 2030. Για να καταστεί «αδιάβροχη» η πόλη όπως προβλέπει ο στόχος, είναι απαραίτητη μια νέα προσέγγιση για την αποθήκευση νερού, την ποιότητα του νερού, και την προστασία από το νερό (Benden et al., 2010).

Οι κύριοι στόχοι του Rotterdam Waterplan 2, οι οποίοι εναρμονίζονται και με τους στόχους του Rotterdam Watercity 2030, είναι:

- Προστασία: Προστατεύει την πόλη του Ρότερνταμ από τις πλημμύρες, τόσο εντός όσο και εκτός των αναχωμάτων.
- Καθαρό Νερό: Διασφαλίζει την ποιότητα του νερού που απαιτείται από την ευρωπαϊκή οδηγία-πλαίσιο για το νερό και τη βελτίωση των πόλεων.
- Ελκυστική πόλη: Ενσωματώνει τον αστικό σχεδιασμό με τη διαχείριση των υδάτων για την επίλυση των προβλημάτων νερού και την ενίσχυση της ελκυστικότητας της πόλης ως έναν τόπο για ζωή, εργασία και ξεκούραση.
- Αποχέτευση: Αναδιοργάνωση της απορροής των όμβριων μέσω αποκεντρωμένων καινοτόμων λύσεων που ταιριάζουν απόλυτα στην συγκεκριμένη περιοχή.

(Municipality of Rotterdam et al., 2007)

Οι στόχοι αυτοί πρέπει να επιτευχθούν με την εφαρμογή καινοτόμων λύσεων για τη διαχείριση των υδάτων, που ενισχύουν την αστική ποιότητα, όπως οι πράσινες στέγες, οι πλατείες νερού, οι κήποι νερού, καθώς και καινοτόμοι χώροι συλλογής όμβριων (π.χ. προσωρινή αποθήκευση των όμβριων υδάτων σε υπόγεια γκαράζ στάθμευσης, κλπ.). Επιπλέον, αναπτύχθηκε ένας χάρτης που δείχνει πού τα μέτρα αυτά πρέπει να τεθούν σε εφαρμογή και ένα πρόγραμμα εφαρμογής 2007-2012 που θέτει το χρονικό πλαίσιο για την εφαρμογή (Hoyer et al., 2011). Με τη βοήθεια του Waterplan 2 το Rotterdam συνειδητοποίησε τις δυνατότητες για αποκεντρωμένες λύσεις και δεν εφάρμοσε μόνο υφιστάμενες τεχνικές λύσεις (όπως οι πράσινες στέγες και λίμνες κατακράτησης), αλλά εφηύρε νέους τύπους, όπως οι πλατείες νερού (Διαδίκτυο: Water World). Αυτές οι νέες μέθοδοι επεκτείνουν τις υπάρχουσες τεχνικές για τη δημιουργία δημόσιων χώρων αισθητικά ευχάριστων και φιλικότερων προς το περιβάλλον και προς τον χρήστη. Με την εφαρμογή του Waterplan 2 και του

οράματος του Ρότερνταμ Watercity 2030, το νερό θα είναι πανταχού παρόν στην πόλη (Διαδίκτυο: Jacobs J.).

Όπως προαναφέρθηκε, μία από τις πιο καινοτόμες λύσεις που εφαρμόζονται από την πόλη του Ρότερνταμ είναι η πλατεία νερού (επίσης γνωστή ως water plaza). Η λύση αυτή εφευρέθηκε από τους De Urbanisten και το Studio Marco Vermeulen, και συμβάλλει στην ποιότητα του δημόσιου χώρου χρησιμοποιώντας τεχνικά συστήματα για τη διαχείριση των ομβρίων υδάτων. Κατά τη διάρκεια ξηρών περιόδων, η πλατεία χρησιμοποιείται ως ένας ανοιχτός δημόσιος χώρος, ενώ κατά τη διάρκεια ισχυρών βροχοπτώσεων, χρησιμοποιείται για την προσωρινή αποθήκευση των όμβριων υδάτων (De Greef, 2008).

Το σχέδιο της πλατείας νερού περιλαμβάνει ένα γήπεδο και μια παιδική χαρά. Η περιοχή βρίσκεται περίπου 1 μέτρο κάτω από το επίπεδο του εδάφους και παισιώνεται από κερκίδες όπου το κοινό μπορεί να αναπαύεται. Το γήπεδο χωρίζεται σε διάφορους τομείς με διαφορετικά επίπεδα. Το 90% του έτους, ο χώρος είναι «στεγνός» και χρησιμοποιείται για αναψυχή. Ο χώρος αλλάζει τη λειτουργία του μόνο κατά τη διάρκεια καταρακτώδους βροχής. Τότε, το βρόχινο νερό ρέει στην πλατεία, ξεκινώντας από την παιδική χαρά, γεμίζοντας τις κοιλότητες του εδάφους και σταδιακά δημιουργεί ρέματα, ρυάκια και μικρές λιμνούλες. Αν η βροχή διαρκεί περισσότερο, γεμίζει και ο χώρος των γηπέδων (Εικ. 10 - 11). Η πλατεία νερού μπορεί να κρατήσει ένα ανώτατο όριο τα 1.000 κυβικών μέτρων νερού. Μετά το πέρας της βροχής, το νερό παραμένει για λίγες ώρες και στη συνέχεια σιγά-σιγά διοχετεύεται στο σύστημα αποχέτευσης του Ρότερνταμ (Boer, 2010).

Εικόνα 10: Κάτοψη της πλατείας νερού κατά τη διάρκεια ξηρών περιόδων, ήπιων βροχών, και σφοδρών καταιγίδων (αριστερά προς τα δεξιά).



(Πηγή: Διαδίκτυο: De Urbanisten, 2009)

Εικόνα 11: Τρισδιάστατη όψη της πλατείας νερού κατά τη διάρκεια ξηρών περιόδων, ήπιων βροχών, και σφοδρών καταιγίδων (αριστερά προς τα δεξιά).



(Πηγή: Διαδίκτυο: De Urbanisten, 2009)

7.1.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΒΡΟΧΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

Παραπάνω αναφέρθηκαν 3 παραδείγματα διαφορετικής κλίμακας από τον διεθνή χώρο σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση του βρόχινου νερού. Το πρώτο αφορά το σύστημα νερού της Potsdamer Platz στο Βερολίνο. Η επιτυχία του συγκεκριμένου έργου οφείλεται ως ένα βαθμό στην μεγάλη σημασία που έχει η περιοχή για την πόλη του Βερολίνου και για την Ομοσπονδιακή Δημοκρατία της Γερμανίας. Η ανακατασκευή της Potsdamer Platz συνέπεσε με ένα νέο κεφάλαιο στην ιστορία της Γερμανίας. Ο σχεδιασμός και η εφαρμογή του εγχειρήματος αυτού ήταν ένα περίπλοκο ζήτημα. Ωστόσο, έγινε πραγματικότητα δίνοντας το μήνυμα ότι η αστική ανάπτυξη με επίκεντρο το στοιχείο του νερού είναι δυνατή ακόμη και σε μεγάλα μητροπολιτικά έργα. Η σημασία της βιώσιμης διαχείρισης των υδάτων σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές δεν μπορεί να υποτιμηθεί.

Την δεύτερη περίπτωση επαναχρησιμοποίησης βρόχινου νερού αποτελεί το Tanner Springs Park. Το Tanner Springs Park είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα του πώς η αποκεντρωμένη διαχείριση όμβριων μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ένα δημόσιο πάρκο, και πώς τα μέτρα για την αποκεντρωμένη διαχείριση των όμβριων μπορούν να οδηγήσουν σε ένα «κομψό» σχέδιο. Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση του συγκεκριμένου έργου θεωρείται μια εξαιρετική μελέτη περίπτωσης για τα μελλοντικά σχέδια. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι τέτοιου είδους έργα πρέπει να μελετώνται και να σχεδιάζονται πολύ προσεκτικά όπως συνέβη με τη λίμνη του Tanner Springs Park, προκειμένου να χαρακτηρίζονται από λειτουργικότητα και να εξυπηρετούν τις ανάγκες του κοινού. Οι σχεδιαστές και τα ενδιαφερόμενα μέρη πρέπει να βρίσκουν πάντα μια ισορροπία μεταξύ διαχείρισης όμβριων και πολεοδομικού σχεδιασμού.

Το τρίτο παράδειγμα που είναι και μεγαλύτερης κλίμακας από τα άλλα δύο αφορά στην πόλη του Ρότερνταμ και το Waterplan 2. Επειδή το Ρότερνταμ προέβλεψε επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, έχει επενδύσει πολύ μεγάλα ποσά σε σχέση με άλλες πόλεις στην έρευνα και ανάπτυξη για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Ως εκ τούτου, έχουν αναπτυχθεί αρκετά πιλοτικά προγράμματα και πρωτότυπες λύσεις για τη διαχείριση των αστικών όμβριων τα οποία είναι δυνατόν να προσαρμοστούν και σε άλλες πόλεις. Το Waterplan 2 δείχνει ότι είναι δυνατόν όταν οι αρμόδιοι φορείς συνεργάζονται, οι διεπιστημονικές ομάδες συντονίζονται, και όταν υπάρχει μια γενική επιθυμία για πείραμα να εφαρμοστούν καινοτόμες λύσεις και ιδέες.

7.2 ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΓΚΡΙΖΟΥ ΝΕΡΟΥ

Σε παγκόσμιο επίπεδο τα πρωτεία σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου νερού κατέχουν η Ιαπωνία, οι ΗΠΑ και η Αυστραλία (Mustow et al., 1997). Επίσης σε αρκετά προχωρημένο επίπεδο αναφορικά με την έρευνα για το γκρίζο νερό είναι ο Καναδάς, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γερμανία και η Σουηδία (Dixon et al., 1999). Όσον αφορά στο θεσμικό πλαίσιο, τα σπουδαιότερα βήματα έχουν γίνει από την πλευρά των ΗΠΑ και της Αυστραλίας, γεγονός που είναι προφανές από τα αντίστοιχα νομοθετικά πλαίσια California Plumbing Code (California Building Standards Commission, 2010) και Australian General Guidelines for Domestic GW reuse (Master Plumbers and Mechanical Services Association of Australia και RMIT University, 2008). Επιπλέον, σε χώρες όπως η Σαουδική Αραβία και η Κύπρος, χρησιμοποιούνται συστήματα γκρίζου νερού σε τοπικό επίπεδο για την βελτιστοποίηση της υδατικής χρήσης αν και οι κατευθυντήριες γραμμές και οι τεχνολογικές προδιαγραφές βρίσκονται ακόμα σε πρώιμο στάδιο (Dixon et al., 1999).

7.2.1 ΜΙΚΡΗ ΚΛΙΜΑΚΑ

Μοντβέρντε, Κόστα Ρίκα

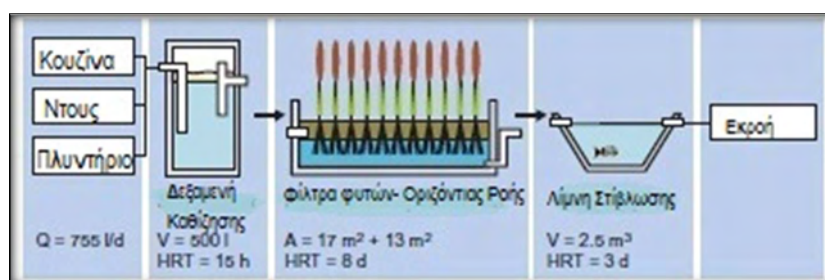
Το Μοντβέρντε βρίσκεται στα βορειοδυτικά της Κόστα Ρίκα, σε περίπου 1.200 μέτρα υψόμετρο, και χαρακτηρίζεται από τροπικό κλίμα. Πρόκειται για μια περιοχή που κατά τις τελευταίες δύο δεκαετίες έχει αναπτυχθεί ραγδαία στηρίζοντας την ανάπτυξη αυτή στον οικοτουρισμό.

Όσον αφορά στην διαχείριση των υγρών αποβλήτων, όπως στις περισσότερες αγροτικές περιοχές της Λατινικής Αμερικής, έτσι και στο Μοντβέρντε, ο διαχωρισμός

των αποβλήτων γίνεται επί τόπου. Το μαύρο νερό συλλέγεται σε σηπτικές δεξαμενές, ενώ το γκρίζο νερό ως επί το πλείστον απορρίπτεται απευθείας σε δρόμους και σε ρέματα. Με δεδομένη αυτή την απαράδεκτη κατάσταση, ένας κάτοικος της περιοχής, εμπνευσμένος από ένα έργο επεξεργασίας γκρίζου νερού με τη μέθοδο καλαμώνων, προσέφερε την αναγκαία έκταση για την εφαρμογή ενός κατάλληλου συστήματος επεξεργασίας γκρίζου νερού (Σχ. 20). Το σύστημα χρηματοδοτήθηκε από την εταιρεία Ford Motors Co Environment Award. Η κατασκευή του ξεκίνησε τον Μάρτιο του 2001 και ολοκληρώθηκε τον Αύγουστο του 2002 (Dallas et al., 2004).

Το σύστημα γκρίζου νερού σχεδιάστηκε για να συλλέγει το νερό από τέσσερα νοικοκυριά με μέσο όρο 4,5 άτομα ανά νοικοκυριό και μέση κατανάλωση νερού 139 l/ημέρα. Για να αξιολογείται η ημερήσια ποσότητα γκρίζου νερού, χρησιμοποιήθηκε ο λόγος 75/25 γκρίζο νερό/ μαύρο νερό (Dallas και Ho, 2005).

Σχήμα 20: Σύστημα επεξεργασίας γκρίζου νερού με τη βοήθεια φίλτρων-καλαμώνων



(Πηγή: Morel και Diener, 2006)

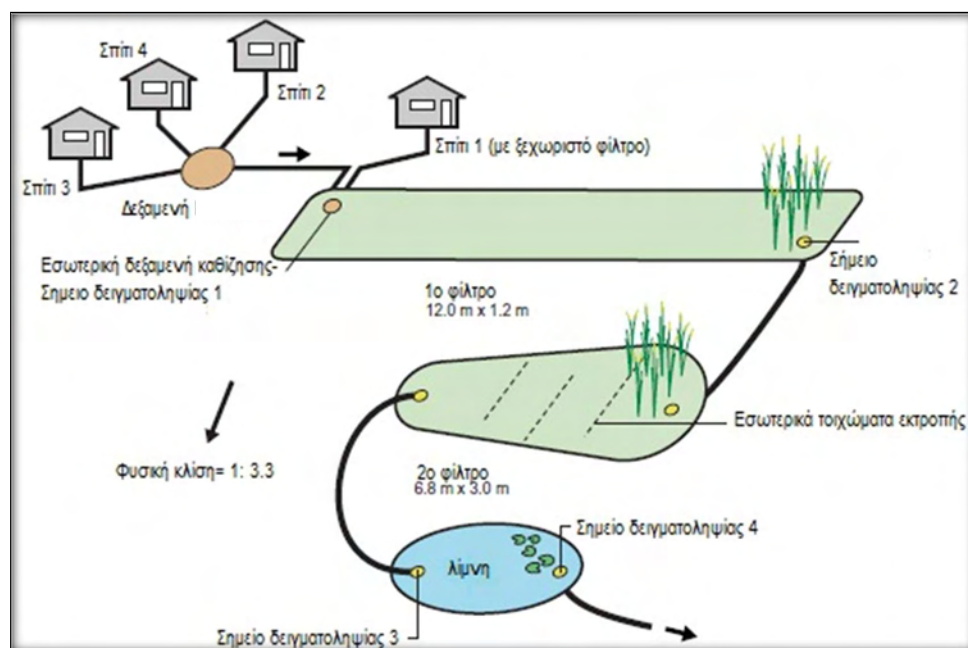
Σε πρώτη φάση, οι σωλήνες (\varnothing 50 και \varnothing 75 χιλιοστών) μεταφέρουν τα απόνερα από τα σπίτια σε μια συγκεκριμένη δεξαμενή καθίζησης χωρητικότητας 500-l. Μια κατασκευή πλεγμάτων μέσα στη δεξαμενή καθίζησης επιτρέπει την ευκολότερη εκκένωσή της. Το δεύτερο βήμα διαχείρισης του γκρίζου νερού αποτελείται από δύο φίλτρα-καλαμώνες οριζόντιας ροής. Το πρώτο φίλτρο είναι ορθογώνιο ενώ το δεύτερο οβάλ. Το δεύτερο φίλτρο διαθέτει εσωτερικά πλαστικά τοιχώματα εκτροπής τα οποία επεκτείνουν την ροή του νερού σε περίπου 12μ. μήκος. Το τοπικά διαθέσιμο θρυμματισμένο πέτρωμα επιτρέπει μια σημαντική κατακράτηση λυμάτων όγκου 6m^3 , που αντιστοιχεί σε ελάχιστο χρόνο 7 ημερών. Στη συνέχεια το γκρίζο νερό περνά από μία ρηχή λίμνη που περιέχει κάποια υδρόβια είδη φυτών και ψάρια. Τα ψάρια βοηθούν στον έλεγχο της αναπαραγωγής κουνουπιών. Η λίμνη κατά βάση έχει διακοσμητική σημασία και ο ρόλος της στο σύστημα είναι περιορισμένος (Dallas και Ho, 2005).

Η ποιότητα του νερού του συστήματος ελέγχεται σε τέσσερα σημεία (Σχ. 21):

1. Στην εσωτερική δεξαμενή (μετά τη δεξαμενή καθίζησης)
2. Μετά το πρώτο φίλτρο
3. Μετά το δεύτερο φίλτρο
4. Μετά τη λίμνη

Ο έλεγχος πραγματοποιείται προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι η ποιότητα του νερού βελτιώνεται σταδιακά καθώς αυτό διέρχεται από το σημείο 1 έως το σημείο 4.

Σχήμα 21: Διάταξη του συστήματος των τεσσάρων νοικοκυριών για τη διαχείριση του γκρίζου νερού



(Πηγή: Morel και Diener, 2006)

Χρησιμοποιούνται 2 φίλτρα-καλαμώνες για διάφορους λόγους. Ο σημαντικότερος είναι ότι το μήκος (σε σχέση με το πλάτος) του συστήματος μειώνεται με αποτέλεσμα να διευκολύνεται η ροή του νερού εντός του συστήματος. Επίσης ελαχιστοποιούνται οι χωματουργικές εργασίες και είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί μόνο ο ένας καλαμώνας σε περίπτωση δυσλειτουργίας χωρίς να σταματά απαραίτητα η λειτουργία του συστήματος (Dallas και Ho, 2005).

Ενώ το σύστημα είχε σχεδιαστεί αρχικά για την επεξεργασία του γκρίζου νερού που προέρχεται από τέσσερα σπίτια-νοικοκυριά, μόνο τρία συνδέθηκαν τελικά με αποτέλεσμα την μείωση του συνολικού εκτιμώμενου όγκου γκρίζου νερού σε περίπου 755l/ημέρα. Το γεγονός αυτό συμπίπτει με μια αναθεώρηση του χρόνου κατακράτησης που είχε υπολογιστεί στις 7,9 ημέρες (Dallas et al., 2004).

Η απόδοση του συστήματος ήταν σε γενικές γραμμές ικανοποιητική. Από την άποψη της δημόσιας υγείας η ποιότητα του επεξεργασμένου νερού μετά το τελευταίο βήμα επεξεργασίας είναι συχνά ίδια με αυτή των πιο παρθένων ρεμάτων της περιοχής του Montverde. Συγκεκριμένα, το σύστημα περιορίζει τα επίπεδα της μόλυνσης που οφείλονται σε βακτήρια συμβάλλοντας έτσι στη μείωση των κινδύνων για τη δημόσια υγεία. Επίσης, τα ψάρια και οι βάτραχοι που κατοικούν στη μικρή λίμνη έχουν συντελέσει στη σημαντική μείωση των κουνουπιών και άλλων εντόμων στην περιοχή (Dallas et al., 2004).

Όσον αφορά στη συντήρηση του έργου, η απομάκρυνση της λάσπης από την δεξαμενή καθίζησης έχει αναφερθεί ως μια αναγκαία δραστηριότητα που πρέπει να διεξάγεται σε ετήσια βάση. Η λάσπη η οποία αφαιρείται θάβεται στον κήπο. Το αφαιρούμενο πλέγμα που είναι τοποθετημένο στο εσωτερικό της δεξαμενής απλοποιεί αυτή τη διαδικασία. Το γεγονός ότι και τα τέσσερα σπίτια έχουν κοινή δεξαμενή καθίζησης διευκολύνει τη συντήρηση του συστήματος (Morel και Diener, 2006).

7.2.2 ΜΕΣΑΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ

Η.Π.Α, Νέα Υόρκη, Κτήριο Solaire

Το κτήριο Solaire (Εικ. 12) είναι ένα πρωτοποριακό «πράσινο» κτήριο κατοικιών στο συγκρότημα Battery Park (Εικ. 13) στο κάτω Μανχάταν, μια περιοχή δίπλα στην επιχειρηματική ζώνη της Wall Street. Το κτήριο Solaire είναι ένα από τα πέντε κτήρια στο Battery Park City και είναι ένα εξέχον παράδειγμα της φιλικής προς το περιβάλλον διαχείρισης του αστικού χώρου. Είναι τόσο αποτελεσματικό ώστε να καταναλώνει 35% λιγότερη ενέργεια και 67% λιγότερη ενέργεια σε ώρες αιχμής της ζήτησης από τα συστήματα σε τυπικά κτήρια παρόμοιου μεγέθους (Διαδίκτυο: Pataki et al., 2005).

Πρόκειται για ένα οικοδόμημα 27 ορόφων και 293 διαμερισμάτων, το οποίο διαθέτει ένα εσωτερικό σύστημα ανακύκλωσης λυμάτων. Το Solaire αξιολογήθηκε ως ένα από τα κορυφαία δέκα «πράσινα κτήρια» για το 2004 από το Αμερικανικό Ινστιτούτο Αρχιτεκτόνων (AIA) (Διαδίκτυο: The Solaire). Η ομάδα σχεδιασμού αποτελείται από τους αρχιτέκτονες Pellli και Clark, τις κατασκευαστικές εταιρείες Flack and Kurts και DeSimone, ενώ συντονιστής του έργου είναι ο Οργανισμός Albanese. Το κτήριο πληροί τα κριτήρια που καθορίζονται από την Πολιτεία της Νέας Υόρκης για την

οικοδόμηση πράσινων κτηρίων και υπακούει στις περιβαλλοντικές κατευθυντήριες γραμμές του Battery Park City (Διαδίκτυο: Minesota Sustainable Housing Initiative, 2003).

Εικόνα 12: Κτήριο Solaire



(Πηγή: Διαδίκτυο: The Solaire)

Εικόνα 13: Συγκρότημα Battery Park



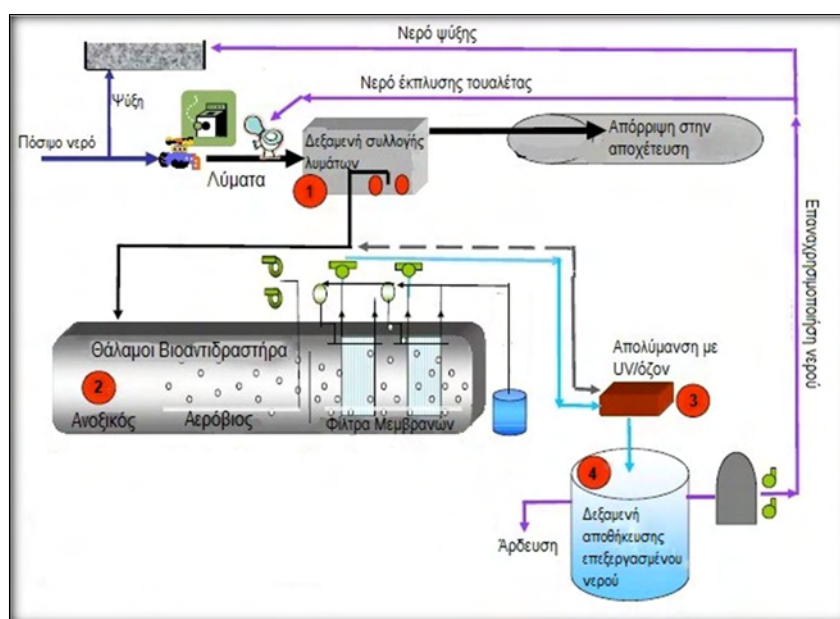
(Πηγή: Διαδίκτυο: The Solaire)

Στο υπόγειο του κτηρίου έχει εγκατασταθεί ένα σύστημα επεξεργασίας λυμάτων και ανακύκλωσης, το οποίο έχει την δυνατότητα να επαναχρησιμοποιεί πάνω από 25.000 γαλόνια επεξεργασμένων λυμάτων την ημέρα (Διαδίκτυο: Minesota Sustainable Housing Initiative, 2003). Μέσω του συστήματος, τα λύματα που παράγονται εντός του κτηρίου μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για τον καθαρισμό των τουαλετών των 293 διαμερισμάτων του κτηρίου, για την ψύξη του νερού στα κλιματιστικά, και για την υπόγεια άρδευση ενός γειτονικού πάρκου και των πράσινων στεγών. Συγκεκριμένα, 9.000 γαλόνια την ημέρα χρησιμοποιούνται στην έκπλυση των τουαλετών, 11.500 γαλόνια για τον πύργο ψύξης, και 6.000 γαλόνια για την άρδευση του τοπίου (Διαδίκτυο: Water Environmental Research Foundation, 2009).

Επίσης, έχει αποδειχθεί για τη συγκεκριμένη περίπτωση πιο οικονομικό να συλλέγεται το σύνολο των λυμάτων του κτηρίου αντί να γίνεται διαχωρισμός του γκρίζου από το μαύρο νερό. Η ανακύκλωση μόνο του γκρίζου νερού θα σήμαινε τη χρήση δύο συστημάτων σωληνώσεων συλλογής λυμάτων, για τον λόγο αυτό το μαύρο αλλά και το γκρίζο νερό δεν διαχωρίζονται και υφίστανται κοινή επεξεργασία. Η εγκατάσταση επεξεργασίας παράγει μια υψηλής ποιότητας εκροή με CBOD

λιγότερο από 8mg/l, TSS λιγότερο από 2mg/l και θολότητα μικρότερη από 0,2 NTU (Gaines και Zavoda, 2004). Η διαδικασία για την ανακύκλωση του νερού περιλαμβάνει επιπλέον επεξεργασία με κοίλες ίνες μικρο-διήθησης μεμβρανών και με υπεριώδη ακτινοβολία για να εξουδετερωθούν τα βακτήρια, και ειδική επεξεργασία για την απομάκρυνση του αζώτου ώστε να συμφωνεί με τα πρότυπα άμεσης επαναχρησιμοποίησης της Νέας Υόρκης. Σε πρώτη φάση, τα λύματα συγκεντρώνονται σε μια δεξαμενή συλλογής και ένα φίλτρο αφαιρεί τις πλαστικές ύλες και άλλα στερεά. Στη συνέχεια, εισέρχονται στο βιο-αντιδραστήρα, ο οποίος περιέχει πολύ ενεργά βακτήρια που χρησιμοποιούνται για να καταναλώσουν ή να αφομοιώσουν τα βιοδιασπώμενα απόβλητα στα λύματα. Ο βιο-αντιδραστήρας περιέχει δύο θαλάμους: τον ανοξικό, ο οποίος λειτουργεί χωρίς αέρα, και τον αερόβιο, το οποίος αερίζεται. Σε κάθε περιβάλλον ευδοκιμούν διαφορετικά είδη των βακτηρίων. Μετά το μίγμα και των 2 θαλάμων διέρχεται μέσω μεμβρανών φιλτραρίσματος στην οσμωτική διαδικασία. Το φιλτραρισμένο νερό περνά μέσα από ένα υπεριώδες σύστημα απολύμανσης που καταστρέφει τυχόν παθογόνους παράγοντες που εξακολουθούν να υπάρχουν στα επεξεργασμένα λύματα. Έπειτα, μια γεννήτρια όζοντος αφαιρεί κάθε ίχνος χρώματος και τα υπόλοιπα παθογόνα. Τέλος, το νερό ρέει σε δεξαμενές αποθήκευσης και επαναχρησιμοποιείται (Διαδίκτυο: Zavoda M.). Στο παρακάτω σχήμα (23) φαίνεται αναλυτικά η λειτουργία του συστήματος που περιγράφηκε.

Σχήμα 22: Διάταξη του συστήματος επεξεργασίας λυμάτων του κτηρίου Solaire



(Πηγή: Διαδίκτυο: Water Environmental Research Foundation, 2009).

Το κτήριο διαθέτει μηχανισμούς προστασίας οι οποίοι διασφαλίζουν τη σωστή λειτουργία του συστήματος επαναχρησιμοποίησης. Για παράδειγμα, σε περίπτωση που κριθεί απαραίτητο, το σύστημα μπορεί να στραφεί εξ ολοκλήρου στη χρήση νερού από το σύστημα ύδρευσης της Νέας Υόρκης αντί του ανακυκλωμένου νερού. Στην περίπτωση αυτή, το ανακτημένο νερό αποθηκεύεται και επανακυκλοφορεί μέσα από το σύστημα απολύμανσης UV για την πρόληψη της εκ νέου ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών (Metcalf και Eddy, 2007). Επίσης, το σύστημα ανακύκλωσης λειτουργεί και παρακολουθείται από έναν υπολογιστή, ο οποίος παρέχει συνεχή παρακολούθηση της θολότητας και των επιπέδων υπερϊώδους ακτινοβολίας, για να εξασφαλιστεί υψηλής ποιότητας νερό. Επιπλέον, παρακολούθηση και έλεγχος του συστήματος πραγματοποιείται μέσω σύνδεσης με δίκτυο υπολογιστών εκτός του κτηρίου. Το ανακυκλωμένο νερό μπορεί να παροχετεύεται εξ ολοκλήρου στο αποχετευτικό δίκτυο της πόλης και η ύδρευση της πόλης να αντικαθιστά το ανακυκλωμένο νερό. Η στροφή στις υπηρεσίες της πόλης γίνεται αυτόματα εάν η θολότητα ή τα επίπεδα UV μεταβάλλονται πέρα από τα καθορισμένα σημεία (Gaines και Zavoda, 2004).

Όσον αφορά στην εξοικονόμηση νερού, λόγω της ανακύκλωσης και της χαμηλής ροής των υδραυλικών εγκαταστάσεων, το Solaire χρησιμοποιεί 48% λιγότερο πόσιμο νερό και απορρίπτει 63% λιγότερα λύματα ανά διαμέρισμα από άλλα κτήρια ανάλογου μεγέθους στη Νέα Υόρκη. Το Solaire λειτουργεί και ως κερδοφόρα εμπορική επιχείρηση καθώς υποδέχεται επισκέπτες από όλο τον κόσμο που ενδιαφέρονται για την λειτουργία τόσο μεγάλων πράσινων κτηρίων (Iwanowicz, 2010).

Τέσσερα υφιστάμενα κτήρια του συγκροτήματος Battery Park έχουν επίσης παρόμοια εσωτερικά συστήματα ανακύκλωσης του νερού, και ένα νέο κτήριο είναι υπό κατασκευή. Σε ένα από αυτά, το νερό μετά από επεξεργασία χρησιμοποιείται στα πλυντήρια ρούχων. Το συγκεκριμένο σύστημα επαναχρησιμοποίησης ξεκίνησε τη λειτουργία του το 2010 (Διαδίκτυο: Water Environmental Research Foundation, 2009).

7.2.3 ΜΕΓΑΛΗ ΚΛΙΜΑΚΑ

Αυστραλία, ο αγωγός της Βιρτζίνια (The Virginia Pipeline Project)

Από όλες τις αυστραλιανές πρωτεύουσες, η Αδελαΐδα είναι πρωταθλήτρια, όσον αφορά στο συνολικό ποσοστό των αστικών λυμάτων τα οποία υφίστανται επεξεργασία και επαναχρησιμοποιούνται για επωφελείς σκοπούς. Το σημερινό μεγαλύτερο και σημαντικότερο πρόγραμμα επαναχρησιμοποίησης του νερού στην Αδελαΐδα είναι γνωστό ως το έργο του αγωγού Βιρτζίνια (Kracman et al., 2006).

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990, υπήρξε αυξανόμενη ανησυχία σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των μεγάλων όγκων των λυμάτων δευτεροβάθμιας επεξεργασίας που εκχέονται στο ευαίσθητο κόλπο St. Vincent. Οι σημαντικές ποσότητες θρεπτικών συστατικών αζώτου και φωσφόρου οδηγούν στην καταστροφή της θαλάσσιας βλάστησης και των μακρόβιων δασών, καθώς και στην ετήσια αύξηση των τοξικών φυκών. Η αρχική αντίδραση ήταν ένα σχέδιο για την αναβάθμιση της διαδικασίας της επεξεργασίας λυμάτων με την κατασκευή μιας μονάδας βιολογικού καθαρισμού (Kelly et al., 2001).

Ωστόσο, την ίδια στιγμή διαπιστώθηκε ότι οι γεωργοί της περιοχής δέσμευαν μη βιώσιμες ποσότητες των υπόγειων υδάτων από τους τοπικούς υδροφόρους ορίζοντες για άρδευση. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα το αλμυρό νερό να διέρχεται μέσα από τον κόλπο του St. Vincent και ο υδροφόρος ορίζοντας να γίνεται όλο και πιο αλατώδης. Με τα δεδομένα αυτά, η μειωμένη διαθεσιμότητα και η ποιότητα των υπόγειων υδάτων αναμενόταν να προκαλέσει μειωμένη στο μέλλον αγροτική παραγωγή και, στη συνέχεια, μείωση της απασχόλησης σε μια περιοχή που αντιμετώπιζε ήδη οικονομική ύφεση. Διαπιστώθηκε όμως ότι με κατάλληλη επεξεργασία, τα απόβλητα από μια εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (STP) θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτική πηγή άρδευσης για τις πεδιάδες της Βόρειας Αδελαΐδας. Αντιμέτωποι με τις προβλεπόμενες πτώσεις στην παροχή νερού, στις αρχές του 1980, κάποιοι καλλιεργητές άρχισαν να χρησιμοποιούν ανακυκλωμένο νερό το οποίο αντλούσαν από το κανάλι εκβολής της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων του Μπολιβάρ, για την άρδευση των καλλιεργήσιμων εκτάσεών τους. Ουσιαστικά οι καλλιεργητές αναγνώρισαν το δυναμικό των λυμάτων ως μια νέα πηγή νερού που θα μπορούσε να αποτελέσει μια λύση για την άρδευση. Η διαπίστωση αυτή, οδήγησε στην ανάπτυξη του αγωγού Βιρτζίνια το 1999, το οποίο θεωρείται το πρώτο μεγάλης

κλίμακας εγγείριμα και ένα από τα μεγαλύτερα του κόσμου στην Αυστραλία, που βασίζεται στην επαναχρησιμοποίηση του νερού (Thomas, 2006).

Η Αδελαΐδα διαθέτει τέσσερις μητροπολιτικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (STP). Το μεγαλύτερο από αυτά είναι το Bolívar (STP), ακριβώς στα βόρεια της πόλης (Kelly et al., 2001). Η μονάδα επεξεργασίας του Bolívar είχε μετατραπεί από μια μονάδα φίλτρου στάλαξης σε μια μονάδα ενεργοποιημένης ιλύος, και στη συνέχεια αναβαθμίστηκε περαιτέρω με την προσθήκη μιας διαδικασίας διήθησης και επίπλευσης αέρα (DAFF). Ένα μεγάλο ποσοστό του ανακυκλωμένου νερού από το Bolívar μεταφέρεται μέσω ενός αγωγού μήκους 18 χιλιομέτρων στη Βιρτζίνια η οποία είναι μια σημαντική γεωργική περιοχή στις πεδιάδες της Βόρειας Αδελαΐδας (Σχ. 23). Το ποσοστό αυτό καλύπτει περίπου το 15% του συνόλου των λυμάτων της Αδελαΐδας από τις τέσσερις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων που βρίσκονται εκεί, και αντιστοιχεί σε περίπου 15.000 χιλιάδες λίτρα ανά έτος (Kracman et al., 2006).

Σχήμα 23: Ροή των λυμάτων μέσω του αγωγού της Βιρτζίνια



(Πηγή: Διαδίκτυο: WRSV)

Το αναγεννημένο νερό στη συνέχεια διανέμεται μέσω ενός δικτύου αγωγών 120 χιλιομέτρων για άρδευση καλλιεργήσιμων εκτάσεων (Σχ. 24). Εξυπηρετεί περισσότερους από 240 αγρότες που παράγουν λαχανικά (κουνουπίδι, μπρόκολο, λάχανο, κ.λπ.), υλοποιήσιμα σταφύλια και ελιές (Kelly et al., 2001).

Σχήμα 24: Συνοπτική επισκόπηση του αγωγού της Virginia



(Πηγή: Διαδίκτυο: WRSV)

Το νερό μετριέται καθώς παραδίδεται στις δεξαμενές των ιδιοκτησιών μεμονωμένων καλλιεργητών. Οι καλλιεργητές στη συνέχεια στραγγίζουν το νερό μέσα από τα δικά τους συστήματα άρδευσης (Χάρτης 2). Η χρηματοδότηση της κατασκευής, το κόστος της οποίας ανήλθε στα 22 εκατομμύρια δολάρια, προήλθε εν μέρει από τις ιδιωτικές εταιρείες Euratech και SA Water, και από την κυβέρνηση της Κοινοπολιτείας. Η Earth Tech θα μεταβιβάσει την ιδιοκτησία του δικτύου αγωγών στην SA Water το 2018 (Marks και Boon, 2005). Ο αγωγός Βιρτζίνια άρχισε να λειτουργεί από το 2000 και τον Οκτώβριο του 2005 η Κυβέρνηση της Νότιας Αυστραλίας και η κυβέρνηση της Κοινοπολιτείας συμφώνησαν να συγχρηματοδοτήσουν την επέκταση του έργου μέσω της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων. Το έργο επέκτασης περιλαμβάνει επιπλέον 18 χλμ. αγωγών, που εκτείνονται στη γειτονική περιοχή Angle Vale (Smolenaars και Arris Pty, 2007). Το έργο επέκτασης, που η κατασκευή του ξεκίνησε το 2006 και η λειτουργία του το 2008, επέτρεψε 3.000 μεγαλίτρα επεξεργασμένου νερού να είναι ετησίως διαθέσιμα στην περιοχή. Ωστόσο, ένας σημαντικός περιορισμός στις ποσότητες νερού που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν επωφελώς είναι ο εξαιρετικά μεγάλος βαθμός εποχικότητας της ζήτησης νερού για σκοπούς άρδευσης. Κατά μέσο όρο, η μονάδα επεξεργασίας λυμάτων του Μπολιβάρ παράγει περίπου 110 μεγαλίτρα επεξεργασμένου νερού την ημέρα (Bolan et al., 2008).

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το μεγαλύτερο ποσοστό από αυτό χρησιμοποιείται από τους παραγωγούς της Βιρτζίνια. Ωστόσο, το χειμώνα, όταν οι περισσότεροι καλλιεργητές δεν χρειάζονται τις ίδιες ποσότητες νερού, τα λύματα απορρίπτονται στη θάλασσα. Εάν τα λύματα που δεν χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια του χειμώνα μπορούσαν να αποθηκευτούν αποδοτικά, το σύστημα θα μπορούσε να διευρυνθεί και σε άλλες περιοχές (Kracman et al., 2006).

Μια έρευνα ενός προγράμματος που χρηματοδοτείται από μια κοινοπραξία της κυβέρνησης και των ιδιωτικών φορέων, συμπεριλαμβανομένων των SA Water, CSIRO και United Water, διεξήχθη για να εξετάσει τη δυνατότητα αποθήκευσης νερού σε υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα για εποχιακή χρήση. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές στις παραμέτρους ποιότητας του νερού και ότι η δυνατότητα αποθήκευσης νερού σε υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα για εποχιακή χρήση είναι μια οικονομικά εφικτή λύση (Bolan et al., 2008).

7.2.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΓΚΡΙΖΟΥ ΝΕΡΟΥ

Όπως τα διεθνή παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης βρόχινου νερού έτσι και αυτά της επαναχρησιμοποίησης γκρίζου νερού παρουσιάστηκαν ανά κλίμακα. Το πρώτο παράδειγμα το οποίο είναι μικρής κλίμακας αποτελεί το σύστημα επεξεργασίας γκρίζου νερού στο Montverde, της Costa Rica. Το συγκεκριμένο σύστημα αποτελεί ένα τυπικό παράδειγμα αποκεντρωμένης διαχείρισης γκρίζου νερού σε οικιακό επίπεδο στις αναπτυσσόμενες χώρες. Στις χώρες αυτές η δημιουργία και η εφαρμογή τέτοιων συστημάτων αποτελούν συχνά δυσκολότερες διαδικασίες σε σχέση με άλλες χώρες, καθώς οι πολιτιστικές συνήθειες, οι εθνικοί και τοπικοί κανονισμοί και πολιτικές, και οι υφιστάμενες υποδομές αποχέτευσης που συνήθως είναι ελλιπείς θα πρέπει να ενταχθούν στην διαδικασία εύρεσης λύσης με στόχο την επιτυχή και βιώσιμη επαναχρησιμοποίηση του νερού. Από την αρχή της λειτουργίας του, το σύστημα έχει δεχτεί εκατοντάδες επισκέπτες, τόσο σε ομάδες όσο και μεμονωμένα άτομα. Επίσης, έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον τοπικών και εθνικών εφημερίδων και περιοδικών και έκτοτε έχει εφαρμοστεί σε πολλά νοικοκυριά της περιοχής.

Το δεύτερο παράδειγμα επαναχρησιμοποίησης γκρίζου νερού το οποίο είναι το σύστημα επεξεργασίας λυμάτων του κτηρίου Solaire του συγκροτήματος Battery Park στη Νέα Υόρκη είναι μεγαλύτερης κλίμακας καθώς διαχειρίζεται το γκρίζο νερό

293 νοικοκυριών. Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιείται εξοπλισμός τελευταίας τεχνολογίας προκειμένου να γίνει επεξεργασία και να επαναχρησιμοποιηθεί το γκρίζο νερό σε αντίθεση με την περίπτωση του Montverde. Παρόμοιες εγκαταστάσεις αποκεντρωμένης επεξεργασίας λυμάτων διαθέτουν κι άλλα κτήρια στη Νέα Υόρκη καθώς το ζήτημα της επαναχρησιμοποίησης του γκρίζου νερού απασχολεί ιδιαίτερα τους πολίτες της Νέας Υόρκης και τις τοπικές αρχές.

Τέλος, ο αγωγός της Βιρτζίνια στην Αυστραλία αποτελεί το μεγαλύτερο έργο επεξεργασίας και διαχείρισης του γκρίζου νερού όλων των εποχών, και χαρακτηρίζεται ως ένα από τα πιο επιτυχημένα σχέδια ανακυκλωμένου νερού για την Αυστραλία. Η αξία του ανακυκλωμένου νερού ως πηγή νερού άρδευσης, θρεπτικών συστατικών, και άνθρακα έχει ορθώς αναγνωριστεί. Ωστόσο, η πρόκληση που αντιμετωπίζει η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων, και δεν ισχύει μόνο για την περίπτωση του αγωγού Βιρτζίνια, είναι η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών κινδύνων, όπως η συσσώρευση των ρύπων στο έδαφος, η υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους, οι επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών, η ρύπανση των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων, η μετάδοση ασθενειών και οι εκπομπές αερίων υπεύθυνων για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

7.3 ΣΥΝΟΨΗ

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρθηκαν μια σειρά επιτυχημένων περιπτώσεων επαναχρησιμοποίησης του νερού που αντιστοιχούν σε διάφορες τάξεις μεγέθους. Έγινε διαχωρισμός μεταξύ των παραδειγμάτων επαναχρησιμοποίησης βρόχινου νερού και γκρίζου νερού καθώς πρόκειται για δύο τελείως διαφορετικές έννοιες και διαδικασίες.

Όσον αφορά στα παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης βρόχινου νερού και τα 3 αποτελούν έργα υψηλής αισθητικής τα οποία το κοινό μπορεί να αντιληφθεί εύκολα και να απολαύσει. Επίσης όλα τους έχουν λάβει χώρα σε μεγάλα και πυκνοδομημένα αστικά κέντρα και στόχος τους ήταν να δημιουργήσουν μια σχέση μεταξύ του αστικού τοπίου και του στοιχείου του νερού. Το εγχείρημα της Potsdamer Platz και αυτό του Tanner Springs Park έχουν κάποια σημεία παρά το γεγονός ότι το δεύτερο είναι μεγαλύτερης κλίμακας. Και τα δύο έργα αποτελούν παραδείγματα αποκεντρωμένης διαχείρισης του νερού αφού δεν συνδέονται άμεσα με τα συστήματα αποχέτευσης των περιοχών που βρίσκονται. Επίσης, χρησιμοποιούν παρόμοιες

τεχνικές για τη συλλογή και την επαναχρησιμοποίηση του νερού όπως είναι οι πράσινες στέγες και οι λίμνες κατακράτησης. Οι λίμνες κατακράτησης κατέχουν κεντρικό ρόλο και στα δύο συστήματα νερού και χρησιμεύουν στη διαδικασία της διήθησης και στη διατήρηση του μικροκλίματος. Αντίθετα, το Ρότερνταμ με το Waterplan 2 έχει πρωτοτυπήσει στη διαχείριση του νερού εφαρμόζοντας πιο καινοτόμες λύσεις όπως είναι οι πλατείες νερού. Επίσης, το Waterplan 2 διαφέρει με τα άλλα δύο παραδείγματα ως προς το πεδίο εφαρμογής. Το Waterplan 2 δεν αποτελεί ένα μεμονωμένο έργο, αλλά μια ολοκληρωμένη κοινή προσέγγιση του χωροταξικού σχεδιασμού και της διαχείρισης των υδάτων.

Από την άλλη πλευρά τα παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης γκρίζου νερού που μελετήθηκαν έχουν κατά βάση λειτουργική σημασία και δεν διακρίνονται για την αισθητική τους. Επίσης, δεν παρουσιάζουν κοινά σημεία μεταξύ τους. Το σύστημα νερού που βρίσκεται στο Montverde, που αποτελεί υποανάπτυκτη περιοχή, η επαναχρησιμοποίηση του νερού δεν πραγματοποιείται με τεχνικές τελευταίας τεχνολογίας καθώς χρησιμοποιούνται καλαμώνες (εκτεταμένα συστήματα) για την επεξεργασία του γκρίζου νερού και η εκροή εξυπηρετεί χρήσεις άρδευσης. Αντίθετα, στο κτήριο Solaire, που τοποθετείται σε μια από τις πλουσιότερες περιοχές της Νέας Υόρκης, εφαρμόζονται τα πλέον εξελιγμένα συστήματα που συνδυάζουν βιολογικές και χημικές τεχνολογίες για την επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση γκρίζου αλλά και μαύρου νερού. Το επεξεργασμένο νερό εκτός από άρδευση κήπων χρησιμοποιείται και στο εσωτερικό του κτηρίου για μη πόσιμες χρήσεις. Τέλος, ο αγωγός της Βιρτζίνια αποτελεί το μεγαλύτερο κλίμακας έργο επαναχρησιμοποίησης γκρίζου νερού όλων των εποχών και εξυπηρετεί αποκλειστικά σκοπούς άρδευσης. Τα συστήματα επεξεργασίας νερού που χρησιμοποιούνται βασίζονται κυρίως σε βιολογικές τεχνολογίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΥΔΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Είναι γεγονός ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση υπολείπεται σημαντικά στα θέματα ανάκτησης και επεξεργασίας υγρών αποβλήτων των ΗΠΑ, της Αυστραλίας και της Ιαπωνίας και ότι η Ελλάδα είναι ουραγός μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον τομέα αυτό, αν και λόγω της θέσης της στον χάρτη και των ιδιαίτερων γεωγραφικών χαρακτηριστικών της θα έπρεπε να ηγείται. Παρόλα αυτά, τελευταία έχουν γίνει κάποιες προσπάθειες προς την σωστή κατεύθυνση.

Η μείωση των διαθέσιμων υδατικών πόρων και οι διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες σε ποιοτικά και ποσοτικά καλύτερο νερό έχουν καταστήσει αναγκαία την ορθολογικότερη χρήση του υδατικού δυναμικού και την ανάπτυξη μεθόδων παρακολούθησης, εξοικονόμησης και επαναχρησιμοποίησης υδατικών πόρων. Η κυριότερη εφαρμογή επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων είναι αυτή της άρδευσης.

8.1 ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Το κλίμα της Ελλάδας είναι σχετικά ξηρό με γεωγραφικές και εποχιακές διακυμάνσεις των βροχοπτώσεων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το νερό να μην είναι διαθέσιμο την στιγμή και στην ποσότητα που απαιτείται. Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από μια αναντιστοιχία ισοζυγίου ύδατος (Σκάγιαννης, 1994). Το φαινόμενο αυτό γίνεται ιδιαίτερα έντονο κατά τους θερινούς μήνες λόγω της χαμηλής βροχόπτωσης αλλά και των αυξανόμενων απαιτήσεων σε νερό για σκοπούς άρδευσης. Η ζήτηση ύδατος στην Ελλάδα έχει αυξηθεί κατακόρυφα κατά τη διάρκεια των τελευταίων 50 ετών (Tchobanoglous και Angelakis, 1995). Παρά την επαρκή βροχόπτωση, οι ελλείψεις ύδατος οφείλονται συχνά στις χρονικές και περιφερειακές αλλαγές στην βροχόπτωση, τις αυξανόμενες ανάγκες ύδατος κατά τη θερινή περίοδο, και τη δυσκολία μεταφοράς του νερού μέσω της ορεινής και νησιωτικής έκτασης. Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 849 mm. Η Δυτική Ελλάδα δέχεται το μεγαλύτερο μέρος των βροχοπτώσεων, ενώ στην Αττική πέφτουν περίπου 400 mm σε μέση υπερετήσια βάση (Διαδίκτυο: EMY). Έτσι, κρίνεται απαραίτητο οι φορείς να επενδύουν σε τεχνολογία επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων εκροών Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων.

Στη χώρα μας με τα υφιστάμενα σήμερα έργα επεξεργασίας υγρών αστικών αποβλήτων, είναι δυνατή η εξοικονόμηση 4,5% του αρδευτικού νερού και/ή αύξηση ανάλογα της αρδευόμενης έκτασης, με τα έργα που σήμερα βρίσκονται σε λειτουργία και/ή προχωρημένο στάδιο κατασκευής τους (Tsagarakis et al., 2004). Συγκεκριμένα, κατά την θερινή περίοδο επαναχρησιμοποιούνται 198.250m³/ημέρα εκροές και αρδεύονται περίπου 50.000 στρέμματα γεωργικής γης, καθώς επίσης 10.250m³/ημέρα εκροές και αρδεύονται 1.500 στρέμματα χώροι πρασίνου. Τέλος, υπολογίζεται ότι επαναχρησιμοποιούνται έμμεσα από τους φυσικούς αποδέκτες, κυρίως ποταμούς μέσω της διάθεσης εκροών σ' αυτούς 108.000 m³/ημέρα. για την άρδευση γεωργικών καλλιεργειών (Διαδίκτυο: Πασχαλινός, 2010).

Ο αγροτικός τομέας θεωρείται ο μεγαλύτερος καταναλωτής υδατικών πόρων αφού απορροφά το 86% της συνολικής κατανάλωσης. Αξίζει να σημειωθεί, ότι μεταξύ των 27 χωρών της Ε.Ε. η Ελλάδα βρίσκεται στη δεύτερη χειρότερη θέση όσον αφορά στην κατά κεφαλήν κατανάλωση νερού στον αγροτικό τομέα. Στη συνέχεια, το 11% της ζήτησης αποτελεί η αστική χρήση και ακολουθεί με 1% η βιομηχανική και 2% η ενεργειακή ζήτηση (Ντεμιάν, 2010). Η άρδευση κυριαρχεί στη Θεσσαλία και την ανατολική Στερεά Ελλάδα, ενώ η αστική στην Αττική. Στην Δυτική Μακεδονία, η συμβολή του επαναχρησιμοποιημένου νερού στην βιομηχανία θα μπορούσε να είναι ιδιαίτερα σημαντική (Karamanos et al., 2005)

Το 2002, σχεδόν 65% του πληθυσμού ήταν συνδεδεμένο σε 350 εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων, συνολικής δυναμικότητας 1.30 Mm³/ημέρα (345 mgd). Ωστόσο, η Ελλάδα, ως μέλος της ΕΕ, θα έπρεπε να έχει μεριμνήσει για τη σύνδεση όλων των οικισμών με πληθυσμό ≥ 2000 κατοίκων, οι οποίοι βρίσκονται σε ευαίσθητες περιοχές με αποχετευτικά δίκτυα που οδηγούν σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων μέχρι το τέλος του 2005 (Tsagarakis et al., 2004).

Στην Ελλάδα, η ελάχιστη επεξεργασία των αποβλήτων είναι η δευτερογενής, συνήθως με ολοκληρωτική ή μερική απομάκρυνση αζώτου στο 80% των περιπτώσεων. Η τριτογενής επεξεργασία, με τη μορφή της διήθησης, εφαρμόζεται σε κάποιες εγκαταστάσεις, αλλά η διαδικασία της αναβάθμισης άλλων εγκαταστάσεων σε τριτογενή επεξεργασία είναι σε εξέλιξη. Λαμβάνοντας υπόψη την υφιστάμενη κατάσταση, η περιορισμένη επαναχρησιμοποίηση θεωρείται ήδη ως μια διαθέσιμη εναλλακτική σε συμμόρφωση βέβαια με αυστηρά πρότυπα (Andreadakis et al., 2004).

Μια ανάλυση της κατανομής των επεξεργασμένων οικιακών αποβλήτων έδειξε ότι περισσότερο από 83% της εκροής αποβλήτων παράγεται σε περιοχές με έλλειμμα νερού. Αυτό αποδεικνύει ότι η επαναχρησιμοποίηση νερού σε αυτές τις περιοχές θα μπορούσε να καλύψει ένα σημαντικό ποσοστό της ζήτησης σε νερό (Ντεμιάν, 2010).

Όσον αφορά στην επαναχρησιμοποίηση του νερού για σκοπούς άρδευσης, ένας σημαντικός παράγοντας που ωθεί στην εφαρμογή αυτής της πρακτικής αποτελεί το γεγονός ότι το 88% της εκροής των αποβλήτων εντοπίζονται σε απόσταση μικρότερη των πέντε χιλιομέτρων από μια γεωργική έκταση που έχει ανάγκη από νερό άρδευσης (Ντεμιάν, 2010). Γι' αυτό, το επιπλέον κόστος της άρδευσης με ανακτημένο νερό, υπολογίζεται να είναι σχετικά χαμηλό. Έτσι, υπάρχουν ήδη 25 μονάδες επεξεργασίας

υδάτων (Management water treatment plants- MWTs) και πάνω από 15 εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων προγραμματίζουν να επαναχρησιμοποιήσουν τα απόβλητα αποχέτευσής τους για τη γεωργική άρδευση. Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν εγκαταστάσεις που διοχετεύουν τα επεξεργασμένα απόβλητα σε ποτάμια και μετά από τη διήθηση υπάρχει άντληση μέσω φρεατίων από τους αγρότες για την άρδευση (Σκάγιαννης, 1994). Αυτή η μέθοδος είναι γνωστή ως έμμεση επαναχρησιμοποίηση ύδατος για άρδευση (Νικολού, 2005).

8.2 ΕΜΠΟΔΙΑ

Γενικά, η επαναχρησιμοποίηση λυμάτων είναι ευκαιριακή και οι συνήθεις μέθοδοι τελικής διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων που εφαρμόζονται είναι η επιφανειακή ή υποθαλάσσια διάθεση σε θερμοθετημένους αποδέκτες. Με τον τρόπο αυτό μένουν αναξιοποίητες σημαντικές ποσότητες του υδατικού δυναμικού της χώρας ενώ υπεραντλείται και σπαταλείται υψηλής ποιότητας νερό για όλες τις χρήσεις (άρδευση, πυρόσβεση, κλπ.). Στα αίτια μπορούμε να συμπεριλάβουμε την καθυστέρηση έργων υποδομής στον τομέα της επεξεργασίας αποβλήτων, την ελλιπή λειτουργία των υφιστάμενων μονάδων, την έλλειψη προδιαγραφών για την επαναχρησιμοποίηση. Η ανάγκη αξιοποίησης των λυμάτων για επαναχρησιμοποίηση επιβάλλει την άμεση ανάγκη δημιουργίας των κατάλληλων προδιαγραφών, προσαρμοσμένων στις Ελληνικές συνθήκες.

8.2.1 ΕΛΛΗΠΕΣ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Οι περισσότερες χώρες της Μεσογείου δεν έχουν εγκαταστήσει αποτελεσματικές μονάδες επεξεργασίας λυμάτων και δεν έχουν θεσμοθετήσει πρότυπα και κριτήρια επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων (Kamizoulis et al., 2003). Παρ' όλα αυτά, μια αυξανόμενη τάση για την κατασκευή εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων και το σχεδιασμό είναι εμφανής σε όλες σχεδόν τις χώρες της λεκάνης της Μεσογείου. Επιπλέον, τα πρότυπα ποιότητας του επαναχρησιμοποιημένου νερού θα πρέπει να αναπτυχθούν με τρόπο που να είναι σαφές ότι λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές συνθήκες για την ασφάλεια του πληθυσμού (Μαμαής, 2010).

Όπως στη Μεσόγειο έτσι και στην Ελλάδα, κύρια δυσκολία του προγράμματος επαναχρησιμοποίησης σε εθνικό επίπεδο είναι ότι ακόμη δεν υπάρχουν θεσμοθετημένα από το κράτος όρια και κριτήρια για την επαναχρησιμοποίηση του νερού. Συνεπώς, η έγκριση των σχετικών αδειοδοτήσεων για χρήση των εκροών από

Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) σε διάφορες δραστηριότητες είναι αρκετά δύσκολη και χρονοβόρα (Kamizoulis et al., 2003). Αξίζει να αναφερθεί ότι δύο ομάδες ενδιαφερομένων φορέων και ερευνητών εκπόνησαν προκαταρκτικές μελέτες για την θέσπιση κριτηρίων για την διαδικασία της επαναχρησιμοποίησης στην χώρα μας.

1. Η πρώτη μελέτη έγινε στο πλαίσιο του Επιχ. Προγράμματος «Περιβάλλον» από την ΕΔΕΥΑ, την ΔΕΥΑ Λάρισας και συνεργάτες για την ανάγκη θέσπισης Ελληνικών προδιαγραφών για τις εκροές από ΕΕΛ.

2. Μια δεύτερη προσπάθεια έγινε στο πλαίσιο του προγράμματος LIFE99ENV/GR/000590 στην Θεσσαλονίκη και γι' αυτό τον σκοπό συγκεντρώθηκαν οι προσπάθειες πολλών ενδιαφερομένων φορέων (Ανατολική Αναπτυξιακή, ΥΠΕΧΩΔΕ ΕΥΑΘ α.ε. Ι.Τ.ΧΗ.Δ., ΧΩΡΟΤΕΧΝΙΚΗ, ΕΜΠ Αθηνών, EUTEC SRL Ιταλία)

8.2.2 ΕΛΛΙΠΗΣ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ

Η ενημέρωση των χρηστών κρίνεται απαραίτητη προκειμένου να γνωρίζουν τις ανάγκες και τα οφέλη που προκύπτουν από την χρήση επαναχρησιμοποιημένου νερού. Οι χρήστες πρέπει να εμπλέκονται από νωρίς στην διαδικασία σχεδιασμού μέχρι και τα τελικά στάδια επεξεργασίας, αλλά και αργότερα έτσι ώστε να παρακολουθείται η διαδικασία και να γίνεται καλύτερη διαχείριση, δυστυχώς όμως κάτι τέτοιο σπανίως συμβαίνει (Menegaki et al., 2007).

Η έλλειψη υποστήριξης από τους αρμόδιους φορείς έχει οδηγήσει στην απόρριψη των προτεινόμενων συστημάτων ανακύκλωσης του νερού τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι άνθρωποι είχαν την πεποίθηση ότι ο προγραμματισμός γινόταν κρυφά και ότι οι ανησυχίες τους δεν λαμβάνονταν υπ' όψιν (Menegaki et al., 2007). Σε άλλες περιπτώσεις, οι αρχές και οι οργανώσεις ανακύκλωσης του νερού δεν κάνουν αρκετά για να προωθήσουν τα οφέλη των ενεργειών τους ή να καθησυχάσουν τους φόβους για τους πιθανούς κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.

Η εμπιστοσύνη των πολιτών απέναντι στα συστήματα ανακύκλωσης του νερού μπορεί εύκολα να καταρρεύσει αν υπάρχει κακή δημόσια διαβούλευση και επικοινωνία. Για παράδειγμα, οι καθυστερήσεις στη διαβίβαση πληροφοριών μπορεί να πυροδοτήσουν φήμες, αυξάνοντας τις ανησυχίες των πολιτών σχετικά με την

ανακύκλωση και την επαναχρησιμοποίηση του νερού και προκαλώντας αμφισβήτηση έναντι των κινήτρων και των προθέσεων των φορέων που προωθούν την τακτική αυτή (Αγγελάκης κ.α., 2000). Έτσι, είναι πλέον σαφές ότι η ενημέρωση είναι σημαντική και αναγκαία είναι και έχει την ικανότητα να διαμορφώσει την κοινωνική αποδοχή προς την σωστή κατεύθυνση (Genious et al., 2005).

8.2.3. ΨΥΧΟΛΟΓΙΚΟΙ ΛΟΓΟΙ

Ένας σημαντικός παράγοντας που εμποδίζει την εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης ή της ανακύκλωσης του νερού είναι αυτός της αποστροφής και της απέχθειας προς το γκρίζο και ορισμένες φορές και προς το βρόχινο νερό. Η αηδία σε ψυχολογικό επίπεδο, ως εμπόδιο για την επαναχρησιμοποίηση του νερού έχει αναφερθεί στη βιβλιογραφία από την αρχή των δημόσιων μελετών για την επαναχρησιμοποίηση του νερού, στη δεκαετία του 1970.

Σε πολλές περιπτώσεις, η πολιτεία αναγνώρισε με ειλικρίνεια την ύπαρξη ενός ψυχολογικού εμποδίου, όσον αφορά στη χρήση ανακυκλωμένου νερού (Melbourne Water, 1998, Kaercher et al., 2003). Αυτό το ψυχολογικό εμπόδιο φαίνεται να είναι το συναίσθημα αηδίας που προέρχεται από τη σκέψη της χρήσης ανακυκλωμένου νερού. Μερικοί άνθρωποι ανέφεραν ότι παγιδεύονται στη φαντασία τους και άθελά τους συνδέουν την χρήσης ανακυκλωμένου νερού με ακατέργαστα λύματα (Melbourne Water, 1998).

Το συναίσθημα αηδίας ορίζεται ως η συναισθηματική δυσφορία που παράγεται από στενή επαφή με ορισμένα δυσάρεστα ερεθίσματα (Angyal, 1941). Για την αποφυγή πρόκλησης αυτού του συναισθήματος, σε επιτυχημένα έργα στο εξωτερικό αναφορικά με την εισαγωγή ανακυκλωμένου νερού έχει αποφευχθεί η χρήση όρων που σχετίζονται με την επεξεργασία των λυμάτων. Ο όρος «ανακυκλωμένο νερό» ειπώθηκε για να αφήνονται περισσότερα στη φαντασία των ανθρώπων και άλλοι όροι όπως «αναγεννημένο νερό», ως εκ τούτου προτιμώνται (Leony, 1997).

Στην Ελλάδα στις προσπάθειες που έχουν γίνει σχετικά με την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων δεν έχει δοθεί η απαραίτητη προσοχή στην χρήση των κατάλληλων όρων και έτσι πολύ συχνά απορρίπτονται από τους πολίτες χωρίς ποτέ να υλοποιηθούν.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την αποδοχή του κοινού στο θέμα επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων είναι ο φόβος. Στο πλαίσιο

επαναχρησιμοποίησης του νερού, δημιουργείται συχνά φόβος σε θέματα που σχετίζονται με τη δημόσια υγεία. Σε έρευνες που έχουν γίνει, το κοινό συχνά εκφράζει την ανησυχία του σχετικά με την ασφάλεια της χρήσης του ανακυκλωμένου νερού, λαμβάνοντας υπόψη την πιθανή θνησιμότητα των παθογόνων στο νερό και τις άγνωστες επιπτώσεις των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία του νερού (Melbourne Water, 1998, Kaercher et al., 2003). Είναι προφανές ότι οι αντιλήψεις του κινδύνου είναι διαφορετικές μεταξύ των ειδικών και των απλών ανθρώπων. Το κοινό έχει την τάση να λαμβάνει μια ευρύτερη αντίληψη του κινδύνου, ενσωματώνοντας χαρακτηριστικά όπως η αβεβαιότητα, ο φόβος και η καταστροφή (Slovic, 1998). Οι ειδικοί, από την άλλη πλευρά, προσδιορίζουν τον κίνδυνο από την άποψη των πιθανοτήτων εκδήλωσής του.

Η πηγή του νερού που ανακυκλώνεται, ή «το ιστορικό χρήσης» του νερού, επηρεάζει επίσης την αποδοχή του ανακυκλωμένου νερού (Jeffrey, 2002, Kaercher et al., 2003). Συγκεκριμένα, η επαναχρησιμοποίηση των απόνερων ή των επεξεργασμένων λυμάτων από το ίδιο το νοικοκυριό ενός ατόμου είναι πιο αποδεκτή από ότι το νερό που προέρχεται από άλλες δημόσιες ή δευτερογενείς πηγές (Jeffrey, 2002). Η διαπίστωση αυτή μπορεί να συνδέεται με το συναίσθημα αποστροφής στη χρήση ανακυκλωμένου νερού. Οι άνθρωποι θεωρούν ότι τα δικά τους απόβλητα να είναι λιγότερο «αηδιαστικά» από ό,τι άλλων ανθρώπων. Μελέτες έχουν επίσης διαπιστώσει ότι η αποδοχή του ανακυκλωμένου νερού εξαρτάται από το είδος του νερού που ανακυκλώνεται (Kaercher et al., 2003). Η χρήση των όμβριων υδάτων από τις οροφές των νοικοκυριών θεωρήθηκε ότι είναι πιο αποδεκτή από την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων και του γκρίζου νερού.

8.3 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Η Ελλάδα ανήκει στην ομάδα των ανεπτυγμένων χωρών και, αν και όχι τόσο οικονομικά ισχυρή, όπως πολλές χώρες της ομάδας αυτής, θα έπρεπε να είχε διαθέσει σημαντικά κονδύλια για την προστασία της υγείας και για τον έλεγχο της ρύπανσης του περιβάλλοντος όταν είχε την οικονομική δυνατότητα (Andreidakis et al., 2003). Τώρα, εν μέσω οικονομικής κρίσης είναι σαφώς πιο δύσκολο να πραγματοποιηθούν τέτοιου είδους επενδύσεις.

Ωστόσο, ως μέλος της ΕΕ, θα πρέπει να εξετάσει την εναρμόνιση με την σχετική νομοθεσία της ΕΕ. Στο πλαίσιο αυτό, η πρακτική και οι κανονισμοί άλλων

ευρωπαϊκών χωρών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη (Μαμαής, 2010). Λόγω της υφιστάμενης νομοθεσίας σχετικά με τους περιορισμούς και τα κριτήρια διαχείρισης των λυμάτων, ένα εκτεταμένο πρόγραμμα για την κατασκευή και την λειτουργία δημοτικών εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων έχει πραγματοποιηθεί κατά τα τελευταία 10-15 χρόνια (Andreadakis et al., 2004). Οι μονάδες επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα κυρίως αυτές που λειτουργούν με εύθνη ΔΕΥΑ και άλλων επιχειρήσεων ή εταιρειών παράγουν εκροές υψηλής ποιότητας. Αυτό θα διευκόλυνε σε μεγάλο βαθμό, την προώθηση έργων ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης εκροών αστικών υγρών αποβλήτων χαμηλού κόστους (Νικολού, 2005).

Για τις περιοχές ελλειμματικού υδατικού ισοζυγίου, αλλά και γενικότερα στο πλαίσιο της αειφόρου διαχείρισης υδατικών πόρων, η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων μπορεί να αποτελέσει σημαντικό παράγοντα επάρκειας. Για παράδειγμα, στην περιοχή του Αιγαίου οι ΕΕΛ που λειτουργούν ή που προγραμματίζεται να λειτουργήσουν θα παράγουν ετήσιο όγκο επεξεργασμένων αποβλήτων της τάξης του $20 \times 106\text{m}^3$, ποσοστό 20% των συνολικών υδατικών αναγκών της περιοχής (Δ. Φάττα, κ.α.)

Σήμερα ένα σημαντικό ποσοστό του πληθυσμού (περίπου 60%) εξυπηρετείται από κεντρικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, και αναμένεται να φθάσει το 80-85% στο εγγύς μέλλον (Γκίκας, 2003). Η δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία είναι η ελάχιστη επεξεργασία που πραγματοποιείται, συνήθως με πλήρη ή μερική απομάκρυνση του αζώτου σε ποσοστό περίπου 80% των περιπτώσεων (Andreadakis et al., 1997). Η μέθοδος της τριτοβάθμιας επεξεργασίας, με τη μορφή της διήθησης, ασκείται σε ορισμένες μόνο μονάδες, αλλά η διαδικασία της αναβάθμισης περαιτέρω μονάδων για να πραγματοποιούν τριτοβάθμια επεξεργασία είναι συνεχής. Εν όψει αυτής της κατάστασης, η περιορισμένη επαναχρησιμοποίηση είναι μια ήδη υπάρχουσα δυνατότητα, σύμφωνα ακόμη και με αυστηρές προδιαγραφές, ενώ η ποιότητα που απαιτείται για απεριόριστη επαναχρησιμοποίηση μπορεί να επιτευχθεί σε ένα μέτριο επίπεδο (Andreadakis et al., 2004, Karamanos et al., 2005).

Όσον αφορά στην επαναχρησιμοποίηση για βιομηχανικούς σκοπούς, δεν αναμένεται να είναι σημαντική στο εγγύς μέλλον, καθώς, πηγές για την ψύξη του νερού είναι εύκολα διαθέσιμες (π.χ. το θαλασσινό νερό). Αντίθετα, η αστική επαναχρησιμοποίηση έχει πολλές δυνατότητες (Karamanos et al., 2005).

Η επαναχρησιμοποίηση για άμεση πόση δεν θα πρέπει να ενθαρρύνεται. Η σχετική διαθεσιμότητα του γλυκού νερού, οι υπερβολικές δαπάνες και οι αμφισβητήσεις σχετικά με την άμεση πόση του επαναχρησιμοποιημένου νερού δεν δικαιολογούν την εφαρμογή του (Andreadakis et al., 2004).

Η αναπλήρωση των υπόγειων υδάτων για επαναχρησιμοποίηση έμμεσης πόσης (ή αύξηση των επιφανειακών υδάτων για τον ίδιο σκοπό) θα πρέπει επίσης να αποθαρρύνονται. Η διάλυση και η περαιτέρω επεξεργασία από το έδαφος είναι δύο σημαντικά πρόσθετα εμπόδια, σε σύγκριση με την επαναχρησιμοποίηση για σκοπούς άμεσης πόσης. Ωστόσο, οι αβεβαιότητες σχετικά με τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία, αν και έχουν μειωθεί, εξακολουθούν να υπάρχουν. Επιπλέον, η ανάγκη για ολοκληρωμένες μελέτες και πολύπλοκα προγράμματα παρακολούθησης απαιτούν ένα ισχυρό υπόβαθρο δεδομένων, οργανωτικών και θεσμικών ρυθμίσεων, που λείπουν σε μεγάλο βαθμό (Asano, 1998).

Ο εμπλουτισμός του υδροφόρου ορίζοντα που δεν στοχεύει στην άντληση νερού για ύδρευση έχει ενδιαφέρον, ιδίως για τη δημιουργία φραγμών στη διείσδυση του θαλασσινού νερού κατά μήκος της ακτογραμμής (Andreadakis et al., 2004).

Το πεδίο επεξεργασίας και επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων για γεωργικούς σκοπούς έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια και αναμένεται ότι οι ερευνητικές δραστηριότητες για την ανάπτυξη και την εφαρμογή καινοτόμων πρακτικών για την πιο αποτελεσματική επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων θα πρέπει να ενθαρρυνθεί περαιτέρω στο μέλλον (Γκίκας, 2003). Στο πλαίσιο αυτό, πολλές διεθνείς ευκαιρίες για την απόκτηση της χρηματοδότησης υπάρχουν για τις χώρες της Μεσογείου. Πιο συγκεκριμένα, οι οργανισμοί όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών, ο Οργανισμός των ΗΠΑ για τη Διεθνή Ανάπτυξη, η Παγκόσμια Τράπεζα και η Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων προωθούν και υποστηρίζουν οικονομικά ερευνητικά προγράμματα σε διάφορους τομείς ενδιαφέροντος, συμπεριλαμβανομένου του περιβαλλοντικού τομέα και ειδικότερα της επεξεργασίας και επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων (Σουπίλας κ.α., 2005). Ο πιο πιθανός τρόπος λειτουργίας της επαναχρησιμοποίησης του νερού για γεωργικούς σκοπούς είναι η εποχιακή άρδευση, η αποθήκευση των επιφανειακών ή υπόγειων υδάτων είναι μια λύση, αλλά μέχρι τώρα, στις περισσότερες περιπτώσεις δεν έχει απόδειχθεί ότι είναι μια οικονομικά προσιτή επιλογή (Andreadakis et al., 2004).

8.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ

Στην Ελλάδα η πρακτική της επαναχρησιμοποίησης ή της ανακύκλωσης νερού δεν είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη. Συγκεκριμένα, η επαναχρησιμοποίηση του βρόχινου νερού πραγματοποιείται μόνο μετά από προσωπική πρωτοβουλία των κατοίκων της χώρας και δεν έχουν γίνει έργα μεγάλης κλίμακας για την αξιοποίηση των όμβριων υδάτων. Όσον αφορά στην επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου νερού συναντάται σε 15 μόνο περιοχές μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται η Θεσσαλονίκη, η Λάρισα, η Καρδίτσα, η Χαλκίδα, η Τρίπολη, η Κως κ.α.

Οι σκοποί που εξυπηρετούνται στις εφαρμογές αυτές αφορούν κυρίως στην άρδευση μέσω έμμεσης επαναχρησιμοποίησης. Η ελάχιστη επεξεργασία στις περιπτώσεις περιορισμένης άρδευσης που απαιτείται είναι η βιολογική επεξεργασία με απολύμανση. Ενώ, για σκοπούς άρδευσης δεν κρίνεται απαραίτητη η πλήρης απαλλαγή από παθογόνους μικροοργανισμούς μέσω τριτοβάθμιας επεξεργασίας. Στη χώρα μας η άμεση εφαρμογή των υγρών αποβλήτων δεν είναι ιδιαίτερα συνηθισμένη, κυρίως συναντάται έμμεση χρήση των υγρών αποβλήτων μέσω των νερών των ποταμών και των λιμνών (Νικολού, 2005).

Στις μέρες μας κερδίζουν ολοένα και περισσότερο έδαφος η υπεδάφια διάθεση και οι πόσιμες χρήσεις. Αναλυτικότερα, τα υγρά απόβλητα αφού έχουν υποστεί επεξεργασία απορρίπτονται σε κάποιον ποταμό στη συνέχεια αναμειγνύονται με το νερό του αποδέκτη και τέλος χρησιμοποιούνται για άρδευση (Γκίκας, 2003). Οι περιοχές οι οποίες έχουν θέσει σε εφαρμογή αυτού του είδους τα συστήματα είναι η Θεσσαλονίκη, η Καρδίτσα, η Λάρισα, η Λαμία και η Τρίπολη.

Οι περιοχές όμως που αποτελούν πρότυπα λόγω της έντονης ανάπτυξης στην επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι η Χαλκίδα, η Θεσσαλονίκη και η Ψυτάλλεια. Οι περιοχές αυτές χαρακτηρίζονται από την στοχευμένη πολιτική τους στην επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς, καθώς διαθέτουν τις πλέον εξελιγμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.

Χαλκίδα

Ο δήμος Χαλκίδας φιλοξενεί ένα από τα μεγαλύτερα έργα επαναχρησιμοποίησης της ελληνικής επικράτειας. Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων λειτουργεί από το 1998, και αποτελεί μονάδα τριτοβάθμιας επεξεργασίας που διαχειρίζεται κυρίως τα οικιακά απόβλητα. Το έργο επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων, όπου

περιλαμβάνει άρδευση 13.000 δένδρων στη ζώνη εργατικών κατοικιών στις παρυφές της πόλης εγκαινιάστηκε τον Ιούλιο του 2002 (ΥΠΕΚΑ). Η μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων της Χαλκίδας, ένα από τα πρώτα και σπουδαιότερα έργα επαναχρησιμοποίησης της χώρας μας. Αν και η παροχή των αποβλήτων ανέρχεται 9.000m³/ημέρα, η μονάδα είναι δυναμικότητας 4.000 m³ υγρών αποβλήτων ανά ημέρα και άρα μόνο τα 4,000m³/ημέρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άρδευση και για βιομηχανικές δραστηριότητες (Kantanoleon et al., 2006).

Η εκροή της εγκατάστασης εξυπηρετεί ανάγκες άρδευσης της νησίδας Πασσά (Εικ. 14-15) αλλά και των χώρων πρασίνου σε γειτονική περιοχή της Εύβοιας. Συγκεκριμένα, το έργο περιλαμβάνει την αναβάθμιση και επέκταση των εγκαταστάσεων του Κέντρου Λυμάτων Χαλκίδας με την προσθήκη τριτοβάθμιας επεξεργασίας, την μεταφορά του επεξεργασμένου ύδατος από την νησίδα Πασά προς την πόλη της Χαλκίδας και την Βοιωτική ακτή και την δημιουργία και υποστήριξη χώρων πράσινου στην ευρύτερη περιοχή της Χαλκίδας. Η μέθοδος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων που εφαρμόζεται περιλαμβάνει τεχνικές όπως κροκίδωση, φίλτρανση σε τριτοστρωματικά φίλτρα πίεσεως και απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία (UV). Η μεταφορά των επεξεργασμένων εκροών που διατίθεται για άρδευση χώρων πρασίνου σε γειτονικές περιοχές της Εύβοιας επιτυγχάνεται μέσω υποθαλάσσιου αγωγού (Διαδίκτυο: Λιάλιος).

Εικόνα 14: Εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στην Χαλκίδα πριν την ανάκτηση εκροών (Νήσος Πασάς)



(Πηγή: Διαδίκτυο: Φραντζής και Παπαδόπουλος)

Εικόνα 15: Εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στην Χαλκίδα μετά την ανάκτηση εκροών (Νήσος Πασάς)



(Πηγή: Διαδίκτυο: Φραντζής και Παπαδόπουλος)

Έτσι, επετεύχθη αλλαγή της εικόνας υποβαθμισμένων περιοχών και δημιουργήθηκαν χώροι αναψυχής για τους κατοίκους της πόλης. Επίσης, έχει σχεδιαστεί η βιομηχανική χρήση των επεξεργασμένων λυμάτων για ψύξη στην υδροφόρο βιομηχανία ΤΣΙΜΕΝΤΑ ΧΑΛΚΙΔΑΣ, καθώς επίσης και για αστική χρήση (πλύσεις δρόμων, δασοφυλάκηση) εξοικονομώντας πολύτιμους υδατικούς πόρους (Διαδίκτυο: Πασχαλινός, 2010).

Το έργο επαναχρησιμοποίησης του δήμου Χαλκίδας είχε προϋπολογισμό ύψους 700,000,000 δρχ (2,054,292 ευρώ) και έχει χρηματοδοτηθεί στο μεγαλύτερο ποσοστό του.

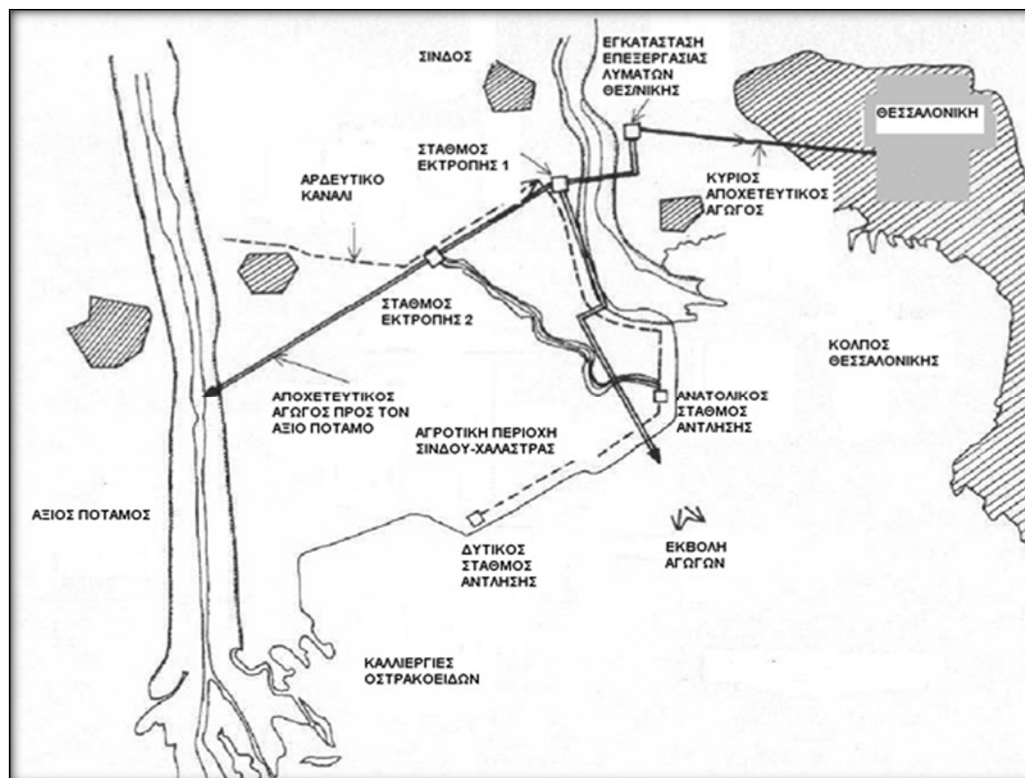
Θεσσαλονίκη

Ο βιολογικός καθαρισμός της Θεσσαλονίκης ξεκίνησε να λειτουργεί το 1992 και το επεξεργασμένο νερό κατέληγε μέσω υποβρύχιου αγωγού στο έξω μέρος του κόλπου της Θεσσαλονίκης. Τα πρώτα πιλοτικά προγράμματα επαναχρησιμοποίησης νερού έγιναν το 1997-1998, με τη συνεργασία του ΕΘΙΑΓΕ και της νομαρχίας Θεσσαλονίκης. Η γραφειοκρατική διαδικασία για την επαναχρησιμοποίηση του νερού ήταν εξόχως αποτρεπτική. Το 2002 ξεκίνησαν οι διαδικασίες αδειοδότησης για την άρδευση μεγαλύτερων εκτάσεων, ωστόσο η γραφειοκρατική εμπλοκή κράτησε 2-3 χρόνια. Τελικά, το 2007, έπειτα από μετρήσεις σε 22 χωράφια που αρδεύτηκαν με νερό από τους βιολογικούς, το πρόγραμμα είχε τελειοποιηθεί και μπορούσε πλέον να εφαρμοστεί (Διαδίκτυο: Λιάλιος).

Το έργο πραγματοποιήθηκε προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες σε άρδευση στην περιοχή Χαλάστρας - Καλοχωρίου (Σχ. 25). Η άρδευση στην περιοχή Χαλάστρας -

Καλοχωρίου είχε παρουσιάσει προβλήματα καθώς ήταν ανεπαρκής κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου λόγω της μειωμένης παροχής του ποταμού Αξίου. Ο ποταμός παρείχε νερό για την άρδευση 300.000 στρεμμάτων καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Το αρδευτικό έλλειμμα στην περιοχή της Χαλάστρας κυμαινόταν από 2-3m³/sec ή 160.000–250.000m³ νερό την ημέρα κατά τους θερινούς μήνες Ιούλιο και Αύγουστο (Σουπίλας κ.α., 2005).

Σχήμα 25: Σύστημα επαναχρησιμοποίησης του νερού στην περιοχή Χαλάστρας – Καλοχωρίου



(Πηγή: ΕΘΙΑΓΕ)

Η εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Θεσσαλονίκης (Ε.Ε.Λ.Θ.) (Εικ. 16) ξεκίνησε με την παραγωγή περίπου 150.000 -160.000m³ νερό την ημέρα για άρδευση καλλιεργειών στην περιοχή Χαλάστρας και Καλοχωρίου. Πλέον, εν έτη 2013, προκύπτουν σε καθημερινή βάση πάνω από 170,000m³ επεξεργασμένου νερού, ποσότητα ικανή να ελαχιστοποιήσει το προαναφερθέν έλλειμμα. Επίσης, η έκταση του αρδευτικού δικτύου Χαλάστρας - Καλοχωρίου ανέρχεται στα 70.000 στρέμματα. Λόγω της πλεονεκτικής θέσης της ΕΕΛΘ, η οποία βρίσκεται πολύ κοντά στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης όπου είναι και το αρδευτικό δίκτυο Καλοχωρίου – Χαλάστρας, αλλά και της καλής ποιότητας των επεξεργασμένων λυμάτων, υπάρχει η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησής τους για άρδευση γεωργικών καλλιεργειών

έκτασης 33.000 στρεμμάτων, εάν απαιτηθεί (Διαδίκτυο: Φραντζής και Παπαδόπουλος). Το νερό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες περιπτώσεις για μικρότερης έκτασης συστήματα στην γύρω περιοχή καθώς και σε άλλες περιβαλλοντικές εφαρμογές (Σουπίλας κ.α., 2005).

Εικόνα 16: Η εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Θεσσαλονίκης (Ε.Ε.Λ.Θ.)



(Πηγή: Διαδίκτυο: Αγγέλου, 2008)

Η επεξεργασία των λυμάτων που διοχετεύονται στη εγκατάσταση ΕΕΛΘ περιλαμβάνει προ-επεξεργασία για την απομάκρυνση των αιωρούμενων σωματιδίων της άμμου και των λιπών, βιολογική επεξεργασία και απομάκρυνση αζώτου, καθώς και απολύμανση με χλώριο (Διαδίκτυο: Αγγέλου, 2008). Η επεξεργασία της λάσπης γίνεται με αναερόβια χώνευση, αφυδάτωση σε φιλτρόπρεσσες, η δε διάθεσή της γίνεται σε χώρο υγειονομικής ταφής (ΧΥΤΑ Ταγαράδων). Για τον έλεγχο της ποιότητας του επεξεργασμένου νερού πραγματοποιούνται συνεχείς μετρήσεις σε περίπτωση που παρουσιαστεί κάποιο σφάλμα τα φράγματα κλείνουν και το νερό οδηγείται στη θάλασσα (Σουπίλας κ.α., 2005).

Το γεγονός που ώθησε την προσπάθειά για διάθεση των εκροών από την ΕΕΛΘ για άρδευση καλλιεργειών ήταν η εγκατάσταση ενός ερευνητικού πιλοτικού έργου σε έκταση 40 στρεμμάτων, κοντά στην ΕΕΛΘ, που αφορά στην κατασκευή συστημάτων φυσικής επεξεργασίας αστικών λυμάτων και την χρήση τους για άρδευση. Το έργο αυτό περιλαμβάνει πιλοτικές διατάξεις φυσικών συστημάτων όπως δεξαμενές σταθεροποίησης και τεχνικούς υγροτόπους, ενώ κατασκευάστηκαν και πειραματικοί αγροί με καλλιέργειες ζαχαροτεύλων, βαμβακιού κλπ και θερμοκήπιο

επαναχρησιμοποίησης, που αρδεύονται με τα επεξεργασμένα νερά από την ΕΕΛΘ (Διαδίκτυο: Φραντζής, Παπαδόπουλος).

Ψυτάλλεια

Η μονάδα επεξεργασίας λυμάτων της Ψυτάλλειας (Εικ. 17), του μικρού νησιού του Σαρωνικού Κόλπου, ανάμεσα στο λιμάνι του Πειραιά και τη Σαλαμίνα, συγκεντρώνει το μεγαλύτερο ποσοστό λυμάτων της ευρύτερης Αττικής, με μέση παροχή εισερχομένων λυμάτων της τάξης των 730.000 m³ ημερησίως (Efstratiadis et al., 2009). Η εγκατάσταση της Ψυτάλλειας λειτουργεί από το 1994 και περιελάμβανε σε πρώτη φάση πρωτοβάθμια επεξεργασία και διαχείριση παραγόμενης λάσπης και σε δεύτερη φάση αερισμό και δευτεροβάθμια καθίζηση. Κατά το παρελθόν, η χρήση της μονάδας για περεταίρω επεξεργασία των εκροών, ώστε να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά, είχε απασχολήσει τους υπεύθυνους με πληθώρα μελετών (Διαδίκτυο: ΕΥΔΑΠ).

Εικόνα 17: Η μονάδα επεξεργασίας λυμάτων της Ψυτάλλειας



(Πηγή: Διαδίκτυο: ΕΥΔΑΠ)

Πλέον, η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων είναι γεγονός. Η προγραμματική σύμβαση της Περιφέρειας Αττικής με την ΕΥΔΑΠ, που περιλαμβάνει εξολοκλήρου τη δαπάνη για την μελέτη και την κατασκευή του έργου, εγκρίθηκε στις 6/7/2013 κατά πλειοψηφία το Περιφερειακό Συμβούλιο Αττικής. Ο προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται σε 37.900.000 ευρώ.

Η επαναχρησιμοποίηση των εκροών αφορά στις παρακάτω χρήσεις:

- ✓ αναδάσωση του περιαστικού πρασίνου της Δυτικής Αττικής (όρος Αιγάλεω – Ποικίλλον Όρος), καλυπτόμενης επιφάνειας περίπου 73.000 στρεμμάτων,

- ✓ άρδευση χώρων πρασίνου των Δήμων του ευρύτερου Πειραιά αλλά και της παραλιακής ζώνης από τον Πειραιά έως το Ελληνικό για τους ελεύθερους χώρους, μαρίνες κλπ.,
- ✓ πλύσιμο δρόμων, πεζοδρομίων, πλατειών των δήμων και των διαφόρων εγκαταστάσεων τους,
- ✓ πυρόσβεση,
- ✓ κάλυψη αναγκών υδροβόρων βιομηχανιών και βιοτεχνιών καθώς και του Οργανισμού Λιμένα Πειραιώς (ΟΛΠ) με εξοικονόμηση 5.000.000 κυβικών μέτρων νερού της ΕΥΔΑΠ,
- ✓ εμπλουτισμό των ποταμών Κηφισού και Ιλισού, ώστε να επιτευχθεί η αποκατάσταση της ισορροπίας του οικοσυστήματος,
- ✓ οικιακή χρήση στο μέλλον με την κατασκευή διπλών δικτύων, όχι για πόσιμο νερό
(Efstratiadis et al., 2009).

Οι χρήσεις αυτές αρχικά θα καλυφθούν από 270,000m³ ημερησίως και την απαραίτητη επεξεργασία των εκροών με πρόβλεψη για διπλασιασμό στο μέλλον. Έτσι, σε πρώτη φάση οι εγκαταστάσεις επαναχρησιμοποίησης των εκροών της Ψυτάλλειας θα καλύψουν δίκτυα ανακτημένου νερού προς τη Σαλαμίνα, το Παραλιακό μέτωπο και το Σχιστό για αστική και περιαστική χρήση (Διαδίκτυο: ΕΥΔΑΠ).

Οι εγκαταστάσεις του ΚΕΛ Ψυτάλλειας περιλαμβάνουν προεπεξεργασία λυμάτων στις εγκαταστάσεις του Ακροκεράμου, με απομάκρυνση των βαρέων στερεών, εσχάρωση, εξάμμωση και απόσπηση καθώς και προ-επεξεργασία των λυμάτων της Σαλαμίνας στην Κυνόσουρα Σαλαμίνας. Τα προεπεξεργασμένα λύματα μεταφέρονται με υποθαλάσσιους αγωγούς στη νήσο Ψυτάλλεια. Εκεί συνεχίζεται η επεξεργασία των λυμάτων στις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης στις οποίες συλλέγεται η πρωτοβάθμια ιλύς. Στην συνέχεια τα πρωτοβάθμια επεξεργασμένα λύματα υφίστανται προχωρημένη δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία με το σύστημα της ενεργού ιλύος για την απομάκρυνση του οργανικού φορτίου και τη σημαντική ελάττωση του φορτίου αζώτου. Αυτή η επεξεργασία συντελείται στη βιολογική βαθμίδα, που αποτελείται από τους βιο-αντιδραστήρες και τις δεξαμενές τελικής καθίζησης, στις οποίες καθιζάνει η βιολογική ιλύς. Η τελική εκροή του ΚΕΛΨ έχει αποδέκτη τον Σαρωνικό Κόλπο στον οποίο διατίθεται μέσω υποθαλάσσιου

συστήματος αγωγών βαθιάς διάχυσης. Μέσω της επεξεργασίας τα αιωρούμενα στερεά και το οργανικό φορτίο των λυμάτων μειώνονται κατά 93% περίπου και το ολικό άζωτο μειώνεται κατά 80% περίπου. Μέρος της τελικής εκροής υφίσταται διύλιση (με αμμόφιλτρα) και απολύμανση (με διατάξεις υπεριώδους ακτινοβολίας) για επαναχρησιμοποίησή της στις εγκαταστάσεις της νήσου Ψυττάλειας (Διαδίκτυο: ΕΥΔΑΠ).

Με την λειτουργία του Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας επιτυγχάνεται συνεχής προστασία, ανάκαμψη και αύξηση της βιοποικιλότητας του οικοσυστήματος του Σαρωνικού Κόλπου. Το Κέντρο Επεξεργασίας Λυμάτων Ψυττάλειας αποτελεί το μεγαλύτερο περιβαλλοντικό έργο στην Ελλάδα με αξιοσημείωτα στοιχεία αειφορίας (αξιοποίηση βιοστερεών, βιοαερίου και επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων εκροών) και η συμβολή του στην προστασία του περιβάλλοντος είναι καίριας σημασίας για τη χώρα μας (Efstratiadis et al., 2009).

Τέλος, υπάρχει σχεδιασμός για την κατασκευή μονάδων επεξεργασίας στις περιοχές Μαραθώνα, Ν. Μάκρης, Αεροδρομίου Σπάτων, Αναβύσσου, Σαρωνίδας, Π. Φώκαιας, Παραλίας Καλυβίων, Λεγρενών, Χάρακα, Κερατέας, Λαυρεωτικής, ΒΠΠΕ Λαυρίου και Αγίου Κωνσταντίνου και Θριάσιου Πεδίου (Efstratiadis et al., 2009).

8.5 ΣΥΝΟΨΗ

Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση νερού έχει σαν συνέπεια αφ' ενός την εξάντληση των υδάτινων αποθεμάτων και αφ' ετέρου την επιστροφή μεγάλων ποσοτήτων ποιοτικά υποβαθμισμένου νερού στο περιβάλλον. Η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων είναι πλέον μονόδρομος αρκεί να εφαρμόζονται αυστηρά κριτήρια ποιότητας για την αποφυγή περιβαλλοντικών προβλημάτων και την διασφάλιση της υγείας του πληθυσμού που θα έρθει σε άμεση ή έμμεση επαφή.

Για τον λόγο αυτό η Ελλάδα έχει κάνει κάποια βήματα στον τομέα επαναχρησιμοποίησης. Οι περιοχές που αποτελούν παραδείγματα προς μίμηση είναι η Χαλκίδα, η Θεσσαλονίκη και η Ψυτάλλεια. Ωστόσο, η θέσπιση περιβαλλοντικής πολιτικής που θα έχει ως στόχο τη βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων αποτελεί απαραίτητο παράγοντα για την επίλυση των προβλημάτων που αντιμετωπίζει εδώ και χρόνια η χώρα μας. Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων και βρόχινου νερού είναι μια περιβαλλοντικά αποδεκτή λύση με πολλά οφέλη τόσο για το περιβάλλον όσο και την οικονομική και αναπτυξιακή πορεία της Ελλάδας. Βασικές παράμετροι

για την επίτευξη των ανωτέρω είναι η ολοκληρωμένη ενημέρωση του κοινού σχετικά με θέματα επαναχρησιμοποίησης αστικών υγρών αποβλήτων καθώς και η υλοποίηση των απαραίτητων έργων υποδομής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Στο κεφάλαιο αυτό πρόκειται να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα μιας πιλοτικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε σε άτομα δύο οικοδομικών συγκροτημάτων, το ένα εκ των οποίων βρίσκεται στην πόλη του Βόλου και το άλλο στην κωμόπολη των Σοφάδων, Καρδίτσας. Σκοπός της έρευνας είναι η αποκόμιση στοιχείων σχετικά με την στάση του κοινού απέναντι στη σωστή διαχείριση των υδάτων και ειδικότερα στην επαναχρησιμοποίηση του νερού.

Η πιλοτική έρευνα έγινε ταυτόχρονα σε δύο διαφορετικές περιοχές, με σκοπό να διερευνηθεί εκτός των άλλων και εάν υπάρχει διαφορά στις αντιλήψεις μεταξύ των κατοίκων μιας αστικής περιοχής και μιας «ημι-αστικής».

Ερωτήθηκαν συνολικά 40 άτομα (20 ανά οικοδομικό συγκρότημα). Τα αποτελέσματα της έρευνας αναλύονται παρακάτω.

Προφανώς ο αριθμός [40] δεν θεωρείται αντιπροσωπευτικό δείγμα, αλλά αποτελεί μια απλή ένδειξη. Μια ευρύτερη έρευνα θα μπορούσε να φωτίσει το θέμα παραπάνω, αλλά το κόστος μιας τέτοιας έρευνας εκφεύγει των δυνατοτήτων μιας διπλωματικής εργασίας.

9.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στην πρώτη ερώτηση που αφορά στην άποψη του κοινού απέναντι στο νερό, το 60% των ερωτώμενων της πόλης του Βόλου απάντησε πως το νερό αποτελεί ένα κοινωνικό αγαθό ή αλλιώς έναν δημόσιο φυσικό πόρο, ενώ το 35% πως το νερό αποτελεί ένα προϊόν που διέπεται από τους νόμους της αγοράς. Επίσης ένα ποσοστό της τάξεως 5% απάντησε «δε γνωρίζω, δεν απαντώ» (Γρ. 2). Στην περιοχή Σοφάδων τα ποσοστά είναι αρκετά κοντά με αυτά του Βόλου, καθώς το 70% των ερωτώμενων απάντησε πως το νερό αποτελεί ένα κοινωνικό αγαθό ενώ το 30% πως το νερό αποτελεί ένα προϊόν που διέπεται από τους νόμους της αγοράς (Γρ. 3).

Γράφημα 2: Απαντήσεις των ερωτώμενων του Βόλου στην ερώτηση 1.

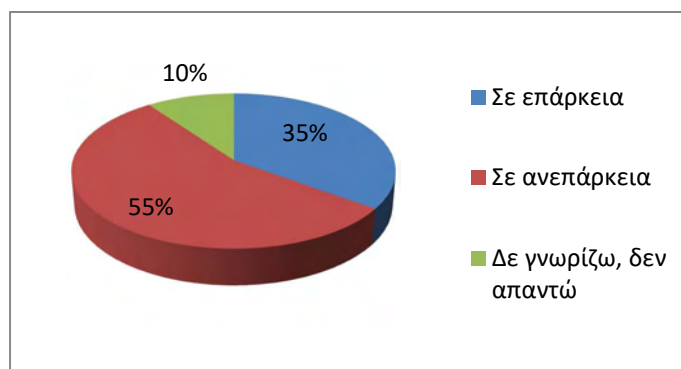


Γράφημα 3: Απαντήσεις των ερωτώμενων των Σοφάδων στην ερώτηση 1.

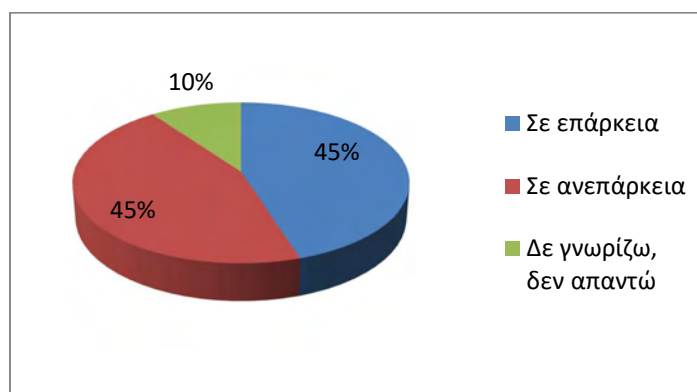


Στην δεύτερη ερώτηση που αφορά στην επάρκεια νερού το 55% των ερωτώμενων του Βόλου δήλωσε ότι το νερό αποτελεί έναν φυσικό πόρο σε ανεπάρκεια, το 35 % πως το νερό αποτελεί έναν φυσικό πόρο σε επάρκεια και το 10% δήλωσε «δε γνωρίζω, δεν απαντώ» (Γρ. 4). Από την άλλη πλευρά στην περιοχή Σοφάδων το ποσοστό των ερωτώμενων που δήλωσε πως το νερό αποτελεί έναν φυσικό πόρο σε επάρκεια ισούται με το ποσοστό των ερωτώμενων που δήλωσε πως το νερό αποτελεί έναν φυσικό πόρο σε ανεπάρκεια και ανέρχεται σε 45% ενώ το 10% απάντησε «δε γνωρίζω, δεν απαντώ» (Γρ. 5).

Γράφημα 4: Απαντήσεις των ερωτώμενων του Βόλου στην ερώτηση 2.

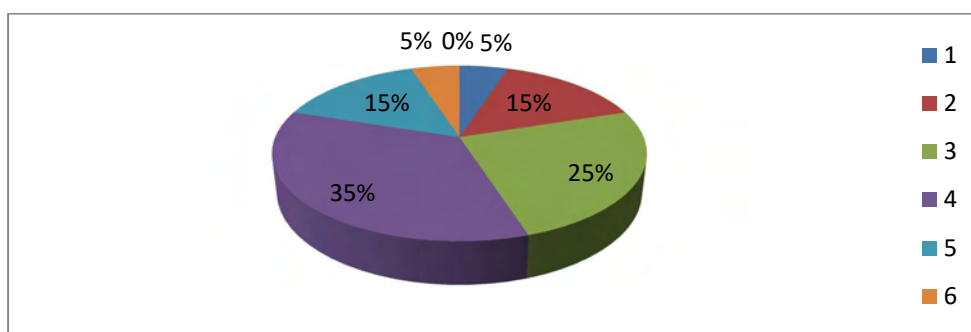


Γράφημα 5: Απαντήσεις των ερωτώμενων των Σοφάδων στην ερώτηση 2.

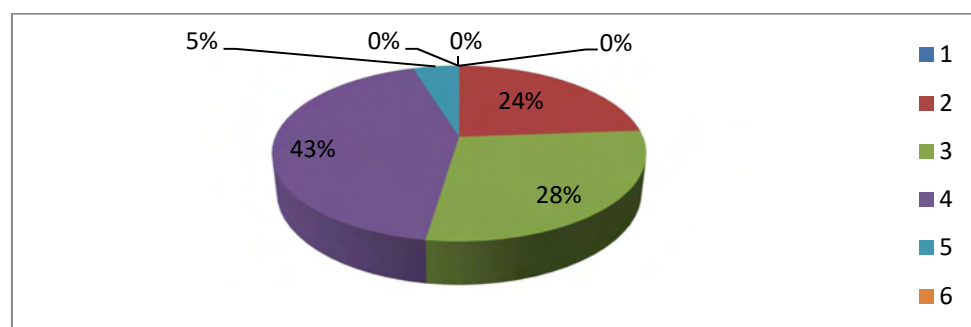


Στην τρίτη ερώτηση ζητήθηκε από τους ερωτώμενους να αξιολογήσουν τον εαυτό τους αναφορικά με την ενημέρωσή τους για ζητήματα επάρκειας νερού, σε κλίμακα από το 1 έως το 7 (1: καμία ενημέρωση, 7: πλήρης ενημέρωση). Το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτώμενων στην πόλη του Βόλου, το οποίο αντιστοιχεί σε 35% αξιολόγησε τον εαυτό του με 4 που σημαίνει μέτρια ενημέρωση. Επίσης αρκετά μεγάλο ποσοστό αξιολόγησε τον εαυτό του με 3. Στο γράφημα 6 φαίνονται αναλυτικά τα ποσοστά αξιολόγησης των ερωτώμενων του Βόλου. Όσον αφορά στους ερωτώμενους της περιοχής Σοφάδων το 43% αξιολόγησε τον εαυτό του με 4 και το 28% με 3. Στο γράφημα 7 φαίνονται αναλυτικά τα ποσοστά αξιολόγησης των ερωτώμενων των Σοφάδων.

Γράφημα 6: Απαντήσεις των ερωτώμενων του Βόλου στην ερώτηση 3.

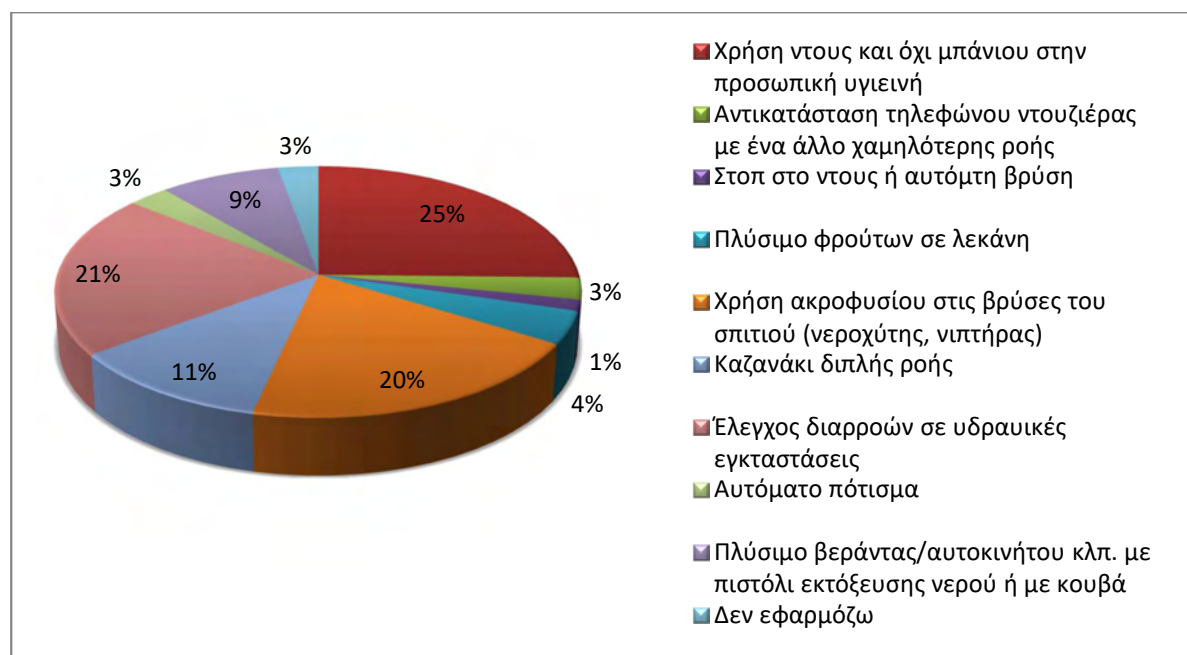


Γράφημα 7: Απαντήσεις των ερωτώμενων των Σοφάδων στην ερώτηση 3.

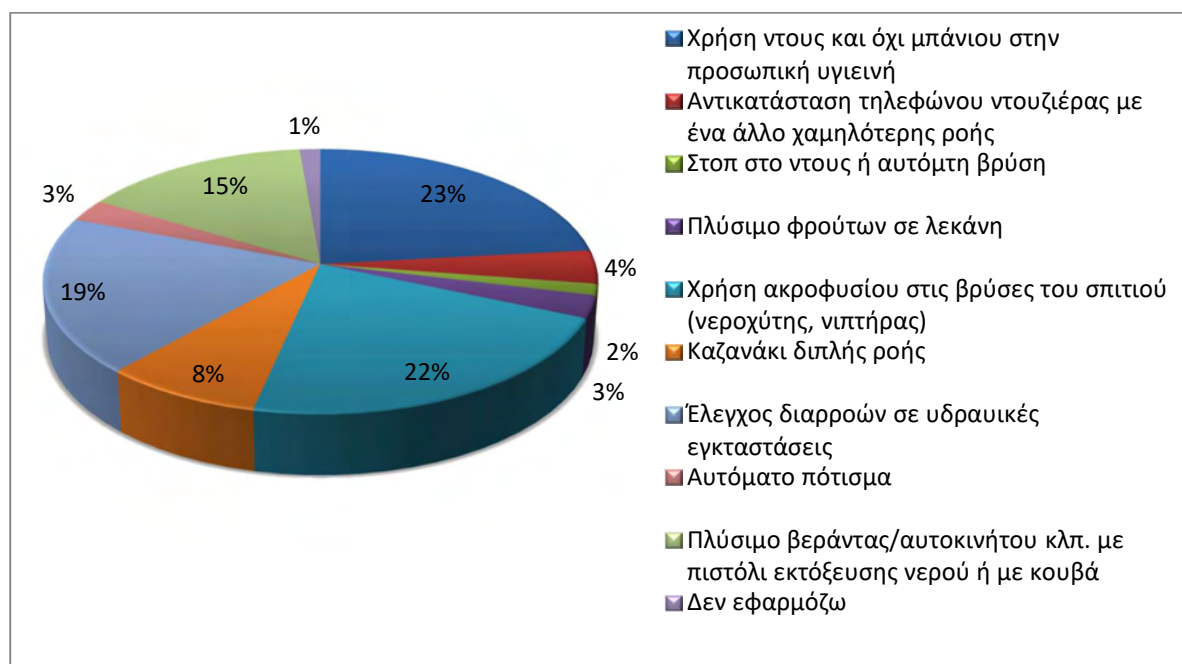


Στην τέταρτη ερώτηση οι ερωτώμενοι κλήθηκαν να απαντήσουν εάν εφαρμόζουν κάποια μέτρα εξοικονόμησης νερού στην καθημερινότητά τους. Το μεγαλύτερο ποσοστό (25%) των ερωτώμενων του Βόλου δήλωσε πως για εξοικονόμηση νερού προτιμά το ντους έναντι του μπάνιου για την προσωπική υγιεινή. Επίσης ένα μεγάλο ποσοστό της τάξης του 21% δήλωσε ότι πραγματοποιεί συχνά έλεγχο διαρροών σε υδραυλικές εγκαταστάσεις ενώ το 20% έχει τοποθετήσει ακροφύσιο στις βρύσες του σπιτιού με σκοπό την εξοικονόμηση νερού. Όμως υπάρχει ένα μικρό ποσοστό των ερωτώμενων του Βόλου (3%) που δεν εφαρμόζει κανένα μέτρο εξοικονόμησης νερού (Γρ. 8). Όπως οι ερωτώμενοι του Βόλου έτσι και των Σοφάδων δήλωσαν ότι τα μέτρα που εφαρμόζουν κυρίως για την εξοικονόμηση νερού αφορούν στη χρήση ντους και όχι μπάνιου στην προσωπική υγιεινή (23%), την τοποθέτηση ακροφύσιου στις βρύσες του σπιτιού (22%) και τον έλεγχο διαρροών σε υδραυλικές εγκαταστάσεις (21%). Ενώ μόνο το 1% των ερωτηθέντων δήλωσε ότι δεν εφαρμόζει κάποιο μέτρο (Γρ. 9).

Γράφημα 8: Απαντήσεις των ερωτώμενων του Βόλου στην ερώτηση 4.

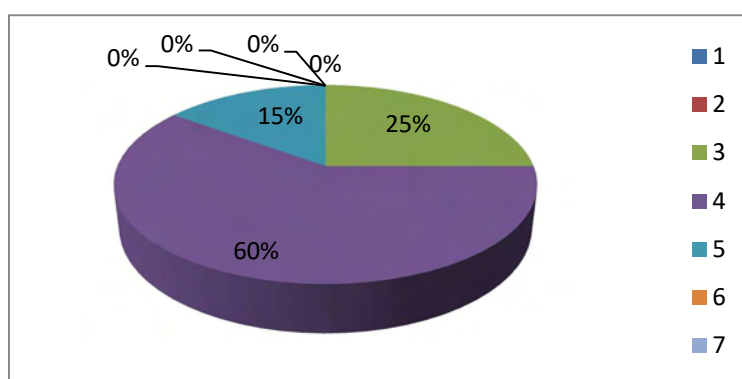


Γράφημα 9: Απαντήσεις των ερωτώμενων των Σοφάδων στην ερώτηση 4.

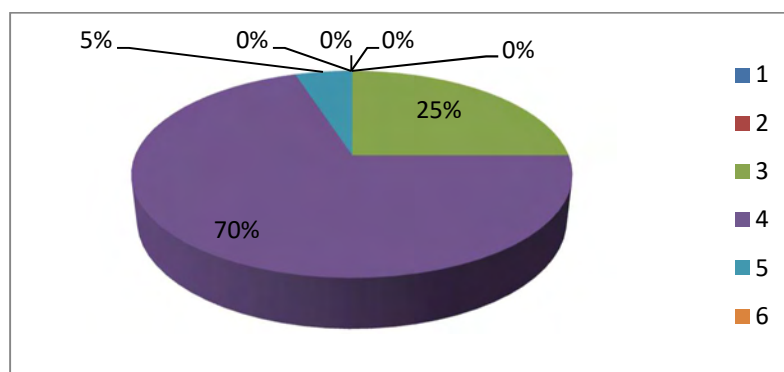


Στη συνέχεια, στην ερώτηση 5 ζητήθηκε από τους ερωτώμενους να βαθμολογήσουν τον εαυτό σας σε σχέση με την προσωπική τους συμμετοχή σε διαδικασίες εξοικονόμησης νερού σε κλίμακα από το 1 έως το 7 (1: εντελώς αδιάφορος, 7: άκρως ευαισθητοποιημένος). Στην περιοχή του Βόλου όπως και στην περιοχή των Σοφάδων το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτώμενων αξιολόγησε τον εαυτό του με 4 και με ποσοστά που ανέρχονται σε 60% και 70% αντίστοιχα (Γρ. 10-11).

Γράφημα 10: Απαντήσεις των ερωτώμενων του Βόλου στην ερώτηση 5.

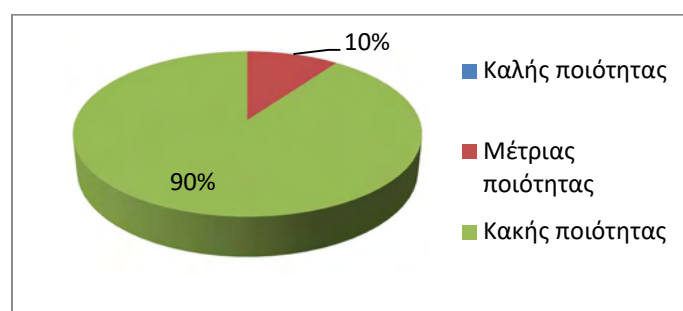


Γράφημα 11: Απαντήσεις των ερωτώμενων των Σοφάδων στην ερώτηση 5.



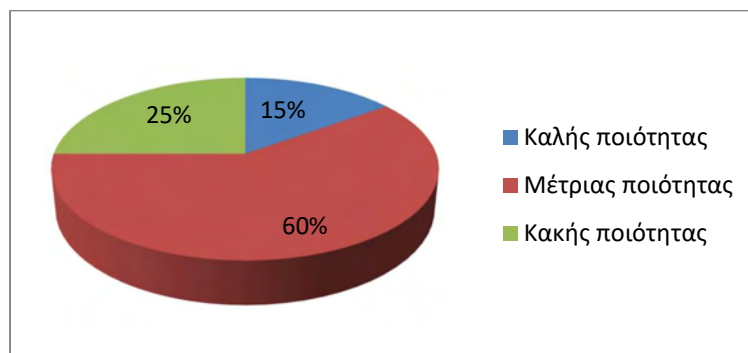
Στην ερώτηση 6 οι ερωτώμενοι έκριναν την ποιότητα του πόσιμου νερού στην περιοχή τους. Οι επιλογές που είχαν ήταν καλή, κακή και μέτρια ποιότητα νερού. Εδώ οι απαντήσεις είναι αρκετά διαφορετικές μεταξύ των ερωτώμενων των 2 περιοχών. Στην πόλη του Βόλου το 90% των ερωτώμενων χαρακτήρισε το νερό κακής ποιότητας και το υπόλοιπο 10% μέτριας ποιότητας (Γρ. 12).

Γράφημα 12: Απαντήσεις των ερωτώμενων του Βόλου στην ερώτηση 6.



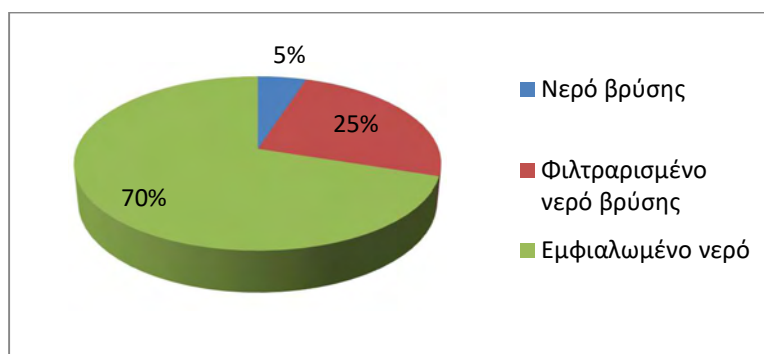
Αντίθετα οι ερωτώμενοι της κωμόπολης των Σοφάδων χαρακτήρισαν στο μεγαλύτερο ποσοστό τους (60%) το νερό μέτριας ποιότητας. Επίσης, το 25% των ερωτώμενων χαρακτήρισε το νερό κακής ποιότητας και υπάρχει ένα ποσοστό της τάξης 15% που χαρακτήρισε το νερό καλής ποιότητας (Γρ. 13).

Γράφημα 13: Απαντήσεις των ερωτώμενων των Σοφάδων στην ερώτηση 6.

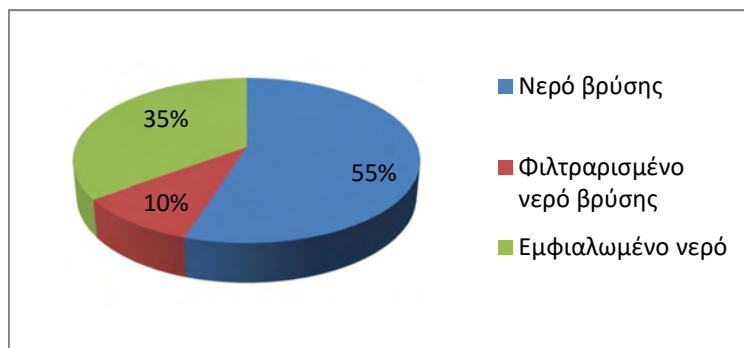


Ως επακόλουθο της ερώτησης 6 στην επόμενη ερώτηση, που αφορά στο είδος νερού που καταναλώνουν οι ερωτώμενοι, παρατηρήθηκαν αντίστοιχες διαφορές μεταξύ των ερωτώμενων των 2 περιοχών. Οι κάτοικοι του Βόλου σε ποσοστό 70% καταναλώνουν εμφιαλωμένο νερό, σε ποσοστό 25% φιλτραρισμένο νερό και μόνο το 5% καταναλώνει νερό βρύσης (Γρ. 14). Από την άλλη πλευρά ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό, των ερωτώμενων στην περιοχή Σοφάδων, που φτάνει το 55% καταναλώνει νερό βρύσης, το 35% καταναλώνει εμφιαλωμένο νερό και το υπόλοιπο 10% φιλτραρισμένο νερό (Γρ. 15).

Γράφημα 14: Απαντήσεις των ερωτώμενων του Βόλου στην ερώτηση 7.



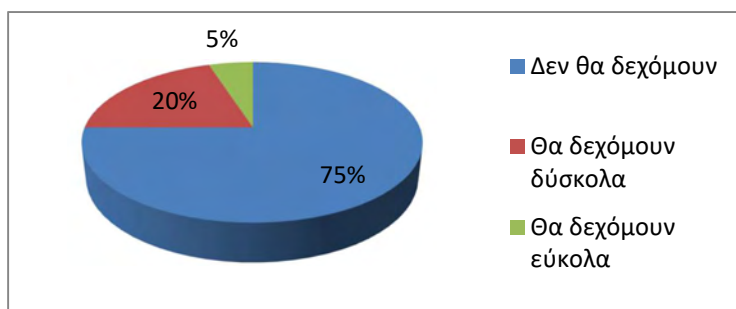
Γράφημα 15: Απαντήσεις των ερωτώμενων των Σοφάδων στην ερώτηση 7.



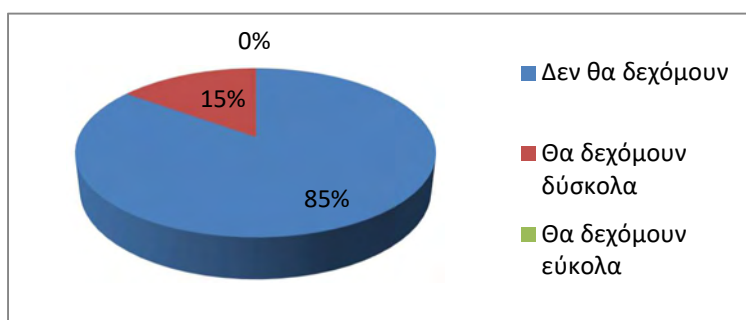
Στην ερώτηση 8 ζητήθηκε από τους ερωτώμενους να βαθμολογήσουν από 1-3 κάποιες πρακτικές αξιοποίησης συμβατικών πηγών νερού συμφωνά με το πόσο εύκολα θα μπορούσαν να τις εφαρμόσουν (1: Δεν θα μπορούσαν 2: Θα μπορούσαν πιο δύσκολα 3: Θα μπορούσαν εύκολα). Έτσι, όσον αφορά στην πρακτική της συλλογής βρόχινου νερού με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση το σύνολο των ερωτώμενων του Βόλου όπως και αυτό των Σοφάδων την αξιολόγησαν με 3 που σημαίνει ότι θα δεχόντουσαν εύκολα. Τα αποτελέσματα δεν είναι όμως τα ίδια για την πρακτική επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων λυμάτων από βιολογικούς καθαρισμούς. Έτσι, οι ερωτώμενοι του Βόλου δήλωσαν, σε ποσοστό 75% ότι δεν θα

δεχόντουσαν καθόλου σε ποσοστό 20% ότι δύσκολα θα δεχόντουσαν και μόνο το 5% απάντησε ότι θα δεχόταν εύκολα (Γρ. 16). Τα αποτελέσματα των ερωτώμενων των Σοφάδων για αυτή την πρακτική είναι αρκετά κοντά. Σε ποσοστό 85% οι ερωτώμενοι των Σοφάδων δήλωσαν ότι δε θα δέχονταν σε καμία περίπτωση να επαναχρησιμοποιήσουν επεξεργασμένα λύματα από βιολογικούς καθαρισμούς και σε ποσοστό 15% ότι θα δεχόντουσαν δύσκολα, ενώ κανείς δε δήλωσε ότι θα δεχόταν εύκολα (Γρ. 17). Στην πρακτική επαναχρησιμοποίησης επεξεργασμένων γκρίζων νερών τα αποτελέσματα ήταν περισσότερο ενθαρρυντικά και για τις 2 περιοχές. Το 55% των ερωτώμενων του Βόλου δήλωσε ότι θα δεχόταν εύκολα, το 30% ότι θα δεχόταν πιο δύσκολα και το 15% ότι δε θα δεχόταν καθόλου (Γρ. 18). Όμοια, στην περιοχή Σοφάδων το 50% των ερωτώμενων δήλωσε ότι θα δεχόταν εύκολα, το 30% ότι θα δεχόταν πιο δύσκολα και το 20% ότι δε θα δεχόταν καθόλου (Γρ. 19). Τέλος, και στις 2 περιοχές απαντούν αρκετά θετικά απέναντι στην πρακτική της αφαλάτωσης. Το 76% των ερωτώμενων του Βόλου δηλώνει ότι θα δεχόταν εύκολα και μόλις το 5% ότι δε θα δεχόταν καθόλου (Γρ. 20). Στους Σοφάδες, το 85% των ερωτώμενων δηλώνει ότι θα δεχόταν εύκολα και το υπόλοιπο 15% ότι θα δεχόταν δύσκολα (Γρ. 21).

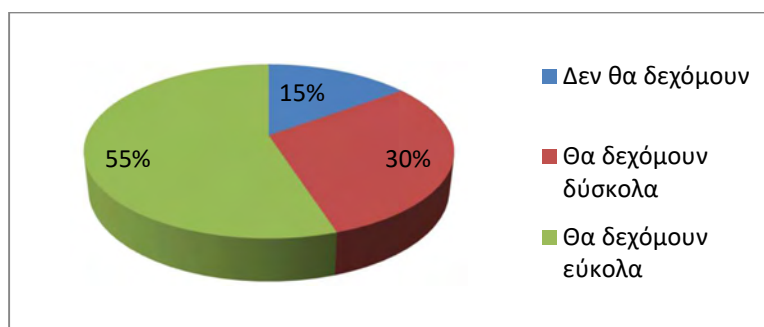
Γράφημα 16: Απαντήσεις των ερωτώμενων του Βόλου στην ερώτηση 8 (επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων από βιολογικούς καθαρισμούς).



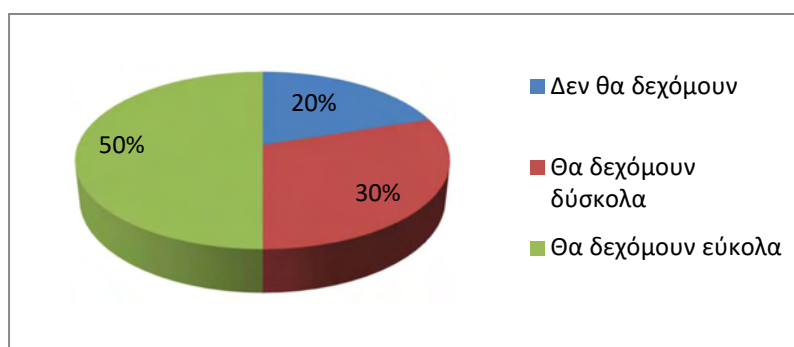
Γράφημα 17: Απαντήσεις των ερωτώμενων των Σοφάδων στην ερώτηση 8 (επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων από βιολογικούς καθαρισμούς).



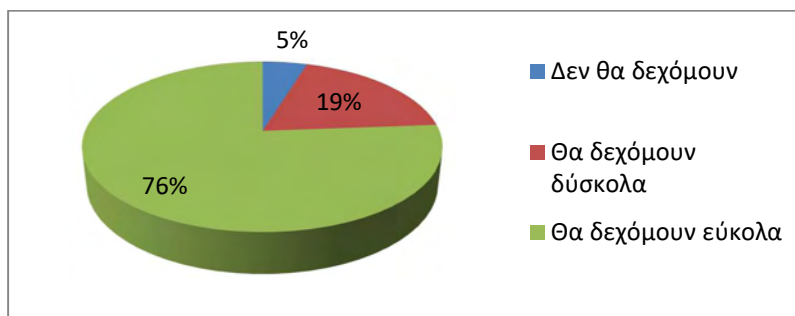
Γράφημα 18: Απαντήσεις των ερωτώμενων του Βόλου στην ερώτηση 8 (επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων γκρίζων νερών)



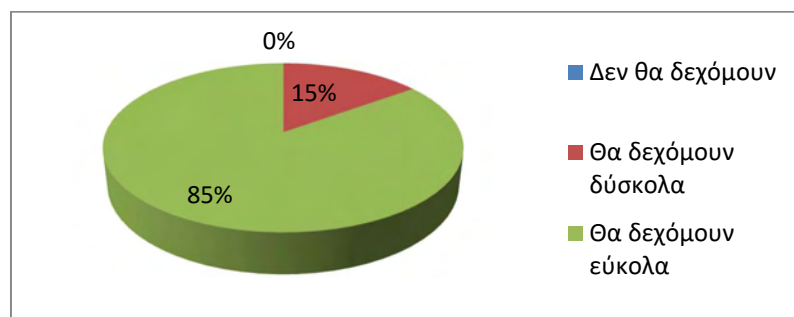
Γράφημα 19: Απαντήσεις των ερωτώμενων των Σοφάδων στην ερώτηση 8 (επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων γκρίζων νερών)



Γράφημα 20: Απαντήσεις των ερωτώμενων του Βόλου στην ερώτηση 8 (Αφαλάτωση)



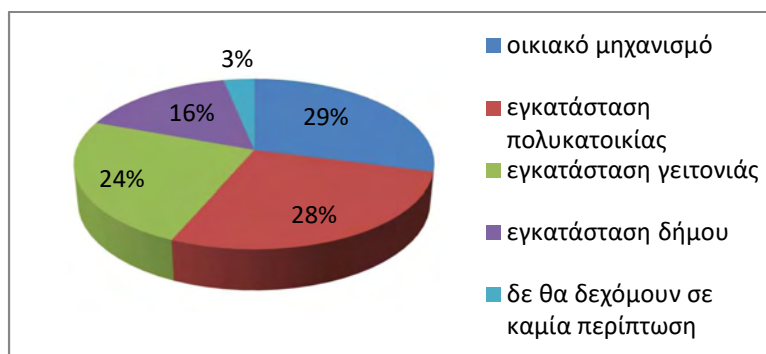
Γράφημα 21: Απαντήσεις των ερωτώμενων των Σοφάδων στην ερώτηση 8 (Αφαλάτωση)



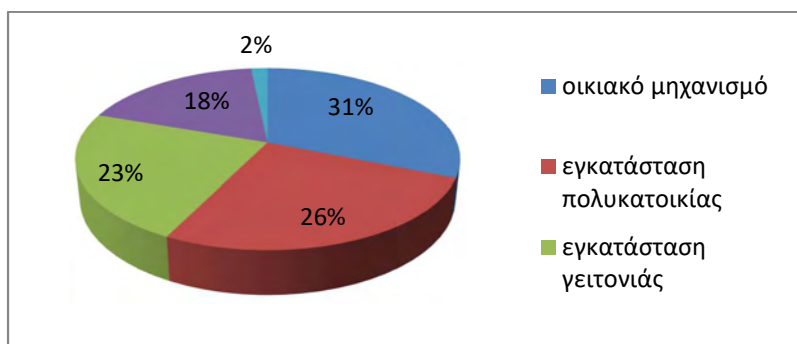
Στην ερώτηση 9, οι ερωτώμενοι που δήλωσαν ότι θα μπορούσαν να εφαρμόσουν την πρακτική επαναχρησιμοποίησης γκρίζου νερού (δύσκολα ή εύκολα) κλήθηκαν να

απαντήσουν αν θα χρησιμοποιούσαν γκρίζο νερό που είχε υποστεί επεξεργασία από οικιακό μηχανισμό ή από εγκατάσταση πολυκατοικίας ή από εγκατάσταση γειτονιάς ή από εγκατάσταση δήμου. Οι ερωτώμενοι είχαν την δυνατότητα να επιλέξουν περισσότερες από μία απαντήσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και στις 2 περιοχές οι ερωτώμενοι προτιμούν εγκαταστάσεις επεξεργασίας σε μικρότερη κλίμακα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στα γραφήματα 22 και 23.

Γράφημα 22: Απαντήσεις των ερωτώμενων του Βόλου στην ερώτηση 9.

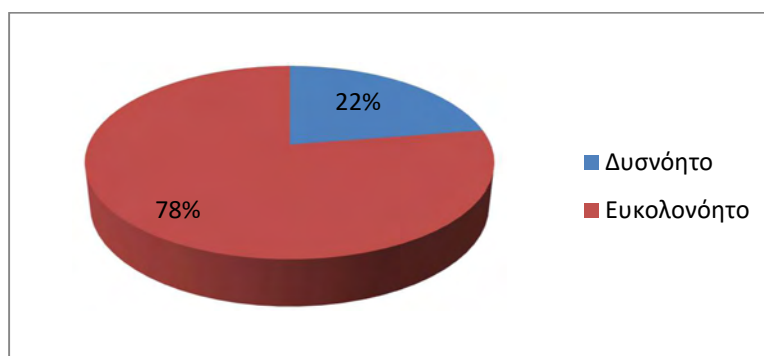


Γράφημα 23: Απαντήσεις των ερωτώμενων των Σοφάδων στην ερώτηση 9.

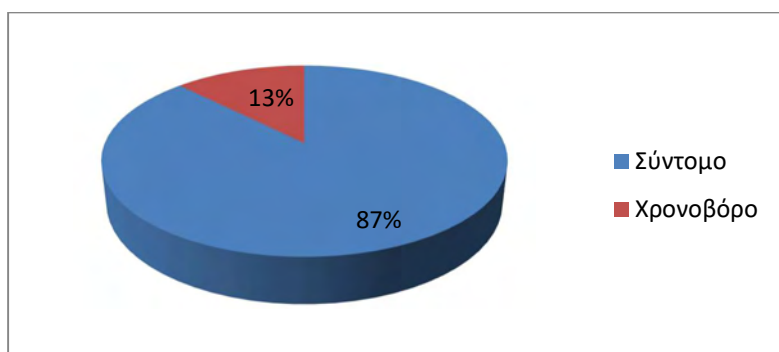


Επειδή πρόκειται για πιλοτική έρευνα, κρίθηκε σκόπιμο να προστεθούν 2 ερωτήσεις στις οποίες οι ερωτώμενοι θα είχαν την δυνατότητα να κρίνουν το ερωτηματολόγιο. Στη μία από αυτές (ερώτηση 10) ζητήθηκε από τους ερωτώμενους να χαρακτηρίσουν το ερωτηματολόγιο σύμφωνα με το πόσο κατανοητό ήταν. Οι επιλογές ήταν 2: 'δυσνόητο' και 'ευκολονόητο'. Το 78% των ερωτώμενων δήλωσε πως θα το χαρακτήριζε ευκολονόητο (Γρ. 24). Η άλλη ερώτηση (ερώτηση 11) αφορούσε τον χρόνο συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου. Οι επιλογές που είχαν οι ερωτώμενοι ήταν ' σύντομο' και 'χρονοβόρο'. Το 87% των ερωτώμενων δήλωσε πως θα το χαρακτήριζε ' σύντομο' (Γρ. 25).

Γράφημα 24: Απαντήσεις ερωτώμενων στην ερώτηση 10.



Γράφημα 25: Απαντήσεις ερωτώμενων στην ερώτηση 12.



9.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Από την έρευνα προέκυψε ότι οι απαντήσεις μεταξύ των ερωτώμενων των 2 περιοχών στις περισσότερες ερωτήσεις είναι αρκετά κοντά. Εξάιρεση αποτελούν οι ερωτήσεις 6 και 7 που αφορούν στην ποιότητα νερού και στο είδος του νερού που καταναλώνεται για πόση.

Αναφορικά με την εξοικονόμηση νερού οι ερωτώμενοι και στις 2 περιοχές εφαρμόζουν μέτρα εξοικονόμησης νερού και χαρακτηρίζουν τον εαυτό τους αρκετά ευαισθητοποιημένο σε θέματα εξοικονόμησης νερού. Αντίθετα, οι ερωτώμενοι χαρακτηρίζουν τον εαυτό τους μέτρια έως και ελλιπώς ενημερωμένο σε θέματα επάρκειας νερού.

Όσον αφορά στις πρακτικές αξιοποίησης συμβατικών πηγών νερού οι ερωτώμενοι και στις 2 περιοχές ήταν πολύ θετικοί απέναντι στις πρακτικές συλλογής βρόχινου νερού και αφαλάτωσης. Επίσης, ενθαρρυντικά ήταν τα αποτελέσματα και για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων γκρίζων νερών. Αντίθετα, οι ερωτώμενοι δεν ήταν καθόλου θετικοί απέναντι στην πρακτική επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων από βιολογικούς καθαρισμούς.

Τέλος, οι απαντήσεις που αφορούν το ερωτηματολόγιο έδειξαν ότι είναι σύντομο και ευκολονόητο. Επομένως, το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως βάση για την εκπόνηση μιας πιο διευρυμένης έρευνας επάνω στο συγκεκριμένο θέμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι άνθρωποι ήδη από τα αρχαία χρόνια έχουν αντιληφθεί την αξία του νερού ως πολύτιμο αγαθό. Για τον λόγο αυτό πάντα έκαναν προσπάθειες προκειμένου να μπορέσουν να το εκμεταλλευτούν προς όφελός τους. Έτσι, κατασκεύασαν τις πρώτες υποδομές νερού. Αρκετά αργότερα (μέσα 20^{ου} αιώνα) όταν οι υποδομές νερού είχαν εξελιχθεί σημαντικά κατάλαβαν ότι για να επωφεληθούν από το νερό δεν αρκούσαν οι υποδομές, καθώς τα σημάδια της ανθρωπογενούς ρύπανσης των υδάτων ήταν πλέον ορατά έτσι επικεντρώθηκαν στην εισαγωγή νομοθετικών ρυθμίσεων για την προστασία των υδατικών πόρων μέσω της ορθολογικής διαχείρισής τους.

Όπως αντιλήφθηκαν την αξία του νερού από την αρχαιότητα, έτσι κατανόησαν και την αναγκαιότητα επαναχρησιμοποίησής του από πολύ νωρίς. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας περίπτωσης αποτελούν οι Μινωίτες που κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου (3000-1100 π.Χ.) επαναχρησιμοποιούσαν υγρά απόβλητα και όμβρια ύδατα. Τα τελευταία χρόνια, αρκετές χώρες προσπαθούν να εντάξουν την επαναχρησιμοποίηση νερού στο θεσμικό τους πλαίσιο προκειμένου να υιοθετήσουν αυτή την πρακτική και άλλες εφαρμόζουν ήδη συστηματικά μεθόδους επαναχρησιμοποίησης του νερού. Στις τελευταίες ανήκουν οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής που κατέχουν εξέχουσα θέση στον τομέα επαναχρησιμοποίησης του νερού. Πέραν του ότι στις ΗΠΑ πραγματοποιήθηκαν τα πρώτα βήματα για την δημιουργία συστημάτων επαναχρησιμοποίησης του νερού ο κανονισμός της πολιτείας της Καλιφόρνιας αποτελεί ένα θεσμικό πλαίσιο παγκόσμιου βεληνεκούς όσον αφορά στην επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων.

Το αναγεννημένο νερό πλέον θεωρείται ότι είναι ένας πολύτιμος πόρος σε πολλά μέρη του κόσμου. Οι κυριότεροι λόγοι που οδήγησαν στη στροφή προς την επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι:

- Η έλλειψη νερού
 - Ανάγκη για επάρκεια νερού σε ποιότητα
 - Ανάγκη για επάρκεια νερού σε ποσότητα

- Η αύξηση του πληθυσμού και άρα η αύξηση της ζήτησης του νερού
- Η προστασία από φυσικές καταστροφές (πλημμύρες ή ξηρασία)
- Η προστασία του περιβάλλοντος και η ανάγκη για επαναφορά της ορθής λειτουργίας του κύκλου του νερού.

Όπως προκύπτει από την ανάλυση, η επαναχρησιμοποίηση νερού δεν έχει μόνο περιβαλλοντικά οφέλη αλλά και οικονομικά. Ενώ το κόστος κατασκευής και λειτουργίας συστημάτων ή μονάδων επαναχρησιμοποίησης νερού μπορεί να φαίνεται υψηλό, αντισταθμίζεται σε αρκετά σύντομο χρονικό διάστημα από το κέρδος που προκύπτει από την εξοικονόμηση νερού.

Η επαναχρησιμοποίηση νερού κατηγοριοποιείται σύμφωνα με το είδος του νερού που επαναχρησιμοποιείται, σε επαναχρησιμοποίηση βρόχινου νερού και σε επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού. Επίσης, κατηγοριοποιείται ανάλογα με τις χρήσεις που εξυπηρετεί σε επαναχρησιμοποίηση για πόσιμους σκοπούς και επαναχρησιμοποίηση για μη πόσιμους σκοπούς. Καθώς η επαναχρησιμοποίηση του νερού δεν αποτελεί πλέον επιλογή αλλά ανάγκη, η τάση έχει μετατοπιστεί προς ένα υψηλότερο επίπεδο χρήσεων, όπως η άρδευση αστικού τοπίου, η έκπλυση τουαλέτας, οι βιομηχανικές χρήσεις και η αύξηση του πόσιμου νερού. Ανάλογα με τους σκοπούς που πρόκειται να εξυπηρετήσει το αναγεννημένο νερό εφαρμόζονται και οι αντίστοιχες τεχνολογίες επαναχρησιμοποίησης νερού.

Από τα παραδείγματα επαναχρησιμοποίησης νερού που μελετήθηκαν στον διεθνή χώρο προκύπτει ότι προτιμώνται συστήματα και τεχνολογίες αποκεντρωμένης διαχείρισης του νερού που δεν συνδέονται άμεσα με τα συστήματα αποχέτευσης των περιοχών που βρίσκονται. Έτσι, δεν εξαρτώνται από τις κεντρικές υποδομές νερού και σε περίπτωση βλάβης του κεντρικού συστήματος ύδρευσης και αποχέτευσης δεν επηρεάζεται η παροχή νερού.

Στην Ελλάδα, η ανάπτυξη της επαναχρησιμοποίησης νερού βρίσκεται σε αρκετά πρώιμο στάδιο. Χωρίς αυτό να σημαίνει πως δεν είναι αναγκαία καθώς το κλίμα της Ελλάδας είναι σχετικά ξηρό και χαρακτηρίζεται από γεωγραφικές και εποχιακές διακυμάνσεις των βροχοπτώσεων, με αποτέλεσμα το νερό να μην είναι διαθέσιμο την στιγμή και στην ποσότητα που απαιτείται. Οι αιτίες που στις οποίες οφείλεται αυτή η καθυστέρηση στον τομέα επαναχρησιμοποίησης των υδάτων είναι:

- Η έλλειψη θεσμικού πλαισίου

- Η ελλιπής ενημέρωση
- Η καθυστέρηση έργων υποδομής
- Ψυχολογικοί Λόγοι

Ωστόσο, είναι απαραίτητο να ξεπεραστούν αυτά τα εμπόδια καθώς όπως προαναφέρθηκε τα οφέλη της επαναχρησιμοποίησης του νερού είναι πολλαπλά. Για να γίνει αυτό απαιτείται η θέσπιση περιβαλλοντικής πολιτικής που θα έχει ως στόχο τη βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων.

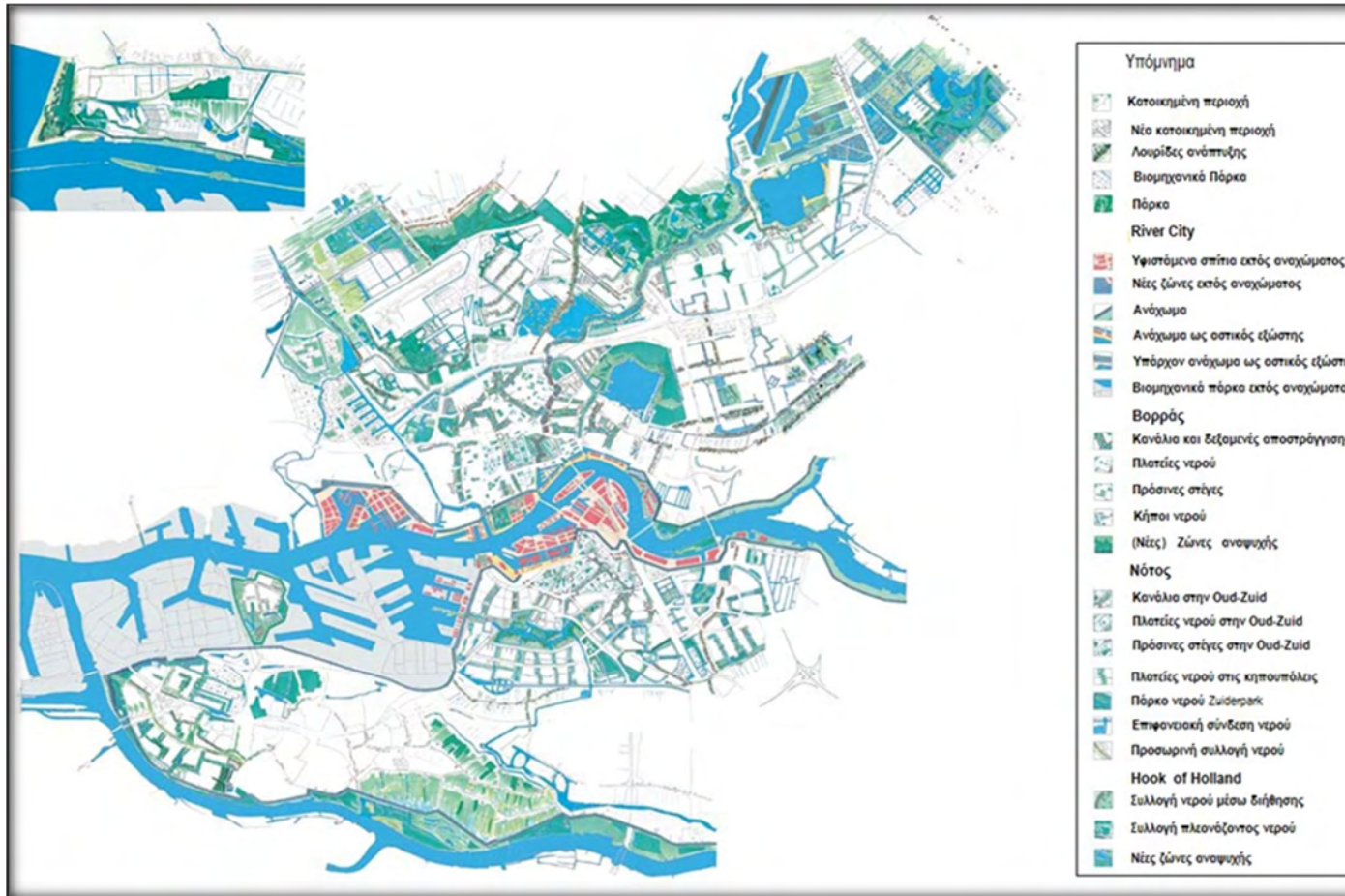
Οι περιοχές που αποτελούν πρότυπα λόγω της έντονης ανάπτυξης στην επαναχρησιμοποίηση του νερού είναι η Χαλκίδα, η Θεσσαλονίκη και η Ψυτάλλεια. Και οι τρεις περιοχές έχουν κάνει σημαντικά βήματα στην επαναχρησιμοποίηση γκρίζου νερού που εξυπηρετεί κατά βάση τις ανάγκες των γύρω περιοχών σε νερό για άρδευση.

Όσον αφορά στην πιλοτική έρευνα που πραγματοποιήθηκε τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ερωτώμενοι είναι αρκετά ευαισθητοποιημένοι με την εξοικονόμηση νερού αφού σχεδόν όλοι εφαρμόζουν κάποια μέτρα εξοικονόμησης νερού στην καθημερινότητά τους. Επίσης, οι περισσότεροι αντιλαμβάνονται το νερό ως ένα δημόσιο αγαθό στο οποίο ο καθένας πρέπει να έχει πρόσβαση και κανείς δεν πρέπει να το στερείται. Για τον λόγο αυτό ήταν αρκετά πρόθυμοι στην αξιοποίηση νερού από συμβατικές πηγές, αν και δηλώνουν πως δεν είναι αρκετά ενημερωμένοι σε θέματα επάρκειας νερού. Η μόνη συμβατική πηγή νερού που λίγοι θα δέχονταν να χρησιμοποιήσουν είναι αυτή του επαναχρησιμοποιημένου νερού από βιολογικούς καθαρισμούς αλλά με την ανάλογη ενημέρωση το ποσοστό των ατόμων που θα το χρησιμοποιούσαν μπορεί να αυξηθεί.

Τέλος, έχει γίνει κατανοητό πως η επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων είναι πλέον μονόδρομος προκειμένου να μην μένουν αναξιοποίητες σημαντικές ποσότητες του υδατικού δυναμικού και για να μην υπεραντλείται και σπαταλάται υψηλής ποιότητας νερό για όλες τις χρήσεις (άρδευση, πυρόσβεση, κλπ.). Μόνον έτσι μπορεί να εξασφαλιστεί η ζωή στον πλανήτη.

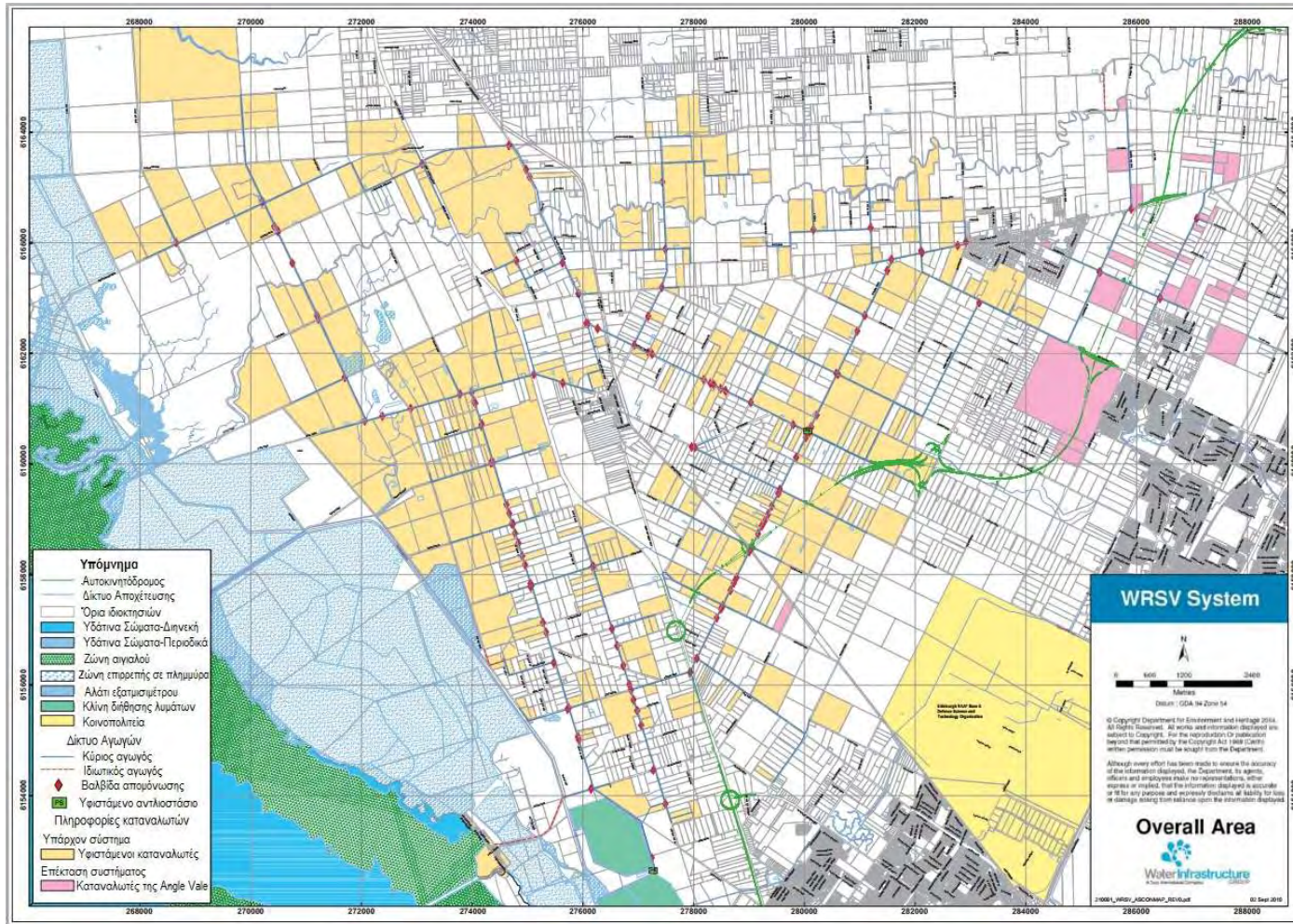
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1: Το όραμα της «Rotterdam Watercity 2030» (Χρήσεις γης).



(Πηγή: Municipality of Rotterdam et al., 2007, Ιδία επεξεργασία)

Χάρτης 2: Το έργο του αγωγού της Βιρτζίνια.



(Πηγή: Διαδίκτυο: WRSV, Ιδία Επεξεργασία)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΠΤΥΞΗΣ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ : Η ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΤΗΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ
ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ**

Τσαρούχα Μαρία Ελπίδα

Επιβλέπων καθηγητής: Π. Σκάγιαννης

Σκοπός του παρακάτω ερωτηματολογίου είναι η αποκόμιση στοιχείων για την επαναχρησιμοποίηση του νερού.

Τα στοιχεία θα χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά για τους σκοπούς της εργασίας.

Ημερομηνία:..../.../....

ΠΡΟΣΩΠΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Φύλο:

- Άντρας
- Γυναίκα

Ηλικιακή Ομάδα:

- <15 ετών
- 16-44 ετών
- 45-64 ετών
- >65 ετών

Επίπεδο Εκπαίδευσης

- Αναλόβητος
- Απόφοιτος Δημοτικού
- Απόφοιτος Γυμνασίου
- Απόφοιτος Λυκείου
- Απόφοιτος ΑΕΙ, ΤΕΙ, κλπ.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πιστεύετε πως το νερό αποτελεί:

- Προϊόν που διέπεται από τους νομούς της αγοράς
- Κοινωνικό αγαθό-δημόσιος φυσικός πόρος
- Δεν γνωρίζω, δεν απαντώ

2. Πιστεύετε ότι το νερό είναι ένας φυσικός πόρος:

- Σε επάρκεια
- Σε ανεπάρκεια
- Δεν γνωρίζω, δεν απαντώ

3. Προσδιορίστε πού τοποθετείτε τον εαυτό σας σε σχέση με την ενημέρωσή σας για ζητήματα επάρκειας νερού στην περιοχή σας; Κυκλώστε την απάντησή σας στην παρακάτω κλίμακα (1: καμία ενημέρωση, 7: πλήρης ενημέρωση)

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

4. Εφαρμόζετε κάποια μέτρα εξοικονόμησης νερού στο σπίτι σας;

- Χρήση ντους και όχι μπάνιου για την προσωπική υγιεινή
- Αντικατάσταση του τηλεφώνου της ντουζιέρας με ένα άλλο χαμηλότερης ροής
- Στοπ στο τ/φ του ντους ή αυτόματη βρύση
- Πλύσιμο πιάτων στο πλυντήριο πιάτων και όχι στο νεροχύτη
- Πλύσιμο φρούτων σε λεκάνη
- Χρήση ακροφυσίου στις βρύσες του σπιτιού (νεροχύτης & νιπτήρας)
- Καζανάκι διπλής ροής*
- Πλύσιμο αυλής/μπαλκονιού/βεράντας/αυτοκινήτου με κουβά ή με λάστιχο στο οποίο έχει ενσωματωθεί πιστόλι εκτόξευσης νερού
- Έλεγχος διαρροών στις υδραυλικές εγκαταστάσεις
- Αυτόματο πότισμα
- Βρύσες με μηχανισμό ανιχνευτή κίνησης
- Άλλο
- Δεν εφαρμόζω

*Τα καζανάκια διπλής ροής έχουν δύο κουμπιά: ένα για μικρότερη ροή και ένα για μεγαλύτερη ανάλογα με την ανάγκη.

5. Προσδιορίστε πού τοποθετείτε τον εαυτό σας σε σχέση με την προσωπική σας συμμετοχή σε διαδικασίες εξοικονόμησης νερού. Κυκλώστε την απάντησή σας στην παρακάτω κλίμακα (1: εντελώς αδιάφορος, 7: άκρως ευαισθητοποιημένος)

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

6. Το πόσιμο νερό στη περιοχή σας θεωρείτε ότι είναι από ποιοτικής πλευράς (επιλέξτε μία από τις παρακάτω απαντήσεις):

- Καλής ποιότητας
- Μέτριας ποιότητας
- Κακής ποιότητας
- Δεν γνωρίζω, δεν απαντώ

7. Στην καθημερινότητά σας πίνετε συνήθως (επιλέξτε μία από τις παρακάτω απαντήσεις):

- νερό της βρύσης
- φιλτραρισμένο νερό της βρύσης
- εμφιαλωμένο νερό

8. Ποιες από τις παρακάτω πρακτικές αξιοποίησης εναλλακτικών πηγών νερού θα δεχόσασταν να χρησιμοποιήσετε; (Βαθμολογείστε απο 1 έως 4, όπου 1: θα δεχόσασταν πιο δύσκολα και 4: θα δεχόσασταν πιο εύκολα. Μπορείτε να βαθμολογήσετε με τον ίδιο βαθμό περισσότερες από μια απαντήσεις)

- Συλλογή βρόχινου νερού

- Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων από βιολογικούς καθαρισμούς
- Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων γκρίζων νερών* (για το καζανάκι της τουαλέτας, άρδευση, κ.α.)
- Αφαλάτωση.

*Γκρίζα νερά είναι τα απόνερα που προέρχονται από νιπήρες μπάνιου, πλυντήρια ρούχων, πλυντήρια πιάτων, μπανιέρες, ντουζιέρες και νεροχύτες κουζίνας

9. Θα δεχόσαστε να χρησιμοποιήσετε γκρίζο νερό που έχει υποστεί την προαπαιτούμενη επεξεργασία από (μπορείτε να επιλέξετε περισσότερες απο μία απαντήσεις):

- οικιακό μηχανισμό,
- εγκατάσταση πολυκατοικίας,
- εγκατάσταση γειτονιάς,
- εγκατάσταση δήμου.

10. Θα χαρακτηρίζατε το ερωτηματολόγιο:

- Δυσνόητο
- Ευκολονόητο

11. Θα χαρακτηρίζατε το ερωτηματολόγιο:

- Σύντομο
- Χρονοβόρο

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΑΣ!

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ**

Αγγελάκης, Ν. και Παρανυχιάκης, Β. (2005) *Επαναχρησιμοποίηση Επεξεργασμένων Αστικών Υγρών Απόβλητων: Ανάγκη Θέσπισης Κριτηρίων*. Ηράκλειο Κρήτης: Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας.

Αγγελάκης, Α. Ν., Τσαγκαράκης, Κ. Π, Κοτσελίδου, Ο. Ν. και Βαρδάκου, Ε. (2000) *Ανάγκη Θέσπισης Ελληνικών Προδιαγραφών Ανάκτησης και Επαναχρησιμοποίησης Εκροών Επεξεργασμένων Αστικών Υγρών Αποβλήτων: Μια Προκαταρκτική Προσέγγιση*. Αθήνα: ΥΠΕΧΩΔΕ.

Ανδρεαδάκης, Α. (2007) *Παραγωγή πόσιμου και ανακτημένου νερού*. Σημειώσεις μεταπτυχιακού μαθήματος. ΔΠΜΣ στην Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων. Τμήμα Χημικών Μηχανικών. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Βαδράτσικας, Π. (2007) «Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/60/ΕΚ. Ενσωμάτωση της σε Ευρωπαϊκές χώρες και στην Ελλάδα με το Ν. 3199/2003». Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Γκίκας, Π. (2003) *Ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση λυμάτων*. Διαθέσιμο στο: URL: www.ellinikietairia.gr/media/pdf/Gkikas.pdf, [Τελευταία πρόσβαση 17/06/2013].

Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (2007). «Προς την αειφόρο διαχείριση του νερού στην Ευρωπαϊκή Ένωση - Πρώτο Στάδιο Εφαρμογής της Οδηγίας πλαίσιο για το νερό 2000/60/ΕΚ». *Ανακοίνωση της Επιτροπής στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο*. Βρυξέλλες, 22 Μαρτίου.

Καρπούζος, Δ., Κυριαζοπούλου, Ι. και Ναλμπάντης, Ι. (2005) «Προδιαγραφές ανάλυσης, κωδικοποίησης και κοστολόγησης χρήσεων νερού». *Ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικών συστημάτων σε σύζευξη με εξελεγμένο υπολογιστικό σύστημα Οδυσσεύς*, Τεύχος 14, Αθήνα.

Κούγκολος Α. (2004) «Θεώρηση της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2000/60/ΕΚ και του Νόμου 3199/2003». *Περβάλλον και Δίκαιο*, 1, σ.17-22.

ΚΥΑ 5673/400/1997 (ΦΕΚ 192/Β'/14.3.1997) περί «Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων».

ΚΥΑ 145116/2011 περί «Καθορισμός μέτρων, όρων και διαδικασιών για την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και άλλες διατάξεις». *Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής*.

Λαζαρέτου, Θ. (2002) *Περιβαλλοντικά προβλήματα και Δίκαιο*. Αθήνα: ΥΠΕΧΩΔΕ, ΕΚΚΕ, ΓΓΝΓ.

Μαμάης, Δ. (2010) «Αξιοποίηση υποβαθμισμένων νερών με έμφαση στα λύματα». Στο: *Ημερίδα ECOCITY, Υδατικοί πόροι: υποχρέωση για διατήρηση και προστασία*. Αθήνα: Ιούνιος 2010.

- Μανιάτη-Σιάτου, Χ. (2004) *Θεσμικό Πλαίσιο Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων*. Αθήνα: Υπουργείο Ανάπτυξης.
- Νικολού, Ε. (2005) *Επαναχρησιμοποίηση εκροών επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων - Η περίπτωση της Ελλάδας*. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα περιβάλλοντος. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Νόμος 3199/2003 (ΦΕΚ 280Α'/9-12-2003) περί «Προστασία και διαχείριση των υδάτινων πόρων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου».
- Νόμος 1739/1987 (ΦΕΚ 201Α'/20-11-87) περί «Διαχείριση υδατικών πόρων και άλλες διατάξεις».
- Νουτσόπουλος, Κ. (2010) *Εγκαταστάσεις επεξεργασίας μικρής κλίμακας*. Σημειώσεις μαθήματος. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Ντεμιάν, Μ. (2010) *Διαχείριση υδατικών πόρων στην Ελλάδα*. Αθήνα: Ίδρυμα οικονομικών και βιομηχανικών ερευνών (ΙΟΒΕ).
- Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. και Ε.Μ.Π. (2007) *Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων*. Αθήνα: Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
- ΥΠΑΝ, ΕΜΠ, ΙΓΜΕ και ΚΕΠΕ (2003) *Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων της Χώρας*. Αθήνα: Υπουργείο Ανάπτυξης, Διεύθυνση Υδατικού Δυναμικού και Φυσικών Πόρων.
- Παπαπέτρου, Μ. (2008) «Αειφορία και ελληνική παραδοσιακή αρχιτεκτονική». Στο: 4^ο Συνέδριο ΠΕΕΚΠΕ. Ναύπλιο: 12-14 Δεκεμβρίου.
- Σκάγιαννης, Π. (1994) *Πολιτική Προγραμματισμού των Υποδομών*. Αθήνα: Σταμούλης.
- Σουπίλας, Α., Παπαστεργίου, Φ. Και Παντελίδου, Χ., (2005) «Επαναχρησιμοποίηση λυμάτων στην Ελλάδα. Είναι δυνατόν;». Στο: 5ο Διεθνές Συνέδριο στην Περιβαλλοντική Τεχνολογία HELECO 2005. Αθήνα: 3-6 Φεβρουαρίου.
- Τρικούλιδου, Ε., Τσιχριντζής, Β. Α., Μελίδης, Π. και Άκρατος, Χ. (2003) «Σύστημα συλλογής – αποθήκευσης και επεξεργασίας της απορροής βρόχινου νερού από στέγες στην Ξάνθη». *Ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικών πόρων*, σ. 605 – 612.
- Τσιρογιάννης Ι. (2011) *Αξιοποίηση του νερού της βροχής με σκοπό την άρδευση του πρασίνου στις σχολικές αυλές*. Διαθέσιμο στο: URL: http://www.aeforosxoleio.gr/content/sources/Tsirogiannis_Irrigation.pdf, [Τελευταία πρόσβαση 9/7/2013].

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Ahn, K.H., Song, J.H. και Cha, H.Y. (1998) “Application of tubular ceramic membranes for reuse of wastewater from buildings”. *Water Science and Technology*, 38 (4–5), σ. 373 – 382.

- Anderson, J. (2003) “The environmental benefits of water recycling and reuse”. *Water Supply*, 3 (4), σ. 1–10.
- Andreadakis, A.D., Gavalakis, E., Mamais, D. και Tzimas, A. (2004) “Wastewater reuse criteria in Greece”. *International Journal Global Nest*, 5, σ. 9-14.
- Andreadakis, A., Gavalaki, E. και Fougias, E. (1997) “Wastewater treatment in Greece”. Στο: *Proceedings of Symposium for Management of Wastewater and Solid Wastes in Greece*. Chalkida-Greece.
- Angyal, A. (1941). “Disgust and related aversions”. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 36, σ. 393-412.
- Antoniou, G. (2010) “Ancient Greek Lavatories: Operation with Reused Water”. Στο Mays, L. *Ancient Water Technologies*. Netherlands: Springer.
- Arika, M., Kobayashi, H. και Kihara, H. (1977) “Pilot plant test of an activated sludge ultrafiltration combined process for domestic wastewater reclamation”. *Desalination*, 23 (1–3), σ. 77 – 86.
- Asano T. (1998) “Wastewater Reclamation and Reuse”. Στο: *Chapter 27: Indirect potable Reuse of Reclaimed Water*. Water Quality Management Library, 10.
- Bahri, A. και Brissaud, F. (2004) “Setting up microbiological water reuse guidelines for the Mediterranean”. *Water Science and Technology*, 50(2), σ. 39–46.
- Baker, N. και Taras, J. (1981) *The quest for pure water – The history of the twentieth century*. Denver: American Water Works Association.
- Benden, J. και Vallée, D. (2010) “Städtebauliche Anpassung an Starkregeneignisse durch multifunktionale Flächennutzung – Beispiele aus den Niederlanden”. Στο Pinnekamp, J. *Gewässerschutz – Wasser – Abwasser 220*. Aachen
- Blumenthal, U. J., Mara, D. D., Peasey, A., Ruiz-Palacios, G. και Stott, R. (2000) “Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines”. *Bulletin of the World Health Organization: the International Journal of Public Health*, 78(9), σ.1104-1116.
- Boer, F. (2010) “Watersquares. The Elegant Way of Buffering Rainwater in Cities”. *TOPOS*, 70, σ. 42-47.
- Bolan, N., Laurenson, S., Kunhikrishnan, A., Naidu, R., Mckay, J. και Keremane G. (2008) *Northern Adelaide plains recycling scheme – Champion in the management of recycled water for sustainable production and environmental protection*. Adelaide: The Australian Centre for Environmental Risk Assessment and Remediation, University of South Australia.
- CMHC (Canada Mortgage and Housing Corporation) (2004) *Research Report: Water reuse standards and verification protocol*. Ottawa: CHMC.
- Christman, K. (1998) “The history of chlorine”. *Waterworld*, 14, σ. 66-67.

- Christova-Boal, D., Eden, R. E., και McFarlane, S. (1996) “An investigation into greywater reuse for urban residential properties”. *Desalination*, 106, σ. 391-397.
- Crittenden, J.C., Rhodes Trussell, R., Hand, D.W., Howe, K.J. και Tchobanoglous, G., (2005) *Water treatment: Principles and design*, 2nd ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Crook, J., Johnson, L. J. και Thompson, K. (2001) “California's new water recycling criteria and their effect on operating agencies”. Στο: *Proc. AWWA Annual Conference*. Washington, DC. 17-21 June 2001.
- Dallas, S. και Ho, G. (2005) “Subsurface flow reedbeds using alternative media for the treatment of domestic greywater in Monteverde, Costa Rica, Central America”. *Water Science and Technology*, 51 (10), σ. 119-28.
- Dallas S., Scheffe, B. and Ho, G. (2004) “Reedbeds for greywater treatment - case study in Santa Elena – Monteverde. Costa Rica. Central America”. *Ecological Engineering*, 23 (1), σ. 55 – 61.
- Department of Environment and Conservation NSW (2006) *Managing Urban Stormwater: Harvesting and Reuse*. Sydney: Department of Environment and Conservation.
- De Greef, P. και Csaba, Z. (2008). “Ein Wasserplan für Rotterdam”. *Garten + Landschaft*, November 2008, σ. 22-25.
- Dixon, M., Butler, D., Mice, F. και Fewkes, A. (1999) “Guidelines for Greywater Re – Use: Health Issues”. *Water and Environment Journal*, 13 (5), σ. 322–326.
- Dreiseitl A. (1996a) *Bemessung der Starkregenspeicher im Planungsgebiet Potsdamer Platz*. Berlin: Überlingen
- Dreiseitl A. (1996c) *Water Circulation Schematic (Wasserkreisläufe)*. Drawing No. 1215-312.
- Dreiseitl A. (1996d) *Technical Room Circulation Schematic (Funktionsschema Umwälztechnik Technikraum)*. Drawing No. 1215-316.
- Dreiseitl A. (1998) “Gestaltungselemente für (Regen-) Wasser. Das Urbane Gewässer am Potsdamer Platz”. *Fbr Wasserspiegel*, April 1998.
- Dreiseitl, H. και Grau, D. (2006) *Wasserlandschaften – Planen, Bauen und Gestalten mit Wasser*. Basel: Birkhäuser.
- Efstratiadis, A., Karavokiros, G. και Mamassis, N. (2009) *Masterplan of the Athens water resource system - Year 2009, Maintenance, upgrading and extension of the Decision Support System for the management of the Athens water resource system*. Department of Water Resources and Environmental Engineering - National Technical University of Athens, Athens, April 2009.
- Elmitwalli, A. και Otterpohl, R. (2007) “Anaerobic biodegradability and treatment of grey water in upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor”. *Water Research*, 41(6), σ. 1379-1387.

EPA US (1998) *Water Recycling and Reuse: The Environmental Benefits*. Washington, DC: EPA

EPA US (2000) *The history of drinking water treatment*. Washington: Office of Water.

EPA US (2004) *Guidelines for Water Reuse*. Washington: U.S Agency for Inter. Development.

Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M. και Ledin, A. (2002) “Characteristics of grey wastewater”. *Urban Water*, 4, σ. 85 – 104.

European Commission (2001) “Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive 2000/60/EC”. *Strategic Document as agreed by the water directors under Swedid Presidency*. Stockholm, 2 May.

European Commission (2011) “Roadmap to a Resource Efficient Europe”. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. Brussels, 20 September.

Fane, S. και Reardon, C. (2009) “Wastewater re – use”. *Water Use*, σ. 227 – 230.

FAO (1992) “Wastewater Treatment and Use in Agriculture, M.B.Westcot”. *FAO Water Report 10*. Rome: FAO.

Gaines, F. και Zavoda, M. (2004) *Reuse of treated wastewater*. Στο: “NOWRA Water Reclamation, Recycling and Reuse Seminar”, November.

Genius, M., Manioudaki, M., Mokas, E., Pantagakis, E., Tampakakis, D. και Tsagarakis K.P., (2005). “Estimation of willingness to pay for wastewater treatment”. *Water Science and Technology: Water Supply*, 5, σ. 105-113.

Gould, J. (1992) “Rainwater Catchment Systems for Household Water Supply”. *Environmental Sanitation Reviews*, 32. Bangkok: Asian Institute of Technology.

Gould, J. και Nissen-Petersen, E. (1999) *Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply: Design, construction and implementation*. London: IT Publications.

Grigg, S.N (1998) “A New Paradigm for Water Management”. Στο: *Simpósio Internacional sobre gestão de recursos hídricos*, Gramado, RS, Outubro.

Grigg, S.N. (1996) *Water Resources Management: Principles, Regulations, and Cases*. New York: McGraw-Hill.

Grimaldi, S., Koutsoyiannis, D. και Piccolo, D. (2006). “Time series analysis in hydrology”, *Physics and Chemistry of the Earth*, 31 (18), σ. 1097-1098.

Hall, E. και Dietrich, A. (2000) *A Brief History of Drinking Water*. Washington: American Water Works Association.

Hall, J. B., Batten, C. E. και Wilkins, J. R. (1974) *Domestic Wash Water Reclamation for Reuse as Commode Water Supply Using a Filtration - Reverse Osmosis Technique*. Hampton: NASA, Langley Research. Technical Note D-7600.

- Hansen, A.M. και Kjellerup, M. (1994) *Vandbesparende foranstaltninger*, Copenhagen: Teknisk Forlag.
- Hermanowicz, S.W., Asano, T. (1999) “Water Reuse and Metabolism of Cities”. Στο: Asano, T., Tambo, N., Igarashi, T. και Watanabe, Y. (επιμ.), *Engineering of Water Environment and Water Reuse*. Japan, Sapporo: Hokkaido University Press.
- Hodge, T. (2002) “Roman Aqueducts and Water Supply (Duckworth Archaeology) second edition”. Στο Chanson, H. (επιμ.) *The hydraulics of Roman aqueducts: What do we know? Why should we learn?* Ahupua'a: World Environmental and Water Resources Congress. 2008.
- Hoyer, J., Dickhaut, W., Kronawitter, L. και Weber, B. (2011) *Water Sensitive Urban Design: Principles and Inspiration for Sustainable Stormwater Management in the City of the Future*. Hamburg: Hafen City Universität.
- Hypes, W., Batten, C. E. και Wilkins J. R. (1975) “Processing of Combined Domestic Bath and Laundry Waste Waters for Reuse as Commode Flushing Water”. *NASA: Langley Research Centre*, Technical Note D – 7937.
- Iwanowicz, P. (2010) *Potential Reuses of Greywater and Reclaimed Wastewater in New York State*, New York State Department of Environmental Conservation. Διαθέσιμο στο: URL: http://www.dec.ny.gov/docs/water_pdf/waterresue.pdf, [Τελευταία πρόσβαση 28/5/2013]
- Jefferson, B., Laine, A., Parsons, S., Stephenson, T. και Judd, S. (1999) “Technologies for domestic wastewater recycling”. *Urban Water*, 1, σ. 285-292.
- Jefferson, B., Laine, A., Diaper, C., Parsons, S., Stephenson, T. και Judd, J. (2000) “Water recycling technologies in the UK”. Στο: *Proceedings of the Technologies for Urban Water Recycling Conference*. Cranfield University. 19 January.
- Jefferson, B., Palmer, A., Jeffrey, P., Stuetz, R., και Judd, S. (2004) “Greywater characterisation and its impact on the selection and operation of technologies for urban reuse”. *Water Science and Technology*, 50 (2), σ. 157 - 164.
- Jeffrey, P. (2002) “Public attitudes to in-house water recycling in England and Walse”. *Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management*, 16, σ. 214-217.
- Kamizoulis, G., Bahri, A., Brissaud, F. and Angelakis, A. N. (2003) *Wastewater recycling and reuse practices in Mediterranean region: Recommended Guidelines*. Διαθέσιμο στο: URL: www.med-reunet.com/docs_upload/angelakis_cs.pdf, [Τελευταία πρόσβαση 10/8/2013].
- Karamanos, A., Aggelides, S., και Londra, P. (2005) “Non-conventional water use in Greece”. *Options Méditerranéennes*, 53 (B), σ. 265-269.
- Kardoff, G. (1999) “Water as Ecological Contribution for City Planning and Technology”. *Deutsche Bauzeitschrift (DBZ)*, issue February 1999.

- Kaercher, J. D., Po, M. και Nancarrow, B. E. (2003) *Water Recycling Community Discussion Meeting I*. Perth: Australian Research Centre for Water in Society.
- Karpiscak, M. M., Foster, K. E., και Schmidt, N. (1990) “Residential water conservation: Casa Del Agua”, *Water Research*, 26 (6), σ. 939-948.
- Kelly, J., van Der Weilen, M. and Stevens, D.P. (2001), *Sustainable use of reclaimed water on the Northern Adelaide Plains*. Adelaide: PIRSA Rural Solutions
- Kinkade - Levario, H. (2007) *Design for Water - Rainwater Harvsting, Stormwater Catchment, and Alternate Water Reuse*. Canada: New Society Publishers.
- Kantanoleon, N., Zampetakis, L. και Manios, T. (2006) “Public perspective towards wastewater reuse in a medium size, seaside, Mediterranean city: A pilot survey”. *Ressources, Conservation and Recycling* 50, σ. 282-292.
- Kracman, B., Martin, R. και Sztajn bok, P. (2006) “The Virginia Pipeline: Australia's largest water recycling project”. *Water Science and Technology*, 43 (1), σ. 35-42.
- Leovy, J. (1997) “Reclaimed Waste Water May Ease State’s Thirst”. *Los Angeles Times*, 17 August.
- Li, Z., Gulyas, H., Jahn, M., Gajurel, D.R. και Otterpohl, R. (2003) “Greywater treatment by constructed wetlands in combination with TiO₂ - based photocatalytic oxidation for suburban and rural areas without sewer system”. *Water Science and Technology*, 48 (11 – 12), σ. 101 – 106.
- Li, F., Wichmann, K. και Otterpohl, R. (2009) “Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses”. *Science of the Total Environment*, 407, σ. 3439 –3449.
- Makenzie C. (2005), “Wastewater Reuse conserves water and protects water ways”. *On tap*, winter 2005.
- Manero, A., και Mujeriego Sahuquillo, R. (2011) “Comparative water management practices in California and Spain”. *Universitat Politècnica de Catalunya*, σ.51-75.
- Marks J.S. and Boon, K.F. (2005) “A social appraisal of the South Australian Virginia Pipeline Scheme: Five years’ experience”. *Report to Land & Water and Horticulture Australia Ltd*. Flinders University, Adelaide: 20th May.
- Master Plumbers and Mechanical Services Association of Australia (MPMSAA) και RMIT University (2008) *Urban greywater design and installation handbook*. Melbourne: Standards Austalia.
- Melbourne Water (1998) *Exploring Community Attitudes to Water Conservation and Effluent Reuse*. Victoria, St Kilda: Open Mind Group.
- Menegaki, A. N., Hanley, N., Tsagarakis K. P., (2007) “The social acceptability and valuation of recycled water in Crete: A study of consumers' and farmers' attitudes”. *Ecological Economics*, 62 (1), σ. 7-18.

- Metcalf & Eddy, Inc. (2007) *Water reuse: Issues, technologies and applications*. New York: McGraw Hill.
- Molinos-Senante, M., Hernández-Sancho, F. και Sala-Garrido, R. (2011) “Feasibility Studies for Water Reuse Projects: Economic Valuation of Environmental Benefits”. *NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security*, σ. 181-190.
- Morel, A. και Diener, S. (2006) *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or neighbourhoods*. Switzerland, Dübendorf: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).
- Municipality of Rotterdam et al. (2007) *Waterplan 2 Rotterdam. Working on Water for an Attractive City* (Full report). Διαθέσιμο στο: URL: http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/documents/Documenten/WATERPLAN_engels.pdf, [Τελευταία πρόσβαση 10/5/2013].
- Mustow, S. R., Smerdon, T., Pinney, C. και Wagget, R. (1997) *Water conservation implications of using recycled greywater and stored rainwater in the UK*. Bracknell: BSRIA.
- Ngo, H. H., Vigneswaran, S. και Sundaravadivel, M. (2003) “Advanced treatment technologies for recycle and reuse of domestic wastewater”. Στο: *Wastewater Recycling, Reuse and Reclamation*, Encyclopedia of Life Support System, EOLSS Publishers, Co. Ltd., U. K.
- Nolde, E. (1999) “Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings – over ten years of experience in Berlin”. *Urban Water*, 1, σ. 275 – 284.
- Outwater, A. (1996) *Water: A natural history*. New York: Basic Books
- Pacey, A. και Cullis, A. (1989) *Rainwater Harvesting: The Collection of Rainfall and Runoff in Rural Areas*. London: WBC.
- Parsons S. A., Bedel C. and Jefferson B. (2000) “Chemical vs. biological treatment of domestic greywater”. Στο: 9th International Gothenburg Symposium on Chemical Treatment. Istanbul, 2-4 October.
- Pidou, M., Memon, F. A., Stephenson, T., Jefferson, B. και Jeffrey, P. (2007) “Greywater recycling: treatment options and applications”. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers- Engineering Sustainability*, 160 (3), σ. 119 – 131
- Prathapar, S. A., Ahmed, M., Al Adawi, S. και Al Sidiari, S. (2006) “Design, construction and evaluation of an ablution water treatment unit in Oman: a case study”. *International Journal of Environmental Studies*, 63 (3), σ. 283 – 292.
- Ramon, G., Green, M., Semiat, R. και Dosoretz, C. (2004) “Low strength greywater characterization and treatment by direct membrane filtration”. *Desalination*, 170, σ. 241 – 250.
- Robinson, M. (1996) “The storage and recycling of domestic greywater”. Unpublished MSc/DIC dissertation. Imperial College of Science, Technology and Medicine.

- Rogers, M. (1989) “The Public Water Supply in Antigua”. *APUA Review*, 1 (3).
- Siculus, D. (1939) “Library of history”. *Loeb Classical Library*. Cambridge: Harvard University Press.
- Shrestha, R. R., Haberl, R., Laber, J., Manandhar, R. και Mader, J. (2001) “Application of constructed wetlands for wastewater treatment in Nepal”. *Water Science and Technology*, 44 (11 – 12), σ. 381 – 386.
- Slovic, P. (1998) “The risk game”. *Reliability engineering and system safety*, 58, σ. 73-77.
- Smith, M. και Shaw, R. (1999) *Reuse of waste water*, WEDC Loughborough University Leicestershire. Διαθέσιμο στο: URL: <http://www.lboro.ac.uk/well/resources/technical-briefs/37-re-use-of-wastewater.pdf>, [Τελευταία πρόσβαση 10/8/2013]
- Smolenaars, S. και Arris Pty (2007) *Water recycling in Australia, Western corridor indirect potable reuse scheme*. Adelaide: Arris Pty Ltd.
- Sostar Turk, S., Petrinic, I. και Simonic, M. (2005) “Laundry wastewater treatment using coagulation and membrane filtration”. *Resources, Conservation and Recycling*, 44 (2), σ. 185 – 196.
- Stevens D. (2008) *Urban Greywater Design and Installation Handbook*. Master Plumbers and Mechanical Services Association of Australia (MPMSAA) and RMIT University for the National Water Commission.
- Texas Commission on Environmental Quality (2007) *Harvesting, Storing and Treating Rainwater for Domestic Indoor Use*. Austin: Texas Commission on Environmental Quality.
- Texas Water Development Board (2005) *The Texas Manual on Rainwater Harvesting*, 3rd ed. Austin.
- Thomas, R. (2006) *Reuse in South Australia*. In 'Growing Crops with Reclaimed Wastewater'. Australia, Victoria: CSIRO.
- Tsagarakis, K., Dialynas, G. και Angelakis, A. (2004) “Water Resources Management in Crete (Greece) Including Water Recycling and Reuse and Proposed Quality Criteria”. *Agricultural Water Management*, 66, σ. 35-47.
- Tchobanoglous, G. και Angelakis, A. (1995) “Greeks Realise Reuse Potential”. *Water Quality Intern*, 4, σ. 26.
- UNEP (United Nations Environment Programme) (1982) *Rain and Storm water Harvesting in Rural Areas*. Dublin: Tycooly International Publishing.
- Victoria Environmental Protection Agency (2013) *Guidelines for environmental management: code of practice – onsite wastewater management*. Carlton: EPA Victoria.
- Wall, B.H. και McCown, R.L. (1989) “Designing Roof Catchment Water Supply Systems Using Water Budgeting Methods”. *Water Resources Development*, 5, σ. 11-18.
- WHO (1989) “Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture: Report of a WHO Scientific Group”. *WHO Technical Report Series*. Geneva.

Winneberger, J. H. T. (1974) *Manual of Grey Water Treatment Practice*. Michigan: Ann Arbor Science.

Winpenny, J., Heinz, I. και Koo-Oshima, S. (2010) *The Wealth of Waste: The economics of wastewater use in agriculture*. Rome: FAO.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

Αγγέλου, Γ. (2008) *Δίκτυα και Εγκαταστάσεις Ύδρευσης – Αποχέτευσης, Προτεινομένες Νέες Δράσεις*. Διαθέσιμο στο URL: http://lykpeir.uom.gr/ekdiloseis/12_eyath/diktia.pdf, [Τελευταία πρόσβαση 6/6/2013].

African Technology Policy Studies Network (2013) *Indigenous Rain Water Harvesting Practices for Climate Adaptation and Food Security in Dry Areas: The Case of Bahi District*. Διαθέσιμο στο URL: <http://www.atpsnet.org/Files/rps22.pdf>, [Τελευταία πρόσβαση 10/8/2013].

City of Albuquerque, Mexico (1995) *Rainwater Harvesting: Supply from the sky*. Διαθέσιμο στο URL: <http://www.ose.state.nm.us/water-info/conservation/Albq-brochures/rainwater-harvesting.pdf>, [Τελευταία πρόσβαση 6/6/2013].

De Urbanisten (2009) *Portfolio*. Διαθέσιμο στο: URL: http://www.urbanisten.nl/pdf/PortfolioWeb_Lo.pdf, [Τελευταία πρόσβαση 10/8/2013].

ΔΕΥΑΒΑ (Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Βορείου Αξονα Δήμου Πλατανιά) (2010) *Πρακτικός Οδηγός Εξοικονόμησης Νερού*. Διαθέσιμο στο URL: <http://deyaba.gr/index.php/el/2011-10-14-11-03-00/2011-10-14-11-04-03/36-2012-07-03-12-33-08>, [Τελευταία πρόσβαση 6/6/2013].

Δίκτυο Μεσόγειος (2006) *Εξοικονόμηση νερού: Ολοκληρωμένο εκπαιδευτικό πρόγραμμα για τα σχολεία της νότιας Ευρώπης*. Διαθέσιμο στο URL: <http://www.watersave.gr/site/images/stories/PDFs/17math.pdf>, [Τελευταία πρόσβαση 6/6/2013].

ΕΜΥ (χ.η.) *Το κλίμα της Ελλάδας*. Διαθέσιμο στο: URL: http://www.hnms.gr/hnms/greek/meteorology/full_story_html?dr_url=%2Fhnms%2Fdocrep%2Fdocs%2Fmisc%2FClimatOfGreece, [Τελευταία πρόσβαση 10/8/2013].

Enzler MSc, S.M. (1998-2011) *Significant historical events forming the basis for today's water treatment systems*. Διαθέσιμο στο: URL: <http://www.lenntech.com/history-water-treatment.htm>, [Τελευταία πρόσβαση 10/5/2013].

EPA US (2008) *Water Recycling and Reuse*. Διαθέσιμο στο: URL: <http://www.epa.gov/region9/water/recycling/>, [Τελευταία πρόσβαση 21/5/2013].

Europa (2010) *Σύνοψη της νομοθεσίας της Ε.Ε.: Προστασία και διαχείριση των υδάτων (οδηγία-πλαίσιο για τα ύδατα)*. Διαθέσιμο στο: URL:

http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/environment/128002b_el.htm, [Τελευταία πρόσβαση 10/8/2013].

European Commission (1991) *Urban Waste Water Directive Overview*. Διαθέσιμο στο: URL: http://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/index_en.html, [Τελευταία πρόσβαση 22/06/2013].

European Commission Euro-Mediterranean Partnership (2005) *Development of Tools and Guidelines for the Promotion of the Sustainable Urban Wastewater Treatment and Reuse in the Agricultural Production in the Mediterranean Countries (MEDAWARE)*. Διαθέσιμο στο: URL: http://www.uest.gr/medaware/reports/Task5_revised.doc, [Τελευταία πρόσβαση 10/7/2013].

European Union (2010) *Water Scarcity & Droughts in the European Union*. Διαθέσιμο στο: URL: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-1216_en.htm>, [Τελευταία πρόσβαση 10/6/2013].

European Union (2012) *A blueprint to safeguard Europe's waters*. Διαθέσιμο στο: URL: <http://ec.europa.eu/environment/water/blueprint>, [Τελευταία πρόσβαση 10/5/2013].

ΕΥΔΑΠ (χ.η.) *Αποχέτευση & Επεξεργασία Λυμάτων*. Διαθέσιμο στο: URL: http://www.eydap.gr/index.asp?a_id=142, [Τελευταία πρόσβαση 12/5/2013].

Φραντζής και Παπαδόπουλος (χ.η.) *Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για άρδευση*, Ινστιτούτο Εδαφολογίας Θεσσαλονίκης. Διαθέσιμο στο: <http://www.agora.mfa.gr/appdata/documents/ethiage-papadopoulosf.ppt>, [Τελευταία πρόσβαση 9/5/2013].

GEC Sanitation Programme (2013) *Water and Wastewater Reuse*. Διαθέσιμο στο: URL: <http://nett21.gec.jp/gesap/themes/themes2.html>, [Τελευταία πρόσβαση 9/7/2013].

Gemeente Rotterdam (χ.η.) *Rotterdam Climate Proof. The Rotterdam Challenge on Water and Climate Adaption*. Rotterdam. Διαθέσιμο στο: URL: <http://www.deltadialogues.com/enus/stories/Documents/Text%20Rotterdam%20Climate%20proof.pdf>, [Τελευταία πρόσβαση 10/5/2013].

Google Image. Διαθέσιμο στο URL: <http://www.sin-plin.gr/HSD-2019/p%253A%252F%252Fwww.sin-plin.gr%252Fimages%252FP%252FHSD-2019-1.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.sin-plin.gr%252FHSD-2019%252F%3B1000%3B1000>, [Τελευταία πρόσβαση 6/9/2013].

Google Image. Διαθέσιμο στο URL: <https://www.google.gr/search?q=%CE%91%CE%BA%CF%81%CE%BF%CF%86%CF%8D%CF%83%CE%B9%CE%BF+%CE%B3%CE%B9%CE%B1+%CE%B5%CE%BE%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%B7%CF%83%CE%B7+%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%BF%CF%8D&rlz=1C1SAVU>, [Τελευταία πρόσβαση 9/9/2013].

- Google Image. Διαθέσιμο στο URL: <https://www.google.gr/search?q=%CE%91%CE%BA%CF%81%CE%BF%CF%86%CF%8D%CF%83%CE%B9%CE%BF+%CE%B3%CE%B9%CE%B1+%CE%B5%CE%BE%CE%B7%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%B7%CF%83%CE%B7+%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%BF%CF%8D&rlz=1C1SAVU>, [Τελευταία πρόσβαση 7/9/2013].
- Hydranos Ltd Water Recycling Systems, *Cyprobell - Installation/Service*. Διαθέσιμο στο URL: <http://www.hydranos.org/hydranos2/cyprobellInstallationService.shtml>, [Τελευταία πρόσβαση 6/6/2013].
- Jacobs, J. (χ.η.) *Waterplan 2 Rotterdam*. Presentation. Διαθέσιμο στο: URL: http://www.switchurbanwater.eu/outputs/pdfs/GEN_PRS_Rotterdam_Water_Plan.pdf, [Τελευταία πρόσβαση 19/8/2013].
- Johns, A. (2005/2009) *Amid condos, a spot to contemplate*, Portland Tribune. Διαθέσιμο στο: URL: http://www.portlandtribune.com/news/story.php?story_id=31049, [Τελευταία πρόσβαση 19/8/2013].
- Διάλιος Γ. *Γιατί η Ελλάδα δεν στρέφεται στην επανάχρηση νερού;* Διαθέσιμο στο: URL: <http://news.kathimerini.gr/archive-editions/article/oiko/2009/04/1288237.html>, [Τελευταία πρόσβαση 17/5/2013].
- Μεσογειακό Γραφείο Πληροφόρησης για το Περιβάλλον, τον Πολιτισμό & την Αειφόρο Ανάπτυξη, *Το δώρο της βροχής, παιδαγωγικό υλικό για την εκπαίδευση και την αειφόρο ανάπτυξη*. Διαθέσιμο στο: URL: http://www.medies.net/uploaded_files/publications/total_rainwater_book.pdf, [Τελευταία πρόσβαση 10/08/2013].
- Minesota Sustainable Housing Initiative (2003) *The Solaire*. Διαθέσιμο στο: URL: <http://www.mnshi.umn.edu/kb/casestudies/solaire.html>, [Τελευταία πρόσβαση 26/7/2013]
- Oregon Chapter of the American Society of Landscape Architects (ASLA Oregon) (2006) *Landscape Architectural Design. Merit Award Winners 2006 Tanner Springs Park*. Διαθέσιμο στο: URL: <http://www.aslaoregon.org/events/2006/2006-design.html>, [Τελευταία πρόσβαση 26/7/2013]
- Πασχαλινός, Ι. (2010) *Η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων και οι δυνατότητες άρδευσης των καλλιιεργειών αλλά και τεχνητού εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφορέων με επεξεργασμένα αστικά λύματα – Η Περίπτωση της Ελλάδας*. Διαθέσιμο στο: URL: http://www.eletaen.gr/drupal/sites/default/files/APANAXRHSIMOPOIHSH_LYMMATON.pdf, [Τελευταία πρόσβαση 11/8/2013].
- Pataki G., Gill J., Urstadt, C., Cornstein, D., Carey, T. και Carey, H. (2005) *Battery Park City Authority Residential Environmental Guidelines*. Διαθέσιμο στο: URL: http://www.batteryparkcity.org/pdf_n/BPCA_GreenGuidelines.pdf, [Τελευταία πρόσβαση 26/7/2013]

- Pollution articles (2010) *Wastewater definition*. Διαθέσιμο στο: URL: <http://pollutionarticles.blogspot.gr/2010/09/wastewater-definition.html>, [Τελευταία πρόσβαση 19/7/2013].
- Portland Parks and Recreation. *Tanner Springs Park*. Διαθέσιμο στο: URL: <http://www.portlandonline.com/parks/finder/index.cfm?PropertyID=1273&action=ViewPark> [Τελευταία πρόσβαση 9/7/2013].
- Potsdamer Platz (2010) *History*. Διαθέσιμο στο: URL: <http://potsdamerplatz.de/en/history/beginnings/>, [Τελευταία πρόσβαση 12/7/ 2013].
- Pushard, D. (2004) *Rainwater Harvesting: Comparing Storage Solutions*. Διαθέσιμο στο URL: <http://www.harvesth2o.com/rainwaterstorage.shtml>, [Τελευταία πρόσβαση 6/8/2013].
- Rain Water Harvesting Ltd (2008) *Rainwater Harvesting Systems to collect rain for use in your house and garden*. Διαθέσιμο στο: URL http://www.rainwaterharvesting.co.uk/garden_solutions.php, [Τελευταία πρόσβαση 1/8/2013].
- Recycled water in Australia (2009) *What is recycled water?* Διαθέσιμο στο: URL: <http://www.recycledwater.com.au/index.php?id=46>, [Τελευταία πρόσβαση 12/4/2013]
- Stormsaver commercial rainwater harvesting (2010) *Direct Feed Rainwater Harvesting*. Διαθέσιμο στο URL: <http://www.stormsaver.com/Direct-Feed-Rainwater-Harvesting>, [Τελευταία πρόσβαση 6/7/2013].
- Sydney Water (2010) *Water recycling*. Διαθέσιμο στο: URL: <http://www.sydneywater.com.au/SW/plumbing-building-developing/plumbing/recycled-water/index.htm>, [Τελευταία πρόσβαση 10/4/2013].
- The city of San Diego (2002/2013) *Rainwater Harvesting Information* Διαθέσιμο στο URL: <http://www.sandiego.gov/water/conservation/rainwater.shtml>, [Τελευταία πρόσβαση 6/6/2013].
- The Solaire *Green Building Systems*. Διαθέσιμο στο: URL: http://www.thesolaire.com/documents/green_building.html, [Τελευταία πρόσβαση 28/5/2013]
- The Past, Present, and Future of Water Filtration Technology (2004) *The History of water filters*. Διαθέσιμο στο: URL: <http://www.historyofwaterfilters.com>, [Τελευταία πρόσβαση 15/5/2013].
- Thomas, H. και Martinson, B. (2011) *Roofwater Harvesting: A Handbook for Practitioners*. Διαθέσιμο στο: URL: <http://www.irc.nl/page/37471>, [Τελευταία πρόσβαση 9/7/2013].
- Unesco (2009) *United Nations World Water Development Report 3*. Διαθέσιμο στο : URL: http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/pdf/WWDR3_Water_in_a_Changing_World.pdf, [Τελευταία πρόσβαση 28/04/2013].

- Waskom, R. και Kallenberger, J. (2012) *Graywater Reuse and Rainwater Harvesting*. Διαθέσιμο στο: URL: <http://www.ext.colostate.edu/pubs/natres/06702.html>, [Τελευταία πρόσβαση 21/5/2013].
- Water Environmental Research Foundation (2009), *When to Consider Distributed Systems in an Urban and Suburban Context: Case study: Battery Park City Urban Water Reuse*. Διαθέσιμο στο: URL: www.werf.org/c/Decentralizedproject/Battery_Park.aspx, [Τελευταία πρόσβαση 29/5/2013]
- Waterfall P. (1998) *Harvesting Rainwater for Landscape Use*. Διαθέσιμο στο URL: <http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/harvest.html>, [Τελευταία πρόσβαση 29/5/2013].
- Water Reuse Association (2011) *Highlights in the History of Water Reuse*. Διαθέσιμο στο: URL: http://www.athirstyplanet.com/be_informed/what_is_water_reuse/history, [Τελευταία πρόσβαση 28/04/2013].
- Water Secure Fact Sheet (2010) *Purified recycled water*. Διαθέσιμο στο: URL: http://www.watersecure.com.au/pub/images/stories/factsheets/watersecure_factsheet_purified_water_web.pdf, [Τελευταία πρόσβαση 7/6/2013].
- Water World *Rotterdam: The Water City of the Future*. Διαθέσιμο στο: URL: <http://www.waterworld.com/articles/wwi/print/volume-25/issue-5/editorial-focus/rainwater-harvesting/rotterdam-the-water-city-of-the-future.html>, [Τελευταία πρόσβαση 9/05/2013].
- Wilke D. S. (2006) *Roman Aqueducts*. Διαθέσιμο στο: URL: <http://www.romanaqueducts.info/introduction/>, [Τελευταία πρόσβαση 6/6/2013].
- Wikipedia (2013) *Αρχιμήδης*. Διαθέσιμο στο: URL: <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B9%CE%BC%CE%AE%CE%B4%CE%B7%CF%82>, [Τελευταία πρόσβαση 29/5/2013].
- World Water Council (2010) *Water Crisis*. Διαθέσιμο στο : URL: <http://worldwatercouncil.org>, [Τελευταία πρόσβαση 20/03/2013].
- WRSV *Virginia pipeline scheme: Project*. Διαθέσιμο στο URL: <http://www.wrsv.com.au/virginia/project.htm>, [Τελευταία πρόσβαση 26/7/2013].
- ΥΠΕΚΑ (2009) *Οδηγία Πλαίσιο για τα νερά*. Διαθέσιμο στο: URL: <http://www.ypeka.gr/?tabid=248>, [Τελευταία πρόσβαση 6/6/2013].
- Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (2006) *Κοινοτικές Οδηγίες που σχετίζονται με την Προστασία των Νερών και Ενσωμάτωσή τους στο Εθνικό Δίκαιο*. Διαθέσιμο στο URL: <http://kronos.minenv.gr/emwis/nomothesia.htm>, [Τελευταία πρόσβαση 6/6/2013].
- Zavoda, M. *NYC high-rise reuse proves decentralized system works*. Διαθέσιμο στο URL: <http://www.waterworld.com/articles/wwi/print/volume-21/issue-1/features/nyc-high-rise-reuse-proves-decentralized-system-works.html>, [Τελευταία πρόσβαση 6/6/2013].