

ΤΕΙ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΡΓΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ»

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΙΑΡΡΟΩΝ
ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΓΚΟΥΤΚΟΥΛΙΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΚΑΖΑΝΤΖΗ

ΛΑΡΙΣΑ

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ: 2014 - 2015

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ένα από τα μεγάλα παγκόσμια προβλήματα, που εμφανίζεται όλο και πιο έντονα με το πέρασμα των ετών, είναι η ανησυχητική μείωση των διαθέσιμων υδάτινων πόρων. Την τελευταία δεκαετία εμφανίζονται όλο και πιο συχνά περιστατικά λειψυδρίας σε πολλές χώρες της υφηλίου, ακόμα και σε αυτές που ανήκουν στον λεγόμενο «αναπτυγμένο κόσμο». Οι παράγοντες που συμβάλλουν σε αυτό είναι αρκετοί. Η κλιματική αλλαγή με τις παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας δυσχεραίνει την ανανέωση των υδάτινων πόρων. Η πληθυσμιακή αύξηση, ιδιαίτερα στα αστικά κέντρα, αυξάνει σημαντικά την κατανάλωση των τοπικά διαθέσιμων υδάτινων πόρων, δημιουργώντας προβλήματα ακόμα και σε περιοχές που θεωρούνται πλούσιες σε αυτούς.

Όλα τα παραπάνω κάνουν το έργο των επιχειρήσεων ύδρευσης ήδη αρκετά δύσκολο. Τα προβλήματα όμως δεν σταματούν εδώ. Η αναγκαία συντήρηση, ανανέωση και επέκταση των δικτύων ύδρευσης απαιτεί οικονομικούς πόρους, οι οποίοι είναι αρκετά δυσεύρετοι στην σημερινή οικονομική πραγματικότητα. Η συντήρηση μάλιστα είναι πρωτεύουσας σημασίας σε ένα σύγχρονο δίκτυο ύδρευσης, αν αναλογιστεί κανείς το δύσκολο περιβάλλον στο οποίο λειτουργεί. Το διαβρωτικό περιβάλλον, η κίνηση του εδάφους, η μεταβαλλόμενη ροή νερού, τα μεγάλα κατά περιόδους φορτία κίνησης και οι δονήσεις, υποβαθμίζουν με την πάροδο του χρόνου την ποιότητα του δικτύου, κάνοντας την συντήρηση μια συνεχή και σημαντική ανάγκη.

Στα παραπάνω προβλήματα έρχονται να προστεθούν και τα αποτελέσματα ερευνών, που δείχνουν ότι σε ένα δίκτυο ύδρευσης η απώλεια νερού αγγίζει το 20 με 30%, με κύρια αιτία τις διαρροές ύδατος. Σε κάποια δίκτυα μάλιστα οι απώλειες αγγίζουν το 50%. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε σημαντικές απώλειες στους τόσο πολύτιμους σήμερα υδάτινους και οικονομικούς πόρους. Οι διαρροές όμως αυτές δημιουργούν και δύο επιπρόσθετα προβλήματα. Πρώτον, δημιουργούν σημαντικές δευτερεύουσες οικονομικές απώλειες με τη μορφή των ζημιών που δημιουργούνται, τόσο στο ίδιο το δίκτυο, λόγω της τοπικής καταστροφής των αγωγών και της αυξημένης διάβρωσης λόγω του νερού, όσο και στα θεμέλια των δρόμων και των κτιρίων. Δεύτερον, κάθε σημείο διαρροής δημιουργεί κίνδυνο για την δημόσια υγεία, καθώς αποτελεί ένα εν δυνάμει σημείο εισόδου μολυντικών παραγόντων, σε περίπτωση πτώσης της πίεσης του δικτύου.

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω, καθώς επίσης και το γεγονός ότι ο συντάξας της παρούσας εργασίας δραστηριοποιείται επαγγελματικά σε επιχείρηση ύδρευσης – αποχέτευσης, επιλέχθηκε το θέμα του ελέγχου διαρροών και της εφαρμογής του

συστήματος τηλεμετρίας στη ΔΕΥΑ Λάρισας. Καταβλήθηκε αρχικά προσπάθεια της θεωρητικής προσέγγισης του θέματος της διαχείρισης των υδατικών πόρων, ειδικότερα στα δίκτυα ύδρευσης και ακολούθως πραγματοποιήθηκε επεξεργασία των διατιθέμενων δεδομένων που τηρούνται στο αρχείο της ΔΕΥΑ Λάρισας, αναφορικά με τις καταναλώσεις ύδατος και τις διαρροές που εμφανίζονται στο υπόψη δίκτυο ύδρευσης. Με τον τρόπο αυτό, εκτιμάται ότι προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα, η περαιτέρω επεξεργασία των οποίων δύναται να υποβοηθήσει το κρίσιμο έργο της διαχείρισης των διαρροών και κατά συνέπεια των οικονομικών απωλειών στη ΔΕΥΑ Λάρισας.

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συναδέλφους μου στη ΔΕΥΑ Λάρισας, οι οποίοι αφενός με παρότρυναν να ασχοληθώ με ένα τόσο κρίσιμο για την επιχείρηση ζήτημα, αφετέρου μου παρείχαν στοιχεία και δεδομένα απαραίτητα για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Ευχαριστίες οφείλω επίσης στο σύνολο των Εκπαιδευτικών του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών "Διοίκηση και Διαχείριση Έργων και Προγραμμάτων". Η παροχή επιστημονικής γνώσης με συντονισμένο τρόπο και η ηθική τους υποστήριξη βοήθησαν σημαντικά στην επιτυχή ολοκλήρωση των σπουδών.

Περισσότερο όμως όλων, οφείλω θερμές ευχαριστίες στην Επιβλέπουσα της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας Επίκουρο Καθηγήτρια Βασιλική Καζαντζή. Η υψηλή επιστημονική της κατάρτιση σε συνδυασμό με τη διάθεσή της για ουσιαστική καθοδήγηση συντέλεσαν εν πολλοίς στην επιτυχή ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους του στενού οικογενειακού μου κύκλου, που μου παρείχαν μεγάλη και αδιάκοπη στήριξη καθόλη τη διάρκεια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από δύο μέρη: το Θεωρητικό Μέρος, το οποίο περιλαμβάνει 6 Κεφάλαια, όπου πραγματοποιείται επισκόπηση βιβλιογραφίας αναφορικά με τη διαχείριση των δικτύων ύδρευσης και το Πρακτικό Μέρος, το οποίο αποτελείται από 4 Κεφάλαια, όπου εξετάζεται η διαχείριση του δικτύου ύδρευσης της Δημοτικής Επιχείρισης Ύδρευσης και Αποχέτευσης Λάρισας, με έμφαση στην απόδοση του εγκατεστημένου συστήματος τηλεμετρίας.

Θεωρητικό Μέρος: Στο 1^ο Κεφάλαιο περιγράφονται θέματα που άπτονται της ζήτησης, της κατανάλωσης και των χρήσεων ύδατος. Το 2^ο Κεφάλαιο παρουσιάζει το θεσμικό πλαίσιο διαχείρισης και προστασίας των υδάτινων πόρων, τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Το 3^ο Κεφάλαιο καλύπτει θέματα που αφορούν στη δομή και λειτουργία των δικτύων ύδρευσης. Στο 4^ο Κεφάλαιο αναπτύσσονται θέματα που σχετίζονται με την προληπτική και θεραπευτική συντήρηση των δικτύων ύδρευσης. Στο 5^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται οι μέθοδοι ανίχνευσης διαρροών στα δίκτυα ύδρευσης. Το 6^ο Κεφάλαιο καλύπτει θέματα σχετικά με την παρακολούθηση, αξιολόγηση και επίβλεψη των διαρροών στα δίκτυα ύδρευσης.

Πρακτικό Μέρος: Στο 7^ο Κεφάλαιο περιγράφεται το θεσμικό πλαίσιο λειτουργίας των Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης και Αποχέτευσης. Το 8^ο Κεφάλαιο παρουσιάζει τη Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Λάρισας, η οποία αποτελεί τη μελέτη περίπτωσης της παρούσας εργασίας. Στο 9^ο Κεφάλαιο αναλύεται αρχικά η μεθοδολογία έρευνας και ακολούθως πραγματοποιείται στατιστική επεξεργασία των δεδομένων που αφορούν στις καταναλώσεις και απώλειες του δικτύου ύδρευσης της μελέτης περίπτωσης. Τέλος, στο 10^ο Κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα, τόσο της επισκόπησης βιβλιογραφίας όσο και της παρούσας ερευνητικής εργασίας. Επίσης, αναπτύσσονται θέματα αναφορικά με τους περιορισμούς της παρούσας ερευνητικής εργασίας και τις προοπτικές περαιτέρω έρευνας.

ABSTRACT

The present dissertation consists of two parts; the Theoretical Part includes 6 Chapters in which it is conducted literature review regarding management of water distribution systems, while the Practical Part includes 4 Chapters which examine the management of water distribution system of Municipal Water and Sewage Corporation of Larissa, emphasizing in the performance of the installed telemetry system.

Theoretical Part: In the 1st Chapter issues that concern water demand, consumption and usage are explicitly described. The 2nd Chapter presents the institutional framework for the management and protection of water resources both in Greece and the European Union. The 3rd Chapter covers subjects about water distribution systems as far as their structure and function are concerned. In the 4th Chapter issues that concern the correctional and preventional maintenance in water distribution system are described. The 5th Chapter presents the leakage detect methods in water distribution systems. The 6th Chapter covers subjects about monitoring, evaluation and supervision of leakages in the water distribution systems.

Practical Part: The 7th Chapter describes the operational framework of Municipal Water and Sewage Corporations. The 8th Chapter presents the Municipal Water and Sewage Corporation of Larissa, which constitutes the case study of the present dissertation. In the 9th Chapter the subjects that concern the research methodology and technique of the current work are initially analysed and then it is conducted a statistical elaboration of the water consumption and loss data of the case study. Finally, in the 10th Chapter conclusions both of literature review and the present research work are presented. Also, limitations of the study and topics of further research are addressed.

Στην οικογένειά μου

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	ii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iv
ABSTRACT	v
ΑΦΙΕΡΩΣΗ	vi
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xiv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	xv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	xvi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	xvii

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ.....	1
	1.1. ΟΡΙΣΜΟΣ.....	1
	1.2. ΟΙ ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ.....	1
	1.3. ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ.....	3
	1.4. ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ.....	8
	1.4.1. Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ($\max Q_H$).....	9
	1.4.2. Μέγιστη ωριαία κατανάλωση ($\max Q_\Omega$).....	10
	1.5. ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ.....	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	15
	2.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	15
	2.2. ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	18
	2.3. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	19
	2.4. Ο ΝΟΜΟΣ 1739/87 ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ... ..	20
	2.5. Ο ΝΟΜΟΣ 3199/2003 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΩΝ.....	23
	2.6. ΤΟ ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ 51/2007.....	28

	2.7. ΟΔΗΓΙΑ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΥΔΑΤΑ 2000/60.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ		
3	ΔΙΚΤΥΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ.....	39
	3.1. ΟΡΙΣΜΟΣ.....	39
	3.2. ΔΟΜΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ.....	39
	3.3. ΕΙΔΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ	40
	3.4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ	42
	3.5. ΚΛΕΙΣΤΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ	43
	3.6. ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΤΕΣ	45
	3.7. ΒΑΣΙΚΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ	51
	3.8. ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΩΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ	55
	3.9. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ	56
	3.10. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ	57
	3.11. ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....	58
	3.12. ΒΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ		
4	ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ	61
	4.1. ΜΗ ΤΙΜΟΛΟΓΗΜΕΝΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	61
	4.2. ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.....	63
	4.3. ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ – ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ.....	73
	4.4. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΙΕΣΗΣ	75
	4.5. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ.....	76
	4.6. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΕ ΜΕΤΡΗΤΕΣ....	77
	4.7. ΣΧΕΣΕΙΣ ΠΙΕΣΗΣ/ΡΥΘΜΟΥ ΔΙΑΡΡΟΗΣ – Η ΕΝΝΟΙΑ FAVAD.....	77
	4.8. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΕΥΚΑΙΡΙΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ.....	79
	4.9. ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ (PRVs).....	80
	4.10. ΤΡΕΙΣ ΚΟΙΝΟΙ ΤΥΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΙΕΣΗΣ.....	81
	4.11. ΜΕΣΟΣΗΜΕΙΟΖΩΝΗΣ (AVERAGE ZONE POINT – AZP).....	82
	4.12. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΝΥΧΤΑΣ – ΜΕΡΑΣ (NDF).....	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ		
5	ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΔΙΑΡΡΟΩΝ	84

	Σελίδα
5.1. ANIXNEYΣH ΔΙΑΡΡΟΩΝ	84
5.1.1. Διαχωρισμός περιφερειακών περιοχών με μετρητή με εσωτερικές βαλβίδες.....	84
5.1.2. Η μέθοδος απομόνωσης	86
5.1.3. Η μέθοδος κλεισίματος και ανοίγματος.....	87
5.1.4. Χαρακτηριστικά του θορύβου των διαρροών νερού.....	87
5.1.5. Ακουστική καταγραφή.....	88
5.1.6. Αρχές της ακουστικής καταγραφής.....	89
5.1.7. Η χρήση ακουστικών καταγραφών στο σύστημα διανομής.....	89
5.1.8. Αναγνώριση πιθανής διαρροής.....	92
5.1.9. Τακτική ή τυχαία ακρόαση.....	92
5.1.10. Τεχνικές ακουστικού εντοπισμού διαρροών.....	93
5.1.11. Άμεση ακρόαση και έμμεση ακρόαση.....	93
5.1.12. Εξοπλισμός που χρησιμοποιείται κατά την ακρόαση.....	94
5.1.13. Βασική ράβδος ακρόασης και ηλεκτρονική ράβδος ακρόασης.....	94
5.1.14. Το γαιόφωνο.....	96
5.1.15. Η αρχή της συσχέτισης θορύβου διαρροής.....	96
5.2. ΜΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΔΙΑΡΡΟΩΝ.....	97
5.2.1. Γεωραντάρ (GPR).....	97
5.2.2. Αέριο ανίχνευσης.....	98
5.2.3. Υπέρυθρη θερμογραφία.....	99
5.2.4. Εντοπισμός διαρροών σε κύριους αγωγούς ή αγωγούς μεταφοράς	99
5.2.5. Περπάτημα και ακρόαση.....	100

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

6	ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΒΛΑΒΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ.....	101
	6.1. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ.....	101
	6.1.1. Αξιολόγηση κατάστασης.....	101
	6.1.2. Συνέπειες βλάβης.....	103
	6.1.3. Πιθανότητα βλάβης – σημαντικοί δείκτες.....	104
	6.1.4. Ανάγκες αποκατάστασης και στρατηγικές.....	104
	6.1.5. Λήψη αποφάσεων για ανανέωση αγωγών ύδρευσης.....	106

	Σελίδα
6.1.6. Παρακολούθηση και αυτοματοποίηση.....	108
6.2. Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ SCADA.....	109
6.2.1. Στοιχεία συστήματος.....	109
6.2.2. Λειτουργία συστήματος.....	110
6.2.3. Πρωταρχικά καθήκοντα του συστήματος SCADA σε ένα σύστημα διανομής νερού.....	111
6.2.4. Αποδοτικότητα αντλιοστασίων και παρακολούθηση υγείας.....	111
6.2.5. Διαχείριση σταθμού μείωσης πίεσης.....	112
6.2.6. Παράγοντες και υπολογισμοί επένδυσης ενός συστήματος SCADA.....	112

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

7	ΔΗΜΟΤΙΚΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ (ΔΕΥΑ).....	115
	7.1. ΛΟΓΟΙ ΙΔΡΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΥΑ.....	115
	7.2. ΕΡΓΟ ΤΩΝ ΔΕΥΑ.....	115
	7.3. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΩΝ ΔΕΥΑ.....	117
	7.4. ΝΟΜΙΚΗ ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΔΕΥΑ.....	117
	7.5. ΣΥΣΤΑΣΗ ΔΕΥΑ.....	118
	7.6. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΩΝ ΔΕΥΑ.....	118
	7.7. ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΡΜΟΔΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΔΕΥΑ.....	119
	7.8. ΔΙΑΔΗΜΟΤΙΚΕΣ ΔΕΥΑ.....	119
	7.9. ΤΙΜΟΛΟΓΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΔΕΥΑ.....	120
	7.10. ΕΙΔΙΚΟ ΤΕΛΟΣ 80%.....	120
	7.11. ΕΙΔΙΚΟ ΤΕΛΟΣ 3%.....	120
	7.12. ΚΟΙΝΟΤΙΚΟ ΔΙΚΑΙΟ.....	121
	7.13. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΡΟΜΗΘΕΙΩΝ ΔΕΥΑ.....	121

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

8	Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΔΕΥΑ ΛΑΡΙΣΑΣ	122
	8.1. ΛΟΓΟΙ ΙΔΡΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΥΑ.....	122
	8.2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	122
	8.3. ΥΔΡΕΥΣΗ.....	122

	Σελίδα
8.4. ΕΡΓΑ ΜΕ ΑΥΤΕΠΙΣΤΑΣΙΑ.....	124
8.5. ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΡΡΟΩΝ.....	124
8.6. ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑ.....	125
8.7. ΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΤΗΣ ΔΕΥΑΛ.....	126
8.8. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ	127
8.8.1. Εξωτερικό Υδραγωγείο.....	127
8.8.2. Δεξαμενές	128
8.8.3. Αντλιοστάσια	129
8.8.4. Αγωγοί μεταφοράς	129
8.8.5. Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού	130
8.9. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ.....	131
8.9.1. Αντλιοστάσια	131
8.9.2. Εσωτερικό δίκτυο διανομής.....	131
8.9.3. Λειτουργία δικτύου διανομής – ζώνες ύδρευσης.....	132
8.10. ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	132
8.11. ΜΕΤΡΗΣΗ ΖΩΝΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ.....	133
8.12. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	133
8.13. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ.....	134
8.14. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑΣ.....	134
8.15. ΓΕΝΙΚΗ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑΣ.....	135
8.15.1. Φιλοσοφία λειτουργίας και διαχείρισης του συστήματος.....	135
8.16. ΟΡΓΑΝΑ – ΤΗΛΕΕΛΕΓΧΟΙ/ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣΜΟΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	137
8.16.1. Γεωτρήσεις.....	137
8.16.2. Κεντρικές εγκαταστάσεις ΔΕΥΑΛ και δεξαμενές.....	137
8.16.3. Μετρητικά συστήματα και εσωτερικό δίκτυο.....	138
8.16.4. Δίκτυο ελέγχου διαρροών.....	138
8.17. ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	139
8.17.1. Γενική δομή κεντρικού συστήματος και θέσεων.....	139
8.17.2. Γενική δομή συστήματος υποδοχής και πληροφοριών.....	139
8.18. ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑΣ.....	140
8.19. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΠΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ.....	142
8.19.1. Τοπολογία.....	142

8.19.2. Λειτουργίες ενός Τοπικού Σταθμού.....	143
8.19.3. Τρόποι λειτουργίας Τοπικού Σταθμού.....	144
8.20. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΠΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ..	145
8.21. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΠΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ.....	145
8.22. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	146
8.23. ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	147
8.24. ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	147
8.25. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	148
8.26. ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	149
8.27. ΦΟΡΗΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	149
8.28. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΥΔΡΟΜΕΤΡΑ ΤΥΠΟΥ AMR.....	149

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

9	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	151
	9.1. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΘΕΜΑΤΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ...	151
	9.2. ΒΑΣΙΚΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	151
	9.3. ΣΚΟΠΟΣ – ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	151
	9.4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	152
	9.5. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ	153
	9.6. ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	154
	9.6.1. Χρονοσειρές δεδομένων.....	154
	9.6.2. Χρονοσειρές μηνιαίας παροχής νερού Λάρισας (2001-2012).....	155
	9.6.3. Σχολιασμός χρονοσειρών μηνιαίας παροχής νερού (2001-2012)...	161
	9.6.4. Χρονοσειρά ετήσιας κατανάλωσης νερού Λάρισας (2001-2012)...	163
	9.6.5. Σύγκριση χρονοσειρών μηνιαίων καταναλώσεων (2007-2012).....	164
	9.6.6. Χρονοσειρές ετήσιων απωλειών νερού Λάρισας (2001-2012).....	166
	9.7. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	171
	9.7.1. Ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis).....	171
	9.7.2. Είδη παλινδρόμησης.....	174
	9.7.3. Στόχοι της ανάλυσης παλινδρόμησης.....	176
	9.7.4. Πότε χρησιμοποιούμε την ανάλυση παλινδρόμησης.....	176
	9.8. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΕΤΗΣΙΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΝΕΡΟΥ.....	176

	Σελίδα
9.8.1. Γραμμική παλινδρόμηση Απώλειες και Σύνολο Καταναλώσεων..	177
9.8.2. Γραμμική παλινδρόμηση Απώλειες και Πωληθέντα.....	179
9.8.3. Γραμμική παλινδρόμηση Απώλειες και Διάθεση χωρίς Αξία.....	180
9.8.4. Γραμμική παλινδρόμηση Απώλειες και Διαφορά Παγίου.....	182
9.9. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΩΝ ΤΙΜΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΝΕΡΟΥ (2001–2013).....	183
ΚΕΦΑΛΑΙΟ	
10 ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	186
10.1. ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	186
10.2. ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ.....	186
10.3. ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΠΡΑΚΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ.....	191
10.4. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	199
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	201

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ		Σελίδα
1.1	Μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο, 39 ελληνικών πόλεων.....	4
1.2	Μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο, διάφορων ευρωπαϊκών πόλεων.....	5
1.3	Μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο, διάφορων χωρών.....	5
1.4	Επί μέρους κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση στη Γερμανία.....	6
1.5	Επί μέρους κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση στις ΗΠΑ.....	6
1.6	Επί μέρους κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση στις ΗΠΑ σε νοικοκυριά με εξοικονόμηση νερού.....	6
2.1	Έκταση Υδατικών Διαμερισμάτων.....	15
2.2	Σύγκριση των δύο νόμων (N.1793/87 και N.3199/03).....	28
4.1	Ο απλοποιημένος πίνακας στόχων φυσικών απωλειών.....	67
4.2	Σύστημα βαθμολογίας για απόδοση NRW performance.....	67
6.1	Σοβαρές συνέπειες αποτυχίας.....	104
6.2	Τρόποι βλαβών.....	105
6.3	Σημαντικοί και δευτερεύοντες δείκτες βλαβών.....	106
8.1	Δεξαμενές εξωτερικού δικτύου ΔΕΥΑΛ.....	128
8.2	Αγωγοί μεταφοράς (γεωτρήσεις – κεντρικές υπόγειες δεξαμενές).....	129
8.3	Αγωγοί μεταφοράς (δεξαμενές Αγ. Παρασκευής και Μεζούρλου).....	130
8.4	Κατανομή δικτύου ανάλογα με τη διάμετρο.....	131
8.5	Κατανομή δικτύου ανάλογα με το υλικό.....	132
8.6	Τοπικοί Σταθμοί Ύδρευσης.....	135
9.1	Μηνιαία παροχή νερού (m ³) πόλης Λάρισας.....	153
9.2	Ανάλυση ετήσιας κατανάλωσης νερού (m ³) πόλης Λάρισας.....	154
9.3	Ανάλυση ετήσιων απωλειών κατανάλωσης νερού (m ³) πόλης Λάρισας.....	154
9.4	Output SPSS 17.0 Απώλειες και Σύνολο Καταναλώσεων.....	178
9.5	Output SPSS 17.0 Απώλειες και Πωληθέντα.....	180
9.6	Output SPSS 17.0 Απώλειες και Διάθεση χωρίς Αξία.....	181
9.7	Output SPSS 17.0 Απώλειες και Διαφορά Παγίου.....	183
9.8	Output SPSS 17.0 Σύγκριση μέσων τιμών (compare means).....	185

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ		Σελίδα
1.1	Ημερήσια διακύμανση της κατανάλωσης.....	12
1.2	Ημερήσια διακύμανση της κατανάλωσης, για διαφορετικές συνιστώσες χρήσης νερού.....	13
1.3	Περίπτωση ώρας αιχμής που δεν υπολογίζεται.....	14
9.1	Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2001.....	155
9.2	Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2002.....	156
9.3	Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2003.....	156
9.4	Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2004.....	157
9.5	Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2005.....	157
9.6	Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2006.....	158
9.7	Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2007.....	158
9.8	Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2008.....	159
9.9	Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2009.....	159
9.10	Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2010.....	160
9.11	Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2011.....	160
9.12	Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2012.....	161
9.13	Εποχικότητα καταναλώσεων αθροιστικά για τα έτη 2001 – 2012.....	162
9.14	Κατανάλωση νερού για τα έτη 2001 – 2012.....	163
9.15	Σύγκριση καταναλώσεων νερού για τα έτη 2007 και 2008.....	164
9.16	Σύγκριση καταναλώσεων νερού για τα έτη 2007 και 2009.....	164
9.17	Σύγκριση καταναλώσεων νερού για τα έτη 2007 και 2010.....	165
9.18	Σύγκριση καταναλώσεων νερού για τα έτη 2007 και 2011.....	165
9.19	Σύγκριση καταναλώσεων νερού για τα έτη 2007 και 2012.....	166
9.20	Πωληθέντα m ³ νερού για τα έτη 2007 – 2013.....	167
9.21	Οικονομικές απώλειες σε m ³ νερού για τα έτη 2007 – 2013.....	167
9.22	Ποσοστιαίες απώλειες νερού για τα έτη 2007 – 2013.....	168
9.23	Πραγματική κατανάλωση m ³ νερού (2001-2013).....	170
9.24	Πραγματική ποσοστιαία απώλεια m ³ νερού (2001-2013).....	170
9.25	Πραγματική και λογιστική ποσοστιαία απώλεια m ³ νερού (2001-2013).....	171

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΗΜΑ		Σελίδα
1.1	Συνιστώσες συνολικής κατανάλωσης.....	2
2.1	Οι αρμοδιότητες των υπηρεσιών του Ν. 3199/2003.....	16
2.2	Θεματολογία της Οδηγίας 200/60/ΕΕ.....	33
2.3	Τα τρία είδη κόστους που εμφανίζονται στην Οδηγία.....	37
3.1	Δομή δικτύων ύδρευσης.....	40
3.2	Ακτινωτό δίκτυο ύδρευσης.....	41
3.3	Κλειστό (βροχωτό) δίκτυο ύδρευσης.....	42
4.1	Τυπικά στοιχεία όγκου εισόδου στο σύστημα διανομής.....	62
4.2	Δείκτης Διαρροών Υποδομής.....	65
4.3	Τιμές ILI από όλο τον κόσμο.....	66
4.4	Καθοδική προστασία σωλήνωσης.....	71
4.5	Ο κύκλος διαχείρισης βλαβών σωλήνων.....	74
4.6	Η βασική αρχή της πίεσης.....	75
4.7	Υπερβολικές πιέσεις χωρίς έλεγχο πίεσης.....	76
4.8	Οι σχέσεις $L_1/L_0 = (P_1/P_0)N_1$	78
4.9	Γραφική παράσταση ροών και πιέσεων.....	81
4.10	Διακύμανση ρυθμού διαρροών με μέσο σημείο ζώνης για σύστημα βαρύτητας με $NDF < 24$	83
4.11	Διακύμανση διαρροών με μέσο σημείο ζώνης για σύστημα ελεγχόμενης πίεσης με $NDF > 24$ ώρες.....	83
5.1	Σχέδιο περιφερειών και υποπεριφερειών.....	85
5.2	Ένα τυπικό σχέδιο βηματικού ελέγχου.....	86
5.3	Το διάγραμμα μείωσης ροής ενός βηματικού ελέγχου.....	87
5.4	Τοποθετήσεις ακουστικών καταγραφέων μέσα σε ένα σύστημα διανομής.....	91
5.5	Εκτύπωση από ακουστικό καταγραφέα η οποία υποδεικνύει πιθανή διαρροή..	92
5.6	Εκτύπωση από ακουστικό καταγραφέα η οποία δεν υποδεικνύει διαρροή.....	92
5.7	Η αρχή της συσχέτισης θορύβου διαρροής.....	97
6.1	Κίνδυνος: συνέπειες και πιθανότητα βλάβης.....	103
6.2	Πλαίσιο για εξερεύνηση αναγκών και στρατηγικών αποκατάστασης.....	108
9.1	Διαγράμματα διασποράς.....	174

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ		Σελίδα
2.1	Υδατικά Διαμερίσματα σύμφωνα με τον Ν. 1739/87.....	16
3.1	Δικλείδα ρύθμισης της παροχής (βάνα).....	44
3.2	Διατομή αερεξαγωγού.....	45
3.3	Μαγνητικό ροόμετρο.....	49
4.1	Μια εγκατεστημένη βαλβίδα μείωσης της πίεσης.....	80
5.1	Ένας ακουστικός καταγραφέας και ο τρόπος χρήσης.....	91
5.2	Τεχνικός διαρροών πραγματοποιεί ακρόαση με ράβδο ακρόασης.....	95
5.3	Τεχνικός διαρροών που χρησιμοποιεί γαιόφωνο.....	96
5.4	Εντοπισμός διαρροών με τη χρήση γεωραντάρ.....	98
9.1	Καταχώρηση δεδομένων στο SPSS 17.0.....	177
9.2	Γραμμική παλινδρόμηση στο SPSS 17.0.....	178
9.3	Γραμμική παλινδρόμηση στο SPSS 17.0.....	179
9.4	Γραμμική παλινδρόμηση στο SPSS 17.0.....	181
9.5	Γραμμική παλινδρόμηση στο SPSS 17.0.....	182
9.6	Απώλειες νερού ανά έτος στο SPSS 17.0.....	184
9.7	Σύγκριση μέσων τιμών στο SPSS 17.0.....	184
9.8	Επιλογή του έτους 2007 ως Cut point στο SPSS 17.0.....	185

1. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ

1.1. ΟΡΙΣΜΟΣ

Με τον όρο κατανάλωση νερού, νοείται το τμήμα εκείνο της απόληψης νερού, δηλαδή της ποσότητας του νερού που αφαιρείται από ένα υδάτινο σώμα (π.χ. υπόγειος υδροφόρας, λίμνη κλπ.), το οποίο χάνεται, είτε προς την ατμόσφαιρα με τη διεργασία της εξατμισοδιαπνοής, είτε με την αποθήκευση στο σώμα ζωντανών οργανισμών (Ναλμπάντης, 2007).

Πιο συγκεκριμένα, στα δίκτυα ύδρευσης, οποιοδήποτε σημείο διαφυγής του νερού, αποτελεί σημείο κατανάλωσης ή ζήτησης νερού. Στα σημεία αυτά το νερό διαφεύγει είτε για την κάλυψη των αναγκών των καταναλωτών, είτε ως απώλεια. Η συνολική κατανάλωση νερού σε ένα δίκτυο ύδρευσης, αποτελεί ίσως το βασικότερο παράγοντα για την υδραυλική επίλυσή του.

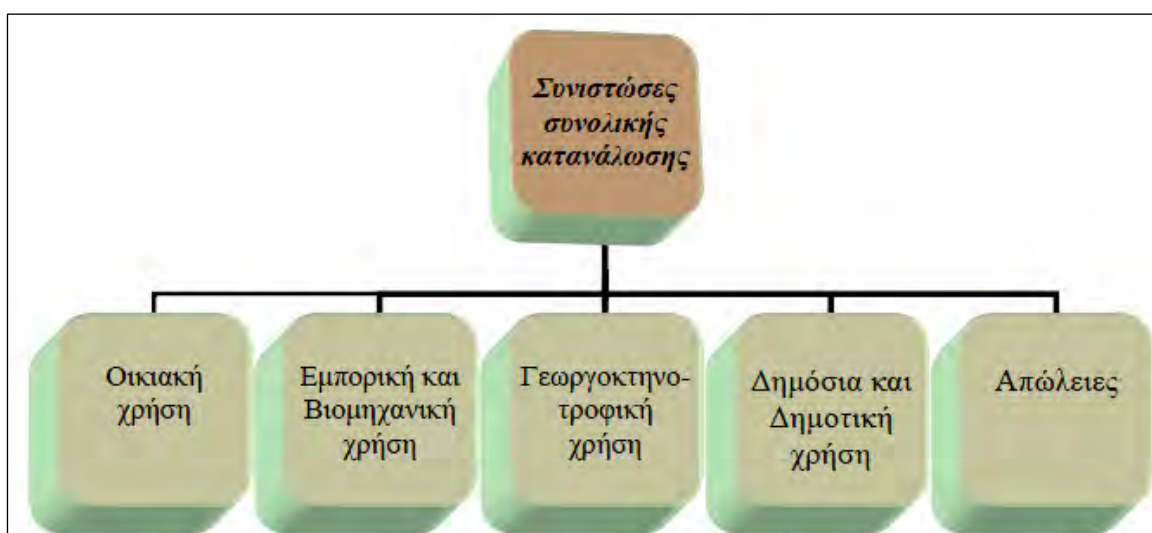
1.2. ΟΙ ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ

Η συνολική κατανάλωση σε έναν οικισμό, μπορεί να περιλαμβάνει τις εξής επιμέρους χρήσεις ή συνιστώσες (Ναλμπάντης, 2007):

- Οικιακή χρήση: Αναφέρεται κυρίως στις κατοικίες. Αντιστοιχεί στην ποσότητα του νερού που απαιτείται για την κάλυψη όλων των αναγκών ενός νοικοκυριού. Πιο συγκεκριμένα στις οικιακές χρήσεις περιλαμβάνεται το πόσιμο νερό, η ατομική καθαριότητα (ντους ή λουτρό, πλύσιμο χεριών και δοντιών, ξύρισμα), οι ανάγκες της κουζίνας (μαγείρεμα, πλύσιμο πιάτων), το πλύσιμο των ρούχων, το καζανάκι της τουαλέτας, η καθαριότητα του σπιτιού, το πλύσιμο του αυτοκινήτου, η άρδευση ιδιωτικού κήπου.
- Εμπορική και Βιομηχανική χρήση: Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται οι καταναλώσεις σε βιομηχανίες, βιοτεχνίες, γραφεία, εμπορικά καταστήματα, κρεοπωλεία, αρτοποιεία, εστιατόρια, ζαχαροπλαστεία, κουρεία, ξενοδοχεία, κλπ.
- Γεωργοκτηνοτροφική χρήση: Είναι η κατανάλωση που αντιστοιχεί σε περιορισμένη άρδευση και στη λειτουργία κτηνοτροφικών μονάδων, σφαγείων κ.τ.λ.
- Δημόσια και Δημοτική χρήση: Είναι η ποσότητα του νερού που καταναλώνεται από δημόσια κτίρια, όπως σχολεία, νοσοκομεία, ιδρύματα, κτίρια διοίκησης, εκκλησίες, από λιμενικές εγκαταστάσεις, αεροδρόμια, σιδηροδρομικούς σταθμούς, για το πλύσιμο των δρόμων, για σιντριβάνια και δημόσιες κρήνες, για

άρδευση δημοτικών κήπων, για πυρόσβεση κ.τ.λ.

- **Απώλειες:** Η συνιστώσα αυτή αναφέρεται σε όλες τις ποσότητες του νερού που δεν χρεώνονται σε συγκεκριμένους καταναλωτές και στην ουσία χάνονται από το δίκτυο, εξ αιτίας διαφόρων παραγόντων. Για παράδειγμα οι απώλειες μπορεί να οφείλονται σε διαρροές ή θραύσεις του δικτύου, σε διαρροές ή υπερχειλίση των δεξαμενών, σε διαρροές λόγω βλαβών, σε εξάτμιση, σε παράνομες συνδέσεις με το δίκτυο, σε ποσότητες που καταναλώνονται αλλά δεν καταγράφονται λόγω ανακριβειών των μετρητών (χαλασμένοι μετρητές), σε καταναλώσεις των ίδιων των εγκαταστάσεων ύδρευσης.



Σχήμα 1.1 Συνιστώσες συνολικής κατανάλωσης (Ναλμπάντης, 2007)

Οι επιμέρους καταγραφόμενες τιμές κατανάλωσης παρουσιάζουν συχνά σημαντικές διακυμάνσεις από οικισμό σε οικισμό, επειδή αφενός η ζήτηση και αφετέρου οι απώλειες, επηρεάζονται ανάλογα, από τοπικές συνθήκες και πολλαπλές παραμέτρους λειτουργίας, που μπορεί να διαφέρουν κατά περίπτωση, όπως:

- Η ηλικία του δικτύου.
- Το επίπεδο συντήρησής του.
- Η ποιότητα κατασκευής των οικιακών εγκαταστάσεων.
- Η ακρίβεια των συστημάτων μέτρησης των παροχών στα έργα κεφαλής και των επιμέρους υδρομετρητών στους καταναλωτές.
- Η έκταση τυχόν παρανόμων παροχών ή υδροληψιών χωρίς υδρομετρητή.
- Το εφαρμοζόμενο σύστημα τιμολόγησης.
- Οι πολιτιστικές συνήθειες και οι οικονομικές δυνατότητες των καταναλωτών.

- Το τεχνολογικό επίπεδο βιομηχανικής παραγωγής.
- Η διαθεσιμότητα υδατικών πόρων.

Συνεπώς, η προεκτίμηση των υδρευτικών αναγκών ενός οικισμού, αποτελεί λεπτομερή ανάλυση, με παράλληλη αξιολόγηση των τοπικών συνθηκών και ειδικών λειτουργικών παραμέτρων, όπως αυτές που ήδη αναφέρθηκαν.

1.3. ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Μια σημαντική μονάδα μέτρησης της κατανάλωσης νερού είναι η ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση (mean Q_H) ή ατομική κατανάλωση. Η μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση εκφράζει τον όγκο του νερού που αντιστοιχεί σε κάθε κάτοικο μιας περιοχής κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου και προκύπτει από τη διαίρεση του καταναλισκόμενου νερού μιας πόλης κατά τη διάρκεια ενός χρόνου δια του αντίστοιχου αριθμού των κατοίκων. Εκφράζεται σε λίτρα (L) ανά κάτοικο και ημέρα και αποτελεί βασικό μέγεθος μιας και οι χρονικές διακυμάνσεις της κατανάλωσης εκφράζονται ως συνάρτηση αυτής. Είναι φανερό ότι η ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση περιλαμβάνει ποσοστά οικιακής, βιομηχανικής, δημόσιας κατανάλωσης αλλά και ένα ποσοστό απωλειών (Mays, 1999).

Η ανά κάτοικο οικιακή κατανάλωση περιλαμβάνει το νερό που χρησιμοποιεί ένας άνθρωπος κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου για πόση, για μαγείρεμα, για ατομική καθαριότητα και πλύσιμο της λεκάνης της τουαλέτας, πλύσιμο ρούχων και πιάτων, πότισμα κήπων και πλύσιμο αυτοκινήτου. Σύμφωνα με έκθεση της UNESCO, η κατανάλωση νερού στις μεγάλες πόλεις υπολογίζεται σε 300 - 600L ανά άτομο ανά ημέρα, ενώ στις μικρές πόλεις σε 100 - 150L.

Όσο ανεβαίνει το βιοτικό επίπεδο, αλλάζουν και οι χρήσεις ή απαιτήσεις του κόσμου για νερό. Αυτό αποδεικνύεται, κυρίως, με τη συνεχώς αυξανόμενη οικιακή χρήση νερού, ιδιαίτερα για την προσωπική υγιεινή στις ανεπτυγμένες χώρες. Η τάση αυτή αλλάζει μόνο όπου οι συνειδητοποιημένοι πολίτες περιορίζουν τη σπατάλη και επιτυγχάνουν μείωση της κατανάλωσης νερού.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, η πολλαπλότητα και συνθετότητα των παραγόντων που υπεισέρχονται, διαμορφώνουν κατά κατηγορία χρήσης, τόσο μεγάλα περιθώρια διακύμανσης της κατανάλωσης νερού, ώστε συχνά η συνολικά διαμορφούμενη ζήτηση να διαφέρει σημαντικά από πόλη σε πόλη ή ακόμα και από οικισμό σε οικισμό. Παρακάτω παραπέμπονται στοιχεία κατανάλωσης για διάφορες ελληνικές πόλεις. Από

τον πίνακα προκύπτει ότι η μέση τιμή κατανάλωσης ανά άτομο είναι 136L.

Πίνακας 1.1 Μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο, 39 ελληνικών πόλεων

α/α	Δ.Ε.Υ.Α.	Κατανάλωση (L/κάτ.ημ.)
1	Αγρινίου	135,34
2	Αιγινίου	182,65
3	Αλεξανδρούπολης	133,94
4	Αμαλιάδας	64,94
5	Άργους	109,59
6	Άρτας	111,23
7	Βέροιας	91,48
8	Γιαννιτσών	125,24
9	Ηρακλείου	114,16
10	Θήβας	109,59
11	Ιωαννίνων	130,89
12	Καλαμάτας	135,46
13	Καρδίτσας	125,01
14	Καστοριάς	66,32
15	Κατερίνης	140,38
16	Κέρκυρας	90,25
17	Κοζάνης	161,16
18	Κομοτηνής	136,99
19	Κορίνθου	146,12
20	Κω	224,46
21	Λαμίας	174,78
22	Λάρισας	146,12
23	Λιβαδειάς	168,12
24	Μυτιλήνης	132,03
25	Ναυπλίου	130,85
26	Ξάνθης	116,44
27	Ορεστιάδας	65,75
28	Πάτρας	143,84
29	Πρέβεζας	140,99
30	Πτολεμαΐδας	82,19
31	Πύργου	54,79
32	Ρεθύμνης	182,65
33	Ρόδου	205,48
34	Σπάρτης	147,15
35	Τρικάλων	179,33
36	Φλώρινας	146,12
37	Χαλκίδας	150,44
38	Χανίων	273,97
39	Χίου	126,45
	Ελάχιστη τιμή	54,8
	Μέγιστη τιμή	274,0
	Μέση τιμή	136,0

Για λόγους γενικότερης σύγκρισης, παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα, στοιχεία ανηγμένης συνολικής κατανάλωσης για διάφορες ευρωπαϊκές πόλεις. Και στην περίπτωση αυτή, παρατηρείται μεταβολή της μέσης ανά κάτοικο ημερήσιας κατανάλωσης, μεταξύ ευρύτατων ορίων. Και στις ΗΠΑ οι αντίστοιχες τιμές κυμαίνονται ευρύτατα και μάλιστα μεταξύ 130 και 1.900L/κάτ.ημ., ανάλογα με τη συμμετοχή της βιομηχανίας. Μέσες τιμές μεταξύ 380 και 760L/κάτ.ημ. είναι συνήθεις ενώ η τιμή των 570L/κάτ.ημ. θεωρείται ότι αποτελεί ένα γενικό μέσο όρο και χρησιμοποιείται για εφαρμογές σε κανονικές συνθήκες ζήτησης.

Πίνακας 1.2 Μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο, διάφορων ευρωπαϊκών πόλεων

Πόλη	Κατανάλωση (L/κάτ.ημ.)
Κοπεγχάγη	278
Αθήνα	280
Μόναχο	288
Βιέννη	296
Λισαβόνα	300
Βαρκελώνη	303
Ντίσελντορφ	332
Ελσίνκι, Παρίσι	410
Ρώμη	423
Ζυρίχη	444
Στοκχόλμη	462
Όσλο	616

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι μεταβολές που παρατηρούνται στην μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση ανάμεσα σε διαφορετικές χώρες.

Πίνακας 1.3 Μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο, διάφορων χωρών

Χώρα	Κατανάλωση (L/κάτ.ημ.)
Βέλγιο	108
Γαλλία	147
Γερμανία	146
Δανία	194
Φιλανδία	156
Βρετανία	132
Ιταλία	220
Λουξεμβούργο	171
Ολλανδία	159
Νορβηγία	175
Αυστρία	131
Σουηδία	199
Ελβετία	264
Ισπανία	158

Ουγγαρία	150
Ελλάδα	130
ΗΠΑ	300
Αφρική	20 - 50
Παλαιστίνη	20 - 30
Ισραήλ	170

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται ενδεικτικά οι ποσότητες του νερού που αντιστοιχούν σε οικιακή κατανάλωση για κάθε χρήση χωριστά, για μια ευρωπαϊκή χώρα, τη Γερμανία αλλά και τις Η.Π.Α.

Πίνακας 1.4 Επί μέρους κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση στη Γερμανία

Δραστηριότητα	(L/κάτ.ημ.)
Πόση και μαγείρεμα	3 - 5
Πλύσιμο πιάτων	10 - 20
Ατομική καθαριότητα χωρίς λουτρό	10 - 15
Ντους και λουτρό	50 - 100
W.C.	40 - 50
Καθαριότητα χώρου	10 - 15
Πλύσιμο ρούχων	15 - 30
Πότισμα κήπου και πλύσιμο αυτοκινήτου	9 - 15
Συνολική κατανάλωση νερού	147 - 250

Πίνακας 1.5 Επί μέρους κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση στις ΗΠΑ

Δραστηριότητα	(L/κάτ.ημ.)
Πόση και μαγείρεμα	35
Πλύσιμο πιάτων	9
Ντους και λουτρό	87
W.C.	82
Διαρροές W.C.	15
Πλύσιμο ρούχων	64
Συνολική κατανάλωση νερού	292

Πίνακας 1.6 Επί μέρους κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση στις ΗΠΑ σε νοικοκυριά με εξοικονόμηση νερού

Δραστηριότητα	(L/κάτ.ημ.)
Πόση και μαγείρεμα	32
Πλύσιμο πιάτων	4
Ντους και λουτρό	59
W.C.	52
Διαρροές W.C.	30
Πλύσιμο ρούχων	50
Συνολική κατανάλωση νερού	227

Σε γενικές γραμμές, οι παράγοντες οι οποίοι συμβάλλουν στη διαφοροποίηση της ζήτησης από χώρα σε χώρα, από πόλη σε πόλη αλλά και από οικισμό σε οικισμό ποικίλουν. Ενδεικτικά αναφέρονται οι παρακάτω (Ασημακόπουλος, 2004):

- Η διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων της κάθε περιοχής.
- Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν.
- Η κατάσταση στην οποία βρίσκεται το δίκτυο ύδρευσης.
- Ο βαθμός συντήρησης του δικτύου ύδρευσης.
- Οι καθημερινές συνήθειες των κατοίκων της περιοχής.
- Ο βαθμός ευαισθητοποίησης των κατοίκων, σε πιθανή έλλειψη νερού.

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία, το 5 - 20% του νερού, που καταναλώνεται καθημερινά, χρησιμοποιείται από τα νοικοκυριά. Σε αντίθεση με παλαιότερες χρονικές περιόδους, όπου κάθε νοικοκυριό αναλάμβανε από μόνο του την εξασφάλιση νερού μέσω της μεταφοράς του από πηγές και πηγάδια, τώρα το νερό προσφέρεται με ένα απλό άνοιγμα της βρύσης. Η εύκολη πρόσβαση και η αυξημένη χρήση του, κυρίως, στον τομέα της προσωπικής υγιεινής έχει σαν αποτέλεσμα να αυξάνεται χρόνο με το χρόνο η κατανάλωσή του. Το νερό, που τρέχει από τη βρύση του σπιτιού μας, είναι καθαρό πόσιμο νερό, που όμως χρησιμοποιείται και για χρήσεις, που δεν απαιτείται η τροφοδότηση με καθαρό πόσιμο νερό. Το 40% του νερού απορρίπτεται από την τουαλέτα. Η υπόλοιπη ποσότητα χρησιμοποιείται ως εξής: το 25% χρησιμοποιείται στο ντους και στο μπάνιο, το 20% στο πλύσιμο των ρούχων και των πιάτων, το 10% στην κουζίνα και το 5% στο καθάρισμα.

Στη σημερινή εποχή, πίνουμε ή χρησιμοποιούμε καθημερινά για μαγείρεμα δύο έως τρία λίτρα νερού, κατά άτομο. Περίπου 145L καταναλώνονται καθημερινά στην τουαλέτα, το μπάνιο, την περιποίηση του σώματος, το πλύσιμο ρούχων ή πιάτων, την καθαριότητα του σπιτιού, το πότισμα των λουλουδιών.

Στην Ελλάδα, το 90% των ελληνικών νοικοκυριών έχουν πρόσβαση σε δίκτυο ύδρευσης, έναντι 30% τη δεκαετία του 50. Η χρήση νερού για ύδρευση έχει αυξηθεί κατά 45% σε σχέση με το 1980 και η αυξητική τάση διατηρείται. Η αύξηση αυτή συνδέεται, κυρίως με την αύξηση της οικοδόμησης, τη χρήση σύγχρονων πιο υδροφόρων συσκευών (π.χ. πλυντήρια) και σύγχρονων ανέσεων (π.χ. κήποι, μπάνια, πισίνες κ.τ.λ.).

Η μεγαλύτερη αστική ζήτηση παρατηρείται στην Αττική, όπου οι απώλειες από διαρροές (δίκτυο, κατοικίες κ.α.) αντιστοιχούν στο 10 - 40% του μεταφερόμενου νερού.

Μια σειρά έργων (φράγμα Μαραθώνα, δέσμευση νερών λίμνης Υλίκης καθώς και ποταμών Μόρνου και Εύηνου) μπορούν να φέρνουν σήμερα στην Αττική 600.000.000 m³ νερού το χρόνο. Όμως, τα έργα αυτά επαρκούν για να καλύπτουν τις ανάγκες της Αττικής μόνο μέχρι το 2030, αν συνεχιστούν οι σημερινές τάσεις κατανάλωσης νερού.

Όσον αφορά τα νησιά, η κατανάλωση του νερού έχει αλλάξει δραματικά ως αποτέλεσμα των αλλαγών, που συντελέστηκαν στις καθημερινές συνήθειες των ανθρώπων όσο και εξαιτίας του τουρισμού. Σύμφωνα με μελέτη του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, είκοσι νησιά των Κυκλάδων και της Δωδεκάνησο αναμένεται να αντιμετωπίσουν αύξηση των ελλειμμάτων νερού από 25 - 40% στα επόμενα χρόνια. Στα άνυδρα νησιά καταλέγονται, σύμφωνα με τη μελέτη του Ε.Μ.Π., τα νησιά των Κυκλάδων Τήνος, Κίμωλος, Μήλος, Αμοργός, Φολέγανδρος, Σίκινος, Σχοινούσα, Δονούσα, Κουφονήσι, Ηρακλειά, Θηρασία και τα νησιά των Δωδεκανήσων Λειψοί, Μεγίστη, Αγαθονήσι, Νίσυρος, Πάτμος, Σύμη, Χάλκη, Κάλυμνος και Ψέριμος.

Την τελευταία οκταετία μεταφέρθηκαν με πλοία - υδροφόρες 6.000.000 m³ νερού από τη Ρόδο, το Λαύριο και την Ελευσίνα. Παρόλα αυτά, αναμένεται μέσα στην επόμενη δεκαετία το υδατικό έλλειμμα στις Κυκλάδες να φτάσει τα 1,3 εκατομμύρια m³ και στα Δωδεκάνησα τα 1,6 εκατομμύρια m³, αν συνεχιστούν οι σημερινές τάσεις στην κατανάλωση νερού.

1.4. ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Η κατανάλωση νερού στα δίκτυα διανομής του, δε διατηρείται χρονικά σταθερή, αλλά παρουσιάζει τόσο κατά τη διάρκεια του έτους, όσο και της ημέρας διάφορες διακυμάνσεις, των οποίων το εύρος εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες, που επικρατούν σε κάθε οικισμό. Οι διακυμάνσεις αυτές, σε σχέση με το χρόνο, διαχωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες (Γσακίρης, 2006):

- Ημερήσια διακύμανση της κατανάλωσης: Αντιπροσωπεύει τη μεταβολή της κατανάλωσης κατά τη διάρκεια της μέρας, η οποία οφείλεται στις καθημερινές συνήθειες και δραστηριότητες των καταναλωτών.
- Εβδομαδιαία διακύμανση της κατανάλωσης: Η κατανάλωση μιας υδροδοτούμενης περιοχής διαφέρει τις ημέρες της εβδομάδας. Οι μεταβολές γίνονται εντονότερες όσο αυξάνεται το εύρος της υδροδοτούμενης περιοχής και όσο αυξάνεται το ποσοστό της βιομηχανικής και βιοτεχνικής κατανάλωσης. Συνήθως η κατανάλωση είναι μικρότερη το Σάββατο και την Κυριακή αλλά και

τις ημέρες των εορτών (Πάσχα, Χριστούγεννα).

- Μηνιαία διακύμανση της κατανάλωσης: Αντιπροσωπεύει τη μεταβολή της κατανάλωσης που παρατηρείται ανά μήνα, στη διάρκεια ενός έτους.
- Εποχιακή διακύμανση της κατανάλωσης: Αντιπροσωπεύει τη μεταβολή της κατανάλωσης η οποία οφείλεται κυρίως στην αύξηση του τουριστικού ρεύματος και η οποία παρατηρείται ορισμένες εποχές του χρόνου. Για παράδειγμα, εξαιτίας του τουρισμού, η κατανάλωση νερού κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του χειμώνα.
- Μακροπρόθεσμη διακύμανση της κατανάλωσης: Αντιπροσωπεύει μελλοντική μεταβολή της κατανάλωσης, η οποία οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως, σε πιθανή αύξηση του πληθυσμού στο μέλλον, στην περαιτέρω ανάπτυξη της βιομηχανίας και βιοτεχνίας, σε κλιματικές αλλαγές, σε αλλαγή του βιοτικού επιπέδου των καταναλωτών, αύξηση ή μείωση του μη κοστολογημένου νερού κ.τ.λ.

Οι εποχιακές διακυμάνσεις συναρτώνται κύρια με το κλίμα, και προσδιορίζουν τη μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ($\max Q_H$) και τη μέγιστη μηνιαία κατανάλωση, ενώ μέσα σε ένα 24ώρο, η επαλληλία των χρήσεων, συντελεί ώστε η ζήτηση να εμφανίζεται μεγαλύτερη ορισμένες ώρες της ημέρας, διαμορφώνοντας τη μέγιστη ωριαία κατανάλωση ($\max Q_\Omega$) και σημαντικά μειωμένη κατά τις νυκτερινές. Παρακάτω αναλύονται εκτενέστερα η μέγιστη ημερήσια και η μέγιστη ωριαία κατανάλωση οι οποίες αποτελούν ανάγκες αιχμής για το δίκτυο. Εκφράζονται με τη χρήση κάποιων συντελεστών, οι οποίοι ονομάζονται πολλαπλασιαστές της ζήτησης.

1.4.1. Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ($\max Q_H$)

Το εύρος των εποχιακών διακυμάνσεων μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το μέγεθος του υδρευόμενου οικισμού και ευθέως ανάλογα με τη συμμετοχή στη διαμόρφωση της συνολικής ζήτησης, χρήσεων με εξάρτηση από τις κλιματικές αλλαγές, όπως η άρδευση κήπων, το κατάβρεγμα δρόμων ή βεραντών κ.τ.λ. Αντίστοιχα η παρουσία επαγγελματικών και βιομηχανικών καταναλώσεων επιδρά εξισωτικά.

Η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ($\max Q_H$) αντιπροσωπεύει τη μέση ημερήσια κατανάλωση κατά την ημέρα της μεγαλύτερης ζήτησης νερού. Προκύπτει με προσαύξηση της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης ($\text{mean } Q_H$), με βάση έναν πολλαπλασιαστικό συντελεστή λ_1 , οποίος καλείται συντελεστής μέγιστης ημερήσιας

κατανάλωσης ή συντελεστής αιχμής. Γενικά ο συντελεστής αυτός ισούται με το λόγο της μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης προς τη μέση ημερήσια κατανάλωση, δηλαδή ισχύει:

$$\lambda_1 = \frac{\max Q_H}{\text{mean} Q_H}, \lambda_1 \in [1.2, 3]$$

Η εκτίμηση του κατάλληλου συντελεστή αποτελεί παραδοχή, την οποία ο μηχανικός πρέπει να κάνει με βάση ιστορικά στοιχεία του δεδομένου δικτύου, χρήσεων και περιοχής, ή βιβλιογραφία. Σε περιπτώσεις όπου δε δίνονται αναλυτικά στοιχεία συνήθως χρησιμοποιείται για το συντελεστή λ_1 η τιμή $\lambda_1 = 1,5$ ή και μεγαλύτερη. Συνεπώς η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση προκύπτει από την εξίσωση:

$$\max Q_H = \text{mean} Q_H * \lambda_1, \text{ όπου } \lambda_1 \geq 1,5$$

Σε περιοχές με θερινό τουρισμό ο λ_1 μπορεί να ξεπερνά αρκετά την παραπάνω τιμή. Επίσης, διαχρονικά οι τιμές του συντελεστή αυτού μπορεί να διαφέρουν επηρεαζόμενες από κλιματικά συμβάντα χαμηλής συχνότητας, όπως ασυνήθεις καύσωνες, ξηρασίες κ.λ.π. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του καύσωνα του Ιουλίου του 1987, όταν στην Αθήνα η ζήτηση ξεπέρασε την δυναμικότητα των εγκαταστάσεων διύλισης, καθώς και την παροχτευτικότητα του εσωτερικού δικτύου της πόλης, με αποτέλεσμα να πέσει η πίεση στο δίκτυο και να διακοπεί η ροή σε πολλές συνοικίες.

Ο προσδιορισμός του συντελεστή λ_1 και της μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης αποτελεί κρίσιμη επιλογή, καθοριστική για το σχεδιασμό της δυναμικότητας του εξωτερικού υδραγωγείου (απόδοση γεωτρήσεων, παροχτευτικότητα εξωτερικών έργων μεταφοράς, δυναμικότητα διυλιστηρίων, χωρητικότητα δεξαμενών) ενός οικισμού, αφού η αδιάκοπη λειτουργία του δικτύου ύδρευσης, αποτελεί σήμερα πρωταρχική ποιοτική απαίτηση. Βεβαίως η απαίτηση υψηλής αξιοπιστίας του συστήματος δε δικαιολογεί την ανεξέλεγκτη υπερδιαστασιολόγηση και η αντιμετώπιση ακραίων μεγεθών ζήτησης χαμηλής συχνότητας, όπως αυτά που προαναφέρθηκαν, πρέπει να περιλαμβάνει και τη συστηματική ενημέρωση και εξασφάλιση της συνεργασίας των χρηστών.

1.4.2. Μέγιστη ωριαία κατανάλωση ($\max Q_\Omega$)

Το εύρος της ωριαίας διακύμανσης μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το μέγεθος του υδρευόμενου οικισμού και ευθέως ανάλογα με τη συμμετοχή στη διαμόρφωση της συνολικής ζήτησης, χρήσεων που συμπίπτουν χρονικά. Και σε αυτήν την περίπτωση, η ύπαρξη επαγγελματικών και βιομηχανικών χρήσεων επιδρά εξισωτικά.

Οι ώρες εμφάνισης των αιχμών στη διάρκεια του 24ώρου, διαφέρουν κατά περίπτωση.

Ανάλογα με το συντελεστή μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης λ_1 , ο συντελεστής μέγιστης ωριαίας κατανάλωσης λ_2 , σε ένα συγκεκριμένο 24ώρο, ορίζεται ως εξής:

$$\lambda_2 = \frac{\max Q_{\Omega}}{\max Q_H}, \lambda_2 \in [1.2, 3]$$

Ο συνδυασμός των δύο αυτών συντελεστών, δηλαδή των λ_1 και λ_2 , προκύπτει από την εξίσωση:

$$\lambda_1 * \lambda_2 = \frac{\max Q_{\Omega}}{\text{mean} Q_H}, \lambda_1 * \lambda_2 \in [3, 6]$$

Ο συνδυασμός αυτός δίνει τη μέγιστη ωριαία κατανάλωση κατά την ημέρα αιχμής, όταν είναι γνωστός ο όγκος της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης. Συνεπώς η μέγιστη ωριαία κατανάλωση, προκύπτει από την εξίσωση:

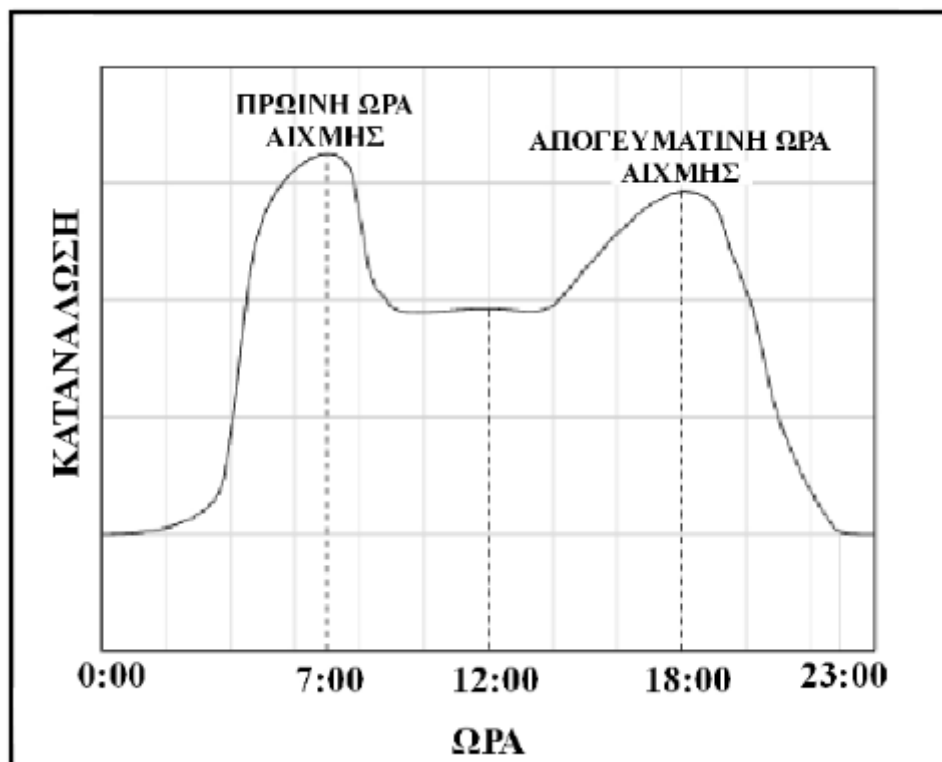
$$\max Q_{\Omega} = \lambda_2 * \lambda_1 * \text{mean} Q_H = \lambda_2 * \max Q_H$$

Η μέγιστη ωριαία κατανάλωση αποτελεί την παροχή σχεδιασμού των αγωγών του εσωτερικού υδραγωγείου.

1.5. ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

Κάθε δίκτυο ύδρευσης μπορεί να επιλυθεί, μέσω λογισμικών προγραμμάτων, είτε θεωρώντας σταθερή κατανάλωση στους κόμβους, όπου γίνεται έλεγχος για τη δυσμενέστερη κατανάλωση (steady - state simulation), είτε σε διακριτά χρονικά βήματα, θεωρώντας χρονικά μεταβαλλόμενη κατανάλωση (extended - period simulation).

Κατά την προσομοίωση χρονικά μεταβαλλόμενης κατάστασης ένα λογισμικό πρόγραμμα εκτός από τα βασικά δεδομένα που αφορούν την κατανάλωση σε κάθε κόμβο, απαιτεί και περαιτέρω πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο η κατανάλωση μεταβάλλεται στο χρόνο (Καλύβας, 2000).



Διάγραμμα 1.1 Ημερήσια διακύμανση της κατανάλωσης (Καλύβας, 2000)

Τα προγράμματα αυτά για να εκφράσουν τη διακύμανση της κατανάλωσης στο χρόνο, χρησιμοποιούν μια σειρά συντελεστών που ονομάζονται πολλαπλασιαστές της ζήτησης. Οι πολλαπλασιαστές αυτοί προκύπτουν από το λόγο της κατανάλωσης τη χρονική στιγμή i προς κάποια κατανάλωση που ο χρήστης έχει ορίσει. Η κατανάλωση που θα ορίσει ο χρήστης μπορεί να είναι η μέση ημερήσια κατανάλωση, η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ή η μέγιστη ωριαία κατανάλωση.

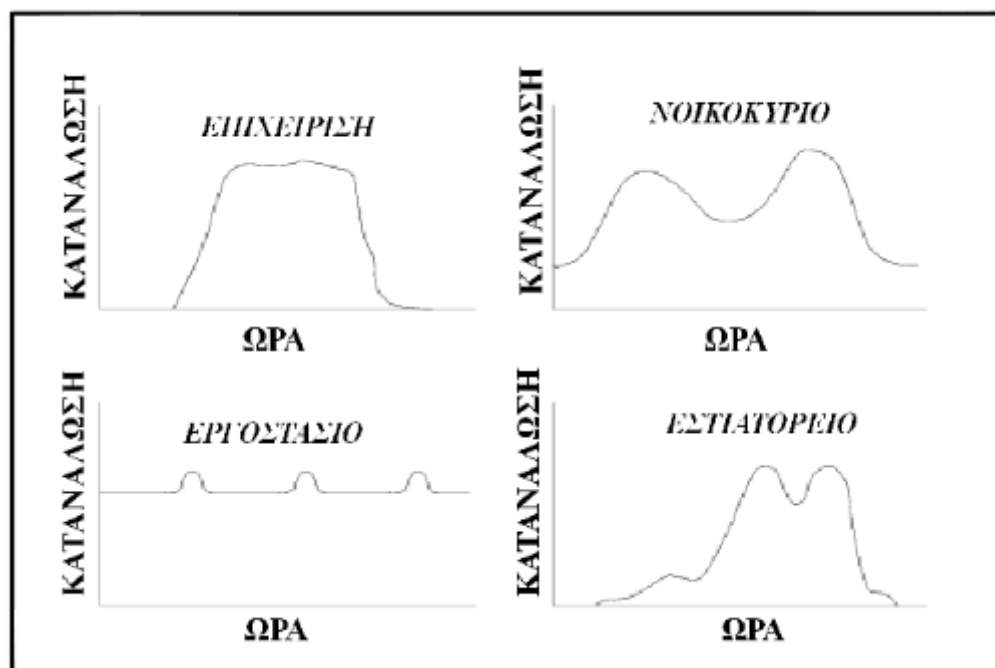
$$\lambda_i = Q_i / Q_{\text{βάσης}}$$

Όπου :

λ_i : συντελεστής διακύμανσης της κατανάλωσης.

Q_i : Η κατανάλωση την χρονική στιγμή i .

$Q_{\text{βάσης}}$: Η κατανάλωση που επιλέγεται ως κατανάλωση βάσης.

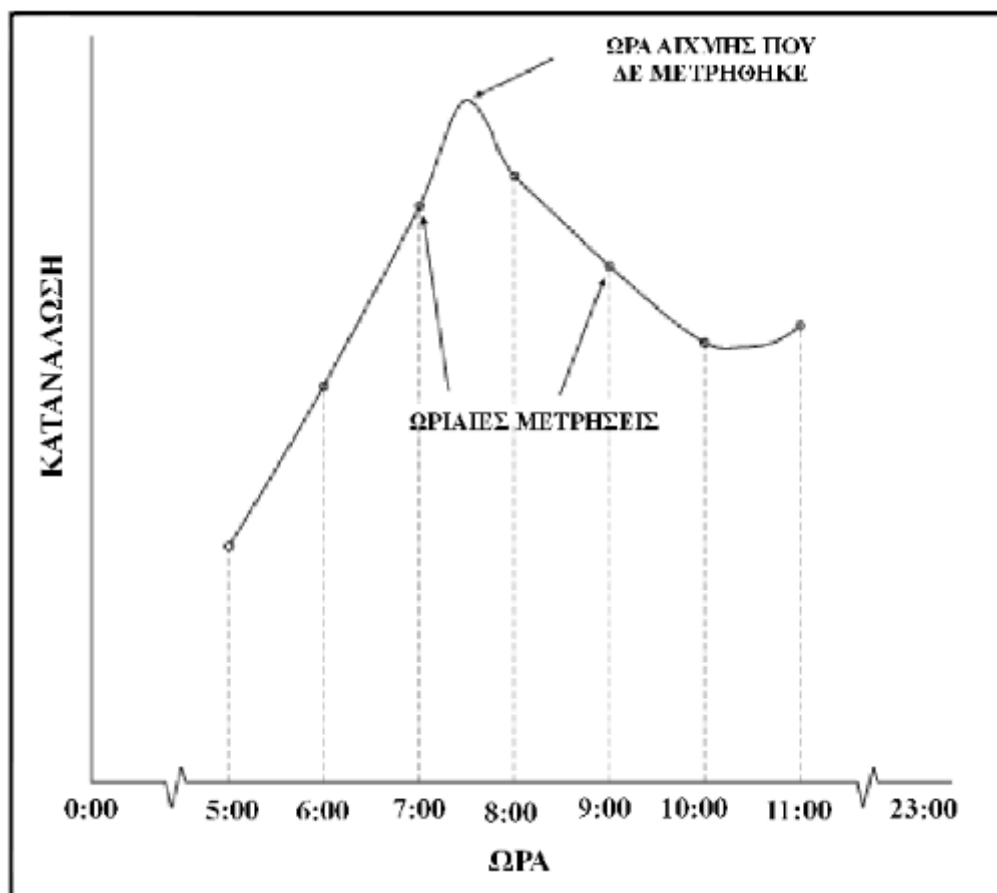


Διάγραμμα 1.2 Ημερήσια διακύμανση της κατανάλωσης, για διαφορετικές συνιστώσες χρήσης νερού (Καλύβας, 2000)

Επειδή όμως δεν υπάρχουν μαθηματικά μοντέλα τα οποία να περιγράφουν τις μεταβολές της κατανάλωσης σε σχέση με το χρόνο, χρησιμοποιούνται στοχαστικά μοντέλα τα οποία τις περισσότερες φορές βασίζονται σε μετρήσεις και στατιστικά στοιχεία. Τα μοντέλα αυτά περιγράφουν τη διακύμανση της κατανάλωσης, βάση κάποιου χρονικού βήματος.

Γενικά τα χρονικά βήματα που χρησιμοποιούνται δε θα πρέπει να είναι πολύ μικρά, διότι σε τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να παρουσιαστούν λάθη που αφορούν το ύψος στάθμης της δεξαμενής και συνεπώς λάθη στους υπολογισμούς της κατανάλωσης. Το πιο συνηθισμένο χρονικό βήμα που επιλέγεται για την μελέτη της διακύμανσης της κατανάλωσης είναι αυτό της μίας ώρας (1h). Μικρότερα χρονικά βήματα συνιστανται μόνο σε περιπτώσεις όπου το ύψος στάθμης της δεξαμενής αλλάζει ραγδαία.

Ο χρήστης θα πρέπει να γνωρίζει όμως ότι και στις περιπτώσεις όπου επιλέγεται ως χρονικό βήμα αυτό της μίας ώρας, μπορεί να χαθεί η στιγμή της μέγιστης κατανάλωσης. Για παράδειγμα αν οι μετρήσεις υπολογίζονται ανά μία ώρα, δηλαδή στις 6:00, στις 7:00 κλπ. και η στιγμή της μέγιστης κατανάλωσης αντιστοιχεί στις 6:15, τότε αυτή δε θα μπορέσει να γίνει αντιληπτή από το πρόγραμμα.



Διάγραμμα 1.3 Περίπτωση ώρας αιχμής που δεν υπολογίζεται

2. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

2.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η Ελλάδα είναι χώρα μικρή σε έκταση – περίπου 132.000 km² – με έντονο ανάγλυφο, περιορισμένη ενδοχώρα και μεγάλο ανάπτυγμα ακτών. Αποτέλεσμα της ιδιόμορφης αυτής γεωμορφολογικής διάρθρωσης είναι η πολυδιάσπαση του χώρου σε μικρές λεκάνες απορροής, όπου η κάθε μια έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά και προβλήματα, επομένως απαιτεί διαφορετική πολιτική.

Σύμφωνα με το Ν. 1739/1987, η Ελλάδα διαιρείται σε 14 Υδατικά Διαμερίσματα (λεκάνες απορροής), τα οποία παρουσιάζουν όσο το δυνατόν όμοιες υδρολογικές – υδρογεωλογικές συνθήκες, οι οποίες αποτελούν το περιφερειακό επίπεδο στον τομέα της διαχείρισης του νερού. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα Υδατικά Διαμερίσματα και η έκτασή τους (Μιμίκου και Φωτόπουλος, 2004).

Πίνακας 2.1 Έκταση Υδατικών Διαμερισμάτων

α/α	Υδατικό Διαμέρισμα	Έκταση (km ²)
1	Δυτικής Πελοποννήσου	7.301
2	Βόρειας Πελοποννήσου	7.310
3	Ανατολικής Πελοποννήσου	8.477
4	Δυτικής Στερεάς Ελλάδας	10.199
5	Ηπείρου	10.026
6	Αττικής	3.207
7	Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας	12.341
8	Θεσσαλίας	13.377
9	Δυτικής Μακεδονίας	13.440
10	Κεντρικής Μακεδονίας	10.389
11	Ανατολικής Μακεδονίας	7.280
12	Θράκης	11.177
13	Κρήτης	8.335
14	Νήσων Αιγαίου	9.107
	Σύνολο Χώρας	131.962



Εικόνα 2.1 Υδατικά Διαμερίσματα σύμφωνα με τον Ν. 1739/87 (Ασημακόπουλος, 2004)

Οι κυριότεροι λόγοι που προκαλούν προβλήματα στην αξιοποίηση και ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας είναι οι εξής (Ναλμπάντης, 2007):

- Η άνιση κατανομή των υδατικών πόρων: Η δυτική Ελλάδα δέχεται πολύ μεγαλύτερα ύψη βροχών σε σύγκριση με την ανατολική. Είναι χαρακτηριστικό ότι η δυτική Ελλάδα με έκταση που αντιστοιχεί στο 24% της χώρας δέχεται το 36% του συνόλου των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, ενώ ακόμη μεγαλύτερη είναι η διαφοροποίηση στα ποσοστά της επιφανειακής απορροής.
- Η άνιση κατανομή της ζήτησης στο χώρο: Η χωρική κατανομή της ζήτησης είναι

εκ διαμέτρου αντίθετη από την χωρική κατανομή της προσφοράς. Ο άξονας Θεσσαλονίκη - Αθήνα - Πάτρα, που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη συγκέντρωση πληθυσμού και δραστηριοτήτων και επομένως αντιστοιχεί στο μεγαλύτερο ποσοστό ζήτησης, δεν διαθέτει σημαντικούς υδατικούς πόρους.

- Η ανομοιόμορφη χρονική κατανομή των υδατικών πόρων: Η μεγαλύτερη συγκέντρωση βροχοπτώσεων παρατηρείται κατά τους χειμερινούς μήνες. Στη νότια Ελλάδα το 80 – 90% των ετήσιων βροχοπτώσεων συγκεντρώνεται συγκεκριμένη περίοδο, ενώ το θερινό ύψος βροχής αυξάνει προς βορρά φτάνοντας στα βορειότερα τμήματα τη μεγαλύτερη τιμή του, το 20% του ετήσιου όγκου βροχοπτώσεων.
- Η ανομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης στο χρόνο: Ο μεγαλύτερος καταναλωτής, που είναι η γεωργική χρήση παρουσιάζει αυξημένη ζήτηση τους θερινούς μήνες. Την ίδια περίοδο και ειδικότερα τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, διπλασιάζεται λόγω της τουριστικής δραστηριότητας και η κατανάλωση νερού για την κάλυψη των αναγκών ύδρευσης.
- Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της χώρας: Ο έντονος οριζόντιος και κατακόρυφος διαμελισμός, καθώς και δομή και διάταξη των πετρωμάτων έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία πολλών μικρών υδατορεμάτων με χειμαρική κυρίως διαίτα, επιφανειακή απορροή μικρής διάρκειας, αυξημένη κατείδυση και την εμφάνιση συχνών πλημμυρικών φαινομένων. Η εκμετάλλευση του δυναμικού αυτών των ρεμάτων είναι δυσχερής και συχνά οικονομικώς ασύμφορη, ενώ η αντίστοιχη εκμετάλλευση των καρστικών υδροφόρων συστημάτων συχνά αποτελεί σημαντικό παράγοντα αναρρύθμισης των πλημμυρικών παροχών.
- Το μεγάλο ανάπτυγμα ακτών σε συνδυασμό με τη λιθολογική σύσταση των πετρωμάτων, που οδηγεί, λόγω της εντατικής εκμετάλλευσης των παράκτιων υδροφορέων, στην υφαλμύρωση (ΕΠΠΕΡΑΑ, 2007-2013).

Στην Ελλάδα υπάρχουν συνολικά επαρκείς επιφανειακοί και υπόγειοι υδατικοί πόροι, αλλά διάφοροι λόγοι οι οποίοι αναφέρθηκαν πιο πάνω μειώνουν σημαντικά την πραγματικά διαθέσιμη ποσότητα και δυσκολεύουν και την ορθολογική διαχείριση τους.

Η ποιοτική κατάσταση των υδατικών πόρων της χώρας κρίνεται καλή, με εξαίρεση ορισμένες περιοχές όπου παρουσιάζονται οξυμένα προβλήματα λόγω της ρύπανσης από την γεωργία, τα αστικά λύματα και τη βιομηχανία.

Το μέχρι πρότινος υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο διαχείρισης και προστασίας των

υδάτινων πόρων περιλάμβανε δυο βασικά νομοθετήματα, το Ν.1650/86 για την προστασία του περιβάλλοντος που αντιμετωπίζει το νερό ως στοιχείο του περιβάλλοντος και προβλέπει μέτρα για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της ποιότητας των υδατικών πόρων και το Ν.1739/87 για την διαχείριση των υδατικών πόρων με σύγχρονη αντίληψη για την αντιμετώπιση του νερού στην έρευνα, τη διοίκηση και τη καθημερινή πρακτική. Από το Δεκέμβριο του 2003 τέθηκε σε ισχύ ένα νέο νομοθετικό πλαίσιο για την διαχείριση των υδάτων. Είναι ο Ν.3199/03 που αποτελεί την εναρμόνιση του εθνικού δικαίου προς τις διατάξεις της Οδηγίας – Πλαίσιο για την προστασία των Υδάτων. Τέλος, το Μάρτιο του 2007 εκδόθηκε και τέθηκε σε ισχύ το Προεδρικό Διάταγμα 51 που καθορίζει τα μέτρα και τις διαδικασίες για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ «για την θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000.

2.2. ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ορισμένοι από τους βασικότερους φορείς του δημόσιου τομέα που μεταξύ άλλων ασχολούνται με το νερό σε επίπεδο έρευνας, χρήσης, αξιοποίησης, προστασίας κλπ είναι οι ακόλουθοι (Καρπούζος κ.α., 2005):

Υπουργεία:

- Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης (εποπτεία υπηρεσιών τοπικής αυτοδιοίκησης, υπηρεσίες ύδρευσης – αποχέτευσης, υδραυλικά έργα, κλπ).
- Ανάπτυξης (φορέας διαχείρισης υδατικών πόρων, βιομηχανία – εμφιάλωση, ενέργεια – μικρά υδροηλεκτρικά έργα, τουρισμός – ιαματικά νερά, έρευνα – τεχνολογία, εμπόριο).
- Π.Ε.Κ.Α (φορέας μελέτης και κατασκευής μεγάλων υδραυλικών έργων ύδρευσης – αποχέτευσης – άρδευσης, φορέας υπεύθυνος για την ποιοτική κατάσταση των υδατικών πόρων ως στοιχείο του περιβάλλοντος).
- Εξωτερικών (διασυνοριακοί υδατικοί πόροι, διεθνείς οργανισμοί).
- Γεωργίας (γεωργία - αρδεύσεις, δασοπονία, κτηνοτροφία, αλιεία).
- Υγείας (ποιότητα πόσιμου νερού).

Τοπική αυτοδιοίκηση (Περιφέρειες, Νομαρχίες, ΟΤΑ):

- Περιφέρεια (διαχείριση υδατικών πόρων σε επίπεδο υδατικού διαμερίσματος,

μικρά υδροηλεκτρικά έργα, ποιότητα νερών, ύδρευση – αποχέτευση, γεωργικές χρήσεις, σχετικές μελέτες και έργα)

- Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση (περιοριστικά μέτρα, άρδευση, βιομηχανία, έργα ύδρευσης – αποχέτευσης)
- ΟΤΑ (ύδρευση, αποχέτευση, άρδευση).

Οργανισμοί, ινστιτούτα, ερευνητικά κέντρα:

- ΕΜΥ (μετεωρολογικές παρατηρήσεις, καταγραφή στοιχείων).
- ΔΕΗ (υδροηλεκτρική ενέργεια).
- ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε (έρευνα υδατικών πόρων).
- Ε.Κ.Ε.Φ.Ε ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ (έρευνα).
- ΕΤΒΑ (υδροδότηση ΒΙΠΕ).
- ΕΘΙΑΓΕ (έρευνα που εστιάζεται κυρίως στη χρήση νερού για αγροτικές δραστηριότητες).

ΑΕΙ και ΤΕΙ (ερευνητικά προγράμματα στους σχετικούς τομείς με την αξιοποίηση των υδατικών πόρων).

2.3. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το νερό, όπως και για τα λοιπά θέματα παρουσιάστηκε τη δεκαετία του 1970. Παρόλα αυτά, το έτος 2000 αποτέλεσε σταθμό για το θεσμικό πλαίσιο της ΕΕ και των χωρών μελών, μιας και η θεσμοθέτηση της Οδηγίας 2000/60 είναι αυτή που θέτει τις απαραίτητες βάσεις και προδιαγράφει τη γενική στρατηγική επίτευξης μιας αειφορικής διαχείρισης των υδατικών πόρων, με κοινή αντιμετώπιση των χωρών-μελών, τόσο από ποσοτική όσο και από ποιοτική άποψη (Γιακουμάκης, 2008).

Το μέχρι πρότινος υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο διαχείρισης και προστασίας των υδάτινων πόρων περιελάμβανε δυο βασικά νομοθετήματα.

Το Ν.1650/86 που αναφέρεται στην προστασία του περιβάλλοντος όπου αντιμετωπίζει το νερό ως στοιχείο του περιβάλλοντος και προβλέπει μέτρα οργανωτικά και θεσμικά για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της ποιότητας των υδατικών πόρων.

Το Ν.1739/87 που αναφέρεται στη διαχείριση των υδατικών πόρων με σύγχρονη αντίληψη για την αντιμετώπιση του νερού στην έρευνα, τη διοίκηση και την καθημερινή πρακτική. Από το Δεκέμβριο του 2003 τέθηκε σε ισχύ ένα νέο νομοθετικό πλαίσιο για τη διαχείριση των υδάτων. Είναι ο νόμος 3199/03 που αποτελεί την εναρμόνιση του εθνικού

δικαίου προς τις διατάξεις της Οδηγίας - Πλαίσιο για την προστασία των υδάτων.

2.4. Ο ΝΟΜΟΣ 1739/87 ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Ο Ν.1739/87 για την διαχείριση των υδατικών πόρων, εισάγει μια σύγχρονη αντίληψη για την αντιμετώπιση του νερού στην έρευνα, στη διοίκηση και στην καθημερινή πρακτική, με τη θεσμοθέτηση διαδικασιών και οργάνων που επιτρέπουν την άσκηση της διαχείρισης σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο. Σημειώνεται, ότι ο Ν.1739/87 αποτέλεσε στο παρελθόν το μοναδικό νόμο που συνέδεε τα θέματα διαχείρισης με τον προγραμματισμό ανάπτυξης της χώρας. Συγκεκριμένα, προβλέπει τη χάραξη και εφαρμογή υδατικής πολιτικής ως προϋπόθεση για μια αναπτυξιακή πολιτική που θα μεγιστοποιεί τα αποτελέσματα της παραγωγικής διαδικασίας, θα εξομαλύνει τις ανταγωνιστικές χρήσεις νερού, θα συμβάλλει στη διατήρηση και προστασία των υδατικών πόρων και θα συντελεί στην προστασία του περιβάλλοντος. Και μάλιστα όλα αυτά, θα γίνονται μέσα από όργανα και διαδικασίες, στα οποία θα λαμβάνεται υπόψη η γνώμη όλων των ενδιαφερόμενων φορέων.

Με το Ν.1739/87 και τις κανονιστικές πράξεις που προβλέπονται σε εφαρμογή του, θεσμοθετούνται τα όργανα και οι διαδικασίες που θα επιτρέψουν την άσκηση της διαχείρισης των υδατικών πόρων σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο (μέσω των υδατικών διαμερισμάτων). Σύμφωνα με το νόμο αυτό, 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.

Πέραν αυτών, η διαχείριση των υδατικών πόρων στοχεύει στον προσανατολισμό της ζήτησης νερού σε χρήσεις, οι οποίες προβλέπονται στα αναπτυξιακά προγράμματα της χώρας, καθώς και στην ανάπτυξη των δραστηριοτήτων έρευνας, αξιοποίησης, διατήρησης και προστασίας των υδατικών πόρων.

Οι βασικές ρυθμίσεις του Ν. 1739/87 για την επίτευξη των στόχων του, συνίστανται κατά επίπεδο δράσης ως ακολούθως (Σφυρής, 2006):

1. Διοικητική Δομή Άσκησης της Διαχείρισης:

Θεσμοθετείται η διαίρεση της χώρας σε 14 υδατικά διαμερίσματα, ήτοι περιοχές οριοθετημένες από υδροκρίτες ή νησιωτικές, οι οποίες περιλαμβάνουν ολοκληρωμένα

υδρογραφικά δίκτυα με ομοιότητα υδρολογικών και υδρογεωλογικών συνθηκών. Το Υπουργείο Ανάπτυξης ορίζεται αρμόδιο για τους φυσικούς πόρους υπουργείο, ως φορέας διαχείρισης των υδατικών πόρων και αποκτά, πέραν της κεντρικής υπηρεσίας επιπρόσθετα περιφερειακή οργάνωση, με τη σύσταση 14 περιφερειακών υπηρεσιών, αντίστοιχων των υδατικών διαμερισμάτων. Συστήνονται γνωμοδοτικές επιτροπές για τη λήψη σημαντικών αποφάσεων, και συγκεκριμένα η Διυπουργική Επιτροπή Υδάτων(ΔΕΥΔ) σε κεντρικό επίπεδο και 14 Περιφερειακές Επιτροπές Υδάτων(ΠΕΥΔ). Καθορίζονται οι αρμόδιες αρχές για κάθε χρήση νερού, καθώς και οι αρμόδιοι φορείς για την έρευνα των υδατικών πόρων.

2. Προγραμματισμός Ανάπτυξης των Υδατικών Πόρων, όπου η Εφαρμογή του Αποτελεί το Στόχο Πρώτης Προτεραιότητας για τη Διαχείριση των Υδάτων:

Τα προγράμματα διακρίνονται σε μακροχρόνια εθνικά, μεσοχρόνια εθνικά, μεσοχρόνια κατά υδατικό διαμέρισμα, και ειδικών σκοπών. Η διαδικασία προγραμματισμού και η παρακολούθηση της εφαρμογής των προγραμμάτων αποτελεί το βασικό εργαλείο των υπηρεσιών διαχείρισης στην άσκηση του ρόλου της ως συντονιστικού οργάνου των δραστηριοτήτων έρευνας, αξιοποίησης, χρήσης και προστασίας των υδατικών πόρων της χώρας, σε κεντρικό και περιφερειακό επίπεδο. Τη βάση της παραπάνω διαδικασίας αποτελεί ουσιαστικά ένα ισοζύγιο προσφοράς και ζήτησης νερού, το οποίο στηρίζεται στην υφιστάμενη κατάσταση των υδατικών πόρων και προδιαγράφει τη μελλοντική της εξέλιξη. Για τη διασφάλιση των γνώσεων που απαιτούνται για τη διαμόρφωση ενός τέτοιου ισοζυγίου, προβλέπεται η οργάνωση στο Υπουργείο Ανάπτυξης κεντρικού αρχείου υδρολογικών δεδομένων, ενώ συγχρόνως θεσπίζεται η κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης υδατικών πόρων για κάθε υδατικό διαμέρισμα και η έκδοση άδειας για την άσκηση του δικαιώματος χρήσης νερού.

3. Ρυθμίσεις που Στοχεύουν στη Διαμόρφωση της Ζήτησης και Υποστηρίζουν τη Διαδικασία του Προγραμματισμού, όπως:

Το νερό κατοχυρώνεται ως μέσο για την εξυπηρέτηση των αναγκών του κοινωνικού συνόλου. Το δικαίωμα χρήσης νερού περιορίζεται στο ανώτατο όριο των πραγματικών αναγκαίων ποσοτήτων κατάλληλης ποιότητας νερού για κάθε χρήση, ενώ το τυχόν πλεονάζον υπόλοιπο διατίθεται από τις υπηρεσίες σε άλλες χρήσεις. Το νερό κοστολογείται κατά χρήση και δίνεται η δυνατότητα τιμολόγησής του.

4. Ρυθμίσεις που Αναφέρονται σε Ζητήματα Προστασίας των Υδάτων:

Καθορίζεται ως μία από τις χρήσεις η δέσμευση ορισμένης ποσότητας νερού για τη

διατήρηση και προστασία του υδατικού οικοσυστήματος. Προβλέπεται η επιβολή αναγκαιών περιορισμών στη χρήση των υδατικών πόρων, όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο για την προστασία της. Προβλέπεται ο καθορισμός ελάχιστης διατηρητέας παροχής στους ποταμούς και ελάχιστου ύψους στάθμης στις λίμνες. Προβλέπεται ο έλεγχος των δραστηριοτήτων που επηρεάζουν τους υδατικούς πόρους (ΥΠΑΝ κ.α., 2003).

Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να επισημανθεί ότι ο Ν.1739/87 θα μπορούσε με την πλήρη εφαρμογή του να αντιμετωπίσει πολλά και κρίσιμα ζητήματα των υδατικών πόρων. Παρόλα αυτά, 15 έτη μετά την έναρξη εφαρμογής του, και πριν από την έκδοση του Ν.3199/2003, ο Ν.1739/87 δεν λειτούργησε στο σύνολό του. Οι βασικές νομοθετικές ρυθμίσεις, που κατά κύριο λόγο συνιστούν την εφαρμογή του είναι οι εξής:

- Λειτουργεί στο Υπουργείο Ανάπτυξης η Διεύθυνση Υδατικού Δυναμικού και Φυσικών Πόρων, η οποία ήταν αρμόδια στο παρελθόν για τη διαχείριση των υδατικών πόρων σε επίπεδο χώρας.
- Συστάθηκαν και λειτούργησαν όλες οι περιφερειακές υπηρεσίες διαχείρισης υδατικών πόρων, σε επίπεδο υδατικού διαμερίσματος.
- Λειτούργησε η Διυπουργική Επιτροπή Υδάτων (ΔΕΥΔ) ως γνωμοδοτικό όργανο σε κεντρικό επίπεδο, και σημειώνεται ότι πολλές ουσιαστικές αποφάσεις λήφθηκαν στο παρελθόν, με βάση τις γνωμοδοτήσεις της, όπως η ύδρευση Αθηνών, η υδρευτική χρήση του νερού των ταμιευτήρων της ΔΕΗ και η εκτροπή του Αχελώου.
- Συστάθηκαν οι Περιφερειακές Επιτροπές Υδάτων (ΠΕΥΔ) και γνωμοδοτικά όργανα σε επίπεδο υδατικού διαμερίσματος, στα οποία εκπροσωπούνται και οι κοινωνικοί φορείς. Αυτό εξασφάλισε την ενημέρωση των αρχών για την άποψη του κοινωνικού συνόλου πάνω στα υδατικά θέματα της περιοχής και συνέβαλλε στην κοινωνική αποδοχή των σχετικών αποφάσεων με τη διαχείριση του νερού.
- Εφαρμόζεται από το 1989 ο θεσμός της άδειας χρήσης νερού (Π.Δ. 256/1989) και εκτέλεσης έργων αξιοποίησης υδατικών πόρων (ΚΥΑ Φ16/5813/1989) στο σύνολο της χώρας, δίδοντας έτσι, αφενός μεν τη δυνατότητα ελέγχου των χρήσεων του νερού, αφετέρου δε τη δυνατότητα δημιουργίας αρχείου δεδομένων, σχετικών με τη ζήτηση και την κατάσταση των πόρων.
- Καθορίστηκαν τα ανώτατα και κατώτατα όρια των αναγκαιών ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση του νερού στην ύδρευση και την άρδευση, οι οποίες αποτελούν τις βασικότερες χρήσεις του νερού.

- Γενικεύθηκε σε όλες τις νομαρχίες η έκδοση κανονιστικών αποφάσεων για την ποσοτική και ποιοτική προστασία, καθώς και για τον έλεγχο των χρήσεων των υδατικών πόρων σε επίπεδο νομού (ΥΠΙΑΝ κ.α., 2003).

2.5. Ο ΝΟΜΟΣ 3199/2003 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΩΝ

Ο Ν.3199/03 (ΦΕΚ 280/9–12–2003) για την Προστασία και διαχείριση των υδάτων ο οποίος τέθηκε σε εφαρμογή το Δεκέμβριο του 2003 εναρμονίζεται το εθνικό δίκαιο προς τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και το Συμβούλιο της 23ης Οκτωβρίου του 2000. Ο νόμος αυτός εφαρμόζεται για την προστασία και διαχείριση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων. Εισάγει μια καινοτόμο και ολιστική προσέγγιση στη διαχείριση των υδάτων η οποία αναγνωρίζει ρητά την οικολογική λειτουργία του νερού. Δίνει επίσης έμφαση στη διαχείριση των υδάτων σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού όπως και στην τιμολόγηση του νερού ώστε η τιμή να αντιπροσωπεύει το πλήρες κόστος του (Ν. 3199/2003).

Αναλυτικότερα, στους βασικούς σκοπούς του νέου νόμου περιλαμβάνονται: η μακροπρόθεσμη προστασία των υδατικών πόρων, η πρόληψη της επιδείνωσης των ήδη υποβαθμισμένων υδατικών πόρων και των υγροτόπων, καθώς και η προστασία και αποκατάστασή τους. Επίσης, ο νόμος στοχεύει στη μείωση και σε μερικές περιπτώσεις στη σταδιακή εξάλειψη των βλαβερών και ρυπογόνων εκφορτώσεων, στη μείωση της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων και την πρόληψη της επιπλέον επιδείνωσής τους καθώς και στο μετριασμό των συνεπειών των πλημμύρων και της ξηρασίας. Επιπλέον, ο Νόμος 3199/03 ενσωματώνει την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» και το στόχο της διατήρησης ή της επίτευξης της «καλής οικολογικής κατάστασης» όλων των υδάτινων πόρων με τον έλεγχο της ρύπανσης και τη θέσπιση οριακών τιμών εκπομπών. Ακόμη εισάγει καινοτόμες προσεγγίσεις σχετικά με την προστασία της ποσότητας των υδάτων και την διακρατική συνεργασία για την προστασία διασυνοριακών ποταμών και λιμνών.

Από το νέο νόμο προβλέπεται η σύσταση των παρακάτω φορέων και οργάνων:

Η Εθνική Επιτροπή Υδάτων (άρθρο 3), η οποία χαράσσει την πολιτική για την προστασία και διαχείριση των υδάτων, παρακολουθεί και ελέγχει την εφαρμογή της και εγκρίνει, μετά από εισήγηση του Υπουργού ΠΕΧΩΔΕ και τη γνώμη του Εθνικού Συμβουλίου Υδάτων τα εθνικά προγράμματα προστασίας και διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της χώρας. Αποτελείται από τους Υπουργούς ΠΕΧΩΔΕ (Πρόεδρος), Οικονομίας και Οικονομικών, Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης,

Ανάπτυξης, Υγείας και Πρόνοιας, Γεωργίας και άλλοι Υπουργοί εφόσον συζητούνται θέματα της αρμοδιότητάς τους. Ο Υπουργός ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. προεδρεύει στο Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων στο οποίο συμμετέχουν με έναν εκπρόσωπό τους τα κόμματα που εκπροσωπούνται στη Βουλή, η Ένωση Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων Ελλάδας (Ε.Ν.Α.Ε), η Κεντρική Ένωση Δήμων και Κοινοτήτων Ελλάδας (Κ.Ε.Δ.Κ.Ε.), η Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης και Αποχέτευσης και οι εταιρίες που δεν εκπροσωπούνται από αυτήν, η Πανελλήνια Συνομοσπονδία Ένωσης Γεωργικών Συνεταιρισμών (ΠΑ.Σ.Ε.ΓΕ.Σ.), ο Σύνδεσμος Ελληνικών Βιομηχανιών (Σ.Ε.Β.), η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.), η Γενική Συνομοσπονδία Εργατών Ελλάδας (Γ.Σ.Ε.Ε.), το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (Τ.Ε.Ε), το Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), το Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (Ε.Κ.Θ.Ε.), το Εθνικό Κέντρο Βιοτόπων - Υγροτόπων (Ε.Κ.Β.Υ.), το Εθνικό Κέντρο Φυσικών Επιστημών Δημόκριτος, δυο περιβαλλοντικές μη κυβερνητικές οργανώσεις, το Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης (Ε.Κ.Π.Α.Α.), το Ινστιτούτο Καταναλωτών (ΙΝ.ΚΑ.), το Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικών και Γεωργικών Ερευνών (ΕΘ.Ι.Α.Γ.Ε.) και τέλος, ο Πρόεδρος της Εθνικής Επιτροπής για την καταπολέμηση της Απερήμωσης. Το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων συγκαλείται από τον Πρόεδρό του τουλάχιστον μια φορά το χρόνο.

Η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων (άρθρο 4), η οποία συνίσταται στο Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. και ασκεί μια σειρά από αρμοδιότητες μεταξύ των οποίων είναι οι παρακάτω:

- Καταρτίζει τα εθνικά προγράμματα προστασίας και διαχείρισης του υδάτινου δυναμικού της χώρας και παρακολουθεί και συντονίζει την εφαρμογή τους.
- Συντονίζει τις υπηρεσίες και τους κρατικούς φορείς και μετέχει στα αρμόδια κοινοτικά όργανα για κάθε ζήτημα που αφορά στην προστασία και τη διαχείριση των υδάτων.
- Εισηγείται τους γενικούς κανόνες κοστολόγησης και τιμολόγησης των υδάτων και παρακολουθεί την τήρησή τους.
- Εισηγείται νομοθετικά και διοικητικά μέτρα για την προστασία και τη διαχείριση των υδάτων.
- Παρακολουθεί σε εθνικό επίπεδο την ποιότητα και την ποσότητα των υδάτων.
- Καταρτίζει το Εθνικό Μητρώο προστατευόμενων περιοχών έως 22.12.2004.
- Φροντίζει, το αργότερο έως το 2015, για την προστασία, αναβάθμιση και αποκατάσταση όλων των συστημάτων των επιφανειακών υδάτων καθώς και των

τεχνητών και ιδιαιτέρως τροποποιημένων υδατικών συστημάτων.

Η Διεύθυνση Υδάτων της Περιφέρειας (άρθρο 5). Σε κάθε Περιφέρεια συνίσταται Διεύθυνση Υδάτων μέσω της οποίας ασκούνται οι αρμοδιότητες της Περιφέρειας για την προστασία και διαχείριση των υδάτων. Η Διεύθυνση Υδάτων έχει πολλές αρμοδιότητες μεταξύ των οποίων είναι οι εξής:

- Λαμβάνει τα αναγκαία μέτρα για την πρόληψη της υποβάθμισης και την αναβάθμιση και αποκατάσταση των υδατικών συστημάτων, την προοδευτική μείωση της ρύπανσης, την προώθηση της βιώσιμης χρήσης του νερού, τη διασφάλιση της ισορροπίας ανάμεσα στην άντληση νερού από τους υδροφόρους και τον εμπλουτισμό τους, τον μετριασμό των επιπτώσεων από ξηρασίες και πλημμύρες και τέλος την εφαρμογή των προβλεπόμενων στόχων για τις προστατευόμενες περιοχές.
- Εφαρμόζει μακροχρόνια και μεσοχρόνια προγράμματα προστασίας και διαχείρισης των λεκανών απορροής ποταμού.
- Καταρτίζει και εφαρμόζει τα Σχέδια Διαχείρισης και τα Προγράμματα Μέτρων, τα αποτελέσματα των οποίων μεταβιβάζει κάθε χρόνο στην Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων.
- Μεριμνά για την ουσιαστική συμμετοχή του κοινού.
- Συγκεντρώνει και επεξεργάζεται τα στοιχεία της ποσότητας και της ποιότητας των υδάτων και τα αποστέλλει στη βάση υδρολογικών και μετεωρολογικών δεδομένων.
- Συντονίζει όλους τους φορείς για θέματα που σχετίζονται με τη χρήση και την προστασία των υδάτων.
- Λαμβάνει όλα τα αναγκαία μέτρα για να πραγματοποιείται ανάλυση των χαρακτηριστικών της κάθε περιοχής λεκάνης απορροής ποταμού, επισκόπηση των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην κατάσταση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων και τέλος, οικονομική ανάλυση της χρήσης των υδάτων.

Το Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων (άρθρο 6), το οποίο συνίσταται σε κάθε περιφέρεια και αποτελεί όργανο κοινωνικού διαλόγου και διαβούλευσης για θέματα προστασίας και διαχείρισης των υδάτων. Στο Συμβούλιο προεδρεύει ο Γενικός Γραμματέας της Περιφέρειας και συμμετέχουν εκπρόσωποι των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων που υπάγονται στα διοικητικά όρια της Περιφέρειας, της Τ.Ε.Δ.Κ των

νομών της Περιφέρειας, των Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης Αποχέτευσης της Περιφέρειας, του Τεχνικού, Γεωτεχνικού, Εμπορικού και Βιομηχανικού Επιμελητηρίου, των Ενώσεων των Γεωργικών Συνεταιρισμών της Περιφέρειας, των περιβαλλοντικών μη κυβερνητικών οργανώσεων, του Γ.Ο.Ε.Β., και τέλος ένας εκπρόσωπος του κάθε φορέα διαχείρισης προστατευόμενης περιοχής. Το Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων δημοσιοποιεί το Σχέδιο Διαχείρισης προκειμένου το κοινό να πληροφορηθεί το περιεχόμενό του και να συμμετάσχει στη δημόσια διαβούλευση για αυτό. Στη συνέχεια το Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων γνωμοδοτεί πριν την έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης προς το Γενικό Γραμματέα της Περιφέρειας.

Όπως προαναφέρθηκε, δίδεται ιδιαίτερη έμφαση στην ανάκτηση του πλήρους κόστους για τις υπηρεσίες ύδατος. Με απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων, καθορίζονται οι διαδικασίες η μέθοδος και τα επίπεδα ανάκτησης του κόστους των υπηρεσιών ύδατος στις διάφορες χρήσεις λαμβάνοντας υπόψη:

- την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει»,
- τα κοινωνικά, περιβαλλοντικά και οικονομικά αποτελέσματα της ανάκτησης καθώς και τις γεωγραφικές και κλιματολογικές συνθήκες της κάθε περιοχής,
- την ανάλυση των χαρακτηριστικών της κάθε περιοχής λεκάνης απορροής ποταμού, την επισκόπηση των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην κατάσταση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων και τέλος, την οικονομική ανάλυση της χρήσης των υδάτων.

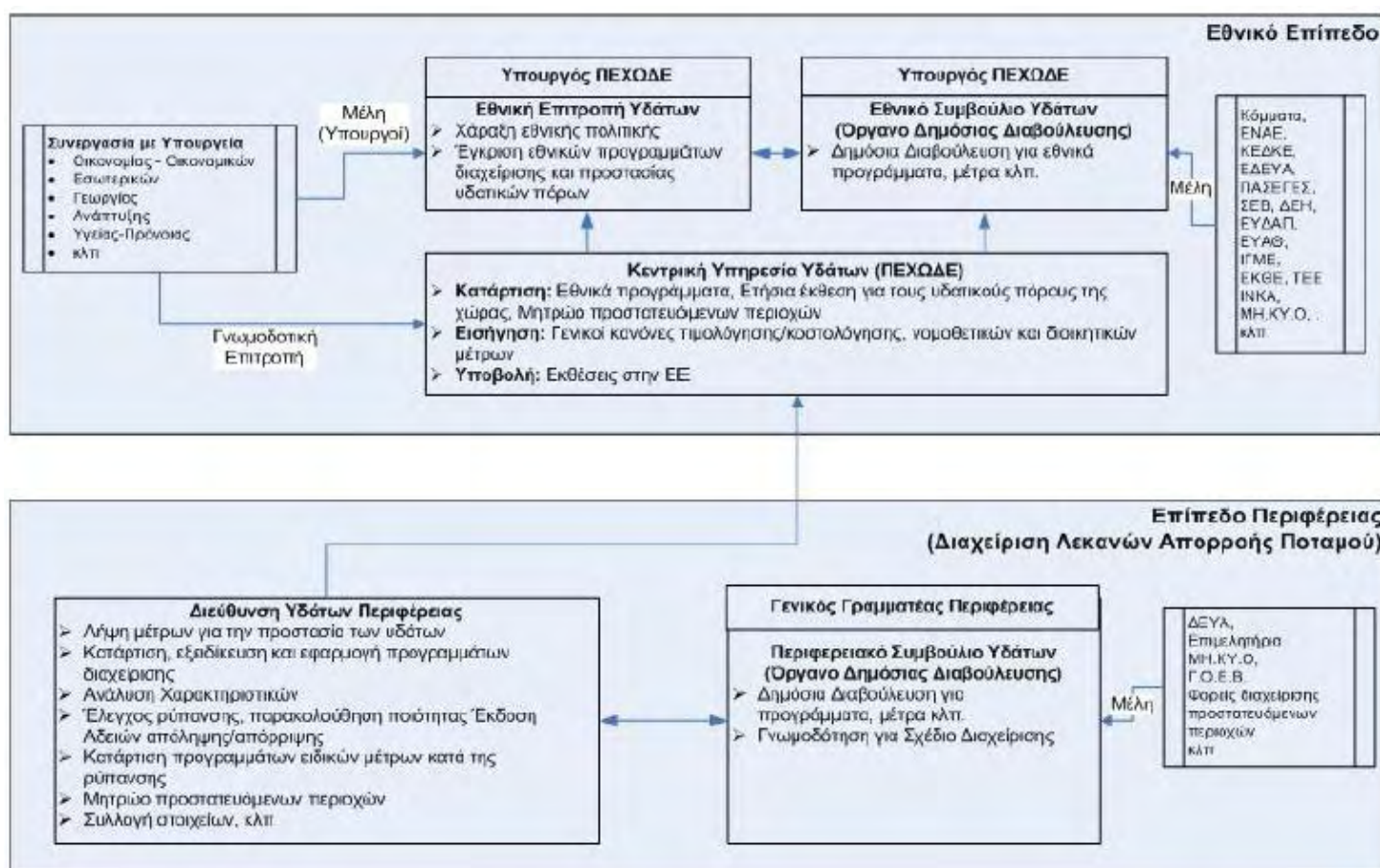
Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, κομβικό και καίριας σημασίας βήμα τόσο για την ανάκτηση του πλήρους κόστους των υπηρεσιών ύδατος αλλά και κατ' επέκταση της αποτελεσματικής διαχείρισης των υδάτων, αποτελεί η εφαρμογή του 5ου άρθρου της Οδηγίας 2000/60ΕΚ (ανάλυση των χαρακτηριστικών της λεκάνης απορροής ποταμού, επισκόπηση των επιπτώσεων των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων και οικονομική ανάλυση της χρήσης των υδάτων).

Ο νέος αυτός νόμος ενσωματώνει και την απαίτηση της Οδηγίας για τη συμμετοχή του κοινού. Η ενεργός συμμετοχή των ενδιαφερόμενων μερών εξασφαλίζεται με την αντιπροσώπευσή τους στο Εθνικό και στο Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων τα οποία πρόκειται να αναπτυχθούν ως μέρος του νέου διαχειριστικού πλαισίου. Προβλέπει επίσης διοικητικές και ποινικές κυρώσεις για τους παραβάτες. Προκειμένου να μεταφερθεί πλήρως η Οδηγία - Πλαίσιο, εκτός από το νέο νόμο, βρίσκονται σε εξέλιξη νομοθετικές πράξεις, Προεδρικά Διατάγματα και Κοινές Υπουργικές Αποφάσεις για την ενσωμάτωση

των τεχνικών όρων της Οδηγίας (Βαρσαμίδου, 2004).

Οι κυριότεροι στόχοι του Ν. 3199/2003 συνοψίζονται στους εξής:

- Να αποτελέσει ένα σύγχρονο και αποτελεσματικό νομοθετικό πλαίσιο στον τομέα διαχείρισης και προστασίας των υδάτων.
- Να αναπτύξει έναν μακροπρόθεσμο σχεδιασμό στη διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας μας.
- Να αποκεντρωθούν οι αρμοδιότητες από τη βασική υπηρεσία που είναι αρμόδια για τη χάραξη πολιτικής στον τομέα των υδατικών πόρων και να ενισχύσει τις περιφερειακές δομές.
- Να επιτευχθεί ο βασικός στόχος της Κοινοτικής Οδηγίας 2000/60 στα πλαίσια των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του ελληνικού χώρου.



Σχήμα 2.1 Οι αρμοδιότητες των υπηρεσιών του Ν.3199/2003 (Ασημακόπουλος, 2004)

Σε σύγκριση των δύο νόμων η στρατηγική διαχείρισης των υδατικών πόρων είναι τελείως διαφορετική. Εν συντομία παρατίθενται οι διαφορές στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.2 Σύγκριση των δύο νόμων (Ν.1793/87 και Ν.3199/03)

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΝΟΜΩΝ	
Ν. 1739/87	Ν.3199/2003
Διαχειριστική ενότητα – περιοχή μιας λεκάνης απορροής ποταμού – 14 Υδάτινα διαμερίσματα	Ορίζεται ποια Περιφέρεια από τις 13 θα είναι αρμόδια για την διαχείριση κάθε υδατικού πόρου
Διυπουργική Επιτροπή Υδάτων (ΔΕΥΑ), ενώ σε περιφερειακό επίπεδο οι Περιφερειακές Επιτροπές Υδάτων (ΠΕΥΔ)	Εθνική Επιτροπή Υδάτων με Πρόεδρο τον Υπουργό ΠΕΧΩΔΕ. Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων συνίσταται στο ΥΠΕΧΩΔΕ επιπέδου Γενικής Διεύθυνσης
Η έννοια του νερού ως δημόσιο αγαθό	Η εναρμόνιση με την Κοινοτική Οδηγία 2000/60
Αντιστοίχιση – προσαρμογή	Αντιστοίχιση – προσαρμογή της ζήτησης στην προσφορά

2.6. ΤΟ ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ 51/2007

Το Προεδρικό Διάταγμα Π.Δ. 51/2007 αφορά τον «καθορισμό μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/EK για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων' του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000», αποτελεί την ουσιαστική εναρμόνιση στο εθνικό θεσμικό πλαίσιο της οδηγίας 2000/60EK. Ταυτόχρονα, ρυθμίζει την εφαρμογή ορισμένων διατάξεων των νόμων 1650/1986 «Για την προστασία του περιβάλλοντος» και 3199/2003 για την: «Προστασία και διαχείριση των υδάτων – εναρμόνιση με την οδηγία 2000/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000».

Στόχος του ΠΔ είναι η θέσπιση του αναγκαίου πλαισίου μέτρων και διαδικασιών ώστε να επιτευχθεί η ολοκληρωμένη προστασία και ορθολογική διαχείριση των εσωτερικών επιφανειακών, των μεταβατικών, των παράκτιων και υπόγειων νερών (άρθρο 1).

Από το περιεχόμενο του ΠΔ γίνεται σαφές ότι επιδιώκονται οι εξής δράσεις:

- προσδιορισμός των περιοχών λεκάνης απορροής (άρθρο 3),
- προσδιορισμός περιβαλλοντικών στόχων (άρθρο 4),
- οικονομική ανάλυση (άρθρο 5),
- σύνταξη μητρών προστατευόμενων περιοχών (άρθρο 6),
- ανάκτηση κόστους για υπηρεσίες ύδατος (άρθρο 8),
- σχέδια διαχείρισης Υδατικών Διαμερισμάτων (άρθρα 10),
- σύνταξη Προγραμμάτων Μέτρων (άρθρο 12),
- δημοσίευση των Σχεδίων Διαχείρισης (άρθρο 15),
- εκπλήρωση υποχρεώσεων προς την Επιτροπή ΕΚ (άρθρο 16).

Στο άρθρο 2 αναλύονται οι όροι που χρησιμοποιούνται για την κατανόηση και αποσαφήνιση των μέτρων που ορίζονται στο παρόν Π.Δ. Αμέσως μετά στο άρθρο 3 δίνονται οδηγίες σχετικά με τον προσδιορισμό των λεκανών απορροής ποταμού. Με απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων, οι λεκάνες απορροής ποταμού, που έχουν ενδεχομένως προσδιορισθεί σύμφωνα με την §2 του άρθρου 5 του Ν. 3199/2003, υπάγονται σε περιοχές λεκάνης απορροής ποταμού. Αρμόδια αρχή για την διαχείριση και προστασία των περιοχών λεκάνης απορροής ποταμού είναι η Περιφέρεια, στα διοικητικά όρια της οποίας εμπίπτει κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού. Αν η εν λόγω περιοχή εκτείνεται στα διοικητικά όρια περισσότερων Περιφερειών, εφαρμόζονται κατ' αναλογία οι διατάξεις της §3 του άρθρου 5 του νόμου αυτού, ειδικότερα όσον αφορά στο συντονισμό των Προγραμμάτων Μέτρων, για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων που προβλέπονται στο άρθρο 4 του παρόντος Π.Δ.

Όταν μια λεκάνη απορροής ποταμού εκτείνεται στην Ελληνική Επικράτεια και στην Επικράτεια άλλου κράτους μέλους, η Εθνική Επιτροπή Υδάτων ενδεχομένως και με την συνδρομή της Επιτροπής Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, μεριμνά για την υπαγωγή της εν λόγω λεκάνης απορροής ποταμού σε διεθνή περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού. Στην αντίστοιχη περίπτωση όπου μία περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού εκτείνεται στην Ελληνική Επικράτεια και στην Επικράτεια τρίτου κράτους μη μέλους της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η Εθνική Επιτροπή Υδάτων επιδιώκει τον αναγκαίο συντονισμό με το οικείο τρίτο κράτος για την επίτευξη των στόχων του παρόντος διατάγματος σ' ολόκληρη την περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού. Η οικεία Περιφέρεια στα διοικητικά όρια της οποίας εκτείνεται το τμήμα της διεθνούς- διασυνοριακής λεκάνης απορροής ποταμού, είναι η αρμόδια αρχή για την προστασία και διαχείριση του (άρθρο 3).

Για την αποτελεσματική εφαρμογή των Προγραμμάτων Μέτρων που

περιλαμβάνονται στα Σχέδια Διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού, προβλέπονται μέτρα επίτευξης περιβαλλοντικών στόχων για τα επιφανειακά ύδατα, τα υπόγεια ύδατα και για τις προστατευόμενες περιοχές. Οι Διευθύνσεις Υδάτων σε συνεργασία με τις Διευθύνσεις Υγείας των Περιφερειών λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα, ώστε η εφαρμογή των διατάξεων του άρθρου 4 του Π.Δ., να εξασφαλίζει τουλάχιστον το ίδιο επίπεδο προστασίας με αυτό που προβλέπεται στις εκάστοτε κείμενες εθνικές και κοινοτικές διατάξεις.

Οι Διευθύνσεις Υδάτων των Περιφερειών έχουν την υποχρέωση να καταρτίσουν μητρώο προστατευόμενων περιοχών για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού (άρθρο 6.), το οποίο επανεξετάζεται και ενημερώνεται ανά τριετία και το οποίο διαβιβάζουν στην Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων. Η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων καταρτίζει και επανεξετάζει το Εθνικό Μητρώο Προστατευόμενων Περιοχών της χώρας. Προστατευόμενες περιοχές είναι αυτές που έχουν χαρακτηριστεί ότι έχουν ανάγκη ειδικής προστασίας βάσει ειδικών διατάξεων της κείμενης εθνικής και κοινοτικής νομοθεσίας σχετικά με την προστασία των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων ή τη διατήρηση των οικοτόπων και των ειδών που εξαρτώνται άμεσα από το νερό.

Σύμφωνα με το άρθρο 7, σε κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού, οι αρμόδιες Διευθύνσεις Υδάτων με τη σύμφωνη γνώμη των Διευθύνσεων Υγείας της Περιφέρειας προσδιορίζουν:

- όλα τα υδατικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για την απόληψη ύδατος με σκοπό την ανθρώπινη κατανάλωση και παρέχουν κατά μέσο όρο άνω των 10m^3 ημερησίως ή εξυπηρετούν περισσότερα από 50 άτομα,
- τα υδατικά συστήματα που προσδιορίζονται για τέτοια χρήση μελλοντικά όπου υπάρχει παρακολούθηση όλων των υδάτων με παροχή πάνω από 100m^3 /ημέρα, είτε αυτά είναι επιφανειακά είτε υπόγεια σχετικά με την ποιότητα τους στοιχεία.

Στο άρθρο 8, γίνεται αναφορά στην «ανάκτηση κόστους για υπηρεσίες ύδατος». Για την ανάκτηση κόστους που αφορά στις υπηρεσίες ύδατος, συμπεριλαμβανομένου και του κόστους για το περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους, απαιτείται σχετική οικονομική ανάλυση η οποία πραγματοποιείται κατά τα οριζόμενα στο Παράρτημα IV του παρόντος Π.Δ. και σύμφωνα με την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει». Οι γενικοί κανόνες κοστολόγησης και τιμολόγησης των υδάτων, συμπεριλαμβανομένης της ανάκτησης κόστους, εγκρίνονται με απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων.

Για τη συνδυασμένη προσέγγιση και τον έλεγχο των σημειακών ή διάχυτων πηγών

ρύπανσης, οι Διευθύνσεις Υδάτων των Περιφερειών φέρουν την ευθύνη της παρακολούθησης της απόρριψης ουσιών που καταλήγουν στα επιφανειακά ύδατα. Έτσι διενεργούν ελέγχους (άρθρο 9):

- Για τον προσδιορισμό των εκπομπών σύμφωνα με τις Καλύτερες Διαθέσιμες Τεχνικές.
- Για την τήρηση των οριακών τιμών των εκπομπών που έχουν καθορισθεί ή καθορίζονται με ειδικές διατάξεις.
- Για τις διάχυτες πηγές ρύπανσης, συμπεριλαμβανομένης κατά περίπτωση της εφαρμογής Βέλτιστων Περιβαλλοντικών Πρακτικών.

Το παρόν διάταγμα προβλέπει επίσης και τις διαδικασίες για την υιοθέτηση Σχεδίου Διαχείρισης περιοχής λεκάνης απορροής ποταμού (άρθρο 10), Προγράμματος Παρακολούθησης της κατάστασης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων καθώς και των προστατευόμενων περιοχών (άρθρο 11), Προγραμμάτων Μέτρων (άρθρο 12), Προγραμμάτων Ειδικών Μέτρων κατά της ρύπανσης (άρθρο 13), Προγραμμάτων ειδικών μέτρων για την πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων (άρθρο 14), καθώς επίσης και τις διαδικασίες δημοσιοποίησης των Σχεδίων Διαχείρισης (άρθρο 15) και τελειώνει με την υποχρέωση υποβολής εκθέσεων στην Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (άρθρο 16) (Π.Δ 51/2007).

2.7. ΟΔΗΓΙΑ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΥΔΑΤΑ 2000/60

Η Οδηγία Πλαίσιο για τα νερά αποτελεί μία συνολική και καινοτόμο προσπάθεια προστασίας και διαχείρισης των υδατικών πόρων. Δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων στις 20.12.2000 και αποτελεί το πιο βασικό θεσμικό εργαλείο που εισάγεται στον τομέα του νερού σε διεθνές επίπεδο, εδώ και πολλά χρόνια. Είναι αποτέλεσμα της ανάγκης ολοκληρωμένου περιβαλλοντικού σχεδιασμού και διαχείρισης. Η προετοιμασία της Οδηγίας διήρκεσε μία δεκαετία και αποτέλεσε πεδίο έντονης επιστημονικής και πολιτικής αντιπαράθεσης μεταξύ των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Βασικός στόχος είναι η καλύτερη κατάσταση από πλευράς ποιότητας και ποσότητας των υδατικών πόρων έως το 2015 (Μιμίκου, 2006). Όπως αναφέρεται άλλωστε στις διατάξεις της οδηγίας: «Τελικός Στόχος είναι η επίτευξη της εξάλειψης των επικίνδυνων ουσιών προτεραιότητας και η συμβολή στην επίτευξη συγκεντρώσεων στο θαλάσσιο περιβάλλον, οι οποίες για τις φυσικώς απαντώμενες ουσίες, πλησιάζουν το φυσικό βασικό επίπεδο»

Σημειώνεται ότι η επιτυχία της εφαρμογής της Οδηγίας αναμένεται να εξαρτηθεί από δύο βασικούς παράγοντες, ήτοι (Σφυρής, 2006):

- Την εναρμόνιση των ανθρωπογενών παρεμβάσεων και δραστηριοτήτων που επιδρούν στον κύκλο του νερού στα χωρικά πλαίσια μιας Λεκάνης Απορροής.
- Την άμεση λήψη των "κατάλληλων" διαχειριστικών μέτρων από τα Κράτη-Μέλη, τα οποία θα εξασφαλίσουν το επιθυμητό αποτέλεσμα κατά την διάρκεια των επόμενων ετών (Μιμίκου και Φωτόπουλος, 2004).

Η Οδηγία έχει ως στόχο τη μακροπρόθεσμη προστασία όλων των υδάτων (επιφανειακών, μεταβατικών, υπόγειων και παράκτιων) και των οικοσυστημάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης και δημιουργεί ένα πλαίσιο αειφορικής διαχείρισης, το οποίο:

- αποτρέπει την περαιτέρω υποβάθμιση, προστατεύει και βελτιώνει την κατάσταση όλων των υδατικών πόρων καθώς και τα χερσαία οικοσυστήματα που τους περιέχουν ή τους περιβάλλουν
- προωθεί τη βιώσιμη διαχείριση των υδάτων, μέσω της μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων υδατικών πόρων·
- ενισχύει την προστασία του υδατικού περιβάλλοντος, με την εφαρμογή μέτρων για τη μείωση της απόρριψης ρυπαντικών ουσιών και την εξάλειψη της απόρριψης ορισμένων επικίνδυνων ρυπαντών που προσδιορίζονται και επικαιροποιούνται σε ειδικούς καταλόγους ουσιών προτεραιότητας·
- διασφαλίζει την προοδευτική μείωση της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων και τη σταδιακή αποκατάσταση της ποιότητάς τους·
- συμβάλλει στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων ακραίων φαινομένων, πλημμυρών και ξηρασίας. (Οδηγία 2000/60/EK).

Για την επίτευξη του σκοπού αυτού θεσπίζεται μια σειρά ρυθμίσεων, που επιχειρούν:

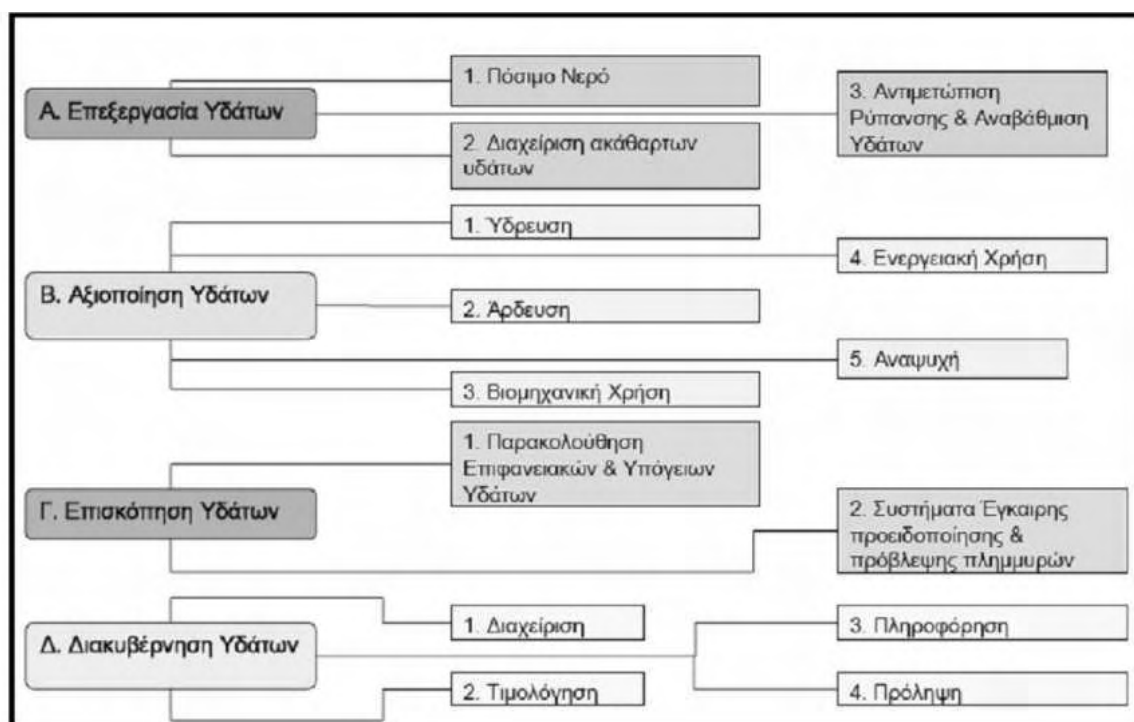
- να επιτύχουν τη διατήρηση ή την αποκατάσταση της καλής κατάστασης των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων μέχρι το 2015,
- να ενοποιήσουν και να συμπληρώσουν την προηγούμενη αποσπασματική ευρωπαϊκή νομοθεσία για τα νερά,
- να προσεγγίσουν τη διαχείριση των υδατικών πόρων σε επίπεδο Υδατικού Διαμερίσματος (περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού ή περιοχή λεκανών απορροής ποταμών), η οποία νοείται αποτελούμενη από μία ή περισσότερες γειτονικές λεκάνες απορροής, μαζί με τα συναφή υπόγεια και παράκτια ύδατα,

ορίζοντας την αρμόδια αρχή για την άσκησή της,

- να ασκήσουν τη διαχείριση των υδατικών πόρων βάσει προγραμμάτων - σχεδίων διαχείρισης Υδατικού Διαμερίσματος, τα οποία θα καταρτίσει κάθε κράτος-μέλος μέχρι το 2009 και τα οποία θα περιλαμβάνουν τη γενική περιγραφή των χαρακτηριστικών της περιοχής, τις επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην ποσότητα και την ποιότητα των υδατικών πόρων, τις χρήσεις του ύδατος κλπ.
- να προωθήσουν ορθολογικές αναλύσεις κόστους (συμπεριλαμβανομένου και του περιβαλλοντικού κόστους) και να εξασφαλίσουν, τη μέσω οικονομικών εργαλείων (π.χ. κατάλληλη τιμολόγηση των υπηρεσιών), ορθολογική διαχείριση και ανάκτηση του συνεπαγόμενου κόστους, μέχρι το 2010.

Σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα η θεματολογία της οδηγίας περιλαμβάνει τέσσερα αυτοτελή μέρη, τα οποία αλληλεξαρτώνται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Τα τέσσερα αυτά μέρη είναι τα εξής:

- Το στάδιο της επεξεργασίας των υδάτων.
- Το στάδιο της αξιοποίησης των υδάτων.
- Το στάδιο της επισκόπησης των υδάτων.
- Το στάδιο της διακυβέρνησης των υδάτων.



Σχήμα 2.2 Θεματολογία της Οδηγίας 200/60/ΕΕ (Μιμίκου, 2006).

Το χρονικό περιθώριο για την εφαρμογή της οδηγίας είναι εξαιρετικά δεσμευτικό και απαιτητικό, και σε κάθε περίπτωση απαιτείται συντονισμένη προσπάθεια από όλους τους εμπλεκόμενους φορείς των κρατών μελών, καθώς και υλοποίηση παράλληλων δράσεων.

Τα πρώτα 9 χρόνια από την ψήφισή της προβλέπεται να είναι προπαρασκευαστικά, προκειμένου να δημιουργηθούν στα κράτη – μέλη οι κατάλληλες διοικητικές και λοιπές υποδομές. Αναλυτικότερα:

2002 Υποβάλλεται από την Επιτροπή πρόταση θέσπισης μέτρων κατά της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων.

2003 Ολοκληρώνεται η διαδικασία εναρμόνισης της εθνικής νομοθεσίας των κρατών - μελών με την Οδηγία, και προσδιορίζονται τα υδατικά διαμερίσματα, καθώς και τα όρια δικαιοδοσίας των αρχών διαχείρισης.

2004 Προσδιορίζεται για κάθε υδάτινα διαμερίσματα και ολοκληρώνεται η ανάλυση των πιέσεων και των επιπτώσεων επί των υδατικών σωμάτων και η οικονομική ανάλυση των χρήσεων ύδατος. Επίσης ολοκληρώνεται η καταγραφή των προστατευόμενων περιοχών.

2006 Ολοκληρώνονται τα προγράμματα παρακολούθησης της κατάστασης (ποσοτικής και ποιοτικής-συμπεριλαμβανόμενης και της οικολογικής) των υδάτων.

2007 Καταργούνται οι Οδηγίες 75/440/ΕΟΚ (επιφανειακά ύδατα) και 79/869/ΕΟΚ (μετρήσεις των επιφανειακών υδάτων) και η Απόφαση 77/795/ΕΟΚ (ανταλλαγή της πληροφορίας για τα επιφανειακά ύδατα).

2009 Λαμβάνοντας υπόψη τα προγράμματα παρακολούθησης και τις αναλύσεις των χαρακτηριστικών των υδατικών διαμερισμάτων, προσδιορίζονται από τα Κράτη-Μέλη τα μέτρα που απαιτούνται για την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας, με οικονομικά αποτελεσματικό τρόπο.

2010 Εφαρμόζεται τιμολογιακή πολιτική για τις διάφορες χρήσεις των υδάτων με σκοπό τη βιωσιμότητα των υδατικών πόρων.

2011 Τίθενται σε λειτουργία τα προγράμματα διαχείρισης. Καθιερώνονται έλεγχοι ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων, με βάση τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές και τις βέλτιστες περιβαλλοντικές πρακτικές.

2012 Καταργούνται οι Οδηγίες 78/659/ΕΟΚ (ύδατα αλιείας), 79/923/ΕΟΚ (οστρακοκαλλιέργεια), 80/86/ΕΟΚ (υπόγεια ύδατα) και 76/464/ΕΟΚ (επικίνδυνες ουσίες).

2015 Πλήρης εφαρμογή των Προγραμμάτων Διαχείρισης και επίτευξη των

περιβαλλοντικών στόχων.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι τα Κράτη Μέλη είναι ενδεχόμενο να μην επιτύχουν την καλή ποιότητα όλων των υδάτινων σωμάτων μέχρι το 2015, για λόγους που μπορεί να σχετίζονται με την ανεπαρκή τεχνική υποδομή, το υψηλό κόστος ή τις τοπικές συνθήκες. Οι ενδεχόμενες δυσκολίες, που δεν επιτρέπουν την υλοποίηση του βασικού στόχου της Οδηγίας θα πρέπει να τεκμηριώνονται στα Προγράμματα Διαχείρισης των Υδάτινων Περιφερειών και στις περιπτώσεις αυτές η Οδηγία Πλαίσιο δίδει στα Κράτη Μέλη τη δυνατότητα για υλοποίηση των μέτρων και συμμόρφωση σε μεταγενέστερους, εξαιτούς διάρκειας, κύκλους σχεδιασμού και εφαρμογής των προγραμμάτων.

Οι σπουδαιότεροι στόχοι στην πορεία υλοποίησης των άρθρων της Οδηγίας 200/60/ΕΚ είναι οι ακόλουθοι:

- Αναγνώριση της περιοχής λεκάνης απορροής ως της βασικής μονάδας εφαρμογής και συντονισμού των άρθρων της Οδηγίας (άρθρο 3).
- Η συμφωνία και συναίνεση όλων των κρατών μελών σε βασικά θέματα διαχείρισης υδατικών συστημάτων (άρθρα 4,5,6 και 14).
- Η εγκατάσταση και λειτουργία κατάλληλων δικτύων παρακολούθησης, «ώστε να υπάρχει συνεκτική και συνολική εικόνα της κατάστασης των υδάτων σε κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού» (άρθρο 8).
- Ο σχεδιασμός προγραμμάτων μέτρων, τα οποία θα πρέπει να περιλαμβάνουν τόσο «βασικά» όσο και «συμπληρωματικά» μέτρα, για την επίτευξη ή και διατήρηση της καλής κατάστασης των υδατικών συστημάτων (άρθρο 11).
- Η ανάπτυξη τελικών σχεδίων διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού, το αργότερο ως το 2009 (άρθρο 13).
- Η ενθάρρυνση της «ενεργούς συμμετοχής όλων των ενδιαφερόμενων μερών στην υλοποίηση της παρούσας Οδηγίας, ιδίως δε στην εκπόνηση, αναθεώρηση και ενημέρωση των σχεδίων διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού» (άρθρο 14) (Χρυσοπολίτου και Τσιαούση, 2006).

Η Οδηγία Πλαίσιο 2000/60/ΕΕ αντιλαμβάνεται το νερό ως ένα οικονομικό αγαθό και κατ' επέκταση το διαχειρίζεται σύμφωνα με τις οικονομικές αρχές. Ο ρόλος των οικονομικών είναι ξεκάθαρος μέσα στην Οδηγία μιας και η λέξη «οικονομική» αναφέρεται αρκετές φορές μέσα στο κείμενο. Η αναλυτική όμως ανάλυση γίνεται στο άρθρο 9 όπου γίνεται λόγος για ανάκτηση κόστους για υπηρεσίες ύδατος. Τα κράτη μέλη λαμβάνουν υπόψη την αρχή της ανάκτησης του κόστους των υπηρεσιών ύδατος,

συμπεριλαμβανομένου του κόστους για το περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους, λαμβάνοντας υπόψη την οικονομική ανάλυση που διεξάγεται σύμφωνα με το παράρτημα III, και ειδικότερα σύμφωνα με την αρχή ο «ρυπαίνων πληρώνει».

Το άρθρο 9 στοχεύει στην αποτελεσματική και βιώσιμη χρήση του νερού μέσω της εφαρμογής κατάλληλων πολιτικών τιμολόγησης, οι οποίες παρέχουν κίνητρα σε όλους ώστε να χρησιμοποιούν το νερό με σύνεση. Οι πολιτικές τιμολόγησης διέπονται από τις παρακάτω αρχές (Σφυρής, 2006):

- Παροχή κινήτρων στους χρήστες για αποτελεσματική και όχι σπάταλη χρήση του νερού.
- Ικανοποιητική ανάκτηση του κόστους των υπηρεσιών ύδατος, δηλαδή το κόστος για την παροχή του νερού (πόσιμο, άρδευση κλπ) να καλύπτεται από τα έσοδα σε σημαντικό βαθμό, μέσω της συμβολής των διαφόρων χρήσεων (π.χ. νοικοκυριά, βιομηχανία, γεωργία, τουρισμός), λαμβάνοντας υπόψη την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει».
- Να συμπεριλαμβάνεται το κόστος για το περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους στο συνολικό κόστος των υπηρεσιών ύδατος.

Αντίστοιχα στο παράρτημα III περιγράφει με σαφήνεια την οικονομική ανάλυση της οδηγίας. Εμπεριέχει τις οικονομικές παραμέτρους των προηγούμενων άρθρων και συγκεκριμένα κάνει λόγο για την ανάκτηση του κόστους υπηρεσιών του νερού, για τον υπολογισμό της ζήτησης και προσφοράς νερού πάντα σε κλίμακα λεκάνης απορροής, για τον υπολογισμό των ποσοτήτων, των τιμών και του κόστους των υπηρεσιών, για τον προσδιορισμό των σχετικών επενδύσεων και για τη χρησιμοποίηση του πιο αποτελεσματικού, με γνώμονα το κόστος, προγράμματος μέτρων. (WATECO, 2002).

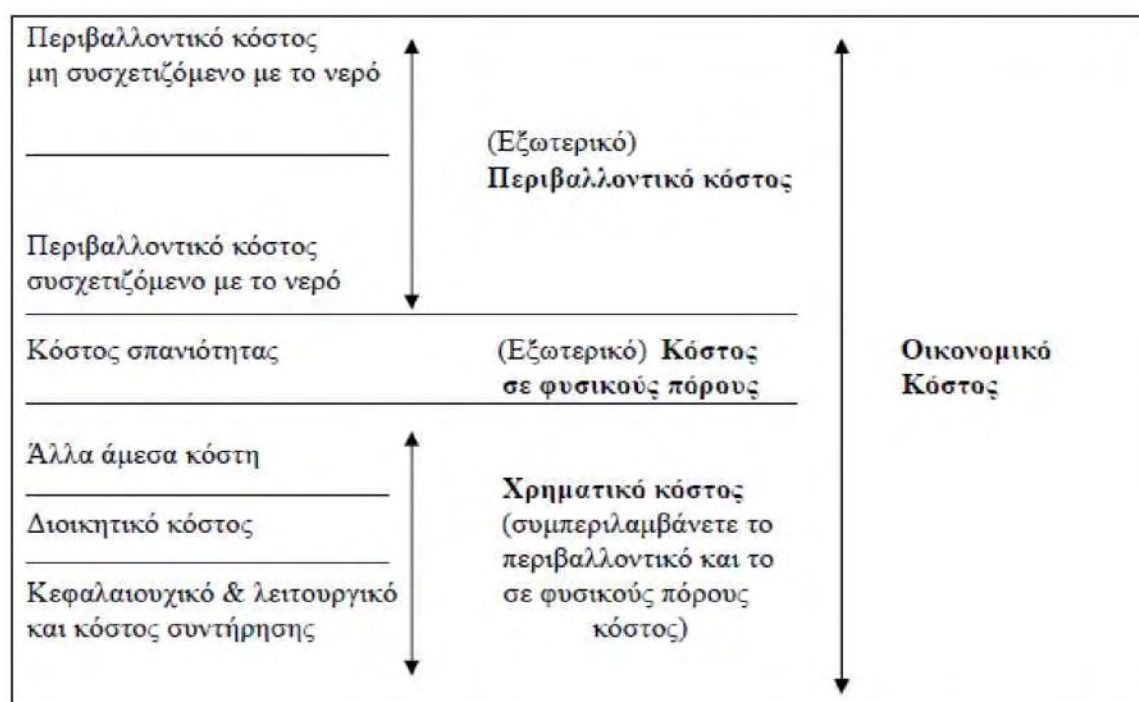
Η ανάκτηση του κόστους αποτελεί βασικό σκοπό της κοινής στρατηγικής εφαρμογής της Οδηγίας. Η επανάκτηση του κόστους θα πρέπει να συντελεστεί σε επτά διαδοχικά βήματα.

- Προσδιορισμός των υπηρεσιών του νερού.
- Προσδιορισμός των υποκειμένων: εταιρείες παροχής, χρήστες, ρυπαίνοντες.
- Υπολογισμός του χρηματικού κόστους των υπηρεσιών του νερού.
- Προσδιορισμός και υπολογισμός του περιβαλλοντικού κόστους και του κόστους σε φυσικούς πόρους.
- Προσδιορισμός του μηχανισμού της επανάκτησης του κόστους.
- Υπολογισμός του ποσοστού επανάκτησης του κόστους.

- Προσδιορισμός του επιμερισμού του κόστους ανάμεσα στους χρηστές και στους ρυπαίνοντας.

Η διαγραμματική απεικόνιση της ανάκτησης του κόστους παρουσιάζεται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα.

Η εφαρμογή της οικονομικής ανάλυσης της οδηγίας μπορεί να χωριστεί σε τρία βήματα όπου σκοπό έχουν να παρθούν τα κατάλληλα μέτρα για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων καθώς επίσης να προσδιορίσουν το πραγματικό κόστος της διαχείρισης των υδάτων που θα έχει ως αποτέλεσμα στην επανάκτηση του (WATECO, 2002).



Σχήμα 2.3 Τα τρία είδη κόστους που εμφανίζονται στην Οδηγία (WATECO, 2002).

Σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα το κάθε βήμα αποτελείται από επιμέρους βήματα και έχουν συγκεκριμένο χρονικό όριο για να υλοποιηθούν.

Το πρώτο βήμα είναι ο χαρακτηρισμός της λεκάνης απορροής υδάτων και θα πρέπει να υλοποιηθεί μέχρι το 2004 και μπορεί να χωριστεί σε τρία μέρη:

- Εκτίμηση της οικονομικής σημασίας των χρήσεων του νερού. Θα πρέπει οι χρήσεις νερού να χωριστούν σύμφωνα με κοινωνικό – οικονομικό τομέα που εμφανίζεται πχ γεωργία, βιομηχανία, νοικοκυριά και τουρισμό.
- Σχεδιασμός της τάσης των βασικών δεικτών και προσδιοριστικών παραγόντων μέχρι το 2015.

- Προσδιορισμός τρέχουσας ανάκτησης του κόστους.

Το δεύτερο βήμα είναι ο προσδιορισμός σημαντικών διαχειριστικών ζητημάτων νερού και θα πρέπει να υλοποιηθεί μέχρι το 2007 και μπορεί να χωριστεί σε τρία μέρη:

- Εξεύρεση πιθανού κενού (ελλείμματος) μεταξύ της κατάστασης των υδάτων έτσι όπως αποτυπώθηκαν από το Βασικό Σενάριο και των στόχων της Οδηγίας για τα ύδατα. Η λεπτομερέστερη εξέταση των μεμονωμένων προβλημάτων κάθε λεκάνης απορροής αποτελεί επίσης αντικείμενο αυτού του σταδίου. Είναι λοιπόν ένα απαραίτητο εισαγωγικό μέρος για την ετοιμασία του προγράμματος των μέτρων, που θα επιδιώξουν να φέρουν σε πέρας τους στόχους της πολιτικής των υδάτων. Ανάλογα με το αποτέλεσμα της σύγκρισης οδηγούμαστε στο αντίστοιχο επόμενο στάδιο.
- Εντοπισμός κενού: Αρχικά θα πρέπει να προσδιοριστούν οι παράγοντες που εντείνουν τις πιέσεις ώστε να καταστεί δυνατή η αντιμετώπιση τους με τα κατάλληλα μέτρα. Στη συνέχεια σειρά έχει ο καθορισμός των συμπληρωματικών μέτρων και αξιολόγηση της κοινωνικό – οικονομική επίδρασης που μπορεί να έχουν στα αντίστοιχα κοινωνικά στρώματα. Τα νέα συμπληρωματικά μέτρα που θα προταθούν μπορεί να περιλαμβάνουν νέες επενδύσεις, τομεακές πολιτικές, οικονομικά εργαλεία κ.α.

3. ΔΙΚΤΥΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

3.1. ΟΡΙΣΜΟΣ

Κάθε δίκτυο ύδρευσης αποτελεί ένα σύστημα αγωγών υπό πίεση, που παραλαμβάνει νερό από ολιγάριθμες πηγές (σημεία εισόδου) και το οδηγεί προς πολλαπλά σημεία προορισμού (σημεία εξόδου ή καταναλωτές). Ουσιαστικά διανέμει το επεξεργασμένο (καθαρό) νερό από τις δεξαμενές σε πολλαπλά σημεία προορισμού (καταναλωτές) μιας αστικής περιοχής (Ευστρατιάδης και Κουτσογιάννης, 2005).

3.2. ΔΟΜΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Κάθε δίκτυο ύδρευσης μπορεί να χωριστεί σε δύο μέρη:

1. Το εξωτερικό υδραγωγείο.
2. Το εσωτερικό υδραγωγείο.

Εξωτερικό υδραγωγείο:

Το εξωτερικό υδραγωγείο είναι η διάταξη έργων μεταφοράς νερού από την υδροληψία στη δεξαμενή ρύθμισης, αποθήκευσης του οικισμού. Το εξωτερικό υδραγωγείο μπορεί να αποτελείται από:

- Ανοικτούς αγωγούς βαρύτητας.
 - Κλειστούς αγωγούς υπό πίεση. Οι υπό πίεση αγωγοί μπορεί να είναι είτε βαρύτητας είτε να είναι αγωγοί κατάθλιψης, δηλαδή να υποβοηθούνται από αντλητικό συγκρότημα.
 - Κλειστούς αγωγούς που λειτουργούν όμως σαν αγωγοί ελευθέρως επιφάνειας.
- Εσωτερικό υδραγωγείο.

Το εσωτερικό υδραγωγείο είναι το σύστημα διανομής ύδατος και περιλαμβάνει το άθροισμα των αγωγών που μεταφέρουν το νερό από τη δεξαμενή αποθήκευσης σε κάθε σημείο της υδροδοτούμενης περιοχής. Εκτός από το δίκτυο των αγωγών περιλαμβάνει και όλα τα υπόλοιπα έργα διανομής κατάντη της δεξαμενής αποθήκευσης του νερού, όπως τις αντλίες, τις δικλίδες, τους ρυθμιστές πίεσης κ.τ.λ. Δύο είναι οι βασικές απαιτήσεις για το εσωτερικό υδραγωγείο, οι οποίες αναλύονται ποσοτικά στην ενότητα που αναλύονται οι λειτουργικές απαιτήσεις των δικτύων ύδρευσης:

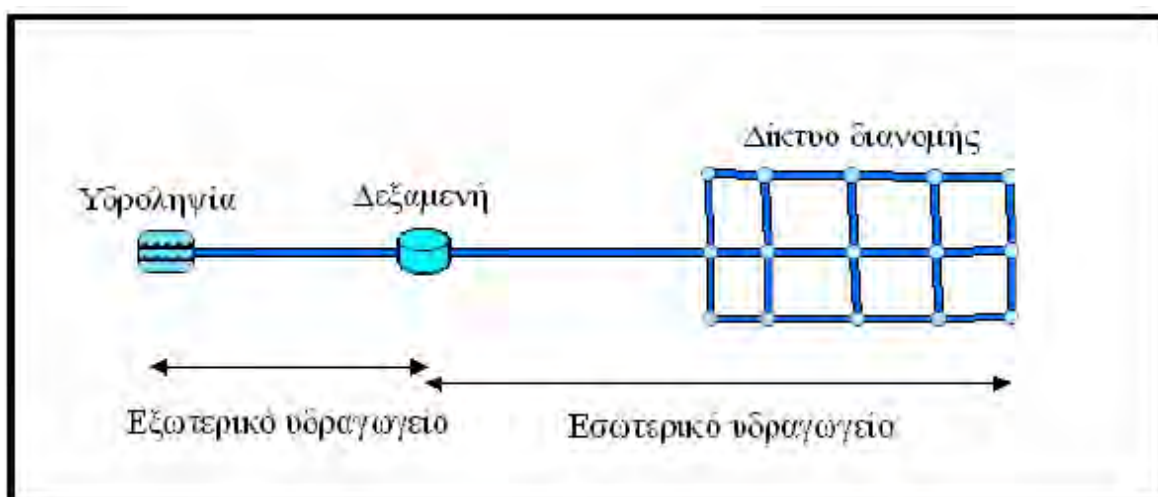
1. Η εξασφάλιση της απαιτούμενης παροχής σε κάθε σημείο του δικτύου με ικανοποιητική ταχύτητα.
2. Η διατήρηση της πίεσης (ύψος πίεσης) εντός των αποδεκτών ορίων.

Όσον αφορά τη δεξαμενή ρύθμισης ή αποθήκευσης είναι αυτή που οριοθετεί τα

τιμήματα του υδραγωγείου και για την διαστασιολόγησή της χρειάζονται πληροφορίες τόσο από το εσωτερικό όσο και από το εξωτερικό υδραγωγείο. Συνήθως η δεξαμενή ρύθμισης έχει εικοσιτετράωρη βάση λειτουργίας και πληροί τις δύο παρακάτω λειτουργίες:

- Την εξίσωση παροχών και καταναλώσεως ανακουφίζοντας την παροχή σχεδιασμού για το εξωτερικό υδραγωγείο.
- Την εξασφάλιση αποθηκευμένου νερού για την περίπτωση βλάβης ή πυρκαγιάς.

Έτσι η παροχή σχεδιασμού για το εξωτερικό υδραγωγείο είναι η μέγιστη ημερήσια, ενώ η παροχή σχεδιασμού για το εσωτερικό υδραγωγείο είναι η μέγιστη ωριαία. Προφανώς η δεξαμενή ρύθμισης θα πρέπει μέσα στο εικοσιτετράωρο (αν η δεξαμενή ρύθμισης έχει εικοσιτετράωρη βάση λειτουργίας) να έχει τέτοιο όγκο (όγκος ρυθμίσεως) ώστε να μπορεί να αποδώσει τις παροχές αιχμής για τον οικισμό για σταθερή εισροή από το εξωτερικό υδραγωγείο.



Σχήμα 3.1 Δομή δικτύων ύδρευσης

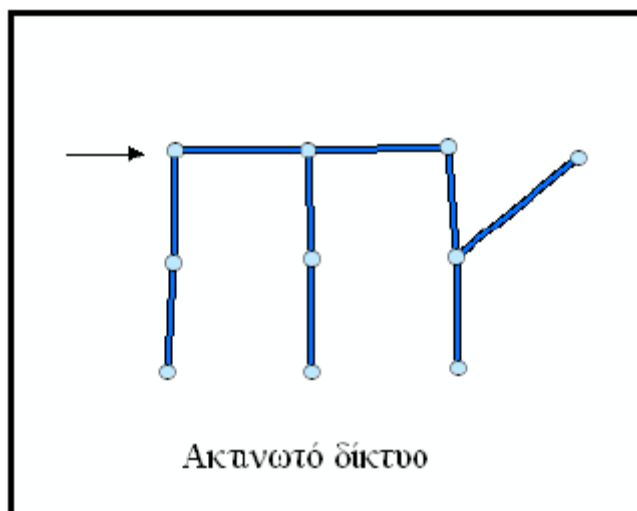
3.3. ΕΙΔΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Τα δίκτυα ύδρευσης, ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο έχουν τοποθετηθεί οι αγωγοί τους, χωρίζονται σε ακτινωτά και βροχωτά ή κλειστά δίκτυα ύδρευσης.

Ακτινωτά δίκτυα ύδρευσης:

Ακτινωτά δίκτυα ύδρευσης είναι τα δίκτυα τα οποία υδροδοτούνται από ένα μοναδικό σημείο (κεφαλή), στο οποίο δεν σχηματίζονται κλειστές διαδρομές αγωγών (βρόχοι). Κάθε σημείο εξόδου τροφοδοτείται μέσω μιας μοναδικής διαδρομής. Ουσιαστικά είναι τα δίκτυα στα οποία υπάρχει ένας κεντρικός αγωγός μεταφοράς και δευτερεύοντες αγωγοί ή τριτεύοντες που καταλήγουν στον κεντρικό αγωγό. Σε καμία

περίπτωση δε σχηματίζεται βρόχος.



Σχήμα 3.2 Ακτινωτό δίκτυο ύδρευσης

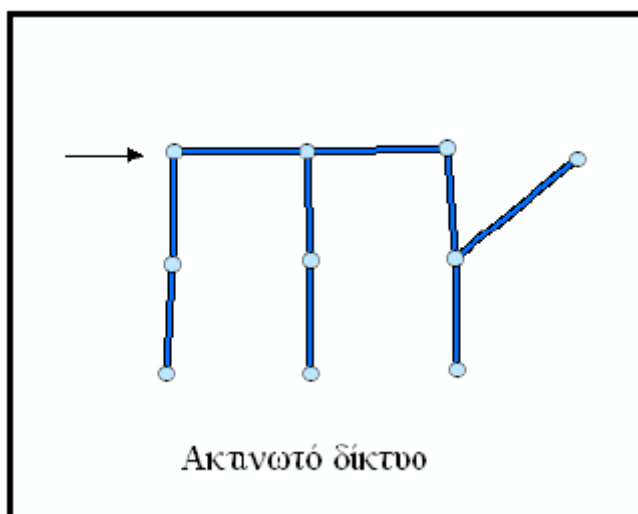
Το βασικό πλεονεκτήματα από τη χρήση ακτινωτών δικτύων ύδρευσης είναι η ελαχιστοποίηση του μήκους του δικτύου, και συνεπώς ελαχιστοποίηση του κόστους των αγωγών. Τα βασικά μειονεκτήματά τους είναι ότι παρουσιάζουν αυξημένες ενεργειακές απώλειες, ότι σε περίπτωση βλάβης απαιτείται απομόνωση των κατάντη κλάδων του δικτύου και επίσης απαιτούν έργα προστασίας έναντι υδραυλικού πλήγματος.

Κλειστά δίκτυα ύδρευσης:

Τα βροχωτά ή κλειστά δίκτυα ύδρευσης, είναι δίκτυα τα οποία τροφοδοτούνται από ένα ή περισσότερα σημεία, στα οποία σχηματίζονται κλειστές διαδρομές αγωγών. Σε κάθε σημείο οδηγούν άνω της μίας διαδρομές, με αφετηρία μια από τις κεφαλές του δικτύου.

Τα κλειστά δίκτυα ύδρευσης παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των ακτινωτών δικτύων. Με τα κλειστά δίκτυα επιτυγχάνεται καλύτερη κυκλοφορία του νερού και αποφεύγεται ο κίνδυνος να υπάρχει κακής ποιότητας νερό από τη μη κυκλοφορία του νερού σε απόμακρα τμήματα των οικισμών, όπως ισχύει με τα ακτινωτά δίκτυα. Επίσης παρατηρούνται μειωμένες ενεργειακές απώλειες και δεν ακυρώνουν τη λειτουργία της υδροδότησης των κατάντη κλάδων του δικτύου αν παρουσιαστεί μια βλάβη, εφόσον υπάρχουν εναλλακτικές δυνατότητες για την κίνηση του νερού. Παρόλα αυτά στα κλειστά δίκτυα, σε αντίθεση με τα ακτινωτά, παρουσιάζεται σημαντική αύξηση του μήκους του δικτύου, γεγονός που οδηγεί στην αύξηση του κόστους κατασκευής. Το μειονέκτημά τους αυτό αντισταθμίζεται εν μέρει από τη χρήση μικρότερων διαμέτρων. Τέλος, τα κλειστά δίκτυα ύδρευσης παρουσιάζουν μεγαλύτερη δυσκολία στην εποπτεία

και διαχείριση.



Σχήμα 3.3 Κλειστό (βροχώτο) δίκτυο ύδρευσης

3.4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

- Εξασφάλιση της απαιτούμενης παροχής σε κάθε σημείο του δικτύου με ικανοποιητική ταχύτητα. Για τα εσωτερικά δίκτυα ύδρευσης η ταχύτητα του νερού θα πρέπει να κυμαίνεται κατά το δυνατόν στο παρακάτω όριο: 0.5 - 1.5 m/s. Για τα κλειστά δίκτυα ύδρευσης, υπάρχει μεγαλύτερη ελαστικότητα στα όρια για την ταχύτητα εφόσον στα κλειστά δίκτυα επιτυγχάνεται κυκλοφορία του νερού.
- Διατήρηση της πίεσης (ύψους πίεσης) εντός των αποδεκτών ορίων. Η απαιτούμενη πίεση στους αγωγούς εξαρτάται από το ύψος των κτιρίων που εξυπηρετούνται από το δίκτυο (εξαιρούνται ορισμένα υψηλά κτίρια που υποστηρίζονται από αυτόνομο αντλητικό σύστημα), την κατανάλωση νερού στις οικιακές συσκευές και τις ενεργειακές απώλειες στις υδραυλικές εγκαταστάσεις των κτιρίων. Σε συνθήκες έκτακτης λειτουργίας (πυρκαγιά), η απαιτούμενη πίεση εξαρτάται και από την κατανάλωση των πυροσβεστικών κρουστών. Συνεπώς, απαιτούνται για κάθε κόμβο η ύπαρξη ελαχίστων πιέσεων. Αυτές είναι:
 Μονώροφα: 12 - 15m.
 Διώροφα: 16 - 17m.
 Τριώροφα: 20 - 23m.
 Γενικά: $p_0 = 4(n + 1)$, όπου n ο αριθμός των ορόφων (Τσακίρης, 2006).

Δηλαδή για πολυώροφα κτίρια θεωρείται μέσο ύψος ορόφου 4m και θεωρούνται απαραίτητα άλλα 4m για να επαρκεί το ύψος πίεσης.

Η ανεπαρκής πίεση σε μία περιοχή του δικτύου αντιμετωπίζεται με:

1. Αύξηση του υψομέτρου τοποθέτησης της δεξαμενής (όχι πάντα εφικτό).
2. Αντικατάσταση των κρίσιμων κλάδων ανάντη από αγωγούς μεγαλύτερης διαμέτρου (εναλλακτικά, τοποθέτηση παράλληλων ανακουφιστικών αγωγών).
3. Τοποθέτηση αντλιών (μόνο αν έχουν εξαντληθεί άλλες εναλλακτικές λύσεις).

Εξαιτίας της τοπογραφίας, στα πολύ υψηλά σημεία του δικτύου που βρίσκονται κοντά στις δεξαμενές, είναι ορισμένες φορές αναπόφευκτο η τιμή της πίεσης να είναι μικρότερη της επιθυμητής. Στην περίπτωση αυτή δε θεωρείται γενική αστοχία του δικτύου, αν οι πιέσεις των υπόλοιπων κόμβων κυμαίνονται στα επιτρεπτά όρια. Στην πράξη, ζητούμενο του σχεδιασμού είναι η λειτουργία του δικτύου σε ένα μικρό, σχετικά, εύρος πιέσεων, της τάξης των 20 - 30m.

- Περιορισμός των μέγιστων πιέσεων. Ο περιορισμός αυτός απαιτείται για την προστασία των εξαρτημάτων του δικτύου, των υδραυλικών εγκαταστάσεων των κτιρίων και των οικιακών συσκευών. Η στατική διαφορά πίεσης (ακίνητο νερό) μεταξύ της δεξαμενής (ανώτατη στάθμη λειτουργίας) και του χαμηλότερου σημείου δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 60m.
- Προστασία από υδραυλικό πλήγμα. Στην περίπτωση απότομης εκκίνησης ή διακοπής της ροής, υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης εξαιρετικά μεγάλων υποπιέσεων και υπερπιέσεων, που προκαλούν μεγάλες φθορές στο δίκτυο. Κίνδυνο πλήγματος αντιμετωπίζουν κατ' εξοχήν τμήματα που καταλήγουν σε τυφλό άκρο (ακτινωτά). Συνεπώς, η βροχωτή διάταξη των αγωγών, πέρα από λόγους ασφαλείας έναντι βλάβης, επιδιώκεται και για την αποφυγή υδραυλικών πληγμάτων. Η πίεση λοιπόν που θα πρέπει να αντέχουν οι αγωγοί, αυξάνει στα 100m προκειμένου να προβλεφθούν και οι υπερπιέσεις λόγω του υδραυλικού πλήγματος. Οπότε για την ύδρευση επιλέγονται αγωγοί αντοχής 10atm. Τέλος, σε κάθε περίπτωση επιλέγονται διάμετροι μεγαλύτερες ή ίσες 90mm.

3.5. ΚΛΕΙΣΤΟΙ ΑΓΩΓΟΙ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ

Τα βασικά προβλήματα που εμφανίζονται στην περίπτωση κλειστών αγωγών υπό πίεση βαρύτητας, δηλαδή αγωγών που η κίνηση του νερού οφείλεται στην υψομετρική διαφορά, είναι τα παρακάτω (Μαντόγλου, 2004):

- Πρόβλημα υποπιέσεων (σπηλαιώση).
- Πρόβλημα μεγάλων πιέσεων λόγω έντονου ανάγλυφου.

Εξαιτίας των παραπάνω προβλημάτων, είναι απαραίτητη η ορθή χάραξη του δικτύου με βάση το ανάγλυφο της περιοχής. Σημαντική επίσης είναι και η τοποθέτηση κατάλληλων δικλείδων αλλά και η ορθή επιλογή των διαμέτρων των αγωγών. Οι σημαντικότερες δικλείδες που γενικά τοποθετούνται στα δίκτυα είναι:

- Δικλείδες ρύθμισης της παροχής. Τοποθετούνται πριν και μετά από δεξαμενές.



Εικόνα 3.1 Δικλείδα ρύθμισης της παροχής (βάννα).

- Δικλείδες αντεπιστροφής, ειδικά σε καταθλιπτικούς αγωγούς για να αποτρέψουν τη ροή σε αντίστροφη κατεύθυνση.
- Εκκενωτές, για την εκκένωση του δικτύου τοποθετούνται στα χαμηλότερα σημεία του δικτύου.
- Αερεξαγωγοί, απελευθερώνουν τον αέρα που βρίσκεται στους αγωγούς ωστόσο σε περίπτωση πλήγματος εισάγουν αέρα και τοποθετούνται στα υψηλότερα σημεία του δικτύου.
- Μειωτές πίεσης.
- Πιεζοθραυστικά φρεάτια.

Βασική αρχή για τους αγωγούς υπό πίεση που λειτουργούν με βαρύτητα είναι ότι θα πρέπει το νερό να φθάνει στην δεξαμενή με επαρκές πιεζομετρικό φορτίο. Από την άλλη πλευρά, είναι εξίσου ανεπιθύμητο αν το νερό καταλήγει στην δεξαμενή με μεγάλο πιεζομετρικό φορτίο. Συνεπώς η διάταξη των βαλβίδων και η επιλογή των διαμέτρων θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε το νερό να καταλήγει ενεργειακά περίπου στην επιφάνεια της δεξαμενής. Σε περίπτωση μεγάλων υψομετρικών διαφορών τοποθετούνται μειωτές πίεσης ή πιεζοθραυστικά φρεάτια. Σε κάθε περίπτωση η στατική πίεση πρέπει να είναι μικρότερη των 70m με δεδομένο εξωτερικό υδραγωγείο με αγωγούς 10atm.



Εικόνα 3.2 Διατομή αερεξαγωγού.

3.6. ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΤΕΣ

Ο σκοπός των υδρομετρητών στα συστήματα διανομής νερού είναι η παροχή πληροφοριών για την υδραυλική συμπεριφορά του δικτύου, οι οποίες είναι χρήσιμες για τη λειτουργία, τη συντήρηση και το μελλοντικό σχεδιασμό επεκτάσεων στο δίκτυο και αποτελούν, επίσης, τη βάση για τις χρεώσεις. Ο καλύτερος τρόπος για να μετρά μια εταιρεία υδάτων το νερό που παράγεται και αργότερα πωλείται, είναι με τη χρήση μετρητών νερού. Οι μετρητές νερού είναι σημαντικοί για μια εταιρεία υδάτων για αρκετούς λόγους (Ευστρατιάδης και Κουτσογιάννης, 2005):

1. Κάνουν δυνατή τη χρέωση των συνδρομητών ανάλογα με την ποσότητα του νερού που χρησιμοποιούν.
2. Επιτρέπουν στο σύστημα τη δυνατότητα τεκμηρίωσης.
3. Είναι αντικειμενικοί για όλους τους καταναλωτές, γιατί καταγράφουν τη συγκεκριμένη χρήση.
4. Ενθαρρύνουν τους συνδρομητές να κάνουν οικονομία στο νερό (ειδικά σε σύγκριση με τις σταθερές χρεώσεις.)
5. Επιτρέπουν στο σύστημα της εταιρείας υδάτων να παρακολουθεί τον όγκο του νερού που διοχετεύει.
6. Βοηθούν στον εντοπισμό διαρροών και βλαβών στις σωληνώσεις του συστήματος διανομής.

Σε πολλές χώρες οι μετρητές χρησιμοποιούνται σε κάθε κατοικία και εμπορικό κτίριο σε ένα δημόσιο σύστημα παροχής νερού. Οι μετρητές νερού μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στην πηγή του νερού, σε πηγάδια ή σε όλη την έκταση του

συστήματος, για να καθορίσουν τη ροή στο συγκεκριμένο μέρος του συστήματος. Οι μετρητές νερού, γενικά, μετρούν και παρουσιάζουν την ολική κατανάλωση σε κυβικά μέτρα (m^3), σε ένα μηχανικό ή ηλεκτρονικό καταχωρητή. Μερικοί ηλεκτρονικοί καταχωρητές μετρητών μπορούν να παρουσιάσουν, εκτός από την παροχή και αθροιστικά τον όγκο.

Σε όλες τις περιπτώσεις η ακρίβεια είναι ζωτικής σημασίας, οπότε η ποιότητα και η καλή συντήρηση αυτών των συσκευών είναι πολύ σημαντικές. Η λειτουργία των μετρητών νερού βασίζεται σε τρεις βασικές αρχές: διαφορά πίεσης, περιστροφή και μαγνητικά ή υπερηχητικά κύματα.

Υπάρχουν αρκετοί τύποι μετρητών σε κοινή χρήση. Η επιλογή βασίζεται στις διαφορετικές μεθόδους μέτρησης ροής, στον τύπο του τελικού χρήστη, τις απαιτούμενες παροχές και τις απαιτήσεις για ακρίβεια. Οι μετρητές κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες: θετικής μετατόπισης και ταχύτητας. Κάθε ένας από αυτούς τους τύπους μετρητή έχει τις παραλλαγές του, δημιουργώντας την εντύπωση ότι υπάρχουν αρκετά διαφορετικά είδη. Οι μετρητές, οι οποίοι χρησιμοποιούν τόσο τη θετική μετατόπιση, όσο και την ταχύτητα, είναι γνωστοί σαν σύνθετοι μετρητές.

Πολλοί μετρητές είναι πολύ ανακριβείς σε πολύ χαμηλές παροχές. Αυτό το σφάλμα αυξάνεται με τη γήρανση του μετρητή. Άλλα προβλήματα είναι η πιθανότητα έμφραξης, εξαιτίας άμμου ή σκουριάς στους σωλήνες και λάθος ανάγνωσης της ένδειξη του μετρητή. Η χρήση μετρητών έχει σαν αποτέλεσμα τη μειωμένη κατανάλωση νερού, για παράδειγμα, στη Μεγάλη Βρετανία και την Ουαλία, η κατανάλωση νερού στις ιδιοκτησίες με μετρητές είναι 13% λιγότερη, σε σύγκριση με τις ιδιοκτησίες χωρίς μετρητές.

Οι μετρητές θετικής μετατόπισης, οι οποίοι ονομάζονται και ογκομετρικοί μετρητές, είναι ένα είδος μηχανικών μετρητών, που χρησιμοποιούνται για σκοπούς χρεώσεων. Σε αυτό τον τύπο μετρητή ένας γνωστός όγκος υγρού σε ένα μικρό θαλαμίσκο μετακινείται με τη ροή του νερού. Οι μετρητές θετικής μετατόπισης ροής λειτουργούν γεμίζοντας και αδειάζοντας επανειλημμένα αυτό το θαλαμίσκο. Ο ρυθμός ροής υπολογίζεται με βάση το πόσες φορές αδειάζουν και γεμίζουν αυτοί οι θαλαμίσκοι. Η κίνηση ενός ταλαντευόμενου δίσκου ή ενός κυκλικού εμβόλου, κινεί μια διάταξη γραναζιών, η οποία μετρά και καταγράφει τον όγκο του νερού που εξέρχεται από τον μετρητή.

Υπάρχουν δύο τύποι μετρητών θετικής μετατόπισης: ταλαντευόμενου δίσκου και

εμβόλου. Οι μετρητές ταλαντευόμενου δίσκου έχουν ένα στρογγυλό δίσκο, ο οποίος είναι τοποθετημένος μέσα σε ένα κυλινδρικό θάλαμο. Ο δίσκος είναι τοποθετημένος πάνω σε μια άτρακτο. Ο δίσκος ταλαντεύεται, καθώς περνά έναν γνωστό όγκο υγρού μέσα από το θάλαμο. Η κυκλική κίνηση του δίσκου μεταφέρεται κατόπιν στον καταχωρητή, ο οποίος καταγράφει τον όγκο του νερού που πέρασε μέσα από τον μετρητή. Οι μετρητές εμβόλου έχουν ένα έμβολο, το οποίο ταλαντεύεται μπροστά-πίσω, όταν ρέει νερό μέσα από τον μετρητή. Ένας γνωστός όγκος νερού καταγράφεται για κάθε περιστροφή και η κίνηση μεταφέρεται σε έναν καταχωρητή, διαμέσου μιας διάταξης μαγνητικής κίνησης και γραναζιών. Κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας (μέγιστη λειτουργική πίεση γύρω στα 100-120 mwc και θερμοκρασία περιβάλλοντος 0-40 C°) όλοι οι μικρού μεγέθους μηχανικοί μετρητές είναι σχετικά ακριβείς και προσφέρουν μετρήσεις με περιθώριο σφάλματος 2%. Αυτό το σφάλμα αυξάνεται σε πολύ μικρές παροχές, μέχρι και ένα κατώτερο όριο του εύρους λειτουργίας. Ο μετρητής δε μπορεί να καταγράψει τις παροχές κάτω από αυτό το όριο. Από την άλλη πλευρά, αν η ροή που περνά από τον μετρητή είναι πολύ μεγάλη, το περιστρεφόμενο στοιχείο θα φθαρεί γρήγορα. Για αυτό το λόγο, πρέπει να επιλεγεί ένα μοντέλο με την κατάλληλη ονομαστική παροχή. Οι κατασκευαστές, συνήθως, προσφέρουν πληροφορίες για το λειτουργικό εύρος ροής, τις λειτουργικές πιέσεις, την ανοχή ακρίβειας κλπ. Εκτός από τις ακραίες συνθήκες λειτουργίας, ένα άλλο πρόβλημα για τους μηχανικούς μετρητές νερού, είναι η μεγάλη σκληρότητα στο νερό, η οποία, μετά από κάποιο διάστημα, προκαλεί φράξιμο των κινούμενων στοιχείων. Οι μετρητές θετικής μετατόπισης χρησιμοποιούνται σε οικίες, μικρές επιχειρήσεις, ξενοδοχεία και συγκροτήματα διαμερισμάτων.

Οι μετρητές ταχύτητας λειτουργούν βάσει της αρχής ότι, το νερό που περνά μέσω μιας διατομής γνωστής επιφάνειας με μετρημένη ταχύτητα, μπορεί να εξισωθεί με τον όγκο της ροής. Οι μετρητές ταχύτητας είναι κατάλληλοι για περιπτώσεις μεγάλης παροχής. Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι μετρητών ταχύτητας, όπως στροβιλομετρικοί, πολλαπλής ριπής, μετρητές προωστήρων, υπερηχητικοί, μετρητές Βεντούρι και μετρητές στομίου.

Οι στροβιλομετρικοί μετρητές έχουν ένα περιστρεφόμενο στοιχείο, το οποίο γυρίζει με τη ροή του νερού. Ο όγκος του νερού υπολογίζεται με βάση τις περιστροφές του στροβίλου.

Οι μετρητές Βεντούρι έχουν ένα τμήμα με μικρότερη διάμετρο από την ανάντη πλευρά του σωλήνα. Με βάση μια αρχή της υδραυλικής, καθώς το νερό ρέει σε έναν

σωλήνα, η ταχύτητά του αυξάνεται, όταν περνά από μια διατομή μικρότερης επιφάνειας. Μετράται η διαφορά στην πίεση, πριν και στην περιοχή με την μικρότερη διάμετρο. Η μεταβολή στην πίεση είναι ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας. Η παροχή μπορεί να καθοριστεί μετρώντας τη διαφορά στην πίεση. Οι μετρητές Βεντούρι είναι κατάλληλοι για μεγάλους σωλήνες και δεν χρειάζονται πολλή συντήρηση.

Οι μετρητές οπής λειτουργούν βάσει της ίδια αρχής, όπως και οι μετρητές Βεντούρι, με τη διαφορά ότι, αντί για μειωμένη επιφάνεια διατομής, υπάρχει ένας κυκλικός δίσκος με ομόκεντρη οπή. Η παροχή υπολογίζεται με τον ίδιο τρόπο, όπως και στους μετρητές Βεντούρι, με τη μέτρηση της διαφοράς στις πιέσεις.

Οι μετρητές Βεντούρι και οπής, τοποθετούνται επίσης, σε μεγάλους κόμβους των συστημάτων μεταφοράς νερού ή μέσα σε οποιοδήποτε σύστημα διανομής νερού, στο οποίο πρέπει να μετρηθούν μεγάλες ποσότητες. Οι δύο τύποι μετρητών είναι απλοί στην κατασκευή και δεν απαιτούν ηλεκτρονικό εξοπλισμό· η μόνη συσκευή μέτρησης είναι ένα διαφορικό μανόμετρο. Για να καθοριστεί η μέση ταχύτητα, πρέπει να είναι γνωστά, η γεωμετρία των διατομών και οι συντελεστές των τοπικών απωλειών με βάση τη συστολή/σχήμα του σωλήνα του στομίου.

Τα υδραυλικά ροόμετρα αποτελούν εμπόδιο στη ροή, δημιουργώντας απώλειες ενέργειας και περιορίζοντας την απαίτηση για συντήρηση των σωληνώσεων. Οι μετρητές, οι οποίοι δεν έχουν κινούμενα μέρη και δε δημιουργούν κανένα φυσικό εμπόδιο, βασίζονται σε μετρήσεις είτε μαγνητικού πεδίου, είτε υπερηχητικών κυμάτων.

Τα υπερηχητικά ροόμετρα χρησιμοποιούν υπερηχητικά κύματα, για να δειγματολογήσουν την κατατομή της ταχύτητας μέσα σε ένα σωλήνα. Οι μετρητές που χρησιμοποιούνται για πόσιμο νερό, βασίζονται, συνήθως, τη λειτουργία τους στην αρχή μεταβολής της ταχύτητας του ήχου, η οποία λαμβάνει υπόψη την ταχύτητα διάδοσης του ήχου στο νερό. Δύο αισθητήρες ηχητικού σήματος εγκαθίστανται στον σωλήνα με μικρή απόσταση μεταξύ τους και ανταλλάσσουν διαγώνια ηχητικά κύματα σε αντίθετες κατευθύνσεις.

Η διαφορά μεταξύ των ηχητικών συχνοτήτων των δύο σημάτων, η οποία είναι ανάλογη παροχής, καταγράφεται, επειδή ο ήχος που ταξιδεύει αντίθετα με τη ροή, θα χρειαστεί περισσότερο χρόνο να φτάσει στο δέκτη, από ότι ο ήχος που ταξιδεύει στην ίδια κατεύθυνση με τη ροή. Αν οι αισθητήρες είναι εγκατεστημένοι σε αντίθετες πλευρές του σωλήνα, η ανταλλαγή κυμάτων θα είναι ευθεία. Συχνότερα όμως, εγκαθίστανται στην ίδια πλευρά του σωλήνα, προκαλώντας μια διάθλαση του εκπεμπόμενου σήματος

πάνω στο τοίχωμα του σωλήνα πριν παραληφθεί από τον δεύτερο αισθητήρα, γεγονός το οποίο αυξάνει την ακρίβεια των μετρήσεων.

Τα υπερηχητικά ροόμετρα είναι μια λιγότερο ακριβής, αλλά πιο φθηνή λύση από τους ηλεκτρομαγνητικούς μετρητές. Το κύριο πλεονέκτημα τους είναι η ευκολία στην εγκατάσταση, η οποία επιτρέπει τη μετακίνησή τους και τη λήψη μετρήσεων από διάφορα μέρη του δικτύου. Όταν βαθμονομούνται οι συσκευές μέτρησης, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη η διάμετρος του σωλήνα, το υλικό και το πάχος των τοιχωμάτων.

Οι ηλεκτρομαγνητικοί μετρητές δημιουργούν ένα μαγνητικό πεδίο συνεχούς ρεύματος, το οποίο επηρεάζεται από τη ροή του νερού. Σαν αποτέλεσμα, θα δημιουργηθεί ένα μικρό ηλεκτρικό ρεύμα, ανάλογο της ταχύτητας ροής, το οποίο καθορίζει τις κατατομές της ταχύτητας μέσα στη διατομή του σωλήνα. Ένας αισθητήρας, ο οποίος εκπέμπει παλμούς στον πομπό μέτρησης, λαμβάνει τα σήματα, τα οποία υποδεικνύουν την παροχή.

Όσον αφορά τη μαζική εφαρμογή, οι ηλεκτρομαγνητικοί μετρητές είναι πολύ ακριβείς, αλλά μάλλον πολύπλοκες και ακριβές συσκευές. Χρησιμοποιούνται ευρέως για μέτρηση ροών μεγάλου όγκου σε αντλιοστάσια και κύριους αγωγούς. Αν δεν είναι διαθέσιμη η κατάλληλη προστασία, τα ευαίσθητα ηλεκτρονικά εξαρτήματα μπορεί να αποτρέψουν τη χρήση τους σε ακραίες θερμοκρασίες και συνθήκες υγρασίας.



Εικόνα 3.3 Μαγνητικό ροόμετρο

Οι επαγωγικοί μετρητές είναι μηχανικοί μετρητές, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για

μέτρηση ροής σε σωλήνες διανομής μικρού και μεσαίου μεγέθους. Αυτοί οι μετρητές καταγράφουν την ποσότητα νερού που περνά, με την περιστροφική ταχύτητα ενός κάθετου ή οριζόντιου ρότορα ή μιας βάνας, η οποία μεταφέρεται στη συνέχεια σε ένα μετρητή ή καταχωρητή. Τα μεγαλύτερα μοντέλα έχουν συνήθως διάμετρο μεταξύ 40 και 500 mm . Οι μικρού μεγέθους επαγωγικοί μετρητές, χρησιμοποιούνται, κυρίως, σε σημεία σύνδεσης με το δίκτυο σε κατοικημένες περιοχές. Κατασκευάζονται για σωλήνες με διαμέτρους 15-40 mm και μπορούν να είναι, είτε απλής, είτε πολλαπλής ριπής.

Οι μετρητές προωστήρων έχουν ένα ρότορα σε σχήμα βεντάλιας, ο οποίος περιστρέφεται με τη ροή του νερού. Πάνω στο ρότορα είναι συνδεδεμένος ένας καταγραφέας, ο οποίος καταγράφει τις μετρήσεις.

Οι μετρητές πολλαπλής ριπής έχουν ανοίγματα επαπτόμενα σε ένα θάλαμο, για να καθοδηγούν τη ροή του νερού σε ένα ρότορα με πολλά πτερύγια. Η ροή μετράται ανάλογα με την ταχύτητα του ρότορα.

Σε μερικές περιπτώσεις, είναι απαραίτητο να έχουμε ένα σύνθετο μετρητή – ένα μετρητή θετικής μετατόπισης και ένα μετρητή ταχύτητας εγκατεστημένους μαζί- για να είναι δυνατή η μέτρηση μικρών και μεγάλων ροών. Οι μικρές ροές μετρούνται με τη θετική μετατόπιση, ενώ οι μεγάλες ροές μετρούνται με την ταχύτητα. Μια διάταξη με βαλβίδες οδηγεί τη ροή σε κάθε μέρος του μετρητή.

Η χρήση πολλών μετρητών σε ένα οποιοδήποτε μεγάλο σύστημα διανομής, ειδικά αυτών που χρησιμοποιούνται για σκοπούς χρεώσεων, απαιτεί, συχνά, κοπιαστική δουλειά για τη συλλογή όλων των στοιχείων. Για εξοικονόμηση χρόνου, μπορούν να εγκατασταθούν διαφορετικού τύπου ηλεκτρονικοί καταγραφείς μαζί με τους μετρητές νερού, οι οποίοι διαβάζουν και αποθηκεύουν τις μετρήσεις. Αυτοί οι καταγραφείς μπορεί να είναι άμεσα συνδεδεμένοι ή να μεταφέρονται στις συσκευές επεξεργασίας δεδομένων. Πρόσφατα, έχει γίνει δυνατή η επί τόπου λήψη μετρήσεων, χωρίς άμεση πρόσβαση στο μετρητή νερού, γεγονός το οποίο αυξάνει σημαντικά την αποδοτικότητα στην εργασία και δεν ενοχλεί τους συνδρομητές. Οι πιο πρόσφατες μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί, είναι η χρήση μιας ασύρματης σύνδεσης μεταξύ του αισθητήρα και του καταγραφέα και η εξ αποστάσεως λήψη μετρήσεων από τον καταγραφέα (δηλαδή, μέσα από το όχημα).

Η ρύθμιση της παροχής είναι, συχνά, πολύ σημαντική για την επιτυχή λειτουργία ενός δικτύου διανομής νερού. Στην αγορά υπάρχουν πολλές συσκευές, οι οποίες ελέγχουν την παροχή αυτόματα ή χειροκίνητα. Οι πιο απλές συσκευές είναι απλές βαλβίδες, όπως αυτές που περιγράφηκαν πιο πάνω. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, για να

ελεγχθούν οι παροχές σε σωλήνες με πολύ μεγάλη διάμετρο, η δικλίδα τύπου πεταλούδας είναι η πιο κατάλληλη για να ρυθμίζει τη ροή. Παρόλα αυτά, υπάρχουν πολλές άλλες ειδικά σχεδιασμένες βαλβίδες με αισθητήρες, οι οποίες είναι πιο ευαίσθητες και πιο ακριβείς στη ρύθμιση των παροχών. Η ποικιλία αυτών των ρυθμιστών μπορεί να βρεθεί στην τεχνική βιβλιογραφία των εταιριών κατασκευής. Οι ρυθμιστές παροχής χρησιμοποιούνται, επίσης, πριν το μετρητή νερού του κάθε χρήστη. Αυτό επιτυγχάνεται με τη σταθεροποίηση και τον περιορισμό της πίεσης πριν το μετρητή του χρήστη.

3.7. ΒΑΣΙΚΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

Στα υδραυλικά όπως και σε κάθε τεχνικό θέμα, δε μπορεί να υπάρχει πλήρης κατανόηση αν πρώτα δεν υπάρχει εξοικείωση με τη βασική τεχνολογία και τις κύριες αρχές. Οι υδραυλικές έννοιες που περιγράφονται παρακάτω βάζουν τις βάσεις για πιο πολύπλοκες αναλύσεις.

Όπως είναι γνωστό, το νερό κινείται από υψηλότερα σε χαμηλότερα σημεία, ώσπου να φτάσει σε ένα «επίπεδο» σημείο, όπως για παράδειγμα σε ένα ωκεανό. Η τάση αυτή του νερού διευκολύνεται από την παρουσία των φυσικών καναλιών μεταφοράς όπως είναι τα ρυάκια, οι χείμαρροι και τα ποτάμια. Η διαδρομή αυτή του νερού μπορεί επίσης να διευκολυνθεί από τεχνικές κατασκευές όπως είναι οι αποχετευτικοί αγωγοί, οι οχετοί και τα κανάλια. Αν και στον τεχνικό σχεδιασμό το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στα χαρακτηριστικά των τεχνικών έργων και χαρακτηριστικών, οι υδραυλικές έννοιες μπορούν να εφαρμοστούν εξίσου καλά και σε φυσικά χαρακτηριστικά.

Ως προς το χρόνο, η ροή στους κλειστούς αγωγούς διακρίνεται σε μόνιμη και μη μόνιμη ροή. Μόνιμη ροή παρουσιάζεται όταν η ταχύτητα παραμένει σταθερή, σε όλα τα σημεία, και αμετάβλητη με το χρόνο (μπορεί όμως να μεταβάλλεται με τα θέση). Μη μόνιμη ροή παρουσιάζεται όταν η ταχύτητα μεταβάλλεται, σε όλα τα σημεία, με το χρόνο. Με τον όρο υδραυλικό πλήγμα χαρακτηρίζονται τα φαινόμενα υπερπίεσης, που αντιστοιχούν σε καθεστώς μη μόνιμης ροής σε κλειστούς αγωγούς, μετά από χειρισμούς σε δικλείδες (άνοιγμα ή κλείσιμο, μερικό ή πλήρες, βραδύ ή απότομο), ή εξαιτίας διακυμάνσεων στην παροχή αντλιοστασίων (εκκίνηση ή στάση αντλιών).

Στους κλειστούς αγωγούς, το ενδιαφέρον για μεταβαλλόμενη στο χώρο ροή περιορίζεται στη μελέτη των απωλειών φορτίου, που παρατηρούνται σε αλλαγές διαμέτρου, σε στόμια, διακλαδώσεις ή στενώσεις.

Ανάλογα με την ταχύτητα του ρευστού διακρίνονται δύο τύποι ροής. Για μικρές

ταχύτητες η ροή θεωρείται στρωτή και τα σωματίδια του ρευστού κινούνται σε στρώσεις. Για μεγαλύτερες ταχύτητες η ροή θεωρείται τυρβώδης και τα σωματίδια του ρευστού κινούνται ακανόνιστα με στροβιλισμούς. Συνήθως η ροή στα πρακτικά προβλήματα κλειστών αγωγών υπό πίεση είναι τυρβώδης. Οι νόμοι που περιγράφουν την τυρβώδη ροή δεν είναι πλήρως γνωστοί και απαιτούνται πειραματικά στοιχεία για την κατανόηση του φαινομένου. Κριτήριο διαχωρισμού της ροής, σε στρωτή ή τυρβώδη, αποτελεί ο γνωστός αριθμός Reynolds, ο οποίος υπολογίζεται ως εξής (Μαντόγλου, 2004):

$$R_e = \frac{uD}{\nu},$$

όπου u : η μέση ταχύτητα ροής στον αγωγό (m/s)

D : η διάμετρος του αγωγού (m)

ν : ο συντελεστής κινηματικής συνεκτικότητας

Όπως έχει επιβεβαιωθεί πειραματικά, σε κλειστούς αγωγούς δεν υφίσταται άνω όριο του αριθμού Reynolds για τη διατήρηση της στρωτής ροής. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Rouse (1961), ακριβώς με τον ίδιο πειραματικό εξοπλισμό, που χρησιμοποίησε ο Reynolds έχει επιβεβαιωθεί η διατήρηση της στρωτής ροής για τιμές του $Re > 40000$. Βέβαια με την παραμικρή διατάραξη η ροή μεταπίπτει σε απόλυτα τυρβώδη μορφή. Ανάλογα πειράματα έδειξαν, ότι αντίθετα υπάρχει συγκεκριμένο κατώτερο όριο διατήρησης της τύρβης, που για κυκλικούς αγωγούς αντιστοιχεί σε Re περίπου ίσο με 2320, κάτω από το οποίο οποιαδήποτε ανατάραξη αποσβένεται κάτω από την επίδραση δυνάμεων συνεκτικότητας (Γιακουμάκης, 2008).

Σε κλειστούς αγωγούς εξωτερικών υδραγωγείων, εξαιτίας των σημαντικών διαστάσεων των διατομών που χρησιμοποιούνται και των ταχυτήτων που εφαρμόζονται, η ροή είναι αποκλειστικά τυρβώδης.

Οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα ύδρευσης είναι αγωγοί υπό πίεση, κυκλικής διατομής. Η επιφάνεια της διατομής των κυκλικών αγωγών είναι:

$$A = \frac{\pi D^2}{4},$$

όπου D : η διάμετρος του αγωγού (m)

Η ταχύτητα σε έναν αγωγό δεν είναι σταθερή σε όλη την επιφάνεια της διατομής του. Αντιθέτως, ποικίλει ανάλογα με τη θέση και το χρόνο. Εκεί όπου το υγρό είναι σε επαφή με το τοίχωμα του αγωγού, η ταχύτητα είναι μηδενική. Το γεγονός αυτό,

δυσκολεύει τους υδραυλικούς υπολογισμούς, με αποτέλεσμα να υπολογίζεται η μέση ταχύτητα της ροής στους αγωγούς. Η μέση ταχύτητα ροής καθορίζεται ως η συνολική παροχή διαιρούμενη με το εμβαδόν της διατομής του αγωγού και η μονάδα της είναι μήκος ανά μονάδα χρόνου.

$$u = \frac{Q}{A},$$

όπου u : η μέση ταχύτητα ροής στον αγωγό (m/s)

Q : η παροχή (m³/s)

A : η επιφάνεια της διατομής του αγωγού (m²)

Σύμφωνα με τον πρώτο νόμο της θερμοδυναμικής, για κάθε δεδομένο σύστημα, η μεταβολή της ενέργειάς του (ΔE) ισούται με τη διαφορά μεταξύ της θερμότητας που μεταφέρθηκε στο σύστημα (Q) και του έργου που παρήχθη από το ίδιο το σύστημα (W), κατά τη διάρκεια συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος.

Η ενέργεια που αναφέρεται στην παραπάνω αρχή αντιπροσωπεύει τη συνολική ενέργεια του συστήματος, δηλαδή το άθροισμα της δυναμικής, της κινητικής και της εσωτερικής ενέργειας, όπως είναι η ηλεκτρική και η χημική ενέργεια. Όμως αν και οι μορφές αυτές της εσωτερικής ενέργειας είναι σημαντικές για τη θερμοδυναμική ανάλυση, συνήθως απορρίπτονται κατά τις υδραυλικές αναλύσεις εξαιτίας του σχετικά μικρού τους μεγέθους.

Στις υδραυλικές εφαρμογές, οι τιμές της ενέργειας έχουν μονάδες μήκους και εκφράζουν την ενέργεια ανά μονάδα μάζας του ρευστού. Η μετατροπή αυτή συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς του συστήματος. Η μηχανική ενέργεια ή όπως αλλιώς ονομάζεται το ολικό ύψος ή φορτίο ενέργειας, σε κάθε σημείο μέσα σε ένα υδραυλικό σύστημα δίνεται από την εξίσωση:

$$H = \frac{u^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + z$$

Το ολικό ύψος ή φορτίο ενέργειας, είναι το άθροισμα του πιεζομετρικού φορτίου και του ύψους ταχύτητας. Αυτό είναι το ύψος στο οποίο μπορεί να ανέλθει η στήλη του νερού σε έναν Pitot, δηλαδή μια συσκευή όμοια με το πιεζόμετρο, με τη διαφορά ότι αυτή υπολογίζει και την ταχύτητα του υγρού.

Σε ένα σύστημα όμως, μπορεί είτε να προστεθεί ενέργεια (για παράδειγμα μέσω

αντλίας) είτε να αφαιρεθεί από αυτό ενέργεια, λόγω συσκευών τριβών ή άλλων διαταραχών. Εάν υπάρχουν λοιπόν μηχανές που παρεμβάλλονται στην κίνηση του νερού καθώς και τοπικές και γραμμικές απώλειες, τότε η εξίσωση διατήρησης της ενέργειας γράφεται ως εξής:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{u_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{u_2^2}{2g} + h_f + h_L + h_M$$

όπου p : η πίεση του ρευστού (N/m^2)

γ : το ειδικό βάρος του υγρού (N/m^3)

z : το υψόμετρο (m)

u : η μέση ταχύτητα του υγρού (m/s)

g : η επιτάχυνση της βαρύτητας (m/s^2)

h_f : γραμμικές απώλειες

h_L : τοπικές απώλειες

Η ποσότητα h_M εκφράζει την ενέργεια που απομακρύνεται από το σύστημα μέσω μηχανικού άξονα ανά μονάδα βάρους ρευστού. Δίνεται από την εξίσωση $h_M = -h_a + h_u$, όπου η ποσότητα h_a εκφράζει την ενέργεια που προσφέρεται στο σύστημα από αντλία, ενώ η ποσότητα h_u εκφράζει ενέργεια που αποδίδεται σε υδροστρόβιλο.

Οι γραμμικές απώλειες σε ένα σύστημα μπορεί να οφείλονται σε διάφορους παράγοντες. Η κυριότερη αιτία των απωλειών είναι συνήθως οι εσωτερικές τριβές μεταξύ των μορίων του υγρού που κινούνται με διαφορετικές ταχύτητες. Επίσης οι απώλειες οφείλονται και σε τοπικές περιοχές του αγωγού όπου διαταράσσεται η ροή, όπως είναι οι βαλβίδες και άλλα εξαρτήματα των αγωγών υπό πίεση.

Είναι γνωστό ότι, όταν ένα κινείται και βρίσκεται σε επαφή με ένα άλλο, τότε στην επιφάνεια επαφής δημιουργείται δύναμη τριβής. Έτσι, για έναν κλειστό αγωγό ύδατος που μεταφέρει νερό μεταξύ δύο σημείων, διαμέτρου D , μήκους L , ταχύτητας u , αναπτύσσονται απώλειες ενέργειας που οφείλονται στις δυνάμεις τριβής που αναπτύσσονται κατά την επαφή του κινούμενου υγρού με το στερεό τοίχωμα του αγωγού.

Η διατμητική τάση είναι συνάρτηση της ταχύτητας u , της πυκνότητας ρ , του ιξώδους μ του κινούμενου ρευστού, της διαμέτρου D και της τραχύτητας κ του αγωγού. Δηλαδή:

$$\tau_0 = f(u, D, \mu, \rho, \kappa)$$

Με βάση την διαστατική ανάλυση προκύπτει ο συντελεστής τριβής f :

$$\frac{\tau_0}{\rho u^2} = f\left[\frac{uD\rho}{\mu}, \frac{\kappa}{D}\right]$$

Για τον υπολογισμό των απωλειών ενέργειας έχουν αναπτυχθεί διάφορες εξισώσεις των οποίων οι πιο γνωστές παρουσιάζονται παρακάτω:

- Εξίσωση των Darcy – Weisbach.
- Εξίσωση των Colebrook – White.
- Εξίσωση των Hazen – Williams.
- Εξίσωση των Chezy – Manning.

Πέραν των γραμμικών απωλειών, στα δίκτυα διανομής δημιουργούνται και τοπικές απώλειες, στις συνδέσεις των αγωγών και τις στροφές (τυπικές τοπικές απώλειες), και στις θέσεις των ειδικών συσκευών και διατάξεων (ειδικές τοπικές απώλειες). Οι τοπικές απώλειες οφείλονται κυρίως στην ανάπτυξη στροβίλων αποκόλλησης της ροής και εκφράζονται με όρους ύψους κινητικής ενέργειας, οι οποίοι είναι:

$$h_L = K \frac{u^2}{2g}$$

όπου K είναι ένας συντελεστής που εξαρτάται από τη γεωμετρία της τοπικής μεταβολής διατομών και κατεύθυνσης και τα χαρακτηριστικά της ροής (αριθμός Reynolds). Για να ληφθούν υπόψη οι τυπικές τοπικές απώλειες χωρίς αναλυτικό υπολογισμό, προτείνεται η χρήση των υψηλότερων τιμών της τραχύτητας k_s (προσαυξημένη ισοδύναμη τραχύτητα). Ειδικά για τις δικλείδες, οι τοπικές απώλειες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, ιδίως όταν αυτές περιορίζουν σημαντικά τη ροή. Στην περίπτωση αυτή, ανάλογα και με το άνοιγμα της δικλείδας, ο συντελεστής K μπορεί να αποκτήσει πολύ υψηλές τιμές (π.χ. 100-1000).

3.8. ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΩΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Η προσομοίωση και επίλυση κάθε δικτύου διανομής νερού, πραγματοποιείται μέσω μιας μαθηματικής περιγραφής, δηλαδή μέσω της διατύπωσης εξισώσεων που αναφέρονται στην υδραυλική λειτουργία των συνιστωσών του δικτύου. Η μαθηματική περιγραφή κάθε δικτύου διανομής νερού, πραγματοποιείται αφού πρώτα γίνει δικτυακή απεικόνιση των συνιστωσών του φυσικού συστήματος, δηλαδή του δικτύου, ως

συνιστώσες κάποιου μαθηματικού μοντέλου. Συνιστώσες κάθε δικτύου διανομής νερού αποτελούν τα έργα αποθήκευσης νερού (δεξαμενές, υδατόπυργοι), τα έργα μεταφοράς νερού (αγωγοί υπό πίεση), οι διάφορες συσκευές ρύθμισης της ροής (δικλείδες, βαλβίδες), τα έργα ρύθμισης της πίεσης (μειωτές πίεσης, αντλιοστάσια) και γενικά πάσης φύσεως συσκευές διανομής. Πιο συγκεκριμένα η μαθηματική περιγραφή του δικτύου επιτυγχάνεται με μετασχηματισμό του δικτύου σε ένα εννοιολογικό μοντέλο, βάσει του οποίου το σύνολο των συνιστωσών του δικτύου αναπαρίσταται με τη μορφή ιδεατών κόμβων και κλάδων.

Με τον όρο κόμβος νοούνται όλα τα σημεία εισροής ή εκροής νερού ή αλλαγής της γεωμετρίας του δικτύου ή μεταβολής των χαρακτηριστικών των αγωγών, με γνωστό απόλυτο υψόμετρο z , γνωστή παροχή εξόδου c και άγνωστο ενεργειακό υψόμετρο h . Με τον όρο κλάδος (αγωγός), νοείται κάθε στοιχείο μεταφοράς νερού μήκους L , που αποτελείται από σύστημα σωλήνων σε σειρά, ομοιόμορφης διαμέτρου D , κλάσης και τραχύτητας k_s , κατά μήκος του οποίου θεωρείται ενιαία (άγνωστη) παροχή Q . (Ευστρατιάδης και Κουτσογιάννης, 2005).

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορα υπολογιστικά πακέτα ανάλυσης δικτύων, τα οποία βάση των μαθηματικών μοντέλων που αυτά υποστηρίζουν, υποβοηθούν τον μελετητή που σχεδιάζει ή την υπηρεσία που διαχειρίζεται ένα δίκτυο ύδρευσης για την λήψη ορθολογικών αποφάσεων, από τεχνική και οικονομική άποψη.

3.9. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Από τη δεκαετία του '60, όπου οι υπολογιστές δε βρίσκονταν στο επίπεδο που βρίσκονται σήμερα, οι μηχανικοί προσπάθησαν να τους χρησιμοποιήσουν με απώτερο σκοπό την ανάλυση της ροής του νερού μέσα στα δίκτυα ύδρευσης. Από τότε, τόσο οι πρόοδοι στις αναλυτικές τεχνικές όσο και η «δύναμη» που απέκτησαν οι Η/Υ έδωσαν τη δυνατότητα, δίκτυα δεκάδων χιλιάδων αγωγών, να αναλύονται, μέσα σε μόλις μερικά δευτερόλεπτα. Προϋπόθεση για την εύρυθμη λειτουργία ενός δικτύου ύδρευσης είναι η εξασφάλιση επαρκούς ποσότητας και ποιότητας νερού για την κάλυψη της κατανάλωσης, μέσα σε αποδεκτά όρια πίεσης. Τα υπολογιστικά πακέτα ανάλυσης και προσομοίωσης δικτύων, και τα σχετικά μαθηματικά μοντέλα που αυτά υποστηρίζουν, υποβοηθούν τον μελετητή που σχεδιάζει ή την υπηρεσία που διαχειρίζεται ένα δίκτυο ύδρευσης για την λήψη ορθολογικών αποφάσεων, από τεχνική και οικονομική άποψη. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων των μοντέλων, όπως και η θέσπιση των κριτηρίων επιλογής, υπόκεινται

στην ανθρώπινη κρίση και εμπειρία.

Τα μοντέλα αυτά παρέχουν τη δυνατότητα επίλυσης των δικτύων ύδρευσης, δηλαδή υπολογισμού των υδραυλικών χαρακτηριστικών της ροής, σε συνθήκες σταθερής (στιγμιαίας) κατανάλωσης αλλά και σε συνθήκες χρονικά μεταβαλλόμενης κατανάλωσης.

- Επίλυση σταθερής κατάστασης (steady-state): Η επίλυση του δικτύου, δηλαδή ο υπολογισμός των υδραυλικών χαρακτηριστικών της ροής (παροχές, πιέσεις), γίνεται θεωρώντας σταθερή φόρτιση στους κόμβους (ο έλεγχος γίνεται για τη δυσμενέστερη φόρτιση). Με τον όρο φόρτιση νοείται η κατανάλωση στους κόμβους του δικτύου. Η προσέγγιση αυτή είναι κατάλληλη για εφαρμογές διαστασιολόγησης αγωγών και αντλιών, καθώς και αποτίμησης της υδραυλικής επάρκειας υφιστάμενων δικτύων (Κουτσογιάννης, 2006).
- Επίλυση χρονικά μεταβαλλόμενης κατάστασης (extended-period): Η επίλυση του δικτύου γίνεται σε διακριτά χρονικά βήματα, θεωρώντας χρονικά μεταβαλλόμενη κατανάλωση. Στόχος είναι ο έλεγχος της δυναμικής λειτουργίας του δικτύου σε κανονικές και έκτακτες συνθήκες. Κατά κανόνα, η διάρκεια της επίλυσης είναι μεγαλύτερη των 24 ωρών (τυπική τιμή 72 ώρες), ενώ το χρονικό βήμα εξαρτάται από τη διακύμανση των καταναλώσεων στο δίκτυο (τυπική τιμή μία ώρα). Η εν λόγω προσέγγιση θεωρείται κατάλληλη για εφαρμογές χωροθέτησης και ελέγχου της επάρκειας δεξαμενών, υπολογισμού της ενέργειας άντλησης και ανάλυσης της διαίτας των ποιοτικών παραμέτρων του νερού (η τελευταία λειτουργία γίνεται μέσω συνδυασμένων μοντέλων προσομοίωσης τόσο των υδραυλικών όσο και των ποιοτικών χαρακτηριστικών της ροής) (Κουτσογιάννης, 2006).

3.10. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Ο Hardy Cross τη δεκαετία του '30 ανέπτυξε μια επαναληπτική μέθοδο για την ανάλυση κλειστών δικτύων, δηλαδή δικτύων τα οποία σχηματίζουν βρόγχους. Η μέθοδος αυτή έβαλε τις πρώτες βάσεις για τη μετέπειτα ανάλυση των δικτύων μέσω της χρήσης προτύπων υπολογιστών. Τα πρώτα προγράμματα για την ανάλυση των δικτύων, που εμφανίστηκαν τη δεκαετία του '60, βασίστηκαν σε αυτή τη μέθοδο, αλλά σύντομα αντικαταστάθηκαν με τους κώδικες που χρησιμοποιούσε η πιο “εξελιγμένη” μέθοδος, των Newton – Raphson, για την επίλυση των μη-γραμμικών εξισώσεων, οι οποίες περιγράφουν τη ροή του νερού μέσα στους αγωγούς.

Τη δεκαετία του '70 έγιναν αρκετές πρόοδοι όσον αφορά τις τεχνικές επίλυσης δικτύων. Αναπτύχθηκαν νέοι και πιο «εξελιγμένοι» αλγόριθμοι (Epp and Fowler, 1970; Haman and Brameller, 1971; Wood and Charles, 1972) αλλά και τεχνικές για τη προσομοίωση και χρήση συσκευών, όπως αντλιών και βαλβίδων. Επίσης αναπτύχθηκαν τρόποι αποτελεσματικότερης χρήσης των αλγόριθμων (Chandrashekar and Stewart, 1975; Gayetal, 1978). Σημαντική πρόοδο αποτέλεσε και η δυνατότητα προσομοίωσης δικτύων παρατεταμένης περιόδου, η οποία ξεκίνησε από τους Rao and Bree το 1977.

Η δεκαετία του '80 χαρακτηρίστηκε από τη μεταφορά των κωδικών αυτών στους προσωπικούς πλέον υπολογιστές. Επίσης, αναπτύχθηκε και η ποιοτική ανάλυση του νερού στα δίκτυα (Clarketal, 1988; Kroon, 1990). Κατά τη δεκαετία του 90 η έμφαση δόθηκε στη χρήση γραφικών και στην ανάπτυξη των προγραμμάτων CAD και των βάσεων δεδομένων.

3.11. ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Το βασικό πρόβλημα της ροής του νερού μέσα στα δίκτυα διανομής του, με δεδομένες τις εισροές και τις εκροές από αυτά, είναι ο καθορισμός της ροής και ο υπολογισμός των πιέσεων σε αυτά. Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό απαιτούνται δύο σύνολα εξισώσεων. Το πρώτο απαιτεί τη διατήρηση της ροής σε κάθε κόμβο, δηλαδή σε κάθε ένωση σωλήνων και το δεύτερο καθορίζει μια μη- γραμμική σχέση μεταξύ ροής και απώλειας ενέργειας σε κάθε σωλήνα. Τέτοιες εξισώσεις είναι οι γνωστές Hazen-Williams και Darcy-Weisbach. Αυτές οι εξισώσεις αποτελούν ένα σύνολο μη-γραμμικών εξισώσεων όταν το υπό μελέτη δίκτυο αποτελείται από βρόγχους και περισσότερες από μια κύριες πηγές.

Γενικά είναι πολύ σημαντικό να κατανοηθούν πλήρως οι μεθοδολογίες στις οποίες βασίζονται οι υδραυλικοί υπολογισμοί. Όταν όμως αφομοιωθούν αυτές οι έννοιες, η διαδικασία επίλυσης μπορεί να καταλήξει επαναληπτική και κουραστική, δηλαδή το είδος της επίλυσης που ταιριάζει τέλεια σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα στη χρήση αυτοματοποιημένων επιλύσεων για τα περισσότερα υδραυλικά προβλήματα. Μερικά από τα πλεονεκτήματα αυτά παρουσιάζονται παρακάτω:

- Δραστική μείωση του χρονικού διαστήματος για την πραγματοποίηση μιας ανάλυσης.
- Περισσότερο λεπτομερείς εξισώσεις στην επίλυση με ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Για την πραγματοποίηση μιας επίλυσης χωρίς υπολογιστή απαιτούνται συχνά πολλές υποθέσεις απλοποίησης.

- Συστηματική οργάνωση και έλεγχος, για πιθανά λάθη, των δεδομένων που απαιτούνται να εισαχθούν από το πρόγραμμα. Η μετατροπή των μονάδων και η επαναλαμβανόμενη αναγραφή των εξισώσεων για κάθε είδους λύση, είναι μόνο δύο παραδείγματα στα οποία οι υπολογισμοί χωρίς τη χρήση υπολογιστή παρουσιάζουν συχνά λάθη, ενώ ένα καλά ελεγμένο λογισμικό πρόγραμμα αποφεύγει τέτοιου είδους αλγεβρικά και αριθμητικά λάθη.
- Βοήθεια στην καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων, μέσω της χρήσης πινάκων, διαγραμμάτων, έγχρωμων χαρτών, ιστογραμμάτων κ.τ.λ.
- Σύνδεση με άλλα λογισμικά προγράμματα, όπως για παράδειγμα με βάσεις δεδομένων, με σχεδιαστικά προγράμματα (CAD) ή με γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS).
- Δυνατότητα πραγματοποίησης περισσότερων συγκρίσεων και δοκιμών σχεδιασμού, εξαιτίας της ταχύτητας και της αυξημένης ακρίβειας που παρέχουν τα υπολογιστικά μοντέλα. Το πλεονέκτημα αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη διερεύνηση περισσότερων περιπτώσεων σχεδιασμού, γεγονός το οποίο τελικά καταλήγει σε καλύτερο και πιο αποτελεσματικό σχεδιασμό των δικτύων.

3.12. ΒΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Κάθε μοντέλο προσομοίωσης και επίλυσης δικτύων διανομής νερού, αποτελείται από δύο μέρη (Mays, 1999). Το πρώτο μέρος που αφορά το υπολογιστικό κομμάτι και το δεύτερο που αφορά το σύνολο των δεδομένων που περιγράφουν τα φυσικά στοιχεία των δικτύων, τις καταναλώσεις καθώς επίσης και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους. Τα βήματα τα οποία ακολουθούνται κατά τη χρήση υπολογιστικών προτύπων, θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν ως εξής:

- Καθορισμός του είδους των ερωτήσεων, τις οποίες το μοντέλο καλείται να απαντήσει.
- Αναπαράσταση των βασικών στοιχείων, τα οποία στην ουσία αποτελούν το δίκτυο.
- Συλλογή όλων των απαραίτητων δεδομένων, τα οποία είναι αναγκαία για την περιγραφή των στοιχείων του δικτύου.
- Καθορισμός, σε κάθε χρονική στιγμή της ανάλυσης, της χρήσης του νερού στο

υπό μελέτη δίκτυο.

- Χαρακτηρισμός του τρόπου λειτουργίας του δικτύου σε κάθε χρονική στιγμή ανάλυσης.
- Έλεγχος του μοντέλου σε πιθανά λάθη που προκύπτουν.
- Επίλυση του μοντέλου με σκοπό την απάντηση των ερωτήσεων που τέθηκαν αρχικά και τεκμηρίωσης των αποτελεσμάτων.

4. ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

4.1. ΜΗ ΤΙΜΟΛΟΓΗΜΕΝΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

Η Απώλεια Νερού (Water Loss) ή Μη Τιμολογημένο Νερό (Non-Revenue Water-NRW) αντιπροσωπεύει αναποτελεσματικές διαδικασίες παράδοσης και μέτρησης του νερού στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής και σε μερικά δίκτυα ύδρευσης και μπορεί να αποτελεί ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό της συνολικής παραγωγής νερού. Οι Απώλειες Νερού για ένα ολόκληρο δίκτυο ή για ένα τμήμα ενός δικτύου υπολογίζονται ως η διαφορά του Όγκου Εισόδου στο Σύστημα μείον την Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση. Οι Απώλειες Νερού αποτελούνται από τις Πραγματικές και τις Φαινομενικές Απώλειες:

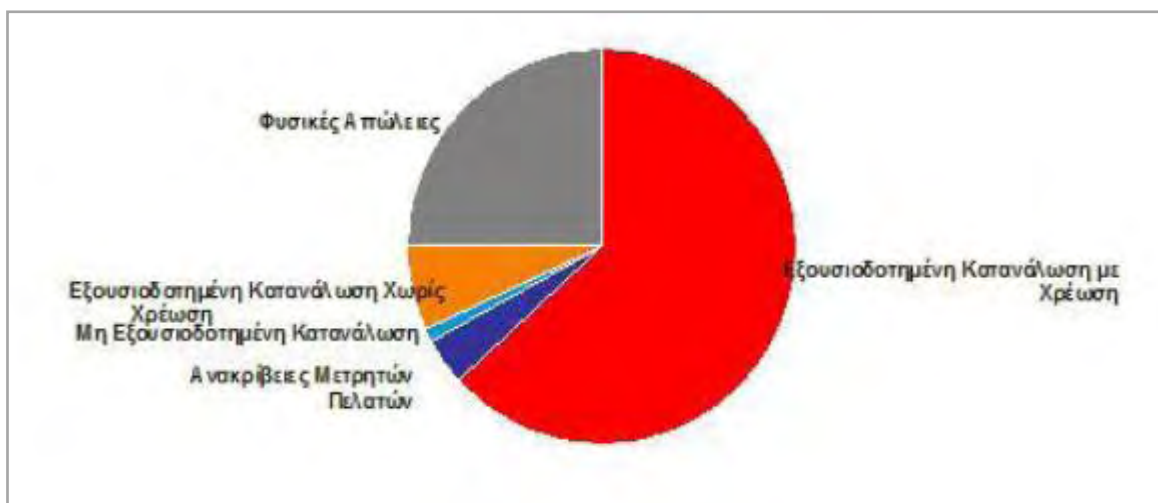
- Πραγματικές Απώλειες: είναι οι φυσικές απώλειες από διαρροές και υπερχειλίσεις στο υπό πίεση σύστημα, μέχρι τα σημεία που συνδέεται το δίκτυο με τον κάθε καταναλωτή.
- Φαινομενικές Απώλειες: αποτελούνται από όλους τους τύπους ανακριβών μετρητών (εισόδου, εξόδου και μετρητές πελατών) και από μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση (κλοπή και παράνομη χρήση). Ονομάζονται επίσης εμπορικές απώλειες.

Απώλεια νερού εμφανίζεται σε όλα τα δίκτυα, μόνο ο όγκος διαφέρει σε κάθε περίπτωση και αυτός ο όγκος απεικονίζει την ικανότητα μιας εταιρείας ύδρευσης να διαχειρίζεται το δίκτυό της. Για να καταλάβουν τα στελέχη τους λόγους για τους οποίους υπάρχει απώλεια νερού, πώς και πού συμβαίνει, θα πρέπει να πραγματοποιήσουν μια αξιολόγηση των φυσικών χαρακτηριστικών του δικτύου και της τρέχουσας λειτουργικής πρακτικής του.

Σε πολλές περιπτώσεις, το πρόβλημα της απώλειας νερού προκαλείται από άσχημη υποδομή, κακή πρακτική διαχείρισης, χαρακτηριστικά του δικτύου, λειτουργικές πρακτικές, τεχνολογίες, δεξιότητες και κοινωνικές και πολιτιστικές επιρροές. Ένα υψηλό επίπεδο πραγματικών ή φυσικών απωλειών μειώνει την ποσότητα του πολύτιμου νερού που φθάνει στους πελάτες, αυξάνει τις λειτουργικές δαπάνες της εταιρείας ύδρευσης και κάνει μεγαλύτερες τις κύριες επενδύσεις σε νέους πόρους. Ένα υψηλό επίπεδο φαινομενικών ή εμπορικών απωλειών μειώνει το κύριο ρεύμα εσόδων στην εταιρεία ύδρευσης.

Πριν από δέκα χρόνια υπήρχε μεγάλη ποικιλία στον ορισμό και πολυμορφία στον υπολογισμό της απώλειας νερού. Στο τέλος της δεκαετίας του 1990, η Διεθνής Ένωση

Υδάτων (IWA) αναγνώρισε την ανάγκη να υπάρχει μια πρακτική δομή ελέγχου του νερού με κοινή ορολογία και σαν αποτέλεσμα η Ομάδα Δράσης Απωλειών Νερού δημιούργησε ένα πρότυπο ισοζύγιο νερού. Αυτό το πρότυπο ισοζύγιο νερού έχει γίνει αποδεκτό και χρησιμοποιείται παγκόσμια, με ή χωρίς κάποιες μικρές μετατροπές. Το Σχήμα 4.1 που ακολουθεί, δείχνει τα τυπικά στοιχεία ενός συστήματος μετάδοσης και διανομής νερού, χρησιμοποιώντας την ορολογία του IWA.



Σχήμα 4.1 Τυπικά στοιχεία όγκου εισόδου στο σύστημα διανομής

Το NRW (Μη Τιμολογημένο Νερό) αντιπροσωπεύει ανεπάρκειες στα συστήματα μετάδοσης και διανομής νερού και ανακριβή μέτρηση του όγκου του νερού, που εισάγεται σε ένα σύστημα ή στο μετρητή του συνδρομητή. Το NRW έχει τεράστια σημασία για την παροχή υπηρεσιών νερού και ορίζει τα βασικά βήματα που απαιτούνται για την ανάπτυξη μιας στρατηγικής μείωσής του σε ένα αποδεκτό επίπεδο. Έχει γίνει σταδιακή αποδοχή της στρατηγικής σημασίας της απώλειας νερού από τις εταιρείες ύδρευσης. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα στην Ευρώπη, όπου πολλές χώρες αναπτύσσουν ή έχουν αναπτύξει πολιτικές και προγράμματα για τον περιορισμό και τον έλεγχο της απώλειας νερού. Αυτά τα προγράμματα περιέχουν ένα μίγμα δραστηριοτήτων μείωσης του μη τιμολογημένου νερού, ώστε να είναι κατάλληλα για την κάθε εταιρεία ύδρευσης.

Ο όγκος του νερού που χάνεται μέσω φυσικών διαρροών εξαρτάται από την κατάσταση της υποδομής και την πολιτική εντοπισμού και επισκευής των διαρροών της συγκεκριμένης εταιρείας ύδρευσης. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα του νερού που χάνεται είναι:

- Πίεση στο σύστημα.
- Συχνότητα εμφάνισης διαρροών και ρυθμός ροής τους.

- Χρονικό διάστημα ύπαρξης της διαρροής πριν εντοπιστεί και επισκευαστεί.
- Επίπεδο μη ανιχνεύσιμων μικρών διαρροών (απώλειες στο υπόβαθρο).

Το επίπεδο φαινομενικών απωλειών εξαρτάται από τα εξής:

- Πολιτική αλλαγής μετρητών των πελατών της εταιρείας ύδρευσης.
- Πολιτική επιβολής του νόμου από την εταιρεία ύδρευσης σε σχέση με τη μη εξουσιοδοτημένη χρήση.

Για να γίνει κατανοητή η απώλεια νερού σε οποιοδήποτε σύστημα, είναι σημαντικό να διαχωριστούν οι πραγματικές από τις φαινομενικές απώλειες. Οι πραγματικές ή φυσικές απώλειες από ένα δίκτυο αντιπροσωπεύουν έναν χαμένο πόρο. Συνεπώς, μια μείωση των διαρροών σημαίνει ότι μια εταιρεία ύδρευσης έχει πρόσθετο νερό, το οποίο μπορεί να παρέχει στους πελάτες της, ειδικά εάν προηγουμένως είχε έλλειψη σε νερό. Εάν μια εταιρεία ύδρευσης σκοπεύει να αναπτύξει μια νέα πηγή, τότε οι κύριες δαπάνες μπορούν να αναβληθούν ή να αποφευχθούν με τη μείωση των διαρροών από το σύστημα.

Οι φαινομενικές ή εμπορικές απώλειες, όπως είναι περισσότερο γνωστές, είναι το νερό που λαμβάνεται από το σύστημα και χρησιμοποιείται, αλλά δεν πληρώνεται και επομένως, είναι μια απώλεια πιθανών εσόδων μιας εταιρείας ύδρευσης. Η μείωση των εμπορικών απωλειών θα παράγει περισσότερα έσοδα, αλλά δεν αντιπροσωπεύει αύξηση σε πόρους. Οι εμπορικές απώλειες εκτιμούνται στη λιανική τιμολόγηση, ενώ οι φυσικές απώλειες εκτιμούνται στο μεταβλητό κόστος παραγωγής και διανομής του νερού.

4.2. ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Οι Δείκτες Απόδοσης (Performance Indicator - PI) έχουν διπλό σκοπό: χρησιμεύουν για να μετριοούνται οι αλλαγές στην απόδοση του NRW με την πάροδο του χρόνου και βοηθούν την συγκριτική αξιολόγηση της απόδοσης διαφορετικών τμημάτων του δικτύου ύδρευσης, επιτρέποντας επίσης τη στοχοθέτηση επιθυμητών επιπέδων απόδοσης. Είναι σημαντικό να υπάρχουν τυποποιημένοι δείκτες απόδοσης, που να υπολογίζονται σύμφωνα με μια σαφώς ορισμένη μεθοδολογία και να χρησιμοποιούν τον ίδιο ορισμό. Υπάρχουν διάφοροι καθιερωμένοι Δείκτες Απόδοσης για τη μέτρηση των απωλειών ύδατος μέσα στα δίκτυα ύδρευσης, αλλά κάποιιοι είναι καλύτεροι από κάποιους άλλους και μερικοί μπορεί να είναι ακατάλληλοι για συγκεκριμένες περιστάσεις.

Ποσοστό του όγκου εισόδου στο σύστημα (Taylor, 2005):

Υπολογίζεται εύκολα και αναφέρεται συχνά στη βιβλιογραφία. Εντούτοις, το IWA

δεν συστήνει τη χρήση του για εκτίμηση της αποδοτικότητας της διαχείρισης των συστημάτων διανομής, επειδή οι σχετικές τιμές υπολογίζονται σαν ποσοστό % επί του NRW και δεν διαχωρίζουν τις Πραγματικές (διαρροές) από τις Φαινομενικές (εμπορικές) Απώλειες. Επίσης, αυτός ο Δείκτης Απόδοσης επηρεάζεται ιδιαίτερα από την κατανάλωση και είναι δύσκολο να υπολογιστεί για μη συνεχείς παροχές. Είναι χρήσιμος, ωστόσο, ως επικοινωνιακό εργαλείο που μπορεί να επιδείξει τη σημαντικότητα ενός προβλήματος.

Ανά τιμολογούμενη ιδιοκτησία, ανά μονάδα χρόνου:

Σε πολλές χώρες, μια μόνο σύνδεση μπορεί να εξυπηρετεί ένα μεγάλο αριθμό ιδιοκτησιών όπως, δηλαδή, ένα κτίριο διαμερισμάτων. Ο υπολογισμός της ισορροπίας νερού, συνήθως, βασίζεται στη διαρροή που υπάρχει μέχρι τον κύριο μετρητή της σύνδεσης. Επομένως, αυτός ο Δείκτης Απόδοσης δε συστήνεται.

Ανά μήκος αγωγών, ανά μονάδα χρόνου:

Οι απώλειες στην διανομή που εκφράζονται σε m^3/km κεντρικών αγωγών/ημέρα επηρεάζονται κατά πολύ από την πυκνότητα των συνδέσεων. Με βάση την υπάρχουσα εμπειρία, ο Δείκτης Απόδοσης μήκους είναι κατάλληλος όταν υπάρχουν λιγότερες από 20 συνδέσεις ανά km κεντρικού αγωγού, όπως π.χ. σε μια αγροτική περιοχή. Παρακάτω αναφέρονται μερικές ρεαλιστικές τιμές διαρροών από δίκτυα ύδρευσης σε συνηθισμένες συνθήκες, όπου η διαρροή εκφράζεται σε m^3/km κεντρικών αγωγών/ημέρα:

- Καλή απόδοση < $10 m^3/km$ αγωγών/ημέρα.
- Μέτρια απόδοση $10 - 20 m^3/km$ αγωγών/ημέρα.
- Κακή κατάσταση > $20 m^3/km$ αγωγών/ημέρα.

Ανά σύνδεση, ανά μονάδα χρόνου:

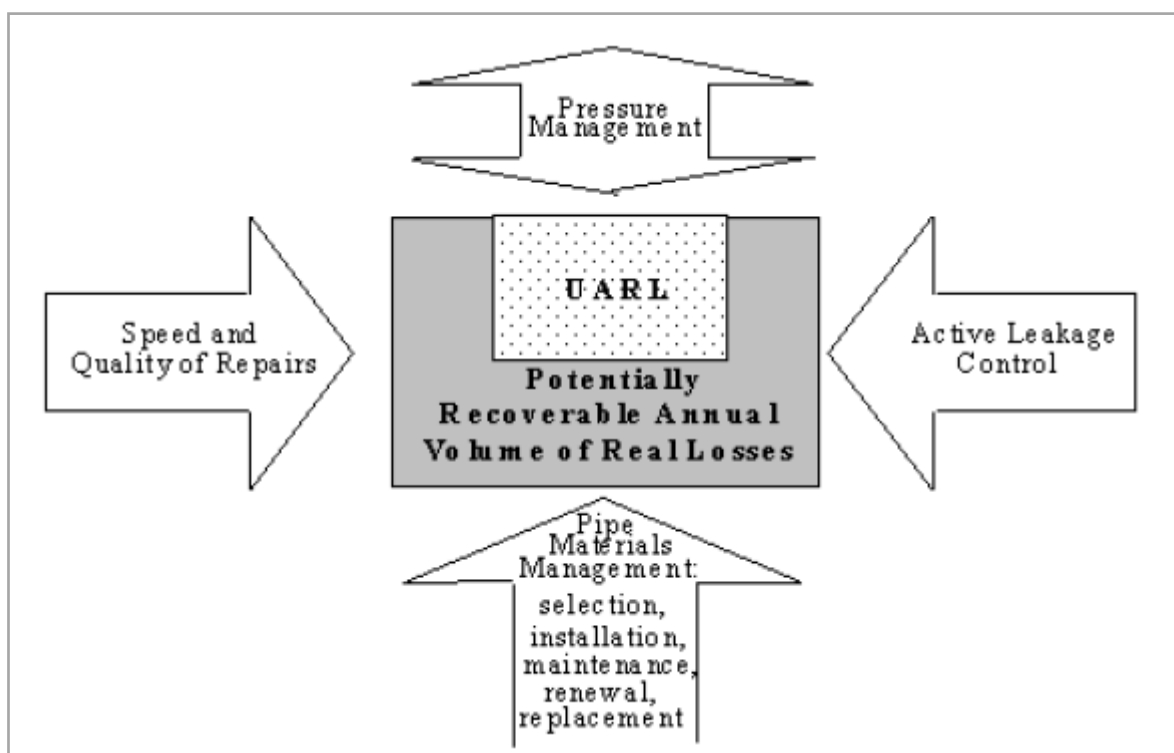
Το IWA θεωρεί ότι, από όλους τους παραδοσιακούς Δείκτες Απόδοσης, αυτός εδώ είναι καταλληλότερος για δίκτυα με περισσότερες από 20 συνδέσεις/ km κεντρικού αγωγού. Παρακάτω παρατίθεται ένα εύρος τυπικών τιμών που επιτυγχάνονται, όταν η διαρροή εκφράζεται σε λίτρα/σύνδεση/ημέρα, σε μια υποτιθέμενη μέση πίεση 50 μέτρων:

- Καλή απόδοση < 125 λίτρα/σύνδεση/μέρα.
- Μέτρια απόδοση 125 - 250 λίτρα/σύνδεση/μέρα.
- Κακή απόδοση > 250 λίτρα/σύνδεση/μέρα.

Δείκτης Διαρροών Υποδομής - Infrastructure Leakage Index (ILI):

Το ILI θεωρείται ο πιο χρήσιμος και πρακτικά εφαρμόσιμος δείκτης απόδοσης που

αναπτύχθηκε από την Ομάδα Δράσης Απωλειών Νερού του IWA το 2000. Το ILI ορίζεται ως η αναλογία μεταξύ των Τρεχόντων Ετήσιων Πραγματικών (Φυσικών) Απωλειών (Current Annual Real (Physical) Losses - CARL) ως προς τις Αναπόφευκτες Ετήσιες Πραγματικές (Φυσικές) Απώλειες (Unavoidable Annual Real (Physical) Losses - UARL). Για τα περισσότερα δίκτυα, το UARL αντιπροσωπεύει το χαμηλότερο επίπεδο διαρροής που θα μπορούσε να επιτευχθεί τεχνικά. Το CARL αντιστοιχεί στο μεγάλο ορθογώνιο στο Σχήμα 4.2. Καθώς εμφανίζονται νέες διαρροές κάθε έτος, ο όγκος των απωλειών θα αυξάνεται, εκτός και αν εφαρμοσθούν αποτελεσματικά και οι τέσσερις τεχνικές διαχείρισης πίεσης, έλεγχου ενεργών διαρροών, γρήγορης και αποτελεσματικής επισκευής και καλής διαχείρισης των σωληνώσεων (που αντιστοιχούν στα 4 βέλη).



Σχήμα 4.2 Δείκτης Διαρροών Υποδομής (Taylor, 2005)

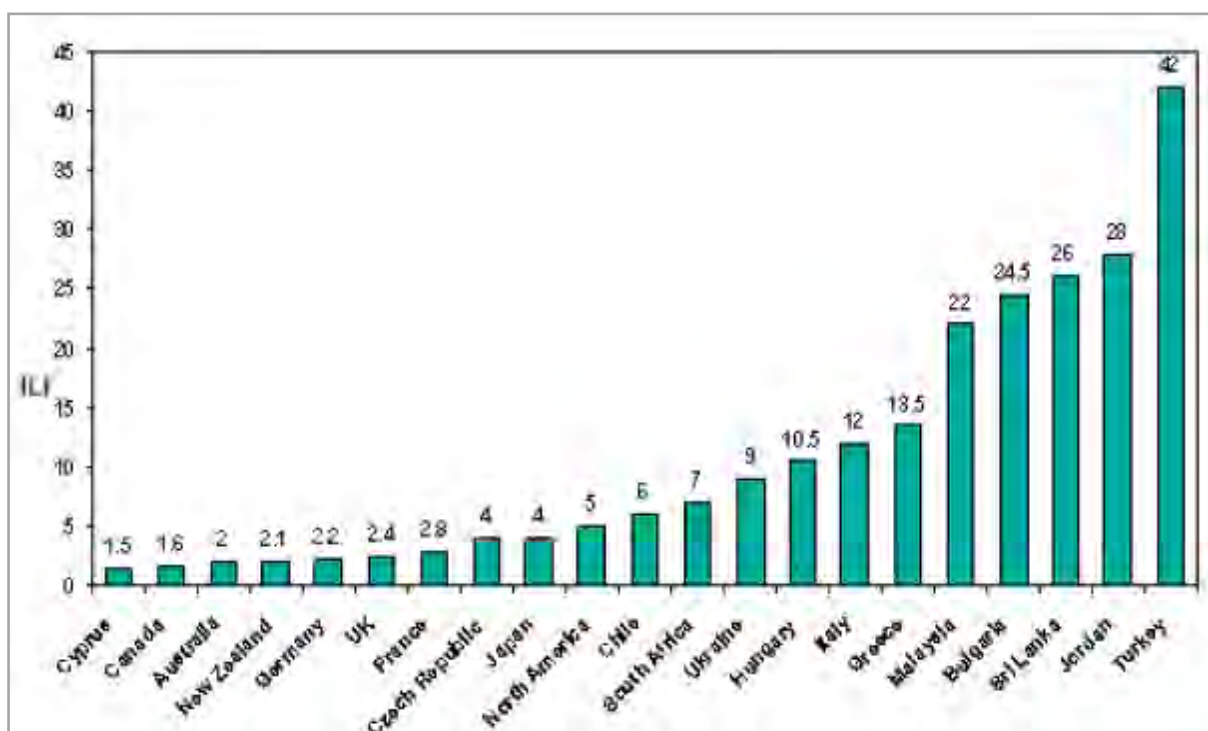
Το Σχήμα 4.2 παρουσιάζει μερικές τιμές ILI από εταιρείες ύδρευσης σε όλο τον κόσμο. Μερικές εταιρείες ύδρευσης επιτυγχάνουν τιμές ILI στο εύρος 1,5 έως 4,0. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι τιμές αυτές αντιστοιχούν στο οικονομικά βέλτιστο επίπεδο διαρροών (δηλαδή θα ήταν οικονομικά ασύμφορο να επενδύσουν στην περαιτέρω μείωση των διαρροών τους).

Το ILI έχει κερδίσει βαθμιαία την αποδοχή ως ο πιο χρήσιμος Δείκτης Απόδοσης για φυσικές απώλειες και χρησιμοποιείται σε πολλές χώρες από τις εταιρείες ύδρευσης και τους ελεγκτές τους, επειδή, όπως και όλοι οι καλοί Δείκτες Απόδοσης, επιτρέπει στις

Εταιρείες Ύδρευσης να παρακολουθούν την πρόοδο των ενεργειών τους για τη μείωση του NRW.

Το World Bank Institute στο ρόλο του για παροχή μεγαλύτερης κατανόησης για όλους τους τομείς του NRW ανέπτυξε ένα απλουστευμένο πίνακα στόχων για έλεγχο των πραγματικών ή φυσικών απωλειών. Ο πίνακας συγκρίνει διάφορες τιμές ILI, με τιμές του παραδοσιακού Δείκτη Απόδοσης, που είναι τα λίτρα/σύνδεση/ημέρα. Ο πίνακας παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.1 και είναι ένας σαφής, πρακτικός οδηγός για τα αποτελέσματα που μπορεί να πετύχει μια εταιρεία ύδρευσης.

Μετά την ιδιωτικοποίηση των εταιρειών ύδρευσης στην Αγγλία και την Ουαλία το 1989, η Ελεγκτική Αρχή (το Offices of Water Services - OFWAT) παρουσίασε ένα σύστημα εκτίμησης της απόδοσης. Το σύστημα αυτό επιτρέπει τη σύγκριση και αξιολόγηση των μερών που συντελούν στον υπολογισμό της ισορροπίας νερού. Το OFWAT χρησιμοποιεί ένα σύστημα βαθμολογίας που αποτελείται από ζώνες αξιοπιστίας A-D. Οι ζώνες αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2. Το World Bank Institute υιοθέτησε, επίσης, το σύστημα ως τη μέθοδο σύγκρισης της απόδοσης μεταξύ εταιρειών ύδρευσης και το ενσωμάτωσε στον πίνακα των στόχων του (Πίνακας 4.1).



Σχήμα 4.3 Τιμές ILI από όλο τον κόσμο (Vairavamoothly, 2006)

Πίνακας 4.1 Ο απλοποιημένος πίνακας στόχων φυσικών απωλειών (Liemberger, 2005)

Προτεινόμενη χρήση του ILI ως Δείκτη Απόδοσης σε ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες							
Κατηγορία Τεχνικής Απόδοσης		ILI	Λίτρα/σύνδεση/μέρα (όταν το σύστημα μετράται) σε μια μέση πίεση:				
			10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
Ανεπτυγμένες Χώρες	A	1 - 2		< 50	< 75	< 100	< 125
	B	2 - 4		50-100	75-150	100-200	125-250
	C	4 - 8		100-200	150-300	200-400	250-500
	D	> 8		>200	> 300	> 400	> 500
Αναπτυσσόμενες Χώρες	A	1 - 4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
	B	4 - 8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8 - 16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	> 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000

Πίνακας 4.2 Σύστημα βαθμολογίας για απόδοση NRW performance (Liemberger, 2005)

Κατηγορία	Αξιολόγηση απόδοσης
A - Καλή	Περαιτέρω μείωση των απωλειών μπορεί να είναι ασύμφορη, απαιτείται προσεκτική ανάλυση για ανάλυση αποδοτικών βελτιώσεων
B - Μέτρια	Εξέταση τρόπων διαχείρισης πίεσης, καλύτερες πρακτικές ελέγχου ενεργών διαρροών και καλύτερη συντήρηση
C - Κακή	Ανεκτό μόνο αν το νερό είναι φθινό και άφθονο και ακόμα και τότε πρέπει να εντατικοποιηθούν οι προσπάθειες μείωσης του NRW
D - Πολύ κακή	Ανεπαρκής χρήση πόρων, απαραίτητη η δημιουργία προγράμματος μείωσης NRW και θα πρέπει να τεθεί ως προτεραιότητα

Όσον αφορά τους Δείκτες Απόδοσης για τις φαινομενικές ή τις εμπορικές απώλειες, το IWA συστήνει m^3 /κεντρική σύνδεση/σύνδεση/έτος. Ωστόσο, σε δίκτυα όπου όλοι οι πελάτες έχουν μετρητές και η παράνομη χρήση είναι μικρή (ως ποσοστό), ίσως να είναι καλύτερο να εκφραστούν οι εμπορικές απώλειες ως ποσοστό της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης, καθώς το μεγαλύτερο μέρος αυτών των απωλειών θα αντιπροσωπεύει λάθη των μετρητών των πελατών. Για τον υπολογισμό του χρηματοοικονομικού δείκτη απόδοσης, ο όγκος κάθε ενός από τα κύρια μέρη του NRW, υπολογίζεται σε τοπικό νόμισμα/ m^3 και η τιμή του κάθε μέρους του NRW εκφράζεται ως

ποσοστό του ετήσιου κόστους του δικτύου. Αυτός ο Δείκτης Απόδοσης μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί σαν επικοινωνιακό εργαλείο, για να επιδείξει τη σημαντικότητα ενός δεδομένου προβλήματος.

Γήρανση σωλήνων:

Οι θαμμένοι σωλήνες ενός συστήματος διανομής νερού φθείρονται με την πάροδο του χρόνου, εξαιτίας της θερμοκρασίας, της υγρασίας του εδάφους, της διάβρωσης και άλλων παραγόντων γήρανσης. Η γήρανση των σωλήνων στα συστήματα διανομής νερού μπορεί να έχει τρία κύρια αποτελέσματα. Πρώτον, η γήρανση του υλικού κατασκευής του σωλήνα προκαλεί μείωση της δύναμης του σωλήνα. Τότε, τα σπασίματα του σωλήνα αυξάνονται στις περιοχές του συστήματος με αυξημένη πίεση. Δεύτερο, η γήρανση του σωλήνα αυξάνει το συντελεστή τριβής του σωλήνα και έτσι αυξάνονται οι απώλειες ενέργειας στο συγκεκριμένο σωλήνα. Στη συνέχεια, αυξάνονται τα κόστη άντλησης και σε μερικές περιπτώσεις απαιτείται η χρήση αντλιών σε συστήματα που προηγουμένως λειτουργούσαν με βαρύτητα. Τέλος, η γήρανση του σωλήνα επηρεάζει την ποιότητα του νερού στο σύστημα και μπορεί να αποχρωματίσει το νερό.

Η γήρανση των σωλήνων είναι αναπόφευκτη, αλλά η διαδικασία αυτή μπορεί να επιβραδυνθεί με τη λήψη κάποιων προφυλάξεων. Μερικές τεχνικές αντιγήρανσης είναι η καθοδική προστασία για τους ατσάλινους σωλήνες, η επένδυση και η επικάλυψη για ατσάλινους σωλήνες και σωλήνες από όγκιμο χυτοσίδηρο.

Στη φάση σχεδίασης του συστήματος διανομής νερού, η ανάλυση των μεταβολών στη θερμοκρασία της περιοχής, των τιμών της πίεσης στο σύστημα, των χημικών συστατικών του εδάφους και των υπόγειων υδάτων, βοηθά στην επιλογή υλικών κατασκευής σωλήνα που προσφέρουν μακροζωία και κατάλληλου βάθους θαψίματος για τους σωλήνες.

Πλαστικοί σωλήνες:

Οι πλαστικοί σωλήνες χρησιμοποιούνται τόσο για υπόγειες, όσο και για υπέργειες εφαρμογές. Ένα καλά εγκατεστημένο και σωστά συντηρημένο σύστημα πλαστικών σωλήνων υπό πίεση μπορεί να έχει κύκλο ζωής μέχρι και 50 χρόνια. Αυτό εξαρτάται από το μέσο, τη θερμοκρασία, τη χημική συνοχή, την πίεση και το είδος του πλαστικού συστήματος σωλήνων πίεσης που επιλέγεται. Τα πλαστικά συστήματα σωληνώσεων υπό πίεση χρησιμοποιούνται από το 1950. Τα πιο κοινά πλαστικά συστήματα σωληνώσεων υπό πίεση είναι:

- ABS (Ακρυλονιτρίλιο Βουταδιένιο Στυρένιο).

- PVC-U (Πολυβινυλοχλωρίδιο, Μη πλαστικοποιημένο).
- PVC-C (Πολυβινυλοχλωρίδιο, Χλωριωμένο).
- PP (Πολυπροπυλένιο).
- PE (Πολυαιθυλένιο).
- PVDF (Φθοριομένο Πολυβινύλιο).

Γήρανση σωλήνων PE:

Μερικές πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι τα πιο κοινά απολυμαντικά, χλώριο, χλωραμίνες, υποχλωριούχο νάτριο και διοξείδιο του χλωρίου, οξειδώνουν σημαντικά την εσωτερική επιφάνεια των σωλήνων από πολυαιθυλένιο, με αποτέλεσμα σημαντική μείωση των αντιοξειδωτικών και αποδυνάμωση του σωλήνα. Εμφανίζονται μικροθραύσεις και ενώνονται, σχηματίζοντας μεγαλύτερες ρωγμές, οι οποίες είναι δυνατό να μεταδοθούν διαμέσου των τοιχωμάτων του σωλήνα και να προκαλέσουν βλάβες.

Το νερό δεν αντιδρά με το PE, αλλά, γενικά, περιέχει δύο αντιδραστικούς παράγοντες: οξυγόνο και απολυμαντικά. Η αυτοοξείδωση του PE είναι πολύ αργή σε χαμηλή θερμοκρασία, τυπικά $T < 80^{\circ}\text{C}$, αλλά σε κλίμακα χρόνου μπορεί να γίνει σημαντική. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, τα απολυμαντικά, ειδικότερα τα παράγωγα του χλωρίου, είναι γνωστό ότι καταστρέφουν τις οργανικές ενώσεις, συχνά, με ριζικές διαδικασίες. Το PE δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλή ριζική αντιδραστικότητα, αλλά μηδενική αντιδραστικότητα θα ήταν έκπληξη, αφού οι ριζικές αντιδράσεις δεν είναι ποτέ εντελώς επιλεκτικές. Επιπλέον, το PE περιέχει αντιοξειδωτικά, ανάμεσα στα οποία και φαινόλες, που είναι πολύ αντιδραστικές στις ριζικές διαδικασίες. Για αυτό το λόγο, τα απολυμαντικά αναμένεται να έχουν επιβλαβή αποτέλεσμα στην ανθεκτικότητα του σωλήνα, τουλάχιστον όσον αφορά την αποσταθεροποίηση που προκαλούν.

Γήρανση σωλήνων PVC:

Η χημική υποβάθμιση στο PVC σημαίνει το σπάσιμο των ομοιοπολικών δεσμών λόγω θερμοκρασίας, οξυγόνου ή άλλων παραγόντων. Η χημική υποβάθμιση μιας αλυσίδας PVC συχνά πηγάζει από αφυδροχλωρίωση. Ένα μικρό μέρος των ανωμαλιών θα ενσωματωθεί στην αλυσίδα PVC κατά τη διάρκεια του πολυμερισμού. Αυτές οι ανωμαλίες έχουν σαν αποτέλεσμα να είναι η αλυσίδα πιο ευαίσθητη στη χημική υποβάθμιση. Οι κρίσιμες παράμετροι για χημική υποβάθμιση είναι ψηλές θερμοκρασίες και δυνάμεις διάτρησης, που παρατηρούνται κατά την εξαγωγή της σκόνης PVC σε ιξώδες υγρό, το οποίο μετατρέπεται σε σωλήνα. Όταν κρυσταλλώνει σε θερμοκρασία

περιβάλλοντος, ο σωλήνας PVC δε θα παρουσιάσει σημαντικό ρυθμό χημικής υποβάθμισης, με την προϋπόθεση ότι δε θα εκτεθεί σε υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Η χημική υποβάθμιση δεν περιορίζει τη ζωή των θαμμένων σωλήνων PVC για τα επόμενα 100 χρόνια (Breen and Boersma, 2005).

Οι φυσικές αλληλεπιδράσεις, για παράδειγμα οι αλληλεπιδράσεις Vanderwaals ανάμεσα στις αλυσίδες PVC, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις μηχανικές ιδιότητες. Η αλλαγή, σαν συνάρτηση της ιστορίας του προϊόντος, ονομάζεται φυσική γήρανση. Οι αλυσίδες PVC παρουσιάζουν κίνηση κατά τη διεργασία σε ψηλές θερμοκρασίες που μπορεί να συγκριθεί με το σπαγγέτι. Εκτός από τις αλυσίδες PVC, κατά τη διεργασία, αναμιγνύονται πρόσθετα, ανάμεσα στα οποία και σταθεροποιητές. Η διάταξη των ψηλών θερμοκρασιών διατηρείται όταν το προϊόν από PCV ψυχθεί κάτω από τη θερμοκρασία υαλώδους μετάβασης. Κατά τη διάρκεια της ψύξης, από τη θερμοκρασία υαλώδους μετάβασης, στη θερμοκρασία αποθήκευσης και λειτουργίας, πραγματοποιείται μια αργή διεργασία, κατά την οποία ο αναπροσανατολισμός των αλυσίδων PVC για να φτάσουν σε μια πυκνότερη κατάσταση με ψηλότερο. Ο βαθμός φυσικής γήρανσης εξαρτάται, ανάμεσα σε άλλα, από το βαθμό με τον οποίο ψύχεται το PVC αμέσως μετά την παραγωγή του. Η φυσική γήρανση είναι μια διαδικασία αργά εξελισσόμενη, η οποία μπορεί να επιταχυνθεί με την έκθεση σε ψηλές θερμοκρασίες (Breen and Boersma, 2005).

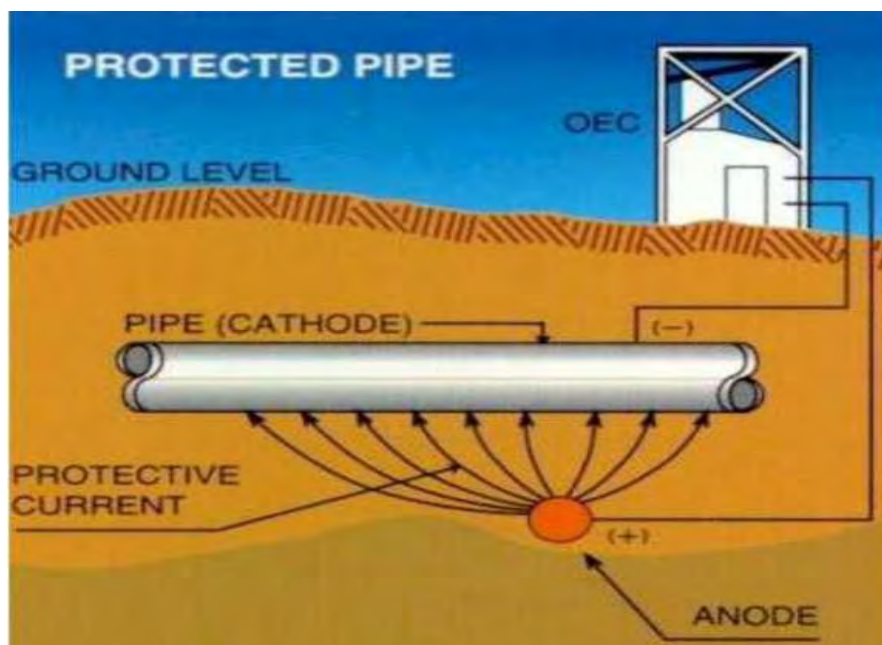
Μεταλλικοί σωλήνες:

Τυπικά, οι μεταλλικές σωληνώσεις είναι κατασκευασμένες από ατσάλι ή σίδηρο όπως μη στιλβωμένο σίδηρο, βερνικωμένο χάλυβα, ανθρακούχο χάλυβα, ανοξείδωτο χάλυβα ή γαλβανισμένο χάλυβα, μπρούντζο και όλκιμο χυτοσίδηρο. Σωλήνες ή σωληνώσεις από αλουμίνιο μπορεί να χρησιμοποιηθούν όταν ο σίδηρος δεν είναι συμβατός με το υγρό που μεταφέρεται ή όταν το βάρος του σωλήνα αποτελεί πρόβλημα. Το αλουμίνιο χρησιμοποιείται επίσης για σωληνώσεις μεταφοράς θερμότητας, όπως ψυκτικά συστήματα. Οι χάλκινες σωληνώσεις είναι δημοφιλείς για υδραυλικά οικιστικά συστήματα νερού (πόσιμου). Ο χαλκός μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν είναι επιθυμητή η μεταφορά θερμότητας (δηλαδή, καλοριφέρ ή εναλλακτές θερμότητας). Τα inconel (κράματα σιδήρου), τα χρωμιομολυβδαινιούχα και τα τιτανιούχα κράματα χάλυβα χρησιμοποιούνται σε ψηλές θερμοκρασίες και σωληνώσεις υπό πίεση σε διεργασίες και εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι σωληνώσεις από μόλυβδο χρησιμοποιούνται ακόμα σε παλιά οικιστικά και άλλα συστήματα διανομής νερού.

Οι μεταλλικοί σωλήνες υποφέρουν, συνήθως, από διάβρωση (οξειδωση του μετάλλου). Όταν μια σωλήνωση είναι θαμμένη στο έδαφος, η υγρασία του εδάφους είναι σε όλες τις περιπτώσεις ο ηλεκτρολύτης. Οι περιοχές ανόδου και καθόδου βρίσκονται στην ίδια δομή σωλήνα και ο ίδιος ο σωλήνας παρέχει το κύκλωμα επιστροφής.

Καθοδική προστασία:

Η καθοδική προστασία (CP) είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της διάβρωσης μιας μεταλλικής επιφάνειας, μετατρέποντάς την σε κάθοδο ενός ηλεκτροχημικού κυττάρου. Η πιο απλή μέθοδος εφαρμογής καθοδικής προστασίας είναι η ένωση του μετάλλου που θα προστατευθεί με ένα άλλο μέταλλο, το οποίο διαβρώνεται πιο εύκολα, για να δρα ως άνοδος για το ηλεκτροχημικό κύτταρο. Τα συστήματα καθοδικής προστασίας χρησιμοποιούνται, συνήθως, για την προστασία σωληνώσεων χάλυβα, νερού ή καυσίμων και δεξαμενών αποθήκευσης, χαλύβδινους πασσάλους προβλητών, σκαφών που βρίσκονται συνέχεια στο νερό, συμπεριλαμβανομένων θαλαμηγών και ταχύπλων, υπεράκτιων πλατφόρμων πετρελαίου και περιβλημάτων χερσαίων πετρελαιοπηγών. Η καθοδική προστασία μπορεί, σε μερικές περιπτώσεις, να αποτρέψει τη διαβρωτική ρηγμάτωση από την πίεση. Μια σχηματική όψη καθοδικής προστασίας σωλήνωσης δίνεται στο Σχήμα 4.4.



Σχήμα 4.4 Καθοδική προστασία σωλήνωσης

(www.3deducators.com/CathodicProtectionTrainings.asp)

Σήμερα, κατασκευάζονται γαλβανικές ή θυσιαζόμενες άνοδοι σε διάφορα σχήματα με τη χρήση κραμάτων ψευδαργύρου, μαγνησίου και αλουμινίου. Η χωρητικότητα

ηλεκτροχημικού δυναμικού ρεύματος και ο ρυθμός κατανάλωσης αυτών των κραμάτων είναι ανώτερος από του σιδήρου για την καθοδική προστασία.

Οι γαλβανικές άνοδοι σχεδιάζονται και κατασκευάζονται για να έχουν πιο «ενεργή» τάση (πιο αρνητικό ηλεκτροχημικό δυναμικό), από ότι το μέταλλο της κατασκευής (τυπικά ο χάλυβας). Για αποτελεσματική καθοδική προστασία, το δυναμικό της χαλύβδινης επιφάνειας πολώνεται πιο αρνητικό μέχρι η επιφάνεια να έχει ομοιόμορφο δυναμικό. Σε αυτό το στάδιο, αφαιρείται η κινητήρια δύναμη για την αντίδραση διάβρωσης. Η γαλβανική άνοδος συνεχίζει να διαβρώνεται, καταναλώνοντας το υλικό κατασκευής της ανόδου μέχρι να πρέπει τελικά να αντικατασταθεί. Η πόλωση προκαλείται από τη ροή ηλεκτρονίων, από την άνοδο στην κάθοδο. Η κινητήρια δύναμη για το ρεύμα της καθοδικής προστασίας είναι η διαφορά του ηλεκτροχημικού δυναμικού μεταξύ της ανόδου και της καθόδου.

Για μεγαλύτερες κατασκευές, οι γαλβανικές άνοδοι δε μπορούν να παρέχουν οικονομικώς αρκετό ρεύμα για να προσφέρουν πλήρη προστασία. Τα ηλεκτρονικά συστήματα καθοδικής προστασίας (ICCP) χρησιμοποιούν ανόδους συνδεδεμένες με μια πηγή συνεχούς ρεύματος (ανορθωτής καθοδικής προστασίας). Οι άνοδοι για τα συστήματα ICCP έχουν σωληνοειδή και συμπαγή ραβδοειδή σχήματα ή είναι συνεχείς κορδέλες από διάφορα εξειδικευμένα υλικά. Αυτά συμπεριλαμβάνουν χυτοσίδηρο με υψηλή περιεκτικότητα σε σιλικόνη, γραφίτη, αναμιγμένο οξείδιο μετάλλου, πλατίνα, καλώδιο καλυμμένο με νιόβιο και άλλα.

Ένα τυπικό σύστημα ICCP για σωλήνωση θα περιλαμβάνει έναν ανορθωτή που τροφοδοτείται από εναλλασσόμενο ρεύμα, με μέγιστη απόδοση συνεχούς ρεύματος μεταξύ 10 αμπέρ και 50 βολτ. Ο θετικός ακροδέκτης συνεχούς ρεύματος είναι συνδεδεμένος μέσω καλωδίων με τη συστοιχία ανόδων που είναι θαμμένες στο έδαφος (groundbed των ανόδων). Για πολλές εφαρμογές, οι άνοδοι εγκαθίστανται σε τρύπες βάθους 60 μέτρων και πλάτους 25 εκατοστών που επιχωματώνονται με αγωγίμο άνθρακα (ένα υλικό που βελτιώνει την απόδοση και τη διάρκεια ζωής των ανόδων). Ένα καλώδιο, το οποίο εξετάζεται για το αναμενόμενο ρεύμα εξόδου συνδέει τον αρνητικό ακροδέκτη του ανορθωτή με τη σωλήνωση. Η λειτουργική έξοδος του ακροδέκτη είναι προσαρμοσμένη στο βέλτιστο επίπεδο μετά τη διεξαγωγή διάφορων ελέγχων, συμπεριλαμβανομένων μετρήσεων του ηλεκτροχημικού δυναμικού.

Ο γαλβανισμός, γενικά, αναφέρεται στον γαλβανισμό με εμβάπτιση εν θερμώ, που είναι ένας τρόπος επικάλυψης του χάλυβα με ένα στρώμα μεταλλικού ψευδαργύρου. Οι

μεταλλικές επικαλύψεις είναι αρκετά ανθεκτικές στα περισσότερα περιβάλλοντα, γιατί συνδυάζουν τις ιδιότητες φραγμού της επικάλυψης με μερικά από τα πλεονεκτήματα της καθοδικής προστασίας. Αν η επικάλυψη ψευδαργύρου γρατσουνιστεί ή υποστεί άλλη τοπική ζημιά και το μέταλλο εκτεθεί, η γύρω περιοχή της επικάλυψης ψευδαργύρου δημιουργεί ένα γαλβανικό κύτταρο με το εκτεθειμένο ατσάλι και το προστατεύει από τη διάβρωση. Αυτή είναι μια μορφή τοπικής καθοδικής προστασίας - ο ψευδάργυρος συμπεριφέρεται σαν θυσιαζόμενη άνοδος.

Επικάλυψη και επένδυση:

Μια άλλη τεχνική προστασίας των μεταλλικών σωλήνων είναι η επικάλυψη και η επένδυση. Η επικάλυψη είναι η απομόνωση του σωλήνα εναντίον των βλαβερών εξωτερικών δυνάμεων και η επένδυση είναι η εσωτερική επένδυση. Κοινά υλικά επένδυσης είναι οι εποξειδικές ρητίνες, η άσφαλτος και το σκυρόδεμα (τσιμεντοκονίαμα). Κοινά υλικά επικάλυψης είναι το πολυαιθυλένιο, η άσφαλτος, στρώμα λιθανθρακόπισσας και εποξειδικές ρητίνες.

Τόσο η επένδυση, όσο και η επικάλυψη εφαρμόζονται στο σωλήνα στο στάδιο της κατασκευής του. Η επένδυση χρησιμοποιείται, επίσης, για την αποκατάσταση και την ανανέωση παλιών σωληνώσεων.

4.3. ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΗ – ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ

Τα αστικά συστήματα παροχής νερού κατασκευάζονται και αναπτύσσονται εδώ και περισσότερο από εκατό χρόνια. Η γήρανση της υποδομής επιβάλλει μια νέα πρόκληση στις εταιρείες ύδρευσης: να διατηρήσουν και να αποκαταστήσουν το σύστημα με τον πιο αποδοτικό τρόπο. Η γρήγορη ανάπτυξη σε άλλους τομείς της αστικής υποδομής (τηλεπικοινωνίες, μεταφορές κλπ.) δημιουργεί πίεση στη βιομηχανία ύδατος για βελτίωση της λειτουργίας στα συστήματα παροχής νερού με αύξηση της αξιοπιστίας, της διαθεσιμότητας, της ασφάλειας και της αποδοτικότητας. Είναι απαραίτητη μια συνεχής βελτίωση της λειτουργικής πρακτικής. Σαν αποτέλεσμα, η βιομηχανία ύδατος είναι αναγκασμένη να αναζητήσει νέες, σύγχρονες μεθόδους για διαχείριση βλαβών και πάγιων στοιχείων (Misiunas, 2008).

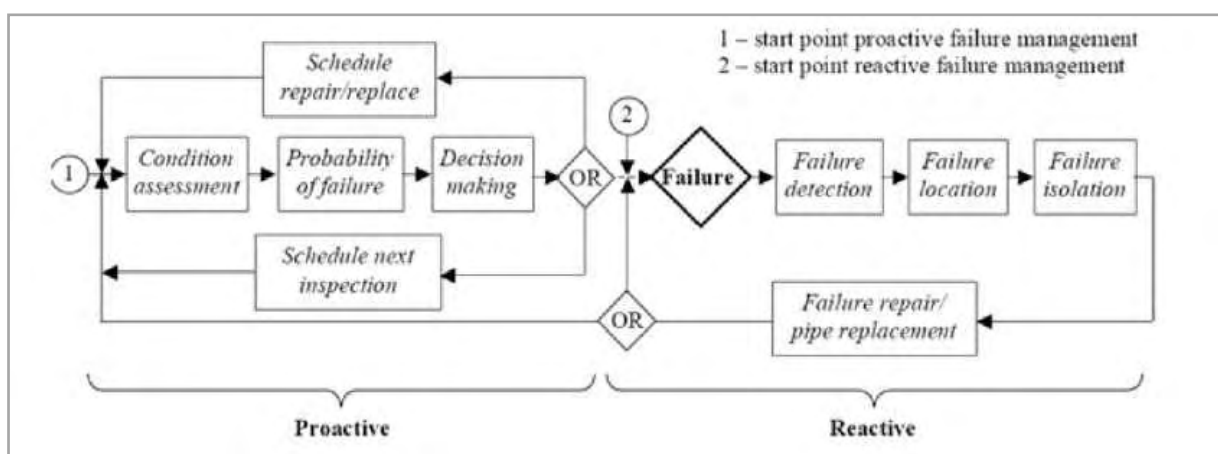
Αφού οι βλάβες των σωλήνων έχουν γίνει ένα συχνό γεγονός στα αστικά συστήματα παροχής νερού, η διαχείριση των βλαβών είναι μέρος της καθημερινής λειτουργίας των σωληνώσεων και των δικτύων σωλήνων. Στη βιβλιογραφία έχει περιγραφεί ένα εύρος μεθοδολογιών, ο αριθμός των τεχνικών διαχείρισης βλαβών, όμως,

ο οποίος εφαρμόζεται σήμερα στη βιομηχανία ύδατος δεν είναι μεγάλος. Ανάλογα με το συγχρονισμό των δραστηριοτήτων διαχείρισης της βλάβης, σε σχέση με την ίδια τη βλάβη, μπορούν να οριστούν δύο τύποι στρατηγικής διαχείρισης βλαβών:

- Προληπτική διαχείριση βλαβών: Όταν οι αποφάσεις για επιδιόρθωση/αντικατάσταση του σωλήνα λαμβάνονται πριν από το συμβάν της βλάβης, για να αποτρέψουν τη βλάβη.
- Διαχείριση βλαβών «εξ αντιδράσεως» (διορθωτική διαχείριση): Όταν η επιδιόρθωση/αντικατάσταση γίνεται μόνο μετά τη βλάβη.

Ο κύκλος διαχείρισης βλαβών παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.5. Το κόστος διαχείρισης βλαβών στους σωλήνες εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο των τεχνικών και των πρακτικών που χρησιμοποιούνται. Η επιλογή του τύπου της τεχνικής διαχείρισης της βλάβης στους σωλήνες, εξαρτάται από ποιο στάδιο στη διαδικασία αλλοίωσης του σωλήνα θα εφαρμοστεί. Γενικά, όσο πιο αρχικό θεωρείται το στάδιο αλλοίωσης του σωλήνα, τόσο πιο πολύπλοκη και ακριβή τεχνική επιθεώρησης πρέπει να εφαρμοστεί (Misiunas, 2008).

Η αντικατάσταση ενός σωλήνα πριν πραγματοποιηθεί η βλάβη δημιουργεί κόστη αντικατάστασης και οποιαδήποτε μελλοντικά κόστη, τα οποία σχετίζονται με τον καινούριο σωλήνα, αλλά η διατήρηση του παλιού σωλήνα περιέχει μεγαλύτερους κινδύνους για βλάβες, αυξάνοντας τα κόστη για επισκευή, διακοπή των υπηρεσιών και ζημιές (Goodman, 2011).



Σχήμα 4.5 Ο κύκλος διαχείρισης βλαβών σωλήνων (Misiunas, 2008)

4.4. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΙΕΣΗΣ

Οι ειδικοί στον έλεγχο απωλειών νερού συμφωνούν ότι η ενεργός διαχείριση της

πίεσης αποτελεί τη βάση μιας αποτελεσματικής πολιτικής διαχείρισης των διαρροών. Γιατί λοιπόν είναι τόσο σημαντική; Ο ρυθμός με τον οποίο διαφεύγει το νερό από ένα δίκτυο είναι μια συνάρτηση της πίεσης που εφαρμόζεται από αντλίες ή από το ύψος της βαρύτητας. Υπάρχει μια φυσική σχέση μεταξύ της πίεσης και του ρυθμού ροής διαρροών.

Αυτή η αρχή μπορεί να αποδειχτεί εύκολα και να εφαρμοστεί στα συστήματα παροχής νερού. Γεμίστε ένα πλαστικό μπουκάλι των δύο λίτρων με νερό. Αν κάνετε μια τρύπα στο πλάι, κοντά στον πάτο του μπουκαλιού, θα αρχίσει να αναβλύζει νερό. Αν κάνετε ακόμα μια τρύπα στο μέσο του μπουκαλιού, το νερό θα ρέει ομαλά. Τώρα, κάντε ακόμα μια τρύπα κοντά στο πάνω μέρος και θα δείτε ότι το νερό που ρέει από την τρύπα μειώνεται σε σταγόνες. Αυτή η απλή επίδειξη φαίνεται στο Σχήμα 4.6.

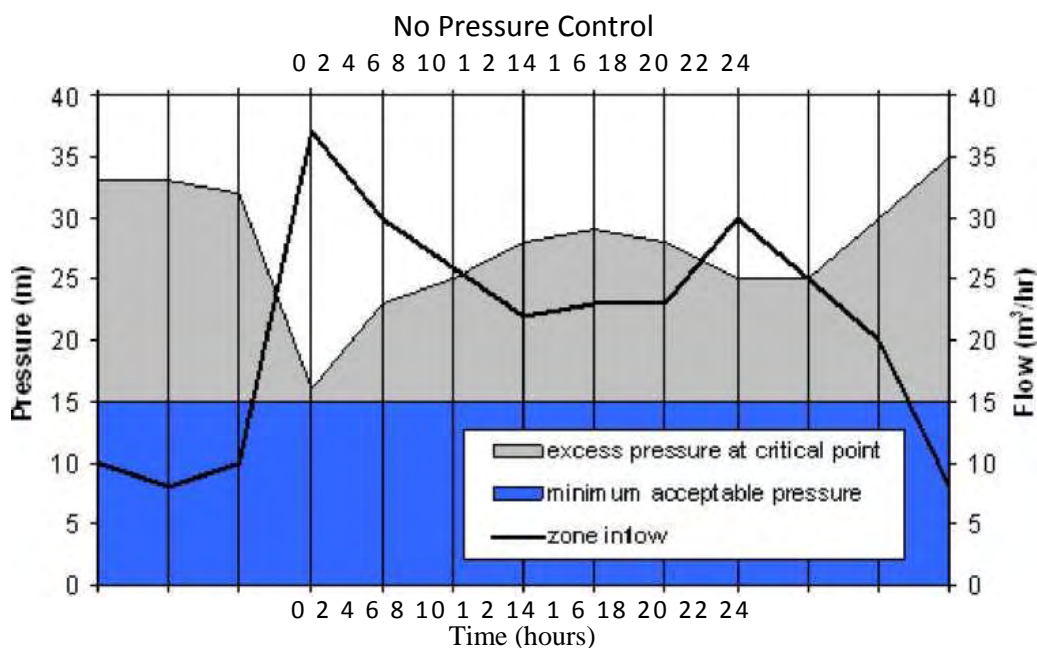


Σχήμα 4.6 Η βασική αρχή της πίεσης (Pilcher et al., 2008)

Τα συστήματα διανομής νερού πρέπει να λειτουργούν ανάμεσα σε δύο όρια πίεσης, το ανώτατο όριο, το οποίο εξαρτάται από τη βαθμολογία πίεσης των σωλήνων και των εξαρτημάτων και το κατώτατο όριο, το οποίο διασφαλίζει ότι το νερό φθάνει στους καταναλωτές σε ένα αποδεκτό ρυθμό. Στη συνέχεια, αυτό παρέχει ένα εύρος πιέσεων για το δίκτυο ή για ένα μέρος του δικτύου. Η ελαχιστοποίηση της πίεσης μέσα σε αυτό το εύρος (ενώ ταυτόχρονα διατηρείται οποιοδήποτε επίπεδο υπηρεσιών) μπορεί να προσφέρει μερικά σημαντικά πλεονεκτήματα, συγκεκριμένα, μειωμένες διαρροές και σπασίματα σωλήνων.

Στο Σχήμα 4.7, η γκριζα σκιασμένη περιοχή αντιπροσωπεύει τις υπερβολικές

πιέσεις, πάνω από ένα κατώτατο όριο υπηρεσιών, (σε αυτό το παράδειγμα 15 μέτρα υδραυλικού φορτίου), κατά τη διάρκεια μιας τυπικής μέρας.



Σχήμα 4.7 Υπερβολικές πιέσεις χωρίς έλεγχο πίεσης

4.5. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Είναι πιθανώς σκόπιμο να σκιαγραφηθούν τα πρακτικά πλεονεκτήματα της διαχείρισης της πίεσης. Η μείωση των υπερβολικών πιέσεων (και των μεταβολών των υπερβολικών πιέσεων) και των απότομων μεταβολών στην πίεση θα:

- Μειώσει τον αριθμό των νέων διαρροών και σπασιμάτων και τα κόστη επισκευής.
- Μειώσει τους ρυθμούς ροής όλων των υπαρχουσών διαρροών.
- Μειώσει τις διαρροές στο «υπόβαθρο» (μη ανιχνεύσιμες διαρροές) (αναπόφευκτες απώλειες).
- Μειώσει την εξαρτώμενη από την πίεση κατανάλωση.
- Βοηθήσει στην αναβολή της αντικατάστασης αγωγών και σωλήνων (βελτίωση της ποιότητας των πάγιων στοιχείων).
- Διασφαλίσει την επίτευξη των ελάχιστων προτύπων υπηρεσιών.
- Αναγνωρίσει και ελαχιστοποιήσει τις απότομες μεταβολές στην πίεση για να μειώσει τη συχνότητα νέων σπασιμάτων σωλήνων.

Μια μείωση της πίεσης της τάξης του 1% θα μειώσει τον τρέχοντα ρυθμό διαρροών μεταξύ 0.55% και 1.5% και το πιο σημαντικό, η αποδοτική διαχείριση της πίεσης

διασφαλίζει πλήρη εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων από ενεργό έλεγχο διαρροών (Goodman, 2011).

4.6. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΕ ΜΕΤΡΗΤΕΣ

Η πλειοψηφία των μηχανικών διανομής νερού κατανοούν το γεγονός ότι η μείωση της πίεσης θα μειώσει τη συχνότητα νέων σπασιμάτων σωλήνων και πιθανό να επηρεάσει ροές από υπάρχουσες διαρροές, αλλά μπορεί να είναι αβέβαιοι για το αν η μείωση της πίεσης θα έχει οποιαδήποτε επιρροή στη μείωση της κατανάλωσης και συνεπώς, στα έσοδα της εταιρείας ύδρευσης. Οποιαδήποτε κατανάλωση από συσκευές, οι οποίες είναι άμεσα συνδεδεμένες με αγωγούς, θα δίνει μειωμένους ρυθμούς ροής σε μειωμένες πιέσεις.

Είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οποιεσδήποτε πρακτικές ανησυχίες πριν από την εισαγωγή ενός έργου διαχείρισης της πίεσης. Για παράδειγμα:

- Πιθανές αλλαγές στην κατανάλωση και στα έσοδα της εταιρείας ύδρευσης.
- Ελάχιστες απαιτήσεις για πυρόσβεση και αυτόματα συστήματα ψεκαστήρων.
- Δυνατότητα συστήματος άρδευσης, πιθανά τυφλά άκρα και προβλήματα ποιότητας νερού.

4.7. ΣΧΕΣΕΙΣ ΠΙΕΣΗΣ/ΡΥΘΜΟΥ ΔΙΑΡΡΟΗΣ – Η ΕΝΝΟΙΑ FAVAD

Το πιο πάνω παράδειγμα για την πίεση γίνεται εύκολα κατανοητό, αλλά τα μαθηματικά που αφορούν τα σχέση μεταξύ πίεσης και διαρροών δεν είναι τόσο απλά. Η υδραυλική εξίσωση για το ρυθμό ροής (L) διαμέσου μιας τρύπας στην επιφάνεια A , κάτω από πίεση P είναι:

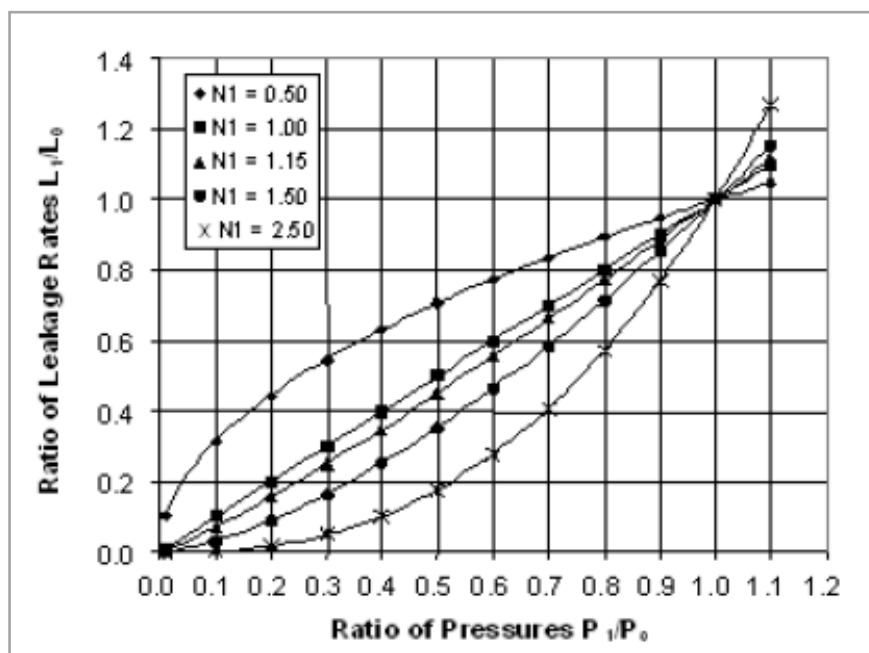
$$L = C_d A (2gP)^{0.5}$$

C_d είναι ο συντελεστής εκφόρτισης και g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας. Παρόλα αυτά, οι αποτελεσματικές περιοχές ($C_d * A$) μερικών μονοπατιών εκφόρτισης (τόσο διαρροών όσο και κατανάλωσης), μπορούν να διαφέρουν ανάλογα με την πίεση. Αυτή η έννοια, η οποία αναπτύχθηκε από τον John May το 1994, είναι γνωστή ως η αρχή FAVAD (Fixed and Variable Area Dischargepaths – Σταθερές και Μεταβλητές Περιοχές Μονοπατιών Εκφόρτισης). Αυτή η αρχή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξηγηθεί η διαφορετική φύση των σχέσεων μεταξύ πίεσης/ρυθμού διαρροών (Thornton, 2003).

Όπου, L_1 και L_0 είναι εκφορτίσεις από διαρροές κάτω από πιέσεις P_1 και P_0 αντίστοιχα. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι στην προγνωστική εξίσωση είναι σημαντικός ο λόγος

των πιέσεων (P_1/P_0) και όχι η διαφορά στην πίεση.

Η τιμή N_1 , τυπικά, μεταβάλλεται μεταξύ 0.5 (διαρροές σταθερών περιοχών) και 1.5 (διαρροές μεταβλητών περιοχών) και σε γενικές γραμμές, οι διαρροές από μεταλλικούς σωλήνες έχουν τιμές N_1 κοντά στο 0.5 και οι μικρές διαρροές (από συνδέσεις και εξαρτήματα) είναι της τάξης του 1.5. Ο μέσος όρος των σχέσεων μεταξύ πίεσης/ρυθμού διαρροών για ένα, σχετικά, μεγάλο δίκτυο νερού με ανάμικτα υλικά σωλήνων είναι, συνήθως, σχεδόν γραμμικός, $N_1 = 1.0$. Το Σχήμα 4.8 παρουσιάζει τις σχέσεις $L_1/L_0 = (P_1/P_0)N_1$.



Σχήμα 4.8 Οι σχέσεις $L_1/L_0 = (P_1/P_0)N_1$ (Cabrera and Martinez, 1993)

Για μικρές μειώσεις στην πίεση, τα μαθηματικά μπορούν να απλοποιηθούν. Για μικρές % μειώσεις στην πίεση, η % μείωση στο ρυθμό διαρροών ισούται με το N_1 πολλαπλασιασμένο με την % μείωση στη μέση πίεση.

Για παράδειγμα: Αν η % μείωση στη μέση πίεση = 6% και η εκτιμημένη τιμή του $N_1 = 1.3$, τότε η εκτιμημένη % μείωση στον τρέχοντα ρυθμό διαρροών = $N_1 \times \%$ μείωση της πίεσης = $1.3 \times 6\% = 7.8\%$

Η τιμή του N_1 μπορεί να καθοριστεί για μια μικρή περιοχή, όπως μια Περιφερειακή Περιοχή με Μετρητή (District Metered Area - DMA) με την ακόλουθη μέθοδο:

- Μέτρηση ρυθμών εισροών.
- Καταγραφή πιέσεων στο Μέσο Σημείο Ζώνης (AZP).
- Καταγραφή, επίσης, των πιέσεων στο σημείο εισόδου και στο κρίσιμο σημείο.

- Μείωση της πίεσης εισόδου σε 3 βήματα των 30 λεπτών, όταν οι ροές πλησιάζουν την κατάσταση ισορροπίας τις πρώτες πρωινές ώρες και μέτρηση των μεταβολών στο ροή και την πίεση.
- Υπολογισμός τιμών N_1 με τη χρήση λογισμικού.
- Αφαίρεση νυχτερινής χρήσης νόμιμων συνδρομητών από τους ρυθμούς ροής, για να καθοριστούν τα L_0 , L_1 , και L_2 κλπ. και στη συνέχεια υπολογισμός των αντίστοιχων AZP_0 , AZP_1 και AZP_2 .
- Στη συνέχεια, $N_1 = \ln(L_1/L_0) / \ln(AZP_1/AZP_0)$ κλπ.

Θα ήταν σκόπιμο να πραγματοποιηθεί ένας έλεγχος N_1 , αν πρόκειται για την πρώτη προγραμματισμένη εγκατάσταση διαχείρισης της πίεσης και υπάρχει μία απαίτηση, η οποία βελτιώνει την αξιοπιστία της πρόβλεψης. Διαφορετικά, οι τιμές του N_1 μπορούν να προβλεφθούν μεταξύ του 0.5 και του 1.5 και στη συνέχεια να ελεγχθεί αν οι διαφορές είναι σημαντικές όσον αφορά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Μια αναφορά του 2003 του UKWIR (Έρευνα Βιομηχανίας Ύδατος Ηνωμένου Βασιλείου), «Δείκτης Καμπύλων διαρροών και τα Μακροχρόνια Αποτελέσματα της Διαχείρισης Πίεσης» παρουσίασε σημαντικές συστάσεις που αφορούν την πρόβλεψη των συνεπειών του ελέγχου της πίεσης στις διαρροές:

- Χρήση γραμμικής σχέσης πίεσης-ροής για μεγάλες ζώνες και για ευρείς αξιολογήσεις ή όπου δεν υπάρχουν άλλα στοιχεία και η μεγάλη ακρίβεια των αποτελεσμάτων δεν αποτελεί προτεραιότητα.
- Πρέπει να χρησιμοποιείται μια σχέση νόμου δυνάμεων (N_1), με διαφορετικές δυνάμεις σε διαφορετικά επίπεδα διαρροών, σε μικρότερες ζώνες ή όπου απαιτείται μεγαλύτερη ακρίβεια.
- Πρέπει να γίνονται ανεξάρτητες μετρήσεις της σχέσης πίεσης-ροής, σε σημεία όπου η ακριβής σχέση είναι κρίσιμη.

4.8. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΕΥΚΑΙΡΙΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Υπάρχει μια λογική διαδικασία για τον καθορισμό του αν ένα έργο διαχείρισης της πίεσης θα είναι κατάλληλο για ένα συγκεκριμένο σύστημα ή για ένα μέρος του συστήματος. Η διαδικασία περιλαμβάνει τα ακόλουθα (Lambert and Tooms, 2005):

- Μελέτη επιφάνειας εργασίας (ή χρήση υδραυλικού μοντέλου) για αναγνώριση πιθανών ζωνών.

- Πλήρης αναγνώριση τύπων και αριθμού χρηστών σε πιθανές ζώνες.
- Πραγματοποίηση επιτόπου μετρήσεων ροής και πίεσης (στο προτεινόμενο σημείο εισόδου, AZP και κρίσιμο σημείο).
- Χρήση εξειδικευμένων τεχνικών μοντελοποίησης για καθορισμό τεχνικών ωφελημάτων.
- Αναγνώριση σωστών βαλβίδων ελέγχου.
- Πραγματοποίηση πλήρους ανάλυσης κόστους – ωφελημάτων.

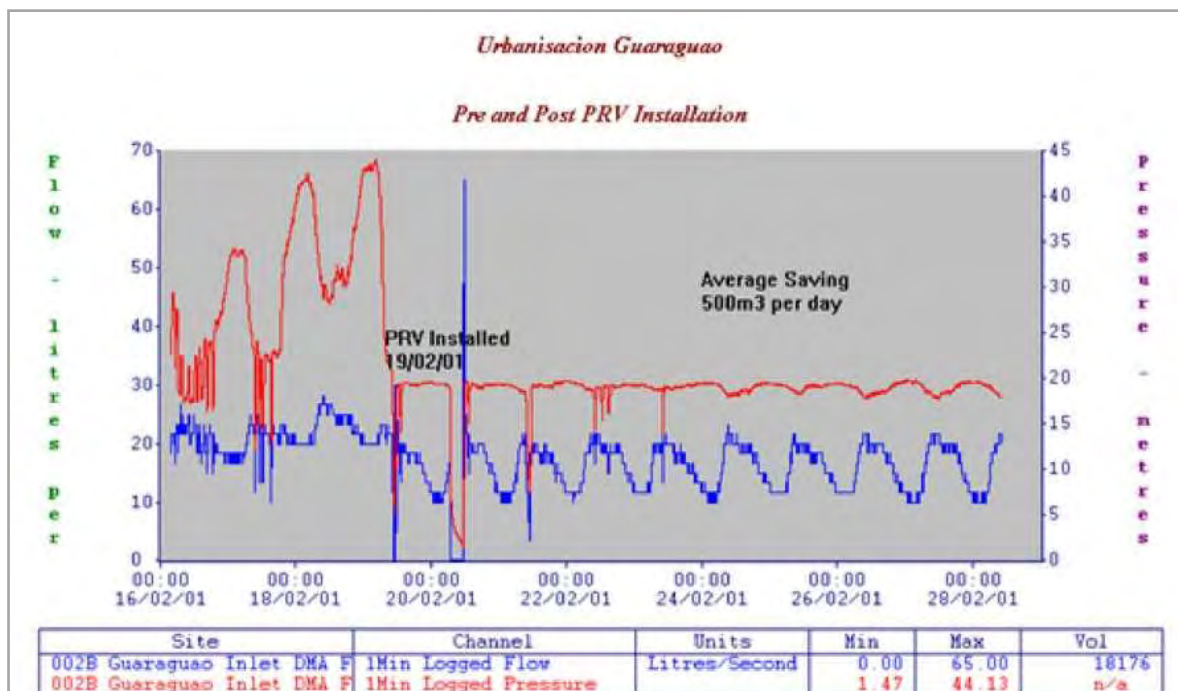
4.9. ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ (PRVs)

Η πιο κοινή μορφή έργου διαχείρισης της πίεσης βασίζεται στη χρήση βαλβίδων μείωσης της πίεσης. Αυτές είναι συσκευές, οι οποίες τοποθετούνται σε μια σωλήνωση και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μεταβλητών απωλειών ενέργειας, με αποτέλεσμα χαμηλότερη πίεση στο σημείο εξόδου της βαλβίδας.

Χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα ελέγχου που έχουν σαν αποτέλεσμα μια, περίπου, σταθερή πίεση εξόδου ή μια πίεση εξόδου, η οποία μεταβάλλεται (ή διαφοροποιείται) ανάλογα με κάποια παράμετρο ελέγχου, όπως η ροή, ο χρόνος ή η πίεση που μετράται σε κάποιο απομακρυσμένο σημείο (Σχήμα 4.9).



Εικόνα 4.1 Μια εγκατεστημένη βαλβίδα μείωσης της πίεσης



Σχήμα 4.9 Γραφική παράσταση ροών και πιέσεων (Bartolin and Martinez, 2005)

Στα ανωτέρω βλέπουμε μια εγκατεστημένη βαλβίδα μείωσης πίεσης και τις συνέπειες εισαγωγής ενός έργου διαχείρισης της πίεσης στις ροές και τις πιέσεις (Pilcher et al., 2008).

Στη διαδικασία επιλογής βαλβίδων μείωσης της πίεσης, υπάρχει ένας αριθμός θεμάτων, τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη:

- Καταλληλότητα - η βαλβίδα είναι κατάλληλη για το σκοπό;
- Αξιοπιστία - έχει η βαλβίδα αποδεδειγμένο ιστορικό;
- Ποιότητα - η βαλβίδα ικανοποιεί τα κατάλληλα πρότυπα;
- Συντήρηση και επισκευή - ποιες είναι οι απαιτήσεις των κατασκευαστών;
- Τυποποίηση - είναι επωφελές να εξεταστεί το ενδεχόμενο ενιαίας προμήθειας;

4.10. ΤΡΕΙΣ ΚΟΙΝΟΙ ΤΥΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΙΕΣΗΣ

Βαλβίδα ελέγχου πίεσης σταθερής εξόδου (Lambert and Tooms, 2005):

- Παρέχει σταθερή πίεση εξόδου.
- Είναι σχεδιασμένη για να παρέχει την απαιτούμενη πίεση σε κρίσιμα σημεία στη μέγιστη ροή.
- Για το λόγο αυτό υπάρχουν ψηλές πιέσεις σε άλλες στιγμές.

Ελεγκτής με χρονοδιακόπτη:

- Κλιμακωτή διακύμανση στην πίεση εξόδου της βαλβίδας ελέγχου πίεσης σε συγκεκριμένο χρόνο
- Αφαιρεί ορισμένη από την επιπλέον πίεση (ειδικά τη νύχτα)
- Απλός, μη δαπανηρός

Διαφοροποίηση ροής:

- Η πίεση εξόδου στη βαλβίδα ελέγχου πίεσης μεταβάλλεται ανάλογα με τα προφίλ της πίεσης ροής στο κρίσιμο σημείο.
- Ο σκοπός είναι να επιτευχθεί ένα επίπεδο προφίλ πίεσης στο κρίσιμο σημείο.
- Πιο πολύπλοκο, μεγαλύτερο κόστος.

4.11. ΜΕΣΟ ΣΗΜΕΙΟ ΖΩΝΗΣ (AVERAGE ZONE POINT – AZP)

Το μέσο σημείο ζώνης είναι μια περιοχή μέσα στη ζώνη, στο οποίο η πίεση μπορεί να υποτεθεί ότι πλησιάζει το μέσο όρο της πίεσης στη ζώνη. Το μέσο σημείο ζώνης μπορεί να αναγνωρισθεί από:

- Ιδιότητες μέτρησης, κρουνούς ή μήκη αγωγών μέσα στο περίγραμμα των ζωνών, για να καθοριστούν τα σταθμισμένα μέσα επίπεδα εδάφους.
- Μοντέλα ανάλυσης δικτύων.

4.12. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΝΥΧΤΑΣ – ΜΕΡΑΣ (NDF)

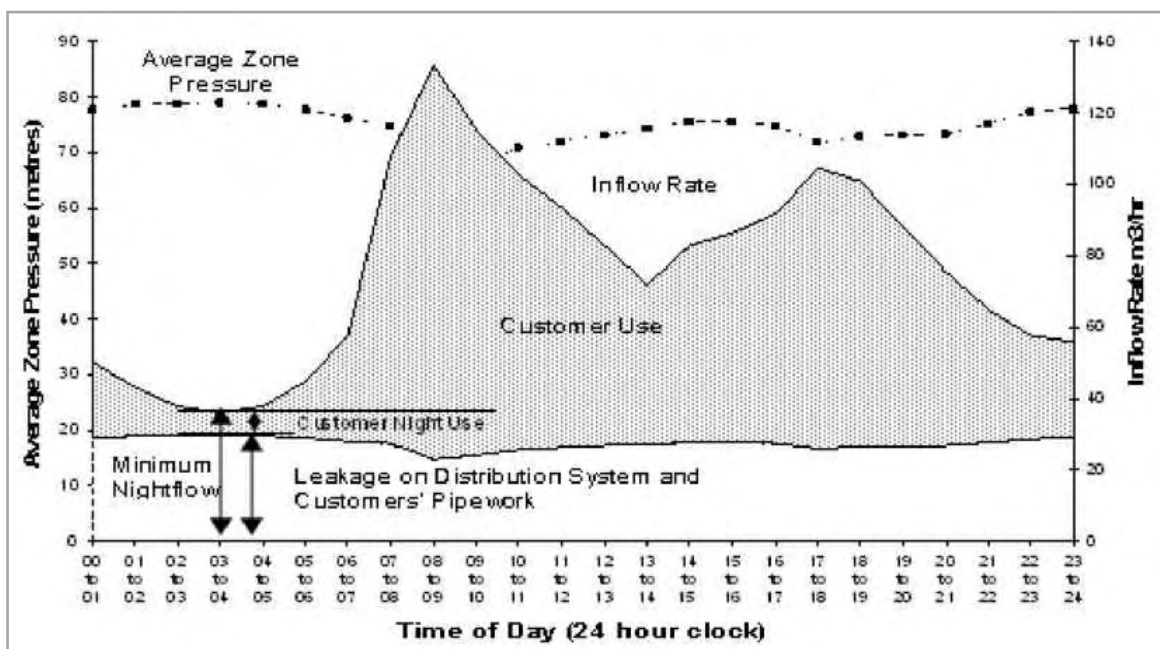
Ο ρυθμός διαρροής θα διαφέρει σε ένα 24ωρο, αν διαφέρει η Μέση Πίεση Ζώνης και οι εκτιμήσεις για τις διαρροές βασίζονται στις μετρήσεις της νυχτερινής ροής. Πρέπει να μετατραπούν σε ημερήσιους ρυθμούς. Για το λόγο αυτό, ο NDF είναι ο λόγος μεταξύ του νυχτερινού ρυθμού διαρροών σε $m^3/ώρα$ και του μέσου 24ωρου ρυθμού διαρροών σε $m^3/μέρα$. Για να υπολογισθεί ο μέσος ημερήσιος ρυθμός από τον νυχτερινό ρυθμό διαρροών, πολλαπλασιάζετε με τον NDF.

Για ζώνες που τροφοδοτούνται από τη βαρύτητα ο NDF είναι < 24 ώρες (Σχήμα 4.10). Για συστήματα με αντλίες ή για βαλβίδες μείωσης πίεσης με χρονοδιακόπτες ή διαφοροποίηση ροής, ο NDF μπορεί να ξεπερνά τις 24 ώρες (Σχήμα 4.11). Ο NDF μπορεί να υπολογισθεί από μετρημένες πιέσεις στο μέσο σημείο ζώνης. Η τιμή μπορεί να επηρεαστεί από την υποθετική τιμή FAVADN1.

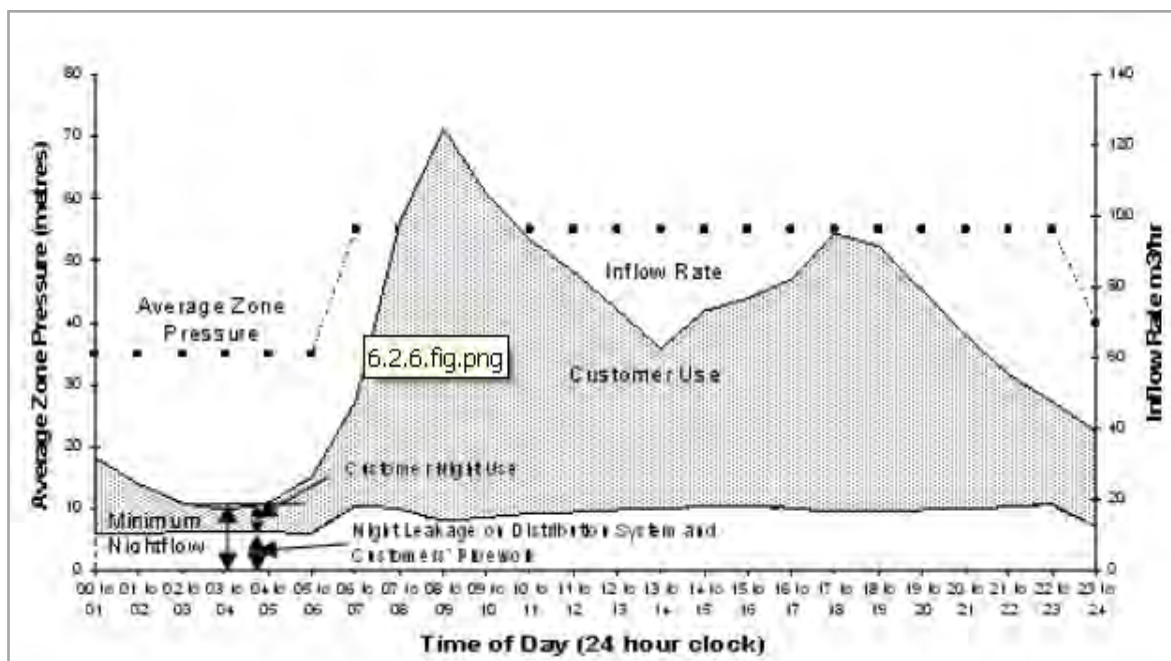
Υπολογισμός του NDF για το σύστημα:

- Μέτρηση των πιέσεων στο μέσο σημείο ζώνης για μια περίοδο 24 ωρών.
- Εισαγωγή των μέσων ωριαίων τιμών σε ένα υπολογιστικό φύλλο NDF.

- Επιλογή κατάλληλης τιμής N_1 , μεταξύ 0.5 και 1.5 και στη συνέχεια το λογισμικό θα υπολογίσει τον NDF για το σύστημά σας.



Σχήμα 4.10 Διακύμανση ρυθμού διαρροών με μέσο σημείο ζώνης για σύστημα βαρύτητας με $NDF < 24$ (WSA/WCA, 1994)



Σχήμα 4.11 Διακύμανση διαρροών με μέσο σημείο ζώνης για σύστημα ελεγχόμενης πίεσης με $NDF > 24$ ώρες (WSA/WCA, 1994)

5. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

5.1. ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

Η δραστηριότητα που είναι γνωστή ως Ανίχνευση Διαρροών ορίζεται ως «ο περιορισμός» ή ο εντοπισμός μιας διαρροής ή διαρροών σε ένα συγκεκριμένο τμήμα μιας σωλήνωσης σε ένα σύστημα διανομής. Σε πολλές περιπτώσεις, αυτό μπορεί να είναι ένας ολόκληρος δρόμος.

Η μέτρηση μεγαλύτερων ροών από το συνηθισμένο (συχνότερα νυχτερινές ροές) σε δίκτυα διανομής νερού, στα οποία έχουν δημιουργηθεί περιφερειακές περιοχές με μετρητές (DMAs) ή ζώνες, ωθεί το μηχανικό διαρροών στην οργάνωση μιας άσκησης ανίχνευσης διαρροών σε ένα συγκεκριμένο τμήμα του δικτύου. Υπάρχουν πολλές τεχνικές για ανίχνευση της τοποθεσίας της διαρροής σε ένα σύστημα διανομής:

- Ο διαχωρισμός των περιφερειακών περιοχών με μετρητή σε μικρότερες περιοχές με το προσωρινό κλείσιμο βαλβίδων ή με την εγκατάσταση υπο-μετρητών.
- Ένας παραδοσιακός βηματικός έλεγχος (ή μια παραλλαγή αυτών των τεχνικών).
- Χρήση αυτόματων ακουστικών καταγραφών ως εργαλείων έρευνας.
- Έρευνες βυθομέτρησης.

Στην περίπτωση όπου οι ροές δεν μετρούνται ή δεν παρακολουθούνται, οι απώλειες νερού μπορούν να ελεγχθούν με την πραγματοποίηση τακτικών ή τυχαίων ερευνών ανίχνευσης διαρροών στην έκταση ενός συγκεκριμένου τμήματος του συστήματος, στο οποίο υπάρχει υποψία ότι υπάρχει διαρροή ή το οποίο έχει ιστορικό συχνών σπασιμάτων σωλήνων. Όλες οι πιο πάνω τεχνικές αναλύονται με λεπτομέρεια στη συνέχεια.

5.1.1. Διαχωρισμός περιφερειακών περιοχών με μετρητή με εσωτερικές βαλβίδες

Ο βηματικός έλεγχος είναι μια τεχνική, κατά την οποία μια διαρροή ή διαρροές εντοπίζονται με το διαδοχικό κλείσιμο βαλβίδων, για να μειωθεί το μέγεθος μιας περιφερειακής περιοχής με μετρητή ή μιας υπο-περιοχής (η οποία ονομάζεται, γενικά, Ζώνη Ελέγχου Διαρροών) και μπορεί να περιέχει, τυπικά, από 500 μέχρι 1.500 συνδέσεις.

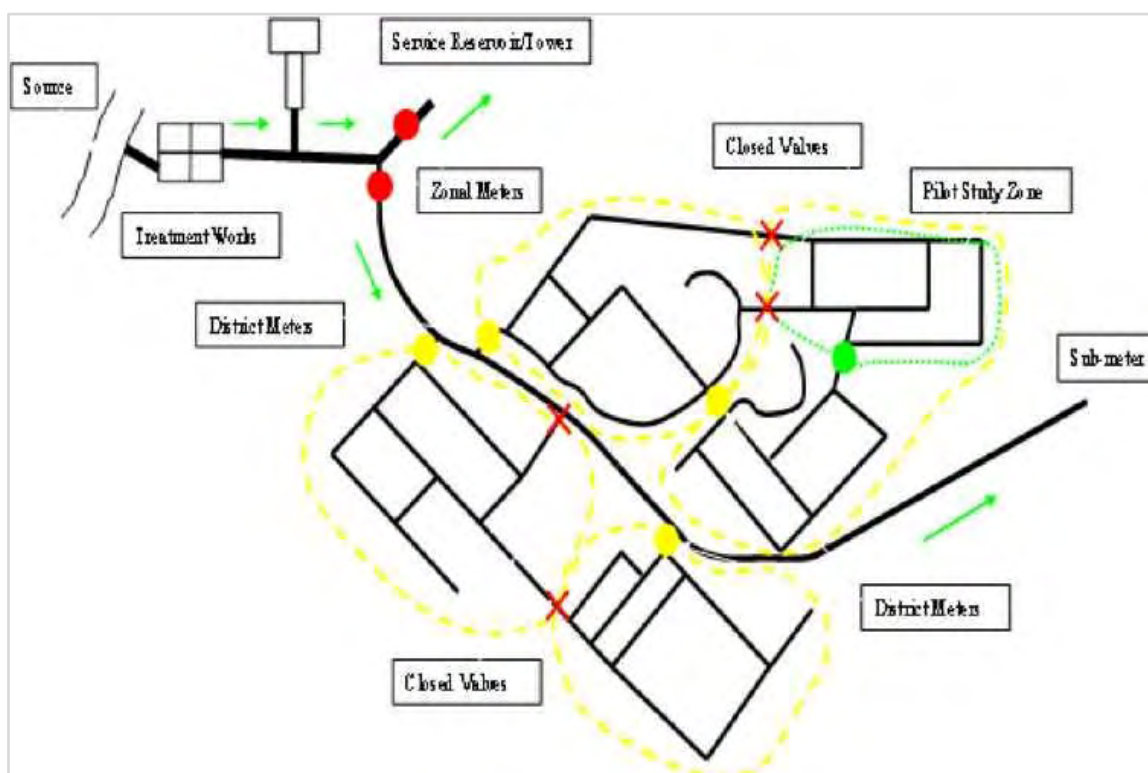
Οι βαλβίδες κλείνονται για μια σύντομη περίοδο 5 με 10 λεπτών, ενώ ταυτόχρονα καταγράφονται μετρήσεις του ρυθμού ροής. Η επακόλουθη μείωση στο ρυθμό ροής, η οποία είναι αποτέλεσμα του κλεισίματος μιας συγκεκριμένης βαλβίδας, υποδεικνύει την ολική διαρροή, συν τη νόμιμη νυχτερινή κατανάλωση στο συγκεκριμένο τμήμα του

συστήματος διανομής. Αν η επακόλουθη μείωση είναι μεγαλύτερη από το αναμενόμενο, λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό και τον τύπο των συνδρομητών στο τμήμα που απομονώθηκε, τότε υπάρχει ένδειξη διαρροής στο συγκεκριμένο τμήμα του συστήματος.

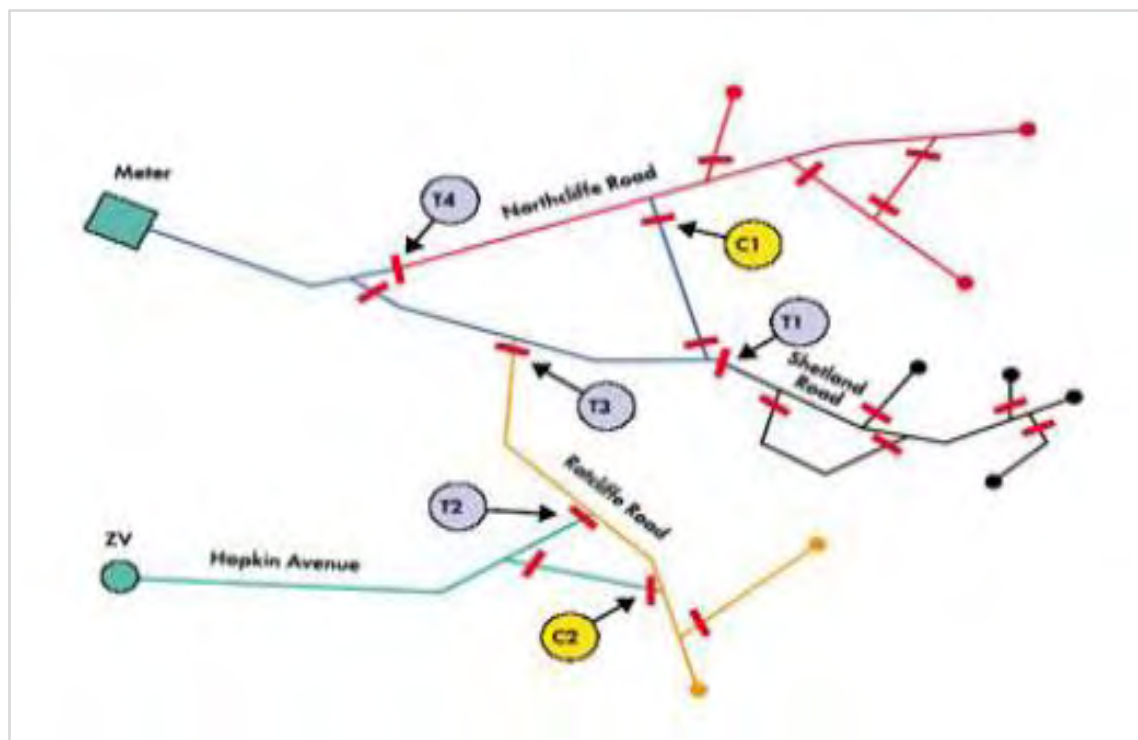
Οι βηματικοί έλεγχοι πραγματοποιούνται, γενικά, κατά την περίοδο της Ελάχιστης Νυκτερινής Ροής (συντά μεταξύ 02:00 π.μ. και 04:00 π.μ.). Η πραγματοποίηση των ελέγχων σε αυτές τις ώρες αποφεύγει τη δημιουργία προβλημάτων παροχής στην πλειοψηφία των καταναλωτών.

Ένας βηματικός έλεγχος πρέπει να σχεδιαστεί προσεκτικά, ούτως ώστε να πραγματοποιηθεί διαδοχικά και να ολοκληρωθεί κατά την περίοδο της ελάχιστης νυκτερινής ροής. Για το λόγο αυτό, ο αριθμός των βαλβίδων που χρειάζεται να εξεταστούν πρέπει να καθοριστεί με προσοχή (Σχήμα 5.1).

Το μέγεθος των ανεξάρτητων βημάτων εξαρτάται από το μέγεθος της Ζώνης Ελέγχου Διαρροών. Ένα μέγεθος βήματος των, περίπου, 150 συνδέσεων μπορεί να είναι κατάλληλο σε μια αστική ζώνη με 1.500 συνδέσεις. Σε πρακτικούς όρους, δεν είναι σκόπιμο να υπάρχουν λιγότερο από 10 βήματα, αλλά αυτό μπορεί να καθοριστεί από τον αριθμό και την τοποθεσία των βαλβίδων που θα λειτουργήσουν κατά τη διάρκεια του ελέγχου (Σχήμα 5.2).



Σχήμα 5.1 Σχέδιο περιφερειών και υποπεριφερειών (Pilcher et al., 2008)



Σχήμα 5.2 Ένα τυπικό σχέδιο βηματικού ελέγχου (Pilcher et al., 2008)

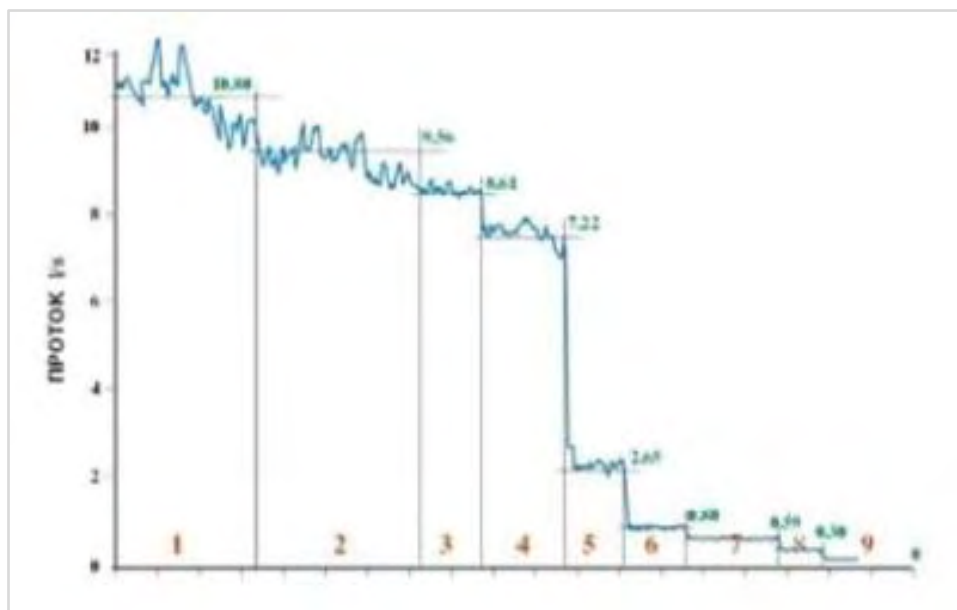
Υπάρχουν δύο κύριες μέθοδοι για την πραγματοποίηση ενός βηματικού ελέγχου:

- Η μέθοδος απομόνωσης.
- Η μέθοδος κλεισίματος και ανοίγματος.

5.1.2. Η μέθοδος απομόνωσης

Αυτή η μέθοδος περιλαμβάνει το διαδοχικό κλείσιμο των βαλβίδων στη Ζώνη Ελέγχου Διαρροών, αρχίζοντας από το σημείο, το οποίο βρίσκεται πιο μακριά από το μετρητή. Η απομόνωση του πρώτου τμήματος σημαίνει ότι μικρότερο τμήμα της ζώνης εξυπηρετείται από το μετρητή. Η σειρά κλεισίματος των βαλβίδων συνεχίζεται διαδοχικά προχωρώντας προς το μετρητή, όπου η ροή θα πρέπει να πέσει στο μηδέν.

Παρόλο που αυτή η μέθοδος αναγνωρίζει πιθανές διαρροές, έχει ένα μεγάλο μειονέκτημα. Η πίεση στο σύστημα μειώνεται για ένα σύντομο διάστημα και υπάρχει πιθανότητα επαναρρόφησης ή κίνδυνος διείσδυσης υπόγειων υδάτων σε μέρος του αγωγού, στο οποίο υπάρχει διαρροή όταν βρίσκεται υπό πίεση.



Σχήμα 5.3 Το διάγραμμα μείωσης ροής ενός βηματικού ελέγχου (Pilcher et al., 2008)

5.1.3. Η μέθοδος κλεισίματος και ανοίγματος

Αυτή η μέθοδος περιλαμβάνει το κλείσιμο των βαλβίδων, για να απομονωθεί κάθε ανεξάρτητο βήμα και το άνοιγμά τους όταν καταγραφεί η μείωση της ροής. Αυτή η μέθοδος αποφεύγει το κλείσιμο και τη διακοπή της παροχής νερού σε τμήματα του συστήματος για μια χρονική περίοδο, αλλά έχει το μειονέκτημα ότι η μείωση της ροής από κάποια βήματα μπορεί να περιλαμβάνει ροή από την επαναφόρτιση προηγούμενων βημάτων, κάνοντας με αυτό τον τρόπο, πιο δύσκολη την ερμηνεία.

5.1.4. Χαρακτηριστικά του θορύβου των διαρροών νερού

Το νερό, το οποίο διαφεύγει από έναν αγωγό υπό πίεση, γενικά, εκπέμπει έναν ήχο σε ένα εύρος συχνοτήτων και στις περισσότερες περιπτώσεις παράγει αυτό που μπορεί να περιγραφεί ως «συριστικός ήχος». Κάθε ανεξάρτητη διαρροή παράγει τη δική της, συγκεκριμένη κατανομή ηχητικών συχνοτήτων, η οποία εξαρτάται από παράγοντες όπως:

- Ο τύπος και το μέγεθος της διαρροής
- Το υλικό του σωλήνα
- Η πίεση του συστήματος
- Η φύση του εδάφους στο οποίο διαφεύγει το νερό

Ο ήχος της διαρροής θα ταξιδέψει μέσω των τοιχωμάτων του σωλήνα με μια ταχύτητα, η οποία εξαρτάται τόσο από τα χαρακτηριστικά του υλικού του σωλήνα, όσο

και από το νερό. Αυτός ο ήχος μπορεί να ταξιδέψει επίσης και μέσω του εδάφους που περιτριγυρίζει το σωλήνα. Καθώς ο ήχος απομακρύνεται από τη διαρροή, οι συχνότητες μπορεί να αλλάξουν, λόγω κοιλοτήτων στο έδαφος ή άλλων θαμμένων σωλήνων και καλωδίων. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι δεν παράγουν όλες οι διαρροές έναν ανιχνεύσιμο ήχο και ότι θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές τεχνικές.

Ο τεχνικός διαρροών θα πρέπει να λάβει υπόψη του ότι, εκτός από τον ήχο τον οποίο προκαλεί η διαρροή σε ένα σωλήνα ή ένα εξάρτημα, υπάρχουν πολλοί άλλοι θόρυβοι στις σωληνώσεις, οι οποίοι προκαλούνται από:

- Κατανάλωση νερού.
- Αντλίες.
- Βαλβίδες μείωσης πίεσης.
- Μηχανικούς μετρητές ζώνης.
- Μερικώς κλειστές βαλβίδες.
- Εξαρτήματα σωλήνων, όπως χοάνες.
- Ηλεκτρικές παρεμβολές.

Όλοι οι πιο πάνω θόρυβοι στο δίκτυο αυξάνουν σε μεγάλο βαθμό τη δυσκολία ανίχνευσης και εντοπισμού διαρροών. Σε πολλά συστήματα, η ανίχνευση διαρροών γίνεται κατά τη διάρκεια της νύχτας, όταν η χρήση από τους συνδρομητές είναι στο πιο χαμηλό σημείο και οι πιέσεις, γενικά, στο πιο ψηλό.

5.1.5. Ακουστική καταγραφή

Η ανίχνευση ή ο εντοπισμός των διαρροών μέσω του βηματικού ελέγχου άρχισε να αντικαθιστάται από την ακουστική καταγραφή κατά τη δεκαετία του 1990. Το πλεονέκτημα της ακουστικής καταγραφής ή της καταγραφής θορύβου είναι ότι δεν είναι αναγκαίο να απομονώνουν οι χειριστές διάφορα τμήματα του συστήματος διανομής κατά τη διάρκεια της νύχτας και ότι οι καταγραφείς μπορούν να εντοπίσουν ήχους, οι οποίοι δεν μπορούν να ακουστούν με το ανθρώπινο αυτί. Επίσης, η ακουστική καταγραφή μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε περιοχές όπου η εργασία κατά τη διάρκεια της νύχτας θεωρείται επικίνδυνη π.χ. κέντρα πόλεων.

Πολλές εταιρείες ύδρευσης έχουν πολιτική ανάπτυξης και λειτουργίας περιφερειακών περιοχών με μετρητές σε συνδυασμό με διαχείριση πίεσης, ως τις κύριες δραστηριότητες στην καρδιά των προγραμμάτων μείωσης των πραγματικών απωλειών (διαρροών) τους. Τώρα, στον 21ο αιώνα, η ακουστική καταγραφή γίνεται η πρώτη

γραμμή αντίδρασης από τους επαγγελματίες σε μια αύξηση του νυχτερινού ρυθμού ροής σε μια περιφερειακή περιοχή με μετρητή.

Ο ακουστικός καταγραφέας, ο οποίος κατασκευάστηκε στις αρχές του 2000, ξεπέρασε μερικά από τα προβλήματα που αντιμετώπιζαν τα προηγούμενα μοντέλα π.χ. μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της μπαταρίας (μέχρι και 10 χρόνια), ελαφρύτερος και μικρότερος για να χωρά ακόμα και στα μικρότερα δωμάτια. Αγοράζονται, συχνά, σε μεταφερόμενες θήκες, οι οποίες μπορεί να περιέχουν μέχρι και 15 καταγραφείς και τίθενται εύκολα σε λειτουργία.

Πολλοί επαγγελματίες θεωρούν ότι η χρήση ακουστικών καταγραφέων έκανε την ανίχνευση διαρροών πιο αποδοτική και ελάττωσε, με αυτό τον τρόπο, το κόστος μείωσης των διαρροών. Παρόλα αυτά όμως, υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες εξακολουθεί να είναι απαραίτητος ένας βηματικός έλεγχος π.χ. ο εντοπισμός μιας διαρροής, η οποία δημιουργεί λίγο ή καθόλου θόρυβο ή ο εντοπισμός ενός άγνωστου χρήστη νερού.

5.1.6. Αρχές της ακουστικής καταγραφής

Ο ακουστικός καταγραφέας ανιχνεύει ένα σήμα από την αναμετάδοση ενός θορύβου διαρροής μέσω μιας σωλήνωσης, είτε ως κύμα πίεσης διαμέσου του νερού, είτε καθώς μεταφέρεται μέσω του ίδιου του τοιχώματος του σωλήνα. Όπως και οι συσχετιστές θορύβου διαρροών, έτσι και οι ακουστικοί καταγραφείς, ενσωματώνουν έναν αισθητήρα επιταχυνσιόμετρο, είναι κατάλληλοι για την πλειοψηφία των καταστάσεων και χρησιμοποιούνται εύκολα με απλή τοποθέτησή τους σε ένα εξάρτημα, όπως ένας υδροφράχτης ή ένας πυροσβεστικός κρουνός.

5.1.7. Η χρήση ακουστικών καταγραφέων στο σύστημα διανομής

Οι ακουστικοί καταγραφείς χρησιμοποιούνται, συνήθως, σε μια καθορισμένη περιοχή όπως μια περιφερειακή περιοχή με μετρητή ή μέρος μιας περιφερειακής περιοχής με μετρητή (Ζώνη Ελέγχου Διαρροών) όπου υπάρχουν υποψίες πιθανών απωλειών με τη μέτρηση της ελάχιστης νυχτερινής ροής. Αυτή είναι μια αποδοτική μέθοδος εντοπισμού διαρροών ή περιορισμού και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε είδος δικτύου διανομής. Ο ακριβής εντοπισμός μιας διαρροής ή διαρροών, επιτρέπει στις ομάδες που χρησιμοποιούν συσκευές εντοπισμού διαρροών να καθορίσουν με ακρίβεια τη διαρροή στο σημείο ανασκαφής, για να μπορέσει να γίνει η απαραίτητη επισκευή.

Οι ακουστικοί καταγραφείς ή καταγραφείς θορύβου εγκαθίστανται σε άμεσα

προσιτά σημεία, όπως κρουνοί ή βαλβίδες, με τη χρήση δυνατού μαγνήτη και προγραμματίζονται για να ακούνε χαρακτηριστικά διαρροών. Τυπικά, ο θόρυβος καταγράφεται και αποθηκεύεται σε χρονικά διαστήματα του ενός δευτερολέπτου, για μια περίοδο δύο ωρών κατά τη διάρκεια της νύχτας, όταν ο θόρυβος στο υπόβαθρο είναι πιθανό να είναι χαμηλότερος. Με την καταγραφή και ανάλυση της έντασης και της συνοχής του θορύβου, κάθε καταγραφέας υποδεικνύει την πιθανή παρουσία (ή απουσία) διαρροής.

Με απλά λόγια, η τεχνική χρησιμοποιεί τη βασική αρχή του όσο πιο δυνατός είναι ο θόρυβος, τόσο πιο κοντά στη διαρροή είναι ο καταγραφέας. Ο θόρυβος, ο οποίος δημιουργείται από μια διαρροή, τείνει να έχει μια, σχετικά, συνεπή ευρύτητα ή ηχηρότητα. Τα δεδομένα μπορούν να ανακτηθούν και να αναλυθούν επιτόπου ή να μεταφερθούν πίσω στο γραφείο, για να αναλυθούν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Οι ακουστικοί καταγραφείς μπορούν να τοποθετηθούν είτε μόνιμα στο δίκτυο, είτε να τεθούν σε λειτουργία σε συγκεκριμένα σημεία για μια περίοδο, η οποία καθορίζεται από το χρήστη π.χ. δύο νύχτες.

Η Εικόνα 5.1 παρουσιάζει έναν ακουστικό καταγραφέα και τον τρόπο χρήσης του. Οι καταγραφείς που τοποθετούνται γύρω από ένα μέρος του δικτύου περιλαμβάνουν την αναγνώριση καταγεγραμμένου ήχου από διαρροή, η οποία ακολουθείται από σύγκριση της ευρύτητας του ήχου στις διαφορετικές τοποθεσίες, για να καθοριστεί η κατά προσέγγιση θέση της διαρροής ή των διαρροών.

Η Εικόνα 5.1 παρουσιάζει επίσης τυπικές τοποθετήσεις καταγραφέων σε ένα σύστημα διανομής. Η τρέχουσα γενιά των καταγραφέων θορύβου περιλαμβάνει, επίσης, τη δυνατότητα σύντομων γραπτών μηνυμάτων και ασυρμάτου για αυξημένη ευελιξία στη χρήση. Αυτό παρέχει αμφίδρομη επικοινωνία και προσφέρει αποδοτική χρήση του καταγραφέα, όταν βρίσκεται σε μόνιμη λειτουργία.

Υπάρχει ένας αριθμός παραγόντων, ο οποίος μπορεί να επηρεάσει την αποδοτικότητα της ακουστικής ανίχνευσης διαρροών και αυτοί είναι:

- Κατανάλωση νερού.
- Πίεση συστήματος.
- Υλικό σωλήνα (ο όλκιμος χυτοσίδηρος είναι καλός αγωγός του ήχου, ενώ οι πλαστικοί σωλήνες είναι κακοί αγωγοί).
- Διάμετρος σωλήνα (οι σωλήνες μικρότερων διαμέτρων δημιουργούν καλύτερους θορύβους διαρροών, από ότι οι σωλήνες με μεγαλύτερες διαμέτρους).

- Άλλοι θόρυβοι μέσα στο δίκτυο.

Μέγεθος της διαρροής, δηλαδή, μια μικρή τρύπα στο σωλήνα θα δημιουργήσει έναν πιο δυνατό θόρυβο από ότι μια μεγάλη τρύπα.



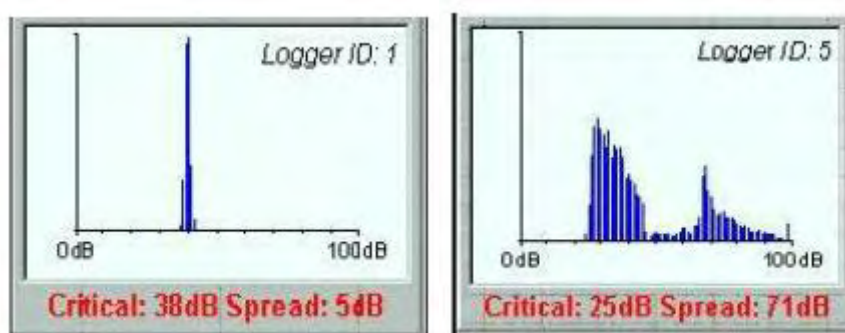
Εικόνα 5.1 Ένας ακουστικός καταγραφέας και ο τρόπος χρήσης



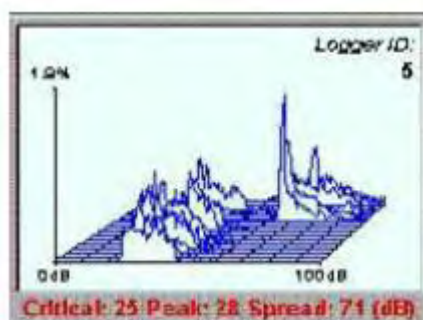
Σχήμα 5.4 Τοποθετήσεις ακουστικών καταγραφέων μέσα σε ένα σύστημα διανομής (Kazantzis et al., 2003)

5.1.8. Αναγνώριση πιθανής διαρροής

Ένας καλός θόρυβος διαρροής θα δημιουργήσει ένα σταθερό συγκεντρωμένο ήχο, τυπικά, ένα επίπεδο ντεσιμπέλ με ψηλή κορυφή και μικρή διασπορά του ήχου. Τα αποτελέσματα του καταγραφέα από μια περιοχή δεν πρέπει να αναλύονται απομονωμένα, αλλά πρέπει να συγκρίνονται μεταξύ τους, για να καθοριστεί η σημασία του πιθανού θορύβου διαρροής από την ομάδα. Στα Σχήματα 5.5 και 5.6 παρουσιάζονται εκτυπώσεις από έναν ακουστικό καταγραφέα, οι οποίες υποδεικνύουν πιθανή διαρροή και καθόλου διαρροή αντίστοιχα. Γενικά, οι μεγάλες διασπορές, χωρίς ξεκάθαρα καθορισμένες κορυφές, είναι φυσιολογικές όταν δεν υπάρχουν διαρροές.



Σχήμα 5.5 Εκτύπωση από ακουστικό καταγραφέα η οποία υποδεικνύει πιθανή διαρροή



Σχήμα 5.6 Εκτύπωση από ακουστικό καταγραφέα η οποία δεν υποδεικνύει διαρροή

5.1.9. Τακτική ή τυχαία ακρόαση

Όταν δεν υπάρχουν Ζώνες ή περιφερειακές περιοχές με μετρητές, το πρώτο στάδιο της ανίχνευσης διαρροών μπορεί να είναι μια έρευνα ακρόασης με μια παραδοσιακή ράβδο ακρόασης, μια ηλεκτρονική ράβδο ακρόασης ή μια συστηματική έρευνα με τη χρήση ακουστικών καταγραφέων. Στη συνέχεια, χρησιμοποιούνται συσχετιστές θορύβων διαρροής ή γαιόφωνα για να καθοριστεί η ακριβής τοποθεσία της διαρροής.

Αυτό το σύστημα έρευνας βυθομέτρησης ρουτίνας είναι χρονοβόρο και όχι τόσο

αποδοτικό, σε όρους συγκέντρωσης σε περιοχές όπου υπάρχουν πιθανές διαρροές. Ο τεχνικός διαρροών μπορεί, συχνά, να ελέγχει για διαρροές σε τμήματα του δικτύου στα οποία δεν υπάρχουν. Παρόλα αυτά όμως, η τακτική βυθομέτρηση προσφέρει συστηματική επιθεώρηση του συστήματος και μπορεί να παρατηρηθούν και να αναφερθούν άλλα προβλήματα.

5.1.10. Τεχνικές ακουστικού εντοπισμού διαρροών

Μετά από μια επιτυχημένη άσκηση ανίχνευσης διαρροών σε μια περιφερειακή περιοχή με μετρητή ή σε μια ζώνη με ακουστικούς καταγραφείς ή βηματικό έλεγχο, το επόμενο στάδιο είναι να εξακριβωθεί η ακριβής τοποθεσία της διαρροής. Η άσκηση εντοπισμού τοποθεσίας της διαρροής θα συγκεντρωθεί σε συγκεκριμένα τμήματα της περιφερειακής περιοχής με μετρητή, στα οποία υπάρχουν υποψίες ότι βρίσκονται οι πιθανές διαρροές. Αν δεν έχει πραγματοποιηθεί μια άσκηση εντοπισμού διαρροών, μπορεί να πραγματοποιηθεί μια έρευνα τοποθεσίας διαρροών για ολόκληρη την περιφερειακή περιοχή με μετρητή. Παρόλο που αυτή η μέθοδος μπορεί να μην είναι τόσο αποδοτική, παρέχει συστηματικό έλεγχο της περιφερειακής περιοχής με μετρητή και πολύ πιθανό να οδηγήσει στην αναγνώριση και άλλων προβλημάτων εκτός από τις διαρροές. Αυτή η μέθοδος είναι ιδιαίτερα χρήσιμη, όταν δημιουργείται για πρώτη φορά μια περιφερειακή περιοχή με μετρητή.

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό της διαρροής ή του σπασμένου σωλήνα και καθώς δημιουργείται καινούριος εξοπλισμός, οι τεχνικές αλλάζουν και εξελίσσονται. Είναι, επίσης, αλήθεια ότι μέρος του εξοπλισμού για εντοπισμό των διαρροών λειτουργεί καλύτερα σε κάποια συστήματα διανομής παρά σε κάποια άλλα. Καμιά από τις μεθόδους, οι οποίες θα περιγραφούν σε αυτό το κεφάλαιο, δεν είναι εντελώς αλάνθαστες και δεν μπορούν να υποτιμηθούν η δεξιότητα και η εμπειρία/κίνητρο του χειριστή στον εντοπισμό μιας διαρροής. Όλες οι μέθοδοι έρευνας, οι οποίες περιγράφονται, στηρίζονται στο γεγονός ότι η διαρροή θα προκαλεί κάποιο θόρυβο, με εξαίρεση τους ανιχνευτές εδάφους και μια τεχνική, η οποία χρησιμοποιεί αέριο για να ανιχνεύσει τη διαρροή.

5.1.11. Άμεση ακρόαση και έμμεση ακρόαση

Η πιο κοινή μέθοδος για καθορισμό της θέσης μιας διαρροής είναι η άμεση ακρόαση. Ο τεχνικός διαρροών ψάχνει για το χαρακτηριστικό ήχο της διαρροής

τοποθετώντας μια συσκευή ακρόασης πάνω σε ένα εξάρτημα, όπως ένα υδροφράχτη, ένα κρουνό ή μια στρόφιγγα.

Η επιφανειακή ή έμμεση ακρόαση είναι μια μέθοδος κατά την οποία η ακουστική ακρόαση γίνεται στην επιφάνεια κατευθείαν πάνω από τη σωλήνωση, για να καθοριστεί η τοποθεσία της μέγιστης έντασης του ήχου. Ο μέγιστος ήχος είναι, συχνά, κατευθείαν πάνω από τη διαρροή και είναι μια μέθοδος επαλήθευσης του εντοπισμού με τη χρήση άλλης τεχνικής.

5.1.12. Εξοπλισμός που χρησιμοποιείται κατά την ακρόαση

Υπάρχει μια ποικιλία τύπων εξοπλισμού, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό διαρροών μέσω του ήχου που δημιουργείται από τη διαρροή ή το σπάσιμο. Υπάρχουν μερικοί παραδοσιακοί τύποι οργάνων, οι οποίοι συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται ευρέως για τον εντοπισμό διαρροών και μια ποικιλία ηλεκτρονικών μεθόδων, οι οποίες έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία είκοσι χρόνια. Ο πιο κοινός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για βυθομέτρηση είναι:

- Στηθοσκόπιο ή ράβδος ακρόασης.
- Ηλεκτρονικοί ανιχνευτές διαρροών.
- Γαιόφωνο.
- Συσχετιστής θορύβου διαρροής.
- Ο ηλεκτρονικός καταγραφέας συσχέτισης.

5.1.13. Βασική ράβδος ακρόασης και ηλεκτρονική ράβδος ακρόασης

Το στηθοσκόπιο ή ράβδος ακρόασης αποτελεί ένα μη δαπανηρό αλλά αξιόπιστο ακουστικό όργανο εδώ και πολλά χρόνια. Στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι το πρώτο όργανο, το οποίο χρησιμοποιεί ο τεχνικός διαρροών στην αναζήτησή του για εντοπισμό μιας διαρροής. Οι ράβδοι ακρόασης είναι διαθέσιμες σε διάφορα σχήματα και μεγέθη και μπορούν να κατασκευαστούν από διαφορετικά είδη ξύλου ή μέταλλα. Αυτή η συσκευή είναι πολύ απλή στη χρήση. Το ένα άκρο τοποθετείται πάνω σε ένα εξάρτημα, όπως ένας υδροφράχτης ή μια στρόφιγγα και το άλλο τοποθετείται κοντά στο αυτί.

Ο θόρυβος της διαρροής μεταφέρεται από το εξάρτημα στο αυτί. Οι ράβδοι ακρόασης κατασκευάζονται από μια ποικιλία υλικών. Η πρώτη ράβδος ακρόασης ήταν κατασκευασμένη από ξύλο. Μερικές ράβδοι ακρόασης μπορούν να έχουν τηλεσκοπική μορφή, για να μπορούν να χρησιμοποιούνται για βυθομέτρηση πάνω από τα κλειδιά των

βαλβίδων. Τα στηθοσκόπια μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για άμεση, είτε για έμμεση βυθομέτρηση. Είναι σημαντικό να σημειωθεί, ότι η επιτυχημένη χρήση μιας ράβδου ακρόασης εξαρτάται από την καλή ακοή του χειριστή. Η Εικόνα 5.2 παρουσιάζει έναν τεχνικό διαρροών να πραγματοποιεί βυθομέτρηση με μια παραδοσιακή ράβδο ακρόασης.



Εικόνα 5.2 Τεχνικός διαρροών πραγματοποιεί ακρόαση με παραδοσιακή ράβδο ακρόασης (Pilcher et al., 2008)

Η ηλεκτρονική μορφή της ράβδου ακρόασης, γενικά, αποτελείται από ένα μικρόφωνο, ενισχυτή και ένα συνδυασμό φίλτρων συχνοτήτων. Η έξοδος του ενισχυτή αλληλεπιδρά με μια οθόνη χειρός και ακουστικά, τα οποία μειώνουν σε μεγάλο βαθμό τους θορύβους στο υπόβαθρο. Τα μοντέρνα συστήματα είναι εύκολα στη χρήση και περιλαμβάνουν, συνήθως, ένα τρίποδο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τραχιές επιφάνειες, αιχμηρό αισθητήρα χειρός για χρήση σε μαλακό έδαφος ή για άμεση χρήση πάνω σε εξάρτημα. Με αυτό τον τρόπο, αυτό το όργανο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για άμεση, είτε για έμμεση ακουστική βυθομέτρηση διαρροών.

Τόσο η βασική ράβδος ακρόασης, όσο και η ηλεκτρονική μορφή της, συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται ευρέως από την πλειοψηφία των μηχανικών διαρροών για:

- Τακτικές ή τυχαίες έρευνες σε ένα σύστημα ή ένα μέρος του συστήματος, όπως μια περιφερειακή περιοχή με μετρητή, βυθομέτρηση σε όλα τα εξαρτήματα.
- Έρευνα ακρόασης μόνο σε βαλβίδες και κρουνοίς.
- Επιβεβαίωση της θέσης της διαρροής, η οποία εντοπίστηκε από άλλα όργανα, δηλαδή, συσχετιστή θορύβου διαρροών ή γαιόφωνο.

5.1.14. Το γαιόφωνο

Το γαιόφωνο είναι ένα εύκολο στη χρήση εργαλείο ανίχνευσης διαρροών τόσο για άμεση, όσο και για έμμεση βυθομέτρηση. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό διαρροών τοποθετώντας το σε ένα εξάρτημα, όπως ένας υδροφράχτης, με ένα μαγνήτη ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην επιφάνεια του εδάφους κατευθείαν πάνω από τη σωλήνωση. Σε αυτή την έμμεση τεχνική βυθομέτρησης, το γαιόφωνο μετακινείται στην έκταση της επιφάνειας, με το χειριστή να σημειώνει τις αλλαγές στην ένταση του ήχου, καθώς το μικρόφωνο πλησιάζει το σημείο της διαρροής.

Υπάρχουν μορφές της συσκευής, οι οποίες περιλαμβάνουν οθόνη παρουσίασης των ήχων, κάτι το οποίο μπορεί να διευκολύνει το χειριστή. Επίσης, πολλοί χειριστές χρησιμοποιούν ακουστικά για να μειώσουν ή να αποκόψουν εντελώς εξωτερικούς θορύβους στο υπόβαθρο. Η Εικόνα 5.3 παρουσιάζει έναν τεχνικό διαρροών να χρησιμοποιεί ένα γαιόφωνο. Το γαιόφωνο χρησιμοποιείται, συχνά, για να επιβεβαιώσει την ακριβή θέση μιας διαρροής, η οποία έχει ήδη εντοπιστεί από συσχετιστή θορύβου διαρροών, για να διασφαλιστεί ότι η εκσκαφή για την επιδιόρθωση θα γίνει με ακρίβεια.



Εικόνα 5.3 Τεχνικός διαρροών που χρησιμοποιεί γαιόφωνο (Pilcher et al., 2008)

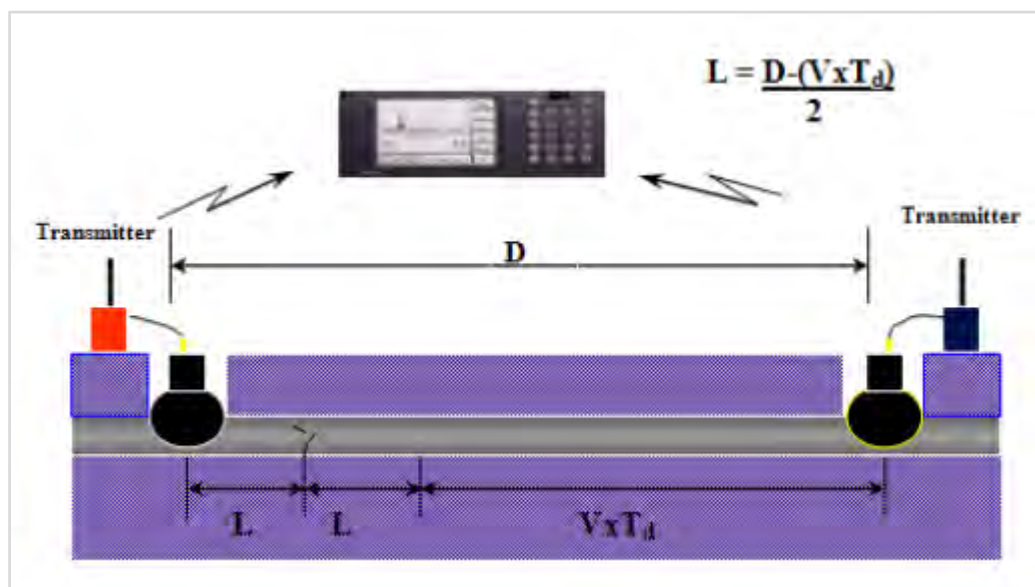
5.1.15. Η αρχή της συσχέτισης θορύβου διαρροής

Ο συσχετιστής θορύβου διαρροής είναι παρόμοιος με τον παραδοσιακό ακουστικό εξοπλισμό στο ότι εξαρτάται από το θόρυβο, ο οποίος δημιουργείται από τη διαρροή σε μια θαμμένη σωλήνωση. Παρόλα αυτά όμως, η θεμελιώδης διαφορά είναι ότι με τη διαδικασία συσχέτισης του θορύβου διαρροής ο ήχος παραλαμβάνεται από αισθητήρες οι

οποίοι τοποθετούνται σε δύο περιοχές, δηλαδή, είναι τοποθετημένοι σε δύο εξαρτήματα, όπως υδροφράχτες στη σωλήνωση σε κάθε πλευρά της πιθανής διαρροής. Αυτός ο θόρυβος, με τη μορφή μικρής δόνησης, μεταφέρεται μακριά από τη διαρροή και στις δύο κατευθύνσεις κατά μήκος του τοιχώματος του σωλήνα με μια σταθερή ταχύτητα. Αυτή η ταχύτητα εξαρτάται από τη διάμετρο και το υλικό του σωλήνα.

Ο θόρυβος από τη διαρροή φθάνει πρώτα στον αισθητήρα, ο οποίος βρίσκεται πιο κοντά στη διαρροή. Η διαφορά χρόνου ανάμεσα στις δύο αφίξεις, σε συνδυασμό με τις γνώσεις για τον τύπο του σωλήνα και το μήκος (ανάμεσα στη θέση των αισθητήρων), παρέχει τη δυνατότητα υπολογισμού της θέσης της διαρροής από το συσχετιστή. Ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες, η ακρίβεια με την οποία εντοπίζεται μια διαρροή μπορεί να είναι μέχρι και μερικά εκατοστά. Αυτή η αρχή συσχέτισης παρουσιάζεται εικονογραφικά στο Σχήμα 5.7.

Είναι, επίσης, πιθανό να συσχετιστεί ο ήχος της διαρροής που ταξιδεύει διαμέσου του νερού μέσα στο σωλήνα, με τη σύνδεση υδρόφωνων σε κρουνοί ή παρόμοια εξαρτήματα, τα οποία ακούνε άμεσα το νερό. Σε αυτή την περίπτωση, ο ήχος μεταφέρεται μέσω του νερού ως κύμα πίεσης και μπορεί να οδηγήσει σε πιο ακριβή αποτελέσματα.



Σχήμα 5.7 Η αρχή της συσχέτισης θορύβου διαρροής (Pilcher et al., 2008)

5.2. ΜΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

5.2.1. Γεωραντάρ (GPR)

Υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες μια διαρροή δημιουργεί πολύ λίγο ή καθόλου

θόρυβο και για το λόγο αυτό, ο εντοπισμός της μπορεί να καταστήσει ακόμα και τους πιο ανεπτυγμένους συσχετιστές θορύβου διαρροών αναποτελεσματικούς.

Μπορεί να υπάρχουν άλλοι λόγοι για τους οποίους είναι δύσκολο να εντοπιστεί μια διαρροή ή διαρροές μέσω συσχέτισης. Μπορεί να είναι ένας δρόμος ή ένας αυτοκινητόδρομος, ο οποίος περιέχει πολλούς αγωγούς νερού ή απλά, ο θόρυβος, ο οποίος δημιουργείται από αντλίες ή βαλβίδες μείωσης της πίεσης. Μια εναλλακτική, πλην δαπανηρή, μέθοδος εντοπισμού μιας διαρροής είναι η μέθοδος του γεωραντάρ. Αυτή είναι μια συσκευή, η οποία δημιουργήθηκε τα τελευταία χρόνια και χρησιμοποιείται κυρίως για τον εντοπισμό και την εξέταση σωλήνων, καλωδίων και άλλων θαμμένων αντικειμένων. Οι διαρροές νερού μπορούν να εντοπιστούν μέσω παρατήρησης των διαταραχών του εδάφους ή των κοιλοτήτων γύρω από το σωλήνα. Η Εικόνα 5.4 παρουσιάζει ένα γεωραντάρ, το οποίο χρησιμοποιείται για εντοπισμό διαρροών.



Εικόνα 5.4 Εντοπισμός διαρροών με τη χρήση γεωραντάρ (Pilcher et al., 2008)

5.2.2. Αέριο ανίχνευσης

Η έγχυση αερίου και οι τεχνικές ανίχνευσης για τον εντοπισμό διαρροών δε χρησιμοποιούνται τόσο συχνά σήμερα όσο πριν από 20 χρόνια. Αυτό συμβαίνει, κυρίως, λόγω της ανάπτυξης των ακουστικών τεχνικών. Παρόλα αυτά όμως, για διαρροές σε αγωγούς με χαμηλή πίεση, ειδικά σε μη μεταλλικούς σωλήνες ή σε συνδέσεις υποστατικών και σε άλλους σωλήνες μικρών διαμέτρων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί συχνά η έγχυση αερίου και οι τεχνικές ανίχνευσης. Η διαρροή εντοπίζεται γεμίζοντας το σωλήνα με αέριο εντοπισμού, κυρίως, βιομηχανικό υδρογόνο (περίπου 95% Άζωτο και 5% Υδρογόνο ή Ήλιο), το οποίο διαφεύγει από το σημείο της διαρροής και εντοπίζεται με ακρίβεια με ένα αισθητήρα «οσμής» στην επιφάνεια.

Το αέριο εντοπισμού, το οποίο είναι μη εύφλεκτο και μη τοξικό, έχει τη

δυνατότητα να διεισδύει γρήγορα σε όλα τα υλικά (το Υδρογόνο είναι το μικρότερο και ελαφρύτερο στοιχείο, ενώ το Ήλιο το δεύτερο μικρότερο και ελαφρύτερο). Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι η ταχύτητα εντοπισμού, με το αέριο να διαλύεται διαμέσου του εδάφους πάνω από τη σωλήνωση πολύ γρήγορα, παρόλο που σε πιο συμπαγείς επιφάνειες, όπως σκυρόδεμα, η διαδικασία είναι πιο αργή. Αυτή η μέθοδος εντοπισμού διαρροών θεωρείται από πολλούς επαγγελματίες πολύ εξειδικευμένη και θα κληθεί ένας ειδικός εμπειρογνώμονας για να τη φέρει εις πέρας.

5.2.3. Υπέρυθρη θερμογραφία

Στην Αμερική πραγματοποιούνται οι πρώτες δοκιμές για υπέρυθρη επιθεώρηση των υπόγειων διαρροών. Η βασική αρχή είναι ότι το νερό από τη διαρροή έχει διαφορετική θερμοκρασία από αυτό του περιβάλλοντος εδάφους και μια θερμογραφική κάμερα μπορεί μερικές φορές να διακρίνει αυτή τη διαφορά στη θερμοκρασία.

5.2.4. Εντοπισμός διαρροών σε κύριους αγωγούς ή αγωγούς μεταφοράς

Οι κύριοι αγωγοί ή οι αγωγοί μεταφοράς είναι σωλήνες με μεγάλες διαμέτρους (γενικά, διαμέτρους μεγαλύτερες από 300mm) και σε πολλά δίκτυα χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν νερό από την πηγή, από εγκαταστάσεις επεξεργασίας και ταμιευτήρες. Χρησιμοποιούνται, επίσης, για να μεταφέρουν νερό από τους ταμιευτήρες, στο κυρίως σύστημα διανομής.

Αν σπάσει ένας κύριος αγωγός ή εμφανιστεί μια σοβαρή βλάβη σε ένα εξάρτημα, όπως σε μια βαλβίδα αέρα ή σε απόπλυση, είναι, συχνά, εμφανή και για αυτό αναφέρονται και διορθώνονται. Οι μικρότερες διαρροές, οι οποίες εμφανίζονται σε μια σύνδεση, μπορεί να μην εντοπιστούν και να υφίστανται για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Ο εντοπισμός διαρροών σε κύριους αγωγούς μπορεί να είναι πιο δύσκολος και δαπανηρός από ότι στο κανονικό σύστημα διανομής. Συστήνεται να γίνεται κάποια αναλυτική εργασία πριν πραγματοποιηθεί μια άσκηση εντοπισμού διαρροών, δηλαδή, είναι κατανοητή η διάταξη του συστήματος μετάδοσης, έχουν εξακριβωθεί οι μετρητές, υπάρχουν εμφανείς απώλειες;

Όταν απαντηθούν οι πιο πάνω ερωτήσεις και υπάρχουν ενδείξεις ότι υπάρχουν διαρροές στο σύστημα μετάδοσης, τότε υπάρχουν διαθέσιμες αρκετές επιλογές για το μηχανικό διαρροών.

5.2.5. Περπάτημα και ακρόαση

Σε πολλές περιπτώσεις, εμφανίζονται διαρροές σε αποπλύσεις, βαλβίδες αέρα και άλλα εξαρτήματα. Αρχικά, μπορούν να εντοπιστούν διαρροές περπατώντας στη γραμμή του κύριου αγωγού και πραγματοποιώντας ακρόαση στα εξαρτήματα.

6. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΒΛΑΒΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

6.1. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ

Η λειτουργία και η συντήρηση αποτελούν σημαντικά μέρη ενός συστήματος παροχής νερού. Είναι καλύτερα για τις εταιρείες διανομής νερού να έχουν μια στρατηγική για λειτουργία και συντήρηση. Παρόλο που η στρατηγική μπορεί να είναι παρόμοια για πολλές εταιρείες, θα πρέπει να είναι τροποποιημένη για τις συγκεκριμένες ανάγκες της συγκεκριμένης εταιρείας. Οποιαδήποτε στρατηγική μπορεί να περιλαμβάνει ειδικά στοιχεία για το σχέδιο οργάνωσης, λειτουργίας και συντήρησης, την εκπαίδευση, την αξιολόγηση, την αρχειοθέτηση και τις αναφορές.

Μπορεί να υπάρχουν περιορισμοί ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος του οργανισμού, τα αρχεία, την ανεπάρκεια των πόρων, την πολιτική μέτρησης, τις απομακρυσμένες τοποθεσίες, την ηλικία του εξοπλισμού, το εκπαιδευμένο προσωπικό και τη δύναμη του οργανισμού. Για να βελτιωθούν οι λειτουργίες και συντήρηση, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα πιο κάτω θέματα: Αξιολόγηση της κατάστασης των Λειτουργιών και της Συντήρησης, Θεσμική Μελέτη, Απαιτήσεις Εκπαίδευσης, Σύστημα Διαχείρισης Πληροφοριών (MIS), Έλεγχος Νερού και Ανίχνευση Διαρροών, Σχεδιασμός για Επείγοντα Περιστατικά, Ασφάλεια στη Λειτουργία και Συντήρηση, Πρακτικές Υγιεινής, Βελτιώσεις στον Έλεγχο Ποιότητας Νερού, Ανάκτηση Κόστους. Σε αυτό το Κεφάλαιο δίνεται ιδιαίτερη έμφαση σε θέματα που σχετίζονται με σωληνώσεις δικτύου.

6.1.1. Αξιολόγηση κατάστασης

Η αξιολόγηση κατάστασης μπορεί να έχει μια ποικιλία σκοπών, συμπεριλαμβανομένων στρατηγικών, τακτικών και λειτουργίας και συντήρησης (O&M), οι οποίοι καθορίζουν την εφαρμογή της αξιολόγησης κατάστασης και επηρεάζουν τον τύπο και την ακρίβεια των απαραίτητων προβλέψεων. Σύμφωνα με τον Οργανισμό Επιστημονικής και Βιομηχανικής Έρευνας της Κοινοπολιτείας (CSIRO), υπάρχουν δύο τύποι αξιολόγησης κατάστασης (Taylor, 2005):

- Αξιολόγηση ανεξάρτητου σωλήνα.
- Αξιολόγηση μιας ομάδας σωλήνων.

Μια αξιολόγηση ενός ανεξάρτητου ή μικρών τμημάτων του δικτύου γίνεται, συνήθως, όταν υπάρχει λόγος υποψίας, ότι ο συγκεκριμένος σωλήνας βρίσκεται σε μια κατάσταση, η οποία οδηγεί σε βλάβη. Η αξιολόγηση μιας ομάδας σωλήνων δίνει μια

σφαιρική εικόνα της γενικής κατάστασης μιας ομάδας σωλήνων και συχνά, χρησιμοποιείται στη στρατηγική λήψη αποφάσεων. Στη συνέχεια, μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιπρόσθετες πληροφορίες, για να αναπτυχθεί η αξιολόγηση κατάστασης και να συγκεντρωθεί σε συγκεκριμένους σωλήνες. Εννοείται ότι, είτε στην ανεξάρτητη, είτε στην ομαδική αξιολόγηση κατάστασης, η αξιολόγηση κατάστασης πρέπει να βασίζεται σε δεδομένα περιουσιακών στοιχείων και βλαβών, τα οποία στη συνέχεια, υποδεικνύουν ποιες διαδικασίες και ποιες τοποθεσίες θα λάβουν κρίσιμη βαθμολογία και προτεραιότητα για επιθεώρηση και ανάπτυξη προβλέψεων ζωής.

Στο σχέδιο έρευνας υδατικών υποδομών της Υπηρεσίας Περιβαλλοντικής Προστασίας, η αξιολόγηση κατάστασης ορίζεται ως η συλλογή δεδομένων και πληροφοριών μέσω άμεσων και/ή έμμεσων μεθόδων, ακολουθούμενη από την ανάλυση των δεδομένων και των πληροφοριών, για να γίνει ένας καθορισμός της παρούσας και/ή μελλοντικής δομικής κατάστασης, της κατάστασης της ποιότητας νερού και της υδραυλικής κατάστασης της σωλήνωσης. Η πρωταρχική έμφαση της έρευνας σε αυτό το έργο είναι η αξιολόγηση της δομικής κατάστασης, σε αντίθεση με την αξιολόγηση των υδραυλικών συνθηκών ή των συνθηκών ποιότητας νερού.

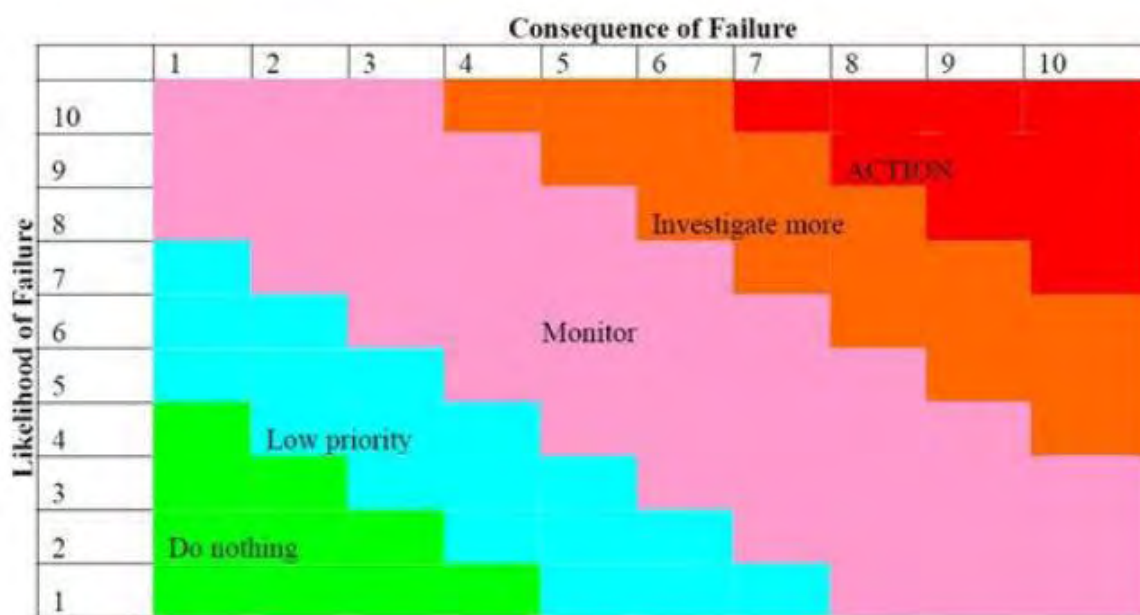
Η αξιολόγηση κατάστασης θα πρέπει να είναι μια δομημένη και λογική διαδικασία. Ο σκοπός είναι να καθοριστούν ποσοτικοποιημένοι στόχοι και να γίνουν κατανοητές οι αιτίες αλλοίωσης και στη συνέχεια να ποσοτικοποιηθεί η αλλοίωση, ούτως ώστε να φτάσουμε σε μια πλήρη κατανόηση της κατάστασης. Μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση μπορεί να θεωρηθεί ως μια διαδικασία τεσσάρων σταδίων:

- Στάδιο 1^ο: Αρχική αναγνώριση φυσικών χαρακτηριστικών μιας σωλήνωσης σε σχέση με ιστορικά, περιβαλλοντικά και λειτουργικά δεδομένα. Από αυτά τα δεδομένα αναγνωρίζονται και παίρνουν προτεραιότητα τα περιουσιακά στοιχεία για αξιολόγηση κατάστασης με βάση τις συνέπειες των βλαβών. Καθορισμός των πληροφοριών που απαιτούνται από ένα πρόγραμμα επιθεώρησης. «Αν δεν ξέρετε τι ψάχνετε, τότε είναι απίθανο να το βρείτε».
- Στάδιο 2^ο: Αξιολόγηση των πιθανών μεθόδων επιθεώρησης, όσον αφορά την καταλληλότητα και την αποδοτικότητά τους, για να δοθεί ο κατάλληλος τύπος και επίπεδο πληροφοριών. Πραγματοποίηση επιθεώρησης με τη χρήση κατάλληλης τεχνολογίας
- Στάδιο 3^ο: Πραγματοποίηση μιας αξιολόγησης τελικής κατάστασης με βάση τις πληροφορίες από το 1^ο στάδιο και την επιθεώρηση, για να παρέχετε μια

αξιολόγηση για την πιθανότητα και τις συνέπειες μιας βλάβης. Λάβετε υπόψη, ότι η αξιολόγηση παρέχει δεδομένα, όχι αξιολόγηση και ότι τα δεδομένα αυτά πρέπει να ερμηνευτούν. Η ερμηνεία μπορεί να περιλαμβάνει τη δημιουργία καμπυλών αναμενόμενης διάρκειας ζωής και προβλέψεις χρόνου και βλαβών

- Στάδιο 4^ο: Το τελικό στάδιο θα πρέπει να είναι η μέτρηση της επιτυχίας της πραγματοποίησης.

Ο κίνδυνος ορίζεται ως οι συνέπειες μιας βλάβης επί την πιθανότητα εμφάνισης της βλάβης. Σε οποιοδήποτε πρόγραμμα αξιολόγησης κατάστασης και ανάθεσης προτεραιότητας, είναι απαραίτητο να καθοριστεί, όχι μόνο η πιθανότητα, αλλά και οι συνέπειες της βλάβης. Αυτή η προσέγγιση επιθεώρησης με βάση τον κίνδυνο (RBI) χρησιμοποιείται με επιτυχία εδώ και χρόνια στη βιομηχανία πετρελαίου και αερίου. Αυτό παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.1, το οποίο δείχνει γραφικά το συνδυασμό.



Σχήμα 6.1 Κίνδυνος: συνέπειες και πιθανότητα βλάβης (Taylor, 2005)

6.1.2. Συνέπειες βλάβης

Οι συνέπειες από μια βλάβη μπορούν να αξιολογηθούν κάτω από τρεις κύριες κατηγορίες (Goodman, 2011):

- Άμεσα κόστη.
- Περιβαλλοντικά κόστη.
- Κοινωνικο - οικονομικά κόστη.

Κάθε ανεξάρτητος αγωγός μπορεί να αξιολογηθεί στη βάση αυτών των

κατηγοριών. Αν η αξιολόγηση, σε οποιαδήποτε από τις κατηγορίες, υποδείξει μεγάλες συνέπειες και ψηλά κόστη, τότε ο αγωγός θα έχει υψηλή βαθμολογία όσον αφορά τις συνέπειες σε μια βλάβη.

Κάποιοι από τους παράγοντες, οι οποίοι αυξάνουν τις συνέπειες των βλαβών παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1.

Πίνακας 6.1 Σοβαρές συνέπειες αποτυχίας (Goodman, 2011)

Κρίσιμοι συνδρομητές	Κρίσιμες τοποθεσίες	Δύσκολοι φυσικοί παράγοντες
Μεγάλοι πληθυσμοί	Βιομηχανικές / εμπορικές / οικιστικές	Δεν υπάρχουν εναλλακτικές διαδρομές
Κυβέρνηση, σημεία άμυνας	Αυτοκινητόδρομοι, γέφυρες, σήραγγες, σιδηρόδρομοι, αεροδρόμια, μετρό	Σωλήνες μεγάλων διαμέτρων
Νοσοκομεία	Πιθανές κατολισθήσεις	Δύσκολο έδαφος
Σημαντικές βιομηχανίες	Υδατορεύματα	Έντονη οδική κυκλοφορία
Άτομα σε εντατική θεραπεία	Περιοχές επιρρεπείς στις πλημμύρες	Απομακρυσμένα σημεία
	Σημαντικές διαβάσεις εταιρειών κοινής ωφελείας	Δεν υπάρχουν εναλλακτικές γραμμές παροχής νερού

6.1.3. Πιθανότητα βλάβης – σημαντικοί δείκτες

Σε αυτό το τμήμα παρουσιάζονται μερικοί από τους σημαντικότερους και τους δευτερεύοντες δείκτες πιθανότητας βλάβης. Για την πραγματοποίηση μιας αξιολόγησης κατάστασης και μιας ανάλυσης κρισιμότητας είναι ζωτικής σημασίας τέσσερις σημαντικοί δείκτες. Αυτοί, καθορίζονται ως τρεις τύποι σπασμάτων μαζί με βλάβες διαρροών. Υπάρχουν επίσης και δευτερεύοντες δείκτες, οι οποίοι θα τροποποιήσουν την αξιολόγηση (Πίνακας 6.3).

6.1.4. Ανάγκες αποκατάστασης και στρατηγικές

Τα ιστορικά δεδομένα σπασμάτων αγωγών θα πρέπει να συλλεχθούν, να αναλυθούν και σε τελικό στάδιο να συνδυαστούν με κατάλληλη τεχνολογία για επιτόπου αξιολόγηση κατάστασης σωλήνων, για να αποδοθούν οι ρυθμοί αλλοίωσης των αγωγών νερού. Αυτοί οι ρυθμοί αλλοίωσης θα πρέπει να αξιολογούνται σε σχέση με

περιβαλλοντικές και λειτουργικές καταπονήσεις σε σωλήνες, για να αποδώσουν πληροφορίες για ρυθμούς ή συχνότητα σπασμάτων. Θα πρέπει να αξιολογείται, επίσης, ο ρυθμός αλλοίωσης της υδραυλικής δυναμικότητας των αγωγών νερού. Θα πρέπει να εφαρμοστεί ένα σύστημα στήριξης λήψης αποφάσεων (DSS), στο οποίο θα επιλέγεται και θα προγραμματίζεται η εναλλακτική αποκατάστασης για κάθε σωλήνα μέσα στο δίκτυο, ενώ θα επιτυγχάνονται τα ακόλουθα (Lambert and Tooms, 2005):

- Ελαχιστοποίηση του ολικού κόστους (επένδυση συμπεριλαμβανομένης και συντήρησης) διατήρησης του δικτύου διανομής σε καθορισμένα επίπεδα υπηρεσιών για τη δομική, υδραυλική και ποιοτική πτυχή της απόδοσης.
- Εξέταση της αλλοίωσης, τόσο όσον αφορά τη δομική ακεραιότητα, όσο και τη υδραυλική δυναμικότητα του δικτύου.
- Εξέταση της αξιοπιστίας του δικτύου.
- Εξέταση θεμάτων ποιότητας νερού, όπως ο αυξημένος κίνδυνος εισαγωγής ρύπων μέσω αλλοιωμένων αγωγών νερού.

Αρκετές μεγάλες Ευρωπαϊκές πόλεις έχουν εφαρμόσει τη Γερμανική «Διαδικασία Karlsruhe», για να καθοριστεί το μήκος των αγωγών νερού, το οποίο θα φτάσει το τέλος της χρήσιμης ζωής του στα μελλοντικά χρόνια. Η διαδικασία έχει ενσωματωθεί σε ένα φιλικό προς τους χρήστες λογισμικό, το KANEW, μέσω ενός προγράμματος έρευνας, το οποίο χορηγεί το Αμερικανικό Ίδρυμα Ερευνών και Μελετών Υδατικών Έργων (AWWARF). Επιπλέον προσθήκες επιτρέπουν ανάλυση συνεπειών μεγάλου εύρους που είναι αποτέλεσμα συγκεκριμένων στρατηγικών αποκατάστασης. Το πλαίσιο για εξερεύνηση αναγκών και στρατηγικών αποκατάστασης παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.2.

Πίνακας 6.2 Τρόποι βλαβών (Goodman, 2011)

Τρόπος:	Αιτίες δομικών βλαβών			Αιτίες διαρροών	
	Εσωτερική διάβρωση (μια άμεση μορφή βλάβης)	Εξωτερική διάβρωση (μια άμεση μορφή βλάβης)	Επιφερόμενες καταπονήσεις (Συχνά σε συνδυασμό με εσωτερική και εξωτερική διάβρωση)	Διάτρηση τοιχωμάτων (μπορεί να είναι αποτέλεσμα της εσωτερικής και εξωτερικής διάβρωσης)	Βλάβη συνδέσεων (ελάττωμα)

Πίνακας 6.3 Σημαντικοί και δευτερεύοντες δείκτες βλαβών (Goodman, 2011)

Σημαντικοί Δείκτες					
Σπασίματα	ΠΚ	ΠΚ	ΠΚ	ΠΚ	ΠΚ
Διαρροές	ΜΚ	ΜΚ	ΜΚ	ΠΚ	Κ
Διάβρωση τοιχωμάτων σωλήνα (Δεδομένα έρευνας)	ΠΚ	ΠΚ	ΠΚ	ΠΚ	ΔΙ
Διάβρωση τοιχωμάτων σωλήνα (Περιβαλλοντικές συνθήκες)	Κ	Κ	ΠΚ	ΠΚ	ΔΙ
Δευτερεύοντες Δείκτες					
Ηλικία σωλήνα	Κ	Κ	Κ	Κ	Κ
Διάμετρος σωλήνα	ΜΚ	ΜΚ	ΜΚ	ΜΚ	ΜΚ
Πάχος σωλήνα	Κ	Κ	ΜΚ	ΜΚ	ΔΙ
Τύπος εσωτερικής επένδυσης	ΠΚ	ΔΙ	ΔΙ	Κ	ΔΙ
Εξωτερική προστασία	ΔΙ	Κ	ΜΚ	Κ	ΔΙ
Συνδέσεις	ΔΙ	ΔΙ	Κ	ΔΙ	ΠΚ
Τοποθεσία	ΜΚ	ΜΚ	Κ	ΜΚ	Κ
Ελαττώματα εγκατάστασης	Κ	Κ	Κ	Κ	ΠΚ
Αστάθειες εδάφους	ΜΚ	ΜΚ	ΠΚ	ΜΚ	ΠΚ
Θερμοκρασία εδάφους	ΜΚ	Κ	Κ	ΜΚ	Κ
Επίπεδα υπόγειων υδάτων	ΜΚ	Κ	Κ	Κ	Κ
Μεταβολές πίεσης	ΜΚ	ΜΚ	ΠΚ	ΜΚ	Κ
Μεταβολές στη θερμοκρασία νερού	ΜΚ	ΜΚ	Κ	ΜΚ	Κ

ΠΚ: Πολύ Κρίσιμο, Κ: Κρίσιμο, ΜΚ: Μη Κρίσιμο, ΔΙ: Δεν Ισχύει.

6.1.5. Λήψη αποφάσεων για ανανέωση αγωγών ύδρευσης

Με απλά λόγια, ο στόχος της απόφασης είναι να ελαχιστοποιηθεί το ολικό κόστος του κύκλου ζωής του συστήματος, όπου τα κόστη κύκλου ζωής περιλαμβάνουν κόστη λειτουργίας, συντήρησης, ανανέωσης και βλαβών. Αυτό, φυσικά, είναι πιο εύκολο στη θεωρία παρά στην πράξη λόγω των αβεβαιοτήτων, οι οποίες περιγράφηκαν στα

προηγούμενα τμήματα και λόγω του ότι μερικά από τα κόστη των βλαβών είναι δυσανάλογα με άλλα (π.χ. άτομα που μολύνθηκαν από επιδημία που ήταν αποτέλεσμα αποτυχίας στην ασφάλεια του νερού). Υπάρχουν διάφορες τεχνικές για την αντιμετώπιση των αποφάσεων πολλαπλών στόχων. Μερικές είναι απλές, όπως η μέθοδος επίτευξης βαθμών, ενώ άλλες είναι πιο πολύπλοκες, όπως οι πίνακες χρησιμότητας.

Ενώ ο πρώτος τύπος είναι, συχνά, πολύ απλοϊκός και επιρρεπής σε προσωπικές προκαταλήψεις, ο δεύτερος τύπος είναι, συχνά, πολύ άκαμπτος για να εφαρμοστεί σε ένα σύστημα με τέτοιο επίπεδο πολυπλοκότητας. Μια εναλλακτική προσέγγιση θα ήταν να τροποποιηθεί στο παραδοσιακό πρόβλημα αριστοποίησης. Σε αυτή τη μορφή, το κριτήριο βελτιστοποίησης θα είναι το ελάχιστο κόστος, ενώ όλοι οι άλλοι στόχοι και τα κριτήρια, στα οποία δεν μπορούν να ανατεθούν νομισματικές τιμές, λαμβάνονται υπόψη ως περιορισμοί π.χ. Ελαχιστοποίηση: {κεφαλαιουχικό κόστος + λειτουργικό κόστος + κόστος συντήρησης + κόστος ανανέωσης}.

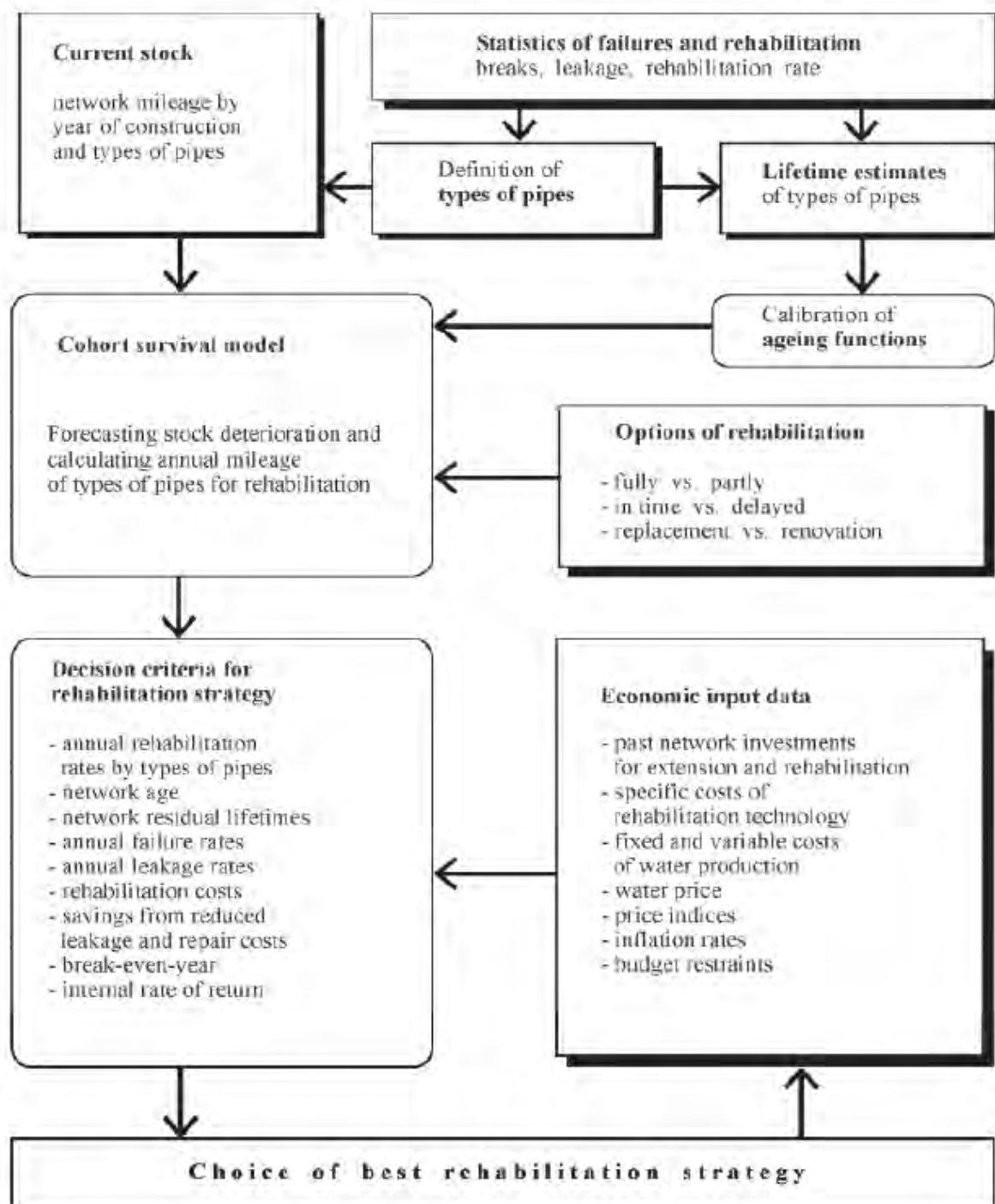
Υπό τους περιορισμούς:

- Ορίων πίεσης παροχής (δηλαδή, το ανώτερο και κατώτερο υπολειμματικό φορτίο πίεσης).
- Ελάχιστου επιπέδου αξιοπιστίας.
- Ελάχιστου επιπέδου ποιότητας νερού (μερικοί υπαγορεύονται από κανονισμούς).

Παρόλα αυτά όμως, αυτή η προσέγγιση δε λύνει στην πραγματικότητα τα προβλήματα, γιατί με την αυστηρά μαθηματική έννοια, η αντιμετώπιση ενός παράγοντα ως περιορισμού ισοδυναμεί με την ανάθεση άπειρου κόστους σε αυτό. Όλοι ξέρουμε ότι, με την κοινωνική έννοια, δεν υπάρχει το άπειρο κόστος, ακόμα και για την ανθρώπινη ζωή (θα δαπανούσε ένας λήπτης αποφάσεων δισεκατομμύρια δολάρια για να σώσει μια ανθρώπινη ζωή;). Για το λόγο αυτό, μια συνετή ανάλυση θα περιλαμβάνει ανάλυση ευαισθησίας των σκιωδών (κοινωνικών) τιμών, για να καθοριστεί το πόσο θα αλλάξει η αντικειμενική συνάρτηση (κόστος κύκλου ζωής), αν αλλάξει το επίπεδο ενός περιορισμού.

Στη συνέχεια, με την πραγματοποίηση κάποιων επιλογών, ο λήπτης αποφάσεων, είτε άμεσα, είτε έμμεσα, αναθέτει νομισματικές τιμές σε όλα τα στοιχεία του κόστους. Ανεξάρτητα από την πορεία που επιλέχθηκε για τη δημιουργία αυτής της διαδικασίας λήψης απόφασης, οποιαδήποτε προσπάθεια να λυθεί αυτό το πρόβλημα ολοκληρωμένα και με αυστηρότητα θα ήταν υπερβολικά φιλόδοξη αυτή τη στιγμή, υπό το πρίσμα της

διαθέσιμης γνώσης και των εργαλείων υπολογισμού.



Σχήμα 6.2 Πλαίσιο για εξερεύνηση αναγκών και στρατηγικών αποκατάστασης (Saegrov et al., 1999)

6.1.6. Παρακολούθηση και αυτοματοποίηση

SCADA σημαίνει Απεικόνιση της Διαδικασίας και Τηλεχειρισμός της Εγκατάστασης (Supervisory Control and Data Acquisition). Γενικά, αναφέρεται σε

βιομηχανικά συστήματα ελέγχου: συστήματα ηλεκτρονικού υπολογιστή, τα οποία παρακολουθούν και ελέγχουν βιομηχανικές διαδικασίες, διαδικασίες υποδομής ή διαδικασίες βασισμένες σε εγκαταστάσεις.

Η επαρκής παρακολούθηση των δικτύων διανομής νερού αποτελεί εδώ και πολλά χρόνια μια πρόκληση για τη διαχείριση, ακόμα και σε χώρες με καλά αναπτυγμένη υποδομή και καλές πρακτικές λειτουργίας. Δίκτυα νερού με ακατάλληλη διαχείριση μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα αυξημένα κόστη παροχής, ανεπαρκή αποθέματα πόσιμου νερού, ταλαιπωρία, ανικανοποίητους συνδρομητές και άλλα (Ehrenreich, 2005).

Ένα κέντρο ελέγχου SCADA μπορεί να δείξει μετρημένες και υπολογισμένες παραμέτρους για μια ευρεία περιοχή δικτύου διανομής νερού, με πολλαπλούς ταμιευτήρες και αντλιοστάσια. Οι λεπτομέρειες που παρουσιάζονται αναφέρονται στη στάθμη του νερού στους ταμιευτήρες, ενδείξεις για τη λειτουργία συγκεκριμένων αντλιών κλπ.

6.2. Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ SCADA

6.2.1. Στοιχεία συστήματος

Το σύστημα πληροφορικής χρησιμοποιεί μια κατακεντρωμένη ιεραρχική αρχιτεκτονική, η οποία περιλαμβάνει τα ακόλουθα τεμάχια (Ehrenreich, 2005):

- Τεμάχιο μετατροπής σημάτων αισθητήρα. Αντιλαμβάνεται τη λήψη σημάτων από τη διαδικασία μέσω των αισθητήρων στο ενοποιημένο εύρος σημάτων, τα οποία είναι συμβατά με τις εισροές των διεπαφών των υπολογιστικών συστημάτων,
- Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC - Τοπικός εξοπλισμός συλλογής δεδομένων και ελέγχου). Κάθε τοπικός σταθμός διανομής νερού παρέχεται με εξοπλισμό συλλογής πληροφοριών και ελέγχου (PLC), ο οποίος είναι συνδεδεμένος με ηλεκτρονικό υπολογιστή και πραγματοποιεί:
 - √ Αυτόματη συλλογή συγκεκριμένων παραμέτρων.
 - √ Πρωτογενείς διαδικασίες (φιλτράρισμα, επικύρωση τιμών από τους αισθητήρες, διαμόρφωση μεταξύ ορίων.
 - √ Τοπική παρουσίαση.
 - √ Προειδοποιήσεις σε περίπτωση υπέρβασης των ορίων.
 - √ Επικοινωνία με το ανώτερο ιεραρχικό επίπεδο.
- Στο επίπεδο Στάσης των Υδάτων υπάρχει ο Αποστολέας, ο οποίος

πραγματοποιεί:

- √ Έλεγχο ολόκληρου του συστήματος.
- √ Ανώτερη επεξεργασία δεδομένων.
- √ Παρουσίαση του σχεδίου του συστήματος.
- √ Παρουσίαση των συνοπτικών σχεδίων με επίβλεψη πραγματικού χρόνου για κάθε τοπικό εξοπλισμό.
- √ Επεξεργασία του γενικού δελτίου ελέγχου.

Η επικοινωνία μεταξύ του Αποστολέα και των τοπικών συστημάτων γίνεται μέσω μόντεμ τηλεφώνου ή ασυρμάτων. Οι παράμετροι που παρακολουθούνται είναι:

- Πιέσεις.
- Χρεώσεις.
- Στάθμες.
- Κατάσταση αντλιών.
- Κατάσταση ηλεκτρονικών βανών.
- Κατάσταση φίλτρων.
- Ενέργεια δράσης/αντίδρασης.

6.2.2. Λειτουργία συστήματος

Το σύστημα SCADA διασφαλίζει από τους αισθητήρες τη συλλογή των χαρακτηριστικών παραμέτρων λειτουργίας των τεχνολογικών εγκαταστάσεων μέσα στους σταθμούς διανομής νερού, την παρακολούθηση και τον έλεγχο των αντλιών σε επίπεδο τοπικών σταθμών, την υιοθέτηση των δεδομένων που συλλέχθηκαν, την αποστολή των δεδομένων σε επίπεδο κεντρικού αποστολέα, την παρακολούθηση της λειτουργίας των σταθμών μέσω των συνοπτικών σχεδίων, την επεξεργασία του δελτίου παρακολούθησης και των ισολογισμών των σταθμών, την αποστολή των αποτελεσμάτων στους παράγοντες αποφάσεων.

Με αυτό τον τρόπο, κάθε σταθμός έχει το δικό του τοπικό εξοπλισμό συλλογής πληροφοριών και ελέγχου, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με έναν τοπικό ηλεκτρονικό υπολογιστή και ο οποίος επικοινωνεί με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή-αποστολέα. Ο εξοπλισμός εξετάζεται σε σταθερές χρονικές περιόδους από τον τοπικό ηλεκτρονικό υπολογιστή και έτσι, όλες οι αναλογικές/ψηφιακές εισροές και εκροές καταγράφονται στο επίπεδο του τοπικού ηλεκτρονικού υπολογιστή. Ο εξοπλισμός αντιλαμβάνεται την κίνηση των μηχανών των αντλιών μέσα στον αντίστοιχο σταθμό μέσω ομαλών

εκκινητών/αντιστροφών. Συνήθως, χρησιμοποιούνται ομαλοί εκκινητές μέχρι να φτάσει η μηχανή την ονομαστική ταχύτητα και μέσω του αντιστροφέα, η ταχύτητα τροποποιείται ανάλογα με τη μετρημένη πίεση (Ehrenreich, 2005).

6.2.3. Πρωταρχικά καθήκοντα του συστήματος SCADA σε ένα σύστημα διανομής νερού

Οι λύσεις SCADA μπορούν να συνδράμουν σε μεγάλο βαθμό στην ολοκλήρωση των μέσων και των πρακτικών ανίχνευσης διαρροών, καθώς και στην εφαρμογή περιοδικά σχεδιασμένων προγραμμάτων επισκευών. Τα ακόλουθα σχετικά μέτρα και πρακτικές μπορούν να εφαρμοστούν με τη χρήση ενός συστήματος SCADA (Ehrenreich, 2005):

- Εκτίμηση του επιπέδου απωλειών νερού μέσω μη ανιχνεύσιμων μικρών διαρροών (σε άγνωστες τοποθεσίες).
- Συνεχής παρακολούθηση και έλεγχος της πίεσης σε κρίσιμες τοποθεσίες του δικτύου.
- Καταγραφή και ανάλυση απότομων μεταβολών στους ρυθμούς ροής για ανίχνευση νέων διαρροών και σπασιμάτων.
- Μείωση του πραγματικού χρόνου αντίδρασης για απομόνωση του προβληματικού τμήματος (αν είναι δυνατό).

6.2.4. Αποδοτικότητα αντλιοστασίων και παρακολούθηση υγείας

Η εισαγωγή παρακολούθησης της αποδοτικότητας της αντλίας με βάση ηλεκτρονικό μικροεπεξεργαστή, σε συνδυασμό με συστήματα νερού SCADA, θα έχει ως αποτέλεσμα γρηγορότερη απόδοση της επένδυσης για ένα σύστημα SCADA. Η εφαρμογή αυτής της διαδικασίας περιλαμβάνει (Ehrenreich, 2005):

- Υπολογισμό όγκου του αντλημένου νερού, όπως μετράται και καταγράφεται από την Απομακρυσμένη Μονάδα Τερματικού (RTU).
- Παρακολούθηση της «μέγιστης ισχύος» που απαιτείται από την αντλία κατά την ενεργοποίησή της.
- Παρακολούθηση της μέσης ενέργειας που παρέχεται στην αντλία κατά την ίδια περίοδο, ενώ μια επιλεγμένη αντλία νερού επιβεβαιώνεται ότι βρίσκεται σε καλή κατάσταση. Το σύστημα θα κρατήσει τις υπολογισμένες αξίες ως σημεία αναφοράς για μελλοντική σύγκριση. Σε περίπτωση που ο υπολογισμένος λόγος

για μια συγκεκριμένη αντλία είναι εκτός του αναμενόμενου εύρους, η Απομακρυσμένη Μονάδα Τερματικού θα στείλει μια προειδοποίηση στο κέντρο ελέγχου.

6.2.5. Διαχείριση σταθμού μείωσης πίεσης

Η εφαρμογή παρακολούθησης ροής και ελέγχου πίεσης νερού με τη χρήση σταθμών Βαλβίδων Μείωσης Πίεσης (PRV) μπορεί να μειώσει άμεσα τις πραγματικές απώλειες, οι οποίες είναι αποτέλεσμα δύσκολων στον εντοπισμό διαρροών. Απαιτεί την εγκατάσταση ροόμετρων σε συνδυασμό με Απομακρυσμένες Μονάδες Τερματικού και επικοινωνία σε στρατηγικά σημεία σε όλο το δίκτυο, ενώ ο κάθε μετρητής καταγράφει τη ροή σε μια «περιοχή» με καθορισμένο και μόνιμο όριο (Ehrenreich, 2005).

Αυτό μπορεί να γίνει με ένα σύστημα SCADA με σχετικά χαμηλές επενδύσεις και με σχετικά γρήγορους ρυθμούς, με την εισαγωγή της παρακολούθησης ζώνης και των περιφερειακών μετρήσεων των ροών νερού. Η χρήση σταθμών Βαλβίδων Μείωσης Πίεσης (PRV) σε συνδυασμό με Απομακρυσμένες Μονάδες Τερματικού (RTU) και επικοινωνία δεδομένων, παρέχουν μέσα για τροποποίηση και αριστοποίηση των πιέσεων νερού στις σωληνώσεις και αποφυγή περαιτέρω απωλειών μέσω συνδέσεων που έχουν διαρροές και ζημιών κατά τη διάρκεια περιόδων εκτός αιχμής, όπως νύχτες και Σαββατοκύριακα (σε μερικές περιφέρειες). Αυτοί οι σταθμοί απαιτούν τη χρήση υδραυλικών βαλβίδων ελέγχου. Σε απομακρυσμένες τοποθεσίες, όπου η ηλεκτρική ενέργεια δεν είναι διαθέσιμη, μπορούν να τοποθετηθούν, επίσης, ηλιακοί συλλέκτες μαζί με τις σωληνώσεις νερού.

6.2.6. Παράγοντες και υπολογισμοί επένδυσης ενός συστήματος SCADA

Ενώ εξετάζεται η επένδυση, το πρώτο βήμα για τον καθορισμό του λόγου κόστους/οφέλους και της απόδοσης επένδυσης (ROI), είναι η ανάλυση των πραγματικών στοιχείων κόστους, τα οποία θα είναι αποτέλεσμα της ιδιοκτησίας και λειτουργίας ενός συστήματος SCADA. Το ετήσιο κόστος, τυπικά, αποτελείται από τα πιο κάτω στοιχεία (Ehrenreich, 2005):

- Κεφαλαιουχικό κόστος: αυτός ο υπολογισμός βασίζεται στο επιτόκιο του κεφαλαίου, το οποίο επενδύθηκε αρχικά στο σύστημα και περιλαμβάνει, επίσης, μελλοντικές επενδύσεις σε βελτιώσεις και αναβαθμίσεις.
- Ετήσια απόσβεση: αυτό το κόστος σχετίζεται με τον εξοπλισμό, ο οποίος

αγοράστηκε για τη λειτουργία του συστήματος και ο υπολογισμός βασίζεται στην αναμενόμενη διάρκεια ζωής αυτού του εξοπλισμού (π.χ. 15 χρόνια).

- Λειτουργικά κόστη: αυτό το ποσό περιλαμβάνει όλα τα τρέχοντα έξοδα για μισθούς, που διατίθενται για το εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό, την εκπαίδευση των χειριστών, τις μεταφορές, έξοδα συντήρησης κλπ., τα οποία μπορούν να αποδοθούν στη λειτουργία του συστήματος SCADA.

Σήμερα, οι εταιρείες ύδρευσης επιθυμούν να αυξήσουν το επίπεδο υπηρεσιών και να λειτουργούν το δίκτυο νερού με ένα πιο αποδοτικό, βολικό, ανεπτυγμένο και μοντέρνο τρόπο. Για παράδειγμα, η απαίτηση για βελτίωση του βαθμού των υπηρεσιών μπορεί να απαιτείται από τους τοπικούς κανονισμούς της χώρας, οι οποίοι απευθύνονται στους θεματοφύλακες των εταιρειών και/ή στο δήμαρχο της πόλης. Μπορεί να ενδιαφέρονται για αύξηση της εμπιστοσύνης του κοινού και της ικανοποίησης των πελατών και να αποδείξουν στο κοινό ότι πράγματι επιχειρούν να εξοικονομήσουν πόρους.

Οι εταιρείες ύδρευσης, συχνά, αποφασίζουν να αγοράσουν το σύστημά τους βήμα-βήμα. Αυτή η προσέγγιση είναι λογική, αφού τα σπονδυλωτά συστήματα SCADA μπορούν να δημιουργηθούν με χαμηλότερο αρχικό προϋπολογισμό και επιτρέπουν καλύτερο ορισμό των τρεχουσών και μελλοντικών αναγκών πριν από την έναρξη ενός σημαντικού προγράμματος επέκτασης.

Η ολοκλήρωση και λειτουργία ενός συστήματος SCADA περιλαμβάνει τη χρήση εξοπλισμού υπολογιστών, οργάνων και αισθητήρων, ηλεκτρικών πινάκων ελέγχου, προγραμματισμό λογισμικού, επικοινωνία δεδομένων, εξοπλισμού και υποδομής, χρεώσεις για παροχή συμβουλευτικών υπηρεσιών και την εγκατάσταση και την έναρξη της λειτουργίας του συστήματος. Η προσεκτική επιλογή αυτών των συστατικών μπορεί να βοηθήσει στο να γίνει το σύστημα επεκτάσιμο, αναβαθμίσιμο και επίσης, προσιτό στην τιμή. Οι παράγοντες κόστους ενός συστήματος SCADA καταγράφονται πιο κάτω:

- Όργανα εξοπλισμού: παρόλο που η επένδυση σε μηχανήματα ηλεκτρονικού υπολογιστή δεν είναι ούτε το πιο κρίσιμο, ούτε το πιο ακριβό μέρος, θεωρείται η «καρδιά και η ψυχή» του συστήματος. Ο λόγος είναι ότι ο κόσμος θεωρεί τα μηχανήματα των υπολογιστών το «κύριο πράγμα», το οποίο κάνει το σύστημα να δουλεύει.
- Λειτουργικό σύστημα υπολογιστή και πρόγραμμα εφαρμογής: Απαιτείται

πρόγραμμα συντήρησης λογισμικού Master Control Centre (MCC), αφού οι πωλητές του τείνουν, κατά καιρούς, να εκδίδουν ενισχυμένες εκδόσεις, οι οποίες δεν είναι συμβατές με άλλα προγράμματα, τα οποία πρέπει να ενσωματωθούν στο σύστημα.

- **Υποδομή επικοινωνίας:** το δίκτυο επικοινωνίας πληροφοριών, το οποίο χρησιμοποιείται για το SCADA, μπορεί να θεωρηθεί ως τα «νεύρα» του συστήματος, τα οποία μεταφέρουν τις πληροφορίες στον «εγκέφαλο». Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητο να επιλεγούν ένα κατάλληλος και αξιόπιστος τύπος μέσου επικοινωνίας και πρωτοκόλλου δεδομένων.
- **Επιτόπου όργανα:** αυτές οι συσκευές, συχνά, παρέχονται ενσωματωμένες με τον εξοπλισμό για να παρακολουθούνται ή να ελέγχονται. Αισθητήρες και έλεγχοι, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με Απομακρυσμένες Μονάδες Τερματικού πρέπει να είναι αξιόπιστοι και με ανάλογη ακρίβεια, για να μπορεί το σύστημα SCADA να λειτουργεί σωστά.
- **Εγκατάσταση και έναρξη λειτουργίας συστήματος:** η επαγγελματική εγκατάσταση των συστατικών του συστήματος SCADA, έχοντας στο μυαλό την «εύκολη συντήρηση», είναι εξίσου σημαντική με οποιοδήποτε άλλο βήμα κατά την ολοκλήρωση του συστήματος. Αυτή η δουλειά μπορεί να γίνει από την εταιρεία ύδρευσης ή από μια εξωτερική εταιρεία εγκατάστασης συστήματος.
- **Κόστη συντήρησης συστήματος:** αυτά περιλαμβάνουν τα κόστη όλων των επισκευών και της προληπτικής συντήρησης. Το ολικό ποσό μπορεί να διαιρεθεί σε αρκετά τμήματα του εγκατεστημένου συστήματος. Θα ληφθεί, επίσης, υπόψη η συντήρηση του εξοπλισμού επικοινωνίας.
- **Χειριστές και τεχνικοί:** για να λειτουργήσουν αυτά συστήματα, οι εταιρείες ύδρευσης θα πρέπει να προσλάβουν καλά εκπαιδευμένους χειριστές που θα εργάζονται, πιθανώς, σε 3 βάρδιες. Αυτά τα κόστη σχετίζονται, φυσικά, με περιοδικά ταξίδια σε απομακρυσμένες περιοχές, για να εξεταστεί η κατάσταση αυτών των περιοχών.
- **Άλλοι παράγοντες κόστους:** οι εγκαταστάσεις στο δίκτυο, καθώς και οι αισθητήρες, πρέπει να ελέγχονται και να βαθμονομούνται περιοδικά. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα των μικρών Απομακρυσμένων Μονάδων Τερματικών είναι ότι επιτρέπουν την πραγματοποίηση αυτών των εργασιών από απόσταση με τη χρήση μεθόδων βαθμονόμησης, οι οποίες διαχειρίζονται από λογισμικό.

7. ΔΗΜΟΤΙΚΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ (ΔΕΥΑ)

7.1. ΛΟΓΟΙ ΙΔΡΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΥΑ

Στις αρχές της δεκαετίας του '80 ο τομέας ύδρευσης – αποχέτευσης (και ιδιαίτερα ο τομέας αποχέτευσης) στη χώρα μας παρουσίαζε μία εικόνα όχι ενθαρρυντική, ιδιαίτερα σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες. Οι υπηρεσίες ύδρευσης – αποχέτευσης παρέχονταν από τους ΟΤΑ α΄ βαθμού, με όλα τα προβλήματα που συνεπάγονταν η κατάσταση αυτή (γραφειοκρατία, έλλειψη ευελιξίας, έλλειψη προσωπικού, έλλειψη πόρων κ.α.). Η καθυστέρηση που παρουσίαζε ο τομέας επέβαλε τη λήψη αποτελεσματικών μέτρων για τη βελτίωσή του.

Έτσι, ψηφίστηκε ο Ν.1069/80 («Περί κινήτρων δια την ίδρυση Επιχειρήσεων Υδρεύσεως και Αποχετεύσεως») με τον οποίο ιδρύθηκαν οι Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης – Αποχέτευσης (ΔΕΥΑ). Στόχος του νόμου ήταν η παροχή οικονομικών κινήτρων για την ίδρυση από τους Δήμους (πλην της Αθήνας, της Θεσσαλονίκης και του Βόλου) επιχειρήσεων ύδρευσης – αποχέτευσης με αυτοτέλεια και ευελιξία για την εκτέλεση των αναγκαίων υποδομών στον τομέα ύδρευσης-αποχέτευσης και επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων. Η ίδρυση ΔΕΥΑ είναι υποχρεωτική για τους Δήμους με πληθυσμό μεγαλύτερο από τους 10.000 κατοίκους, όπως έμμεσα προκύπτει από το άρθρο 13 παρ. 2 του Ν.1069/80.

7.2. ΕΡΓΟ ΤΩΝ ΔΕΥΑ

Οι ΔΕΥΑ από το θεσμικό τους πλαίσιο, τον Ν.1069/80 ανέλαβαν τρεις βασικές υποχρεώσεις: Να εξασφαλίσουν πόσιμο νερό επαρκούς ποσότητας και ποιότητας για τους καταναλωτές, να καθαρίσουν το χρησιμοποιημένο νερό προκειμένου να το απορρίψουν σε κάποιον αποδέκτη και να διευθετήσουν την απορροή των όμβριων υδάτων με στόχο την αντιπλημμυρική προστασία του αστικού ιστού.

Σήμερα, τριάντα περίπου χρόνια μετά την λειτουργία των πρώτων ΔΕΥΑ και με δεδομένο ότι αυτή την στιγμή λειτουργούν στη χώρα μας 200 περίπου ΔΕΥΑ που εξυπηρετούν 4 εκ. περίπου κατοίκους μπορούμε ανεπιφύλακτα να ισχυρισθούμε ότι οι Δημοτικές Επιχειρήσεις Ύδρευσης – Αποχέτευσης ανταποκρίθηκαν με επιτυχία και αποτελεσματικότητα στον ρόλο που ανέλαβαν από τον ιδρυτικό τους νόμο. Κι αυτό παράλο που αντιμετώπισαν και εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν σοβαρά θεσμικά και οικονομικά προβλήματα. Αξίζει να αναφερθεί και τονισθεί ότι ο ιδρυτικός τους νόμος

παρόλο που χαρακτηρίστηκε νόμος κινήτρων πρόβλεψε ένα δυσμενές και άδικο χρηματοδοτικό καθεστώς για τις ΔΕΥΑ όσον αφορά στην εκτέλεση των έργων τους που είναι πολυδάπανα και όχι άμεσης απόδοσης. Αποτέλεσμα της παραπάνω άδικης μεταχείρισης των ΔΕΥΑ υπήρξε η προσφυγή των ΔΕΥΑ σε δανεισμό που φόρτωσε τις επιχειρήσεις με μακροπρόθεσμα οικονομικά βάρη δυσανάλογα με τα έσοδά τους.

Σε όλα τα παραπάνω θα πρέπει να προστεθεί και μία εγγενής αδυναμία των ΔΕΥΑ: ο διφυής χαρακτήρας τους. Οι ΔΕΥΑ και παρόλο το χαρακτηρισμό του ιδρυτικού τους νόμου, ο οποίος τις χαρακτηρίζει επιχειρήσεις ιδιωτικού δικαίου που λειτουργούν με τους κανόνες της ιδιωτικής οικονομίας, ακροβατούν λόγω του κοινωφελούς χαρακτήρα τους και των ασαφειών του θεσμικού τους πλαισίου ανάμεσα στον ιδιωτικό και δημόσιο τομέα, με ό,τι συνεπάγεται αυτή η κατάσταση. Στο παραπάνω πρόβλημα συνέβαλαν και διάφοροι νόμοι που εξομοίωσαν τις ΔΕΥΑ με το δημόσιο τομέα, αμβλύνοντας όμως, έτσι την ευελιξία με την οποία εξαρχής εξοπλίσθηκαν για να εκτελούν με ταχύτητα και αποτελεσματικότητα το έργο τους.

Η ίδρυση και η λειτουργία των ΔΕΥΑ είναι ο κυριότερος λόγος που ολοκληρώθηκαν πολλά έργα ύδρευσης- αποχέτευσης και επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στη χώρα μας και λειτουργούν με τρόπο ικανοποιητικό, ισοδύναμο με αυτό στις υπόλοιπες χώρες της ΕΕ. Οι περισσότερες ΔΕΥΑ έχουν κατασκευάσει, κατασκευάζουν και λειτουργούν τη στιγμή αυτή εγκαταστάσεις βιολογικών καθαρισμών (περίπου 80) οι οποίες συνέβαλαν στην αποκατάσταση της διαταραγμένης οικολογικής ισορροπίας της χώρας μας. Πέρα όμως από τους βιολογικούς καθαρισμούς οι ΔΕΥΑ συμβάλλουν ιδιαίτερα στην προστασία της δημόσιας υγείας και στην πρόληψη των ασθενειών παρέχοντας άφθονο και υγιεινό νερό στους καταναλωτές. Ένας σημαντικός αριθμός ΔΕΥΑ ασχολείται συστηματικά με την παρακολούθηση και τον έλεγχο της ποιότητας του παρεχόμενου πόσιμου νερού και διαθέτει εργαστήρια και εξειδικευμένο προσωπικό για τον σκοπό αυτό.

Οι ΔΕΥΑ εφαρμόζουν πλήρως την εθνική νομοθεσία και τις Κοινοτικές Οδηγίες για το πόσιμο νερό και οι καταναλωτές τους εγγυημένα πίνουν νερό που ελέγχεται στην ποιότητά του.

Για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας οι ΔΕΥΑ έχουν προβεί σε εκτεταμένη αντικατάσταση των παλαιών δικτύων ύδρευσης ώστε να μειώσουν σημαντικά τις διαρροές. Επιπλέον, χρησιμοποιούν όλες τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές για τη διαφύλαξη των υδατικών πόρων και τα τελευταία χρόνια κάνουν μεγάλες ενημερωτικές

καμπάνιες για την πληροφόρηση του καταναλωτικού κοινού ώστε να αποφεύγει τις σπατάλες νερού.

Οι ΔΕΥΑ είναι φορείς που εφαρμόζουν την περίφημη αρχή "ο ρυπαίνων πληρώνει", αρχή που η Ευρωπαϊκή Ένωση θεωρεί αρχή-κλειδί για την εφαρμογή της περιβαλλοντικής της νομοθεσίας και της πολιτικής της για το περιβάλλον και την αειφόρο ανάπτυξη.

Η Οδηγία – Πλαίσιο 2000/60/ΕΕ για μία κοινή πολιτική υδάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση, Οδηγία με σοβαρούς περιβαλλοντικούς στόχους και πρωτοποριακό χαρακτήρα, η οποία μεταφέρθηκε στο εθνικό μας δίκαιο με τον ν. 3199/2003 αποτελεί, επίσης, ένα σημαντικό ορόσημο για τις ΔΕΥΑ. Οι ΔΕΥΑ πλέον, και σε αντίθεση με τον Ν.1739/87 που τις θεωρούσε χρήστες και όχι διαχειριστές των υδατικών πόρων, συμμετέχουν σε οργανωμένα και θεσμοθετημένα σχήματα και όργανα διαμόρφωσης και άσκησης της υδατικής πολιτικής της χώρας μας. Επιπλέον, οι ΔΕΥΑ θα πρέπει να προσαρμοσθούν στις απαιτήσεις της Οδηγίας όσον αφορά στην ανάκτηση του κόστους του νερού (οικονομικό κόστος, κόστος φυσικών πόρων, περιβαλλοντικό κόστος) με στόχο την προστασία των υδατικών πόρων και την αειφόρο ανάπτυξη.

Από όλα τα παραπάνω προκύπτει, ότι οι ΔΕΥΑ παρά τα όποια κατά καιρούς θεσμικά και οικονομικά προβλήματα που αντιμετώπισαν και αντιμετωπίζουν ανταποκρίθηκαν με επιτυχία στις προσδοκίες του κοινωνικού συνόλου σε έναν τομέα ζωτικής σημασίας.

7.3. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΩΝ ΔΕΥΑ

Το βασικό θεσμικό πλαίσιο των ΔΕΥΑ αποτελείται από τον ιδρυτικό τους νόμος 1069/80. Οι ΔΕΥΑ ιδρύονται και λειτουργούν σύμφωνα με τον Ν.1069/80 (αρ.1 παρ. 1). Ο Ν.1069/80 τροποποιήθηκε με τους εξής νόμους: Ν.2065/92, Ν.2130/93, Ν.2218/94, Ν.2307/95, Ν.2503/97, Ν.2647/98, Ν.2839/2000, Ν.3013/2002, Ν.3274/2004, Ν.3320/2005, Ν.3731/2008, Ν. 3801/2009. Ο Ν.1069/80 ως ειδικός νόμος για τις ΔΕΥΑ υπερισχύει για τα ζητήματα που σαφώς ρυθμίζει κάθε άλλης νομοθετικής διάταξης. Σε περίπτωση που κάποιο ζήτημα δεν προβλέπεται από τον Ν. 1069/80 (νομοθετικό κενό) ισχύει συμπληρωματικά ο Δημοτικός και Κοινοτικός Κώδικας (Ν. 3463/2006) σύμφωνα με το άρθρο 1 παρ. 1 Ν.1069/80.

7.4. ΝΟΜΙΚΗ ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΔΕΥΑ

Οι ΔΕΥΑ είναι Νομικά Πρόσωπα Ιδιωτικού Δικαίου (ΝΠΙΔ) κοινοφελούς

χαρακτήρα που λειτουργούν με τους κανόνες ιδιωτικής οικονομίας (άρθρο 1 παρ. 1 Ν. 1069/80). Ταυτόχρονα και σύμφωνα με το Δημοτικό και Κοινοτικό Κώδικα (Ν.3463/2006) οι ΔΕΥΑ είναι δημοτικές επιχειρήσεις ειδικού σκοπού (αρ. 252 παρ. 4 του Ν.3463/2006). Οι ΔΕΥΑ εξαιρούνται από το δημόσιο τομέα σύμφωνα με το άρθρο 50 παρ.1 του Ν.1892/90. Παρόλο που οι ΔΕΥΑ εξαιρούνται από το δημόσιο τομέα, εφαρμόζονται σ' αυτές τις διατάξεις που αφορούν στο δημόσιο τομέα εφόσον όμως στα σχετικά νομοθετήματα υπάρχει ειδική πρόβλεψη (π.χ. αρ. 1 παρ. 3 του Ν.2527/97).

7.5. ΣΥΣΤΑΣΗ ΔΕΥΑ

Οι ΔΕΥΑ ιδρύονται μετά από οικονομοτεχνική μελέτη βιωσιμότητας (αρ. 253 παρ. 2 ΔΚΚ) και απόφαση του οικείου Δημοτικού Συμβουλίου (αρ. 1 παρ. 3 Ν.1069/80). Στην απόφαση του Δημοτικού Συμβουλίου ορίζεται η επωνυμία, η έδρα, οι λόγοι που δικαιολογούν την σύστασή της, τα περιουσιακά στοιχεία που παραχωρούνται σ' αυτήν, ο τρόπος εκμεταλλεύσεως των έργων των υπηρεσιών και τα έσοδα που προκύπτουν, καθώς και η περιοχή αρμοδιότητας των ΔΕΥΑ. Η απόφαση του Δημοτικού Συμβουλίου 9 εγκρίνεται με πράξη του Γενικού Γραμματέα της Περιφέρειας που δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

7.6. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΩΝ ΔΕΥΑ

Υποχρεωτικό αντικείμενο των ΔΕΥΑ είναι η ύδρευση, η αποχέτευση και η επεξεργασία αστικών υγρών αποβλήτων (αρ. 1 Ν.1069/80). Ωστόσο, με νομοθετικές τροποποιήσεις του Ν. 1069/80 το αντικείμενο αυτό μπορεί να επεκταθεί και σε άλλους τομείς, δηλαδή μπορεί οι ΔΕΥΑ να κάνουν διεύρυνση του αντικειμένου τους (αρ. 2 παρ. 1 του Ν.1069/80) στους εξής τομείς:

- Συγκέντρωση και μεταφορά απορριμμάτων.
- Μελέτη, κατασκευή, συντήρηση, εκμετάλλευση, διοίκηση και λειτουργία των δικτύων τηλεθέρμανσης.
- Μελέτη, κατασκευή, συντήρηση, εκμετάλλευση, επίβλεψη, διοίκηση και λειτουργία των δικτύων φυσικού αερίου.
- Εμφιάλωση και εμπορία νερού.
- Διαχείριση, αξιοποίηση και εμπορία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που προέρχονται από το αντικείμενο δραστηριότητας των ΔΕΥΑ ή των δραστηριοτήτων των οικείων ΟΤΑ.
- Άρδευση.

Η διεύρυνση του αντικειμένου των ΔΕΥΑ γίνεται με απόφαση του Δημοτικού ή Κοινοτικού Συμβουλίου που εγκρίνεται από το Γενικό Γραμματέα της Περιφέρειας και δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως (αρ. 2 παρ. 1 του Ν.1069/80).

7.7. ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΡΜΟΔΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΔΕΥΑ

Η περιοχή αρμοδιότητας των ΔΕΥΑ μπορεί να επεκταθεί (αρ. 2 παρ. 2 του Ν.1069/80):

- Στις εδαφικές περιφέρειες όμορων δημοτικών ή κοινοτικών διαμερισμάτων του Ν.2539/97 του ίδιου δήμου ή κοινότητας ή τμημάτων τους. Η επέκταση γίνεται μετά από απόφαση του Δημοτικού Συμβουλίου που εγκρίνεται με πράξη του Γενικού Γραμματέα της Περιφέρειας και δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.
- Στις εδαφικές Περιφέρειες όμορων Δήμων ή Κοινοτήτων ή δημοτικών ή κοινοτικών διαμερισμάτων ή τμημάτων τους. Η επέκταση γίνεται με απόφαση του Διοικητικού Συμβουλίου των ΔΕΥΑ μετά από σύμφωνη γνώμη των οικείων Δημοτικών ή Κοινοτικών Συμβουλίων η οποία εγκρίνεται με πράξη του Γενικού Γραμματέα της Περιφέρειας και δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

Στην περίπτωση νησιωτικών ΔΕΥΑ οι Δήμοι και οι Κοινότητες νησιών που γειτνιάζουν θεωρούνται όμοροι όσον αφορά στη διεύρυνση της περιοχής αρμοδιότητας (αρ. 2 παρ. 3 του Ν.1069/80).

7.8. ΔΙΑΔΗΜΟΤΙΚΕΣ ΔΕΥΑ

Ο Ν.1069/80 προβλέπει την ίδρυση Διαδημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης – Αποχέτευσης (αρ. 1 παρ. 1). Η σύσταση Διαδημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης – Αποχέτευσης διενεργείται με αποφάσεις των οικείων Δημοτικών ή Κοινοτικών Συμβουλίων με την οποία ορίζεται η επωνυμία, η έδρα, οι λόγοι που δικαιολογούν τη σύσταση της ΔΕΥΑ, τα περιουσιακά στοιχεία που παραχωρούνται σε αυτήν, ο τρόπος εκμεταλλεύσεως των έργων ή υπηρεσιών και τα έξοδα που προκύπτουν από αυτήν καθώς και η περιοχή αρμοδιότητας της Επιχείρησης (αρ. 1 παρ. 3 του Ν. 1069/80). Η απόφαση για τη σύσταση της Διαδημοτικής ΔΕΥΑ εγκρίνεται με πράξη του Γενικού Γραμματέα της Περιφέρειας και δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως (αρ. 1 παρ. 3 του Ν.1069/80).

7.9. ΤΙΜΟΛΟΓΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΔΕΥΑ

Με απόφαση του ΔΣ της ΔΕΥΑ που εγκρίνεται από το οικείο Δημοτικό ή Κοινοτικό Συμβούλιο καθορίζονται χωριστά τιμολόγια για τις υπηρεσίες ύδρευσης και αποχέτευσης (αρ. 25 παρ. 1 Ν.1069/80). Τα έσοδα από τα τέλη των υπηρεσιών ύδρευσης και αποχέτευσης πρέπει υποχρεωτικά να καλύπτουν τις αναγκαίες δαπάνες προσωπικού, λειτουργίας και συντήρησης των δικτύων, τις αποσβέσεις των παγίων εγκαταστάσεων και τα τοκοχρεωλύσια των συναφθέντων δανείων (αρ. 25 παρ. 2 Ν.1069/80). Τα έσοδα από τα τέλη επιτρέπεται να υπερβαίνουν τις δαπάνες του αρ. 25 παρ. 2 για την εκτέλεση έργων σύμφωνα με τον σκοπό της επιχείρησης μετά την πάροδο της δεκαετίας όπως αναγράφεται στα άρθρα 11 και 12 του Ν.1069/80. (Η δεκαετία αφορά στα ιδικά τέλη 80% και 3%). Το ποσοστό καθορίζεται με απόφαση του ΔΣ που εγκρίνεται από το οικείο Δημοτικό ή Κοινοτικό Συμβούλιο.

7.10. ΕΙΔΙΚΟ ΤΕΛΟΣ 80%

Το ειδικό τέλος για την μελέτη και κατασκευή έργων ύδρευσης και αποχέτευσης επιβάλλεται για μια δεκαετία από τη σύσταση της επιχείρησης σε ποσοστό 80% στην αξία του νερού που καταναλώνεται (αρ. 11 Ν.1069/80). Η δεκαετία ξεκινά από την 1η Ιανουαρίου του επόμενου από την σύσταση της Δ.Ε.Υ.Α. έτους. Σύμφωνα με την γραμματική διατύπωση του αρ. 11 του Ν.1069/80 η επιβολή του ειδικού τέλους 80 % είναι υποχρεωτική, ενώ δεν επιτρέπεται η επιβολή του ειδικού τέλους σε ποσοστό μικρότερο του 80%.

Το ειδικό τέλος χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την μελέτη, κατασκευή, ανακατασκευή ή επέκταση έργων ύδρευσης και αποχέτευσης ή την εξόφληση τοκοχρεωλυσίων από δάνεια που συνάπτει η ΔΕΥΑ. Η επιβολή του ειδικού τέλους παρατάθηκε σύμφωνα με το Ν. 2065/92 (αρ. 43 παρ. 3) και τον Ν.3013/2002 (αρ. 26 παρ. 3) για μία ακόμα δεκαετία. Η παράταση έλαβε χώρα δύο φορές. Επομένως σήμερα το τέλος 80% ισχύει για όλες της ΔΕΥΑ.

7.11. ΕΙΔΙΚΟ ΤΕΛΟΣ 3%

Το έσοδο του αρ. 12 του Ν.1069/80 (3% – ειδικό τέλος επί των εισοδημάτων εξ οικοδομών) καταργήθηκε με την παρ. 2 αρ. 43 Ν.2065/92 και αντικαταστάθηκε με πίστωση που εγγράφεται κάθε χρόνο στον κρατικό προϋπολογισμό υπέρ των ΔΕΥΑ και κατανέμεται σε αυτές με πληθυσμιακά κριτήρια από το επόμενο της σύστασής τους έτος. Η επιχορήγηση των ΔΕΥΑ χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την εκτέλεση των έργων

τους και την αποπληρωμή τοκοχρεωλυσίων από δάνεια που συνάπτουν.

7.12. ΚΟΙΝΟΤΙΚΟ ΔΙΚΑΙΟ

Οι ΔΕΥΑ ανήκουν στους λεγόμενους «εξαιρούμενους τομείς», στους οποίους εφαρμόζεται το Π.Δ. 59/2007, με το οποίο έγινε η προσαρμογή της Ελληνικής νομοθεσίας στην οδηγία 2004/17/ΕΚ « περί συντονισμού των διαδικασιών σύναψης συμβάσεων στους τομείς του ύδατος , της ενέργειας,» και όχι το Π.Δ. 60/2007 με το οποίο έγινε η προσαρμογή της στην Οδηγία 2004/18/ΕΚ, για την σύναψη συμβάσεων στον δημόσιο τομέα. Το άρθρο 16 του Π.Δ. 59/2007, με το οποίο καθορίζονται τα κατώτατα όρια των συμβάσεων αυτού, ορίζει ότι το διάταγμα αυτό εφαρμόζεται στις συμβάσεις προμηθειών των οποίων η αξία χωρίς τον ΦΠΑ είναι ίση ή υπερβαίνει το ποσό των € 422.000,00.

7.13. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΡΟΜΗΘΕΙΩΝ ΔΕΥΑ

Ο τρόπος εκτέλεσης των προμηθειών και οι όροι του διαγωνισμού, όπου απαιτείται, καθορίζονται με απόφαση του Διοικητικού Συμβουλίου.

Όταν λόγω ποσού πρόκειται η προμήθεια να εκτελεσθεί απευθείας ή μετά από πρόχειρο διαγωνισμό, η απόφαση μπορεί να λαμβάνεται από τον πρόεδρο – μετά από προηγούμενη γνωμοδότηση της επιτροπής αξιολόγησης – οι όροι όμως του διαγωνισμού (έστω και πρόχειρου) εγκρίνονται από το Διοικητικό Συμβούλιο.

Οι προμήθειες μπορούν να εκτελεσθούν:

- Με απευθείας ανάθεση ή με την διαδικασία μέσω διαπραγμάτευσης, εφόσον η αξία της προμήθειας δεν υπερβαίνει το ποσό των € 15.000,00 με ΦΠΑ.
- Με πρόχειρο διαγωνισμό, εφόσον η αξία της προμήθειας υπερβαίνει το ποσό των € 15.000,00 και μέχρι του ποσού των € 45.000,00 με ΦΠΑ.
- Με ανοικτό διαγωνισμό, εφόσον η αξία της προμήθειας υπερβαίνει το ποσό των € 45.000,00 με ΦΠΑ.
- Με διεθνή διαγωνισμό , εφόσον η αξία της προμήθειας υπερβαίνει το ποσό των € 422.000,00 με ΦΠΑ.

8. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΔΕΥΑ ΛΑΡΙΣΑΣ

8.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Λάρισας (ΔΕΥΑΛ) είναι η πρώτη και μεγαλύτερη Δημοτική Επιχείρηση του κλάδου της, μετά την ΕΥΔΑΠ και την ΕΥΑΘ. Διαθέτει σύγχρονες εγκαταστάσεις και υποδομές, τις οποίες συντηρεί και αναβαθμίζει συνεχώς, με στόχο την παροχή υπηρεσιών υψηλής ποιότητας.

Επίσης, διαθέτει οργανωμένα εργαστήρια ανάλυσης και διενεργεί καθημερινούς ελέγχους ποιότητας. Η εταιρία διασφαλίζει στους κατοίκους της Λάρισας και των γύρω περιοχών, που υδροδοτεί, πόσιμο νερό άριστης ποιότητας, καθαρό και υγιεινό.

Με ευαισθησία απέναντι στο περιβάλλον και υψηλή αίσθηση κοινωνικής ευθύνης, η ΔΕΥΑΛ υλοποιεί δράσεις ενημέρωσης του κοινού για την προστασία του περιβάλλοντος και τη διαχείριση του νερού, με τη συμμετοχή φορέων αλλά και σχολικών μονάδων.

8.2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η πόλη της Λάρισας είναι η πολυπληθέστερη πόλη της Θεσσαλίας και αποτελεί διοικητικό, οικονομικό και πολιτιστικό κέντρο όλης της πεδιάδας. Παρουσιάζει τις τελευταίες δεκαετίες έντονη ανάπτυξη με αποτέλεσμα την αύξηση της κατανάλωσης του νερού.

Η περιοχή της Λάρισας καλύπτει έκταση περίπου 3.550 εκταρίων (35,5km²), ενώ σύμφωνα με το σχέδιο πόλης η έκτασή της είναι 1.650 εκτάρια (16,5km²). Η μορφολογία της περιοχής είναι επίπεδη με διαφορές υψομέτρων έως 15m ενώ τα υψόμετρα στην ευρύτερη περιοχή κυμαίνονται από 60m έως 130m από την επιφάνεια της θάλασσας.

8.3. ΥΔΡΕΥΣΗ

Τα δίκτυα ύδρευσης άρχισαν να κατασκευάζονται στα τέλη της δεκαετίας του 1920 και υδροδοτούν τη Λάρισα με το επεξεργασμένο νερό του Πηνειού από το 1930 μέχρι και το 1990. Τότε, με απόφαση του Διοικητικού Συμβουλίου της ΔΕΥΑΛ, διακόπηκε η ύδρευση της πόλης από τον Πηνειό, λόγω του υψηλού βαθμού ρύπανσής του. Έκτοτε, η πόλη υδρεύεται με το νερό των 17 συνολικά Γεωτρήσεων (5 στη Γιάννουλη, 7 στον Αμπελώνα και 5 στα Πλατανούλια).

Στη δεκαετία του '90 η ΔΕΥΑΛ ολοκλήρωσε την κατασκευή του εξωτερικού δικτύου ύδρευσης πόλης Λάρισας (Νέο Εξωτερικό Υδραγωγείο) για την εξεύρεση πηγών

νερού και τη μεταφορά του στην πόλη. Επίσης, κατασκεύασε ένα μεγάλο μέρος των έργων του εσωτερικού δικτύου ύδρευσης για την αναπαλαίωση και αντικατάσταση του παλαιού. Τα έργα αυτά χρηματοδοτήθηκαν από το 1^ο Ταμείο Συνοχής.

Το 2000, με την έναρξη της λειτουργίας του Νέου Εξωτερικού Υδραγωγείου, άλλαξε ριζικά το σύστημα υδροδότησης της Λάρισας. Το νερό των Γεωτρήσεων οδηγείται πλέον στις δεξαμενές της Αγίας Παρασκευής και Μεζούργλου και με τη βαρύτητα, λόγω της υψομετρικής διαφοράς διανέμεται στην πόλη.

Ο υδατόπυργος, στις εγκαταστάσεις της Επιχείρησης έπαψε να προσφέρει τις μακρόχρονες υπηρεσίες του, από το 1928 μέχρι πρόσφατα, αλλά συνεχίζει να είναι σύμβολο της ΔΕΥΑΛ και μνημείο της πόλης.

Το 2001, συνεχίζεται η κατασκευή νέων αγωγών ύδρευσης, μήκους 24.000m και προϋπολογισμού 3.446.810 ευρώ, για την εξυπηρέτηση των αυξανόμενων αναγκών της πόλης και των υδροδοτούμενων περιοχών γύρω απ' αυτή. Η χρηματοδότηση των έργων έχει εξασφαλισθεί από το 2^ο Ταμείο Συνοχής.

Η ΔΕΥΑΛ ολοκλήρωσε τη μελέτη ύδρευσης ολόκληρου του οικισμού της Τερψιθέας, η οποία αποτελεί Δημοτικό Διαμέρισμα του Δήμου Λαρισαίων, με το νόμο "Καποδίστρια". Τα έργα ύδρευσης που κατασκευάζονται έχουν προϋπολογισμό 400.000 ευρώ και χρηματοδοτούνται από πόρους της ΔΕΥΑΛ.

Εκτός από τα έργα, που χρηματοδοτούνται από το 2^ο Ταμείο Συνοχής, η ΔΕΥΑΛ έχει σε εξέλιξη έργα από ίδιους πόρους (ανταποδοτικά). Τα έργα αυτά είναι επεκτάσεις του δικτύου για παροχή νερού καθώς και για συντήρηση του δικτύου.

Σήμερα, η ΔΕΥΑΛ με το νερό των 36 συνολικά υδρευτικών γεωτρήσεων υδροδοτεί το Δήμο Λάρισας, το Δημοτικό Διαμέρισμα Τερψιθέας και τους οικισμούς Κουλουριού και Αμφιθέας, μέρος του δήμου Κιλελέρ, το Δημοτικό Διαμέρισμα Μελισσοχωρίου και μέρος του Πλατυκάμπου και τις νέες τοπικές κοινότητες που προσαρτήθηκαν στον Δήμο Λαρισαίων μετά την εφαρμογή του Καλλικράτη (Κοιλάδα, Μάνδρα, Ελευθεραί, Ραχούλα, Λουτρό, Κουτσόχερο, Κάστρο, Αργυρόμυλοι, Αμυγδαλέα).

Οι αρδευτικές γεωτρήσεις ανέρχονται σε 19.

Οι πελάτες της ύδρευσης είναι 208.500 (82.000 υδρόμετρα) και το μήκος των αγωγών φτάνει τα 680.000m.

Οι δεξαμενές στην Αγία Παρασκευή, στο Μεζούργλο και στις εγκαταστάσεις στη ΔΕΥΑΛ έχουν συνολική χωρητικότητα 25.000m³ νερού.

Η ετήσια παραγωγή νερού ξεπερνάει τα 18.000.000m³. Το νερό είναι υγιεινό,

πλήρως ελεγχμένο στα εξοπλισμένα με σύγχρονη τεχνολογία Εργαστήρια (χημικό – μικροβιολογικό).

Η ΔΕΥΑΛ έχει πάντα, ως κύρια επιδίωξη, την εξασφάλιση υδατικών πόρων και την παροχή υγιεινού νερού. Αυτό τον στόχο τον έχει πετύχει με τον πλέον αποτελεσματικό τρόπο. Η Λάρισα δεν έχει αντιμετωπίσει ποτέ πρόβλημα υδροδότησης και το νερό που τρέχει στις βρύσες της είναι άριστης ποιότητας.

8.4. ΕΡΓΑ ΜΕ ΑΥΤΕΠΙΣΤΑΣΙΑ

Η ΔΕΥΑΛ προγραμματίζει και κατασκευάζει έργα με αυτεπιστασία, δηλαδή με τα δικά της συνεργεία, στα οποία απασχολούνται περί τους 100 εργαζόμενους.

Τα έργα αυτά περιλαμβάνουν:

- Τις επεκτάσεις δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης, που προγραμματίζονται ανάλογα με τις ανάγκες των πελατών για παροχές νερού ή συνδέσεις των ακινήτων τους με τα δίκτυα αποχέτευσης.
- Την καλή λειτουργία και συντήρηση των δικτύων ύδρευσης, με το συνεχή έλεγχο παροχής και πίεσής τους, των δικτύων αποχέτευσης, με τον καθημερινό καθαρισμό τους με τα υπερσύγχρονα εξοπλισμένα αυτοκίνητα καθαρισμού υπονόμων, τις ασφαλτοστρώσεις και επουλώσεις τομών, με τον πλέον σύγχρονο εξοπλισμό (αυτοκίνητα μεταφοράς συνεργείων, εργαλείων, φορτηγά και εκσκαφείς). Η αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού είναι συνυφασμένη με τον αριθμό των τομών, που δημιουργούνται καθημερινά στους δρόμους της πόλης. Έχει υπάρξει σημαντική βελτίωση, ως προς το χρόνο αποκατάστασής τους με ασφαλτο ή τσιμέντο. Ο στόχος είναι η παροχή άριστων υπηρεσιών, με χρονικό ορίζοντα μία διετία.

8.5. ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

Το μεγάλο μήκος, 680 χλμ., του δικτύου ύδρευσης, η παλαιότητά του σε ορισμένα σημεία της πόλης, καθώς και η αύξηση της πίεσης από 4 σε 5,5 bar περίπου, μετά το 1998, με το νέο τρόπο υδροδότησης, είχαν σαν αποτέλεσμα τις διαρροές στο δίκτυο. Η ΔΕΥΑΛ για τον έλεγχο και την αντιμετώπισή τους κάνει συστηματικές και διαρκείς προσπάθειες με τη λήψη μέτρων, που στοχεύουν στη μείωσή τους. Τέτοια μέτρα είναι η σταθερή βελτίωση των προδιαγραφών για τις προμήθειες των υλικών, η αντικατάσταση παλαιών δικτύων και ο χωρισμός της πόλης σε ζώνες πίεσης με τη χρήση νέων τεχνολογιών, καθώς και η χαρτογράφηση όλου του δικτύου.

Η ΔΕΥΑΛ έχει μεγάλη εμπειρία και τεχνογνωσία στον εντοπισμό των αφανών διαρροών στο δίκτυο ύδρευσης. Διαθέτει όργανα ακριβείας και ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό, το οποίο ελέγχει επιτόπου το πρόβλημα. Με τον τρόπο αυτό, αποφεύγονται η ταλαιπωρία των καταναλωτών, οι μεγάλες ζημιές στα πεζοδρόμια και στους δρόμους και πάνω απ' όλα η άσκοπη κατανάλωση ποσοτήτων νερού.

Με τη λειτουργία του Συστήματος της Τηλεμετρίας και Αυτοματισμών η ΔΕΥΑΛ συμπληρώνει και ενισχύει τα μέτρα για τη μείωση των απωλειών του δικτύου της με τη σωστή διαχείρισή του.

8.6. ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑ

Η ΔΕΥΑΛ έχει σε εξέλιξη ένα μεγαλόπνοο σχέδιο για την εφαρμογή του συστήματος τηλεελέγχου – τηλεχειρισμού και αυτοματισμών στα δίκτυα ύδρευσης – αποχέτευσης και όμβριων και η εφαρμογή του στον τομέα αυτό, θεωρείται, ως πρότυπη και πρωτοποριακή για ολόκληρη την Ελλάδα.

Η χρηματοδότηση με 1.330.814 ευρώ έχει εξασφαλισθεί από το 2^ο Ταμείο Συνοχής και άρχισε η διαδικασία δημοπράτησής του.

Το σύστημα Τηλεμετρίας και Αυτοματισμών αφορά:

- Στον εκσυγχρονισμό των υφισταμένων εγκαταστάσεων (γεωτρήσεις, δεξαμενές και αντλιοστάσια), με τη διευκόλυνση του ελέγχου και της αυτοματοποίησής τους.
- Στην εγκατάσταση νέων οργάνων και συστημάτων τηλεελέγχου – τηλεχειρισμού και αυτοματοποίησης (SCADA), καθώς στον εκσυγχρονισμό των παλαιών. Η εγκατάστασή τους θα γίνει σε 30 τουλάχιστον κομβικά σημεία της πόλης, από τα οποία θα λαμβάνονται λεπτομερείς πληροφορίες για ολόκληρο το δίκτυο και την ποιότητα του παρεχόμενου νερού.
- Στην εγκατάσταση ενός συστήματος διαχείρισης των Υδάτινων Πόρων, για το σύστημα υδροδότησης.
- Στην εγκατάσταση ενός Κεντρικού Διαχειριστικού Συστήματος, για την επεξεργασία των πληροφοριών που θα λαμβάνονται απ' όλες τις εγκαταστάσεις και υποσυστήματα, τόσο τα νέα όσο και τα παλαιά.

Παράλληλα, η ΔΕΥΑΛ εφαρμόζει ήδη πρωτοποριακά επιμέρους συστήματα τηλεελέγχου – τηλεχειρισμού, τα οποία θα ενταχθούν στο γενικότερο σύστημα τηλεμετρίας και αυτοματισμών. Με αυτά παρακολουθούνται δυναμικοί παράμετροι του

δικτύου ύδρευσης, όπως στάθμες και παροχές τροφοδοσίας δεξαμενών, καταναλώσεις και πιέσεις σε διάφορα σημεία του δικτύου. Με βάση τις τιμές των παραμέτρων αυτών εξάγονται πολύτιμα συμπεράσματα για την κατανάλωση του νερού, τις βλάβες και τις απώλειες στο δίκτυο ύδρευσης της πόλης, καθώς και τις τρέχουσες και μελλοντικές απαιτήσεις της.

Επίσης, η ΔΕΥΑΛ εφαρμόζει ένα σύστημα μεταφοράς της εικόνας, σε πραγματικό χρόνο, από τις εγκαταστάσεις της, επί 24ώρου βάσης, για την ασφάλειά τους και την εξασφάλιση της δημόσιας υγείας.

Με την ολοκλήρωση της εφαρμογής και λειτουργίας του Συστήματος Τηλεμετρίας και Αυτοματισμών, η ΔΕΥΑΛ επαυξάνει τα μέτρα που εξασφαλίζουν τη σωστή και ασφαλή διαχείριση του δικτύου της, τη συνέχιση της ομαλής και ποιοτικής υδροδότησης της πόλης σε 24ωρη βάση, καθώς και την εξοικονόμηση νερού και ενέργειας.

8.7. ΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΤΗΣ ΔΕΥΑΛ

Τα εργαστήρια της ΔΕΥΑΛ είναι από τα πιο οργανωμένα, σύγχρονα και αξιόπιστα στο χώρο των ΔΕΥΑ, αλλά και τουλάχιστον ισάξια με οποιαδήποτε ανάλογα εργαστήρια στον ελλαδικό χώρο.

Άρχισαν να οργανώνονται:

- Το χημικό εργαστήριο από το 1975. Σήμερα έχει δημιουργηθεί ένα σύγχρονο Εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Νερών, που φιλοδοξεί να γίνει πρότυπο εργαστήριο στον ελλαδικό χώρο.
- Το μικροβιολογικό εργαστήριο από το 1983. Σήμερα είναι ένα πλήρες εργαστήριο για τον προσδιορισμό δεικτών μόλυνσης όπως: κολοβακτηρίδια, εντερόκοκκοι, ολικά αερόβια μικρόβια κ.α.

Η ΔΕΥΑΛ με σημαντικές χρηματοδοτήσεις από τα ΚΠΣ κατάφερε σε σύντομο χρονικό διάστημα να δημιουργήσει ένα σύγχρονο Εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Νερών, που φιλοδοξεί να το καταστήσει Πρότυπο Εργαστήριο στον Ελλαδικό χώρο.

Στα εργαστήρια εφαρμόζονται, σύγχρονοι μέθοδοι δειγματοληψίας, κωδικοποίησης και ιχνηλασιμότητας των δειγμάτων, έτσι ώστε τα αποτελέσματα των μετρήσεων να είναι αμερόληπτα και στη συνέχεια επεξεργάζονται με στατιστικές μεθόδους.

Το αξιόλογο έργο των εργαστηρίων της ΔΕΥΑΛ αναγνωρίστηκε και από την πολιτεία. Έτσι το 1992, όταν έγινε ο σχεδιασμός από το ΥΠΕΧΩΔΕ του «Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης των Επιφανειακών Νερών της Ελλάδας» τα εργαστήρια της

ΔΕΥΑΛ εντάχθηκαν από την αρχή σαν «Περιφερειακό Εργαστήριο Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας» που ήταν και τα μόνα μη κρατικά εργαστήρια. Τα εργαστήρια της ΔΕΥΑΛ έχουν ήδη πιστοποιηθεί από τον ΕΛΟΤ με το EN ISO 9002 Αρ.02.35.03/779 και του προτύπου ISO:9001 :2000 – Αρ. 02.35.03/778 και πρόσφατα με το ISO:9001:2008.

Πεδίο εφαρμογής του συστήματος είναι η πραγματοποίηση δειγματοληψιών, φυσικοχημικών και μικροβιολογικών αναλύσεων. Το εργαστήριο της ΔΕΥΑΛ αποτελεί το πρώτο πιστοποιημένο εργαστήριο σε αυτόν τον τομέα στην Ελλάδα. Πρόκειται για ένα πιστοποιητικό ποιότητας που θα καταστήσει το εργαστήριο της ΔΕΥΑΛ ένα από τα πιο αξιόπιστα στην Ευρώπη, καθώς οι αναλύσεις του θα γίνονται δεκτές σε όλες τις χώρες της ΕΕ. Η διαπίστευση του εργαστηρίου, είναι μονόδρομος καθώς οι αναλύσεις για την ποιότητα των νερών θα είναι στο μέλλον, έγκυρες μόνο εφ' όσον προέρχονται από διαπιστευμένα εργαστήρια.

Σήμερα, η ΔΕΥΑΛ με συμβάσεις ανάθεσης έργου καλύπτει με μικροβιολογικές και χημικές εξετάσεις, σε τακτά χρονικά διαστήματα πολλούς δήμους της περιοχής μας. Ο έλεγχος της ποιότητας του πόσιμου νερού, αρμοδιότητας της ΔΕΥΑΛ, είναι καθημερινός, από την πηγή μέχρι τον καταναλωτή, με τα πλέον σύγχρονα όργανα και σύμφωνα με τις ισχύουσες Υγειονομικές διατάξεις. Η ΔΕΥΑΛ εξασφαλίζει στους κατοίκους της Λάρισας και των γύρω περιοχών, που υδροδοτεί πόσιμο νερό άριστης ποιότητας, καθαρό και υγιεινό.

8.8. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

8.8.1. Εξωτερικό Υδραγωγείο

Το εξωτερικό υδραγωγείο της πόλης της Λάρισας αποτελείται από τρεις ομάδες γεωτρήσεων (Α, Β και Γ) που τροφοδοτούν υπόγειες δεξαμενές χωρητικότητας 14.000m³ οι οποίες βρίσκονται στο χώρο του Υδατόπυργου, καθώς και τις δεξαμενές Αγίας Παρασκευής, Μεζούργλου και Τερψιθέας.

Η ομάδα Α αποτελείται από πέντε γεωτρήσεις που βρίσκονται στην περιοχή Γιάννουλη, η ομάδα Β περιλαμβάνει επτά γεωτρήσεις στην περιοχή Αμπελώνα και η ομάδα Γ στην περιοχή Πλατανούλια αποτελείται από πέντε γεωτρήσεις. Η ομάδα Γ αποτελεί καινούρια ομάδα γεωτρήσεων, οι οποίες λειτουργούν από το 2000, και πριν καταλήξουν στις κεντρικές υπόγειες δεξαμενές της ΔΕΥΑΛ, καταθλίβονται στην καινούρια δεξαμενή Πλατανούλια.

Από τις υπόγειες δεξαμενές το νερό οδηγείται στο κεντρικό αντλιοστάσιο στο χώρο του Υδατόπυργου, μέσω δύο αγωγών Φ700, και στις αντλίες πλήρωσης του Υδατόπυργου. Από το κεντρικό αντλιοστάσιο το νερό μέσω του καταθλιπτικού αγωγού Φ900 οδηγείται προς τις νέες δεξαμενές Μεζούρλου και Αγίας Παρασκευής, από τις οποίες το νερό με βαρύτητα οδηγείται κατευθείαν στο εσωτερικό δίκτυο.

Το κεντρικό αντλιοστάσιο τροφοδοτεί επίσης τις δύο υπόγειες δεξαμενές που βρίσκονται στο εσωτερικό της πόλης, Ορφανοτροφείο και Νεράιδα, μέσω καταθλιπτικού αγωγού διαμέτρων Φ355 - Φ280. Ο Υδατόπυργος μπορεί να τροφοδοτεί με βαρύτητα τα boosters που βρίσκονται στον παρακείμενο χώρο, τα οποία δίνουν κατευθείαν στο δίκτυο της πόλης μέσω πέντε κύριων αγωγών.

8.8.2. Δεξαμενές

Ο κύριος αποθηκευτικός όγκος νερού της ΔΕΥΑΛ βρίσκεται στο χώρο του Υδατόπυργου στις κεντρικές υπόγειες δεξαμενές όγκου 14.000m³ και σε υψόμετρο 73m από την επιφάνεια της θάλασσας.

Πίνακας 8.1 Δεξαμενές εξωτερικού δικτύου ΔΕΥΑΛ

Όνομασία	Έτος κατασκευής	Τύπος	Όγκος m ³	Κ.Σ.Υ. m	Α.Σ.Υ. m
Υδατόπυργος	1926	1 θάλαμος	400	+ 97	+ 100
Κεντρικές Υπόγειες	-	8 θάλαμοι	14.000	+ 69	+ 72
Πλατανούλια	1999	2 θάλαμοι	5.000	+ 163,30	+ 167,80
Μεζούρλο	1995	3 θάλαμοι	8.000	+ 112,60	+ 114,60
Αγ. Παρασκευή	1995	2 θάλαμοι	5.000	+ 127,60	+ 129,60
Ορφανοτροφείο (υπόγεια)	-	2 θάλαμοι	3.600		
Νεράιδα (υπόγεια)	-	2 θάλαμοι	1.800		

Η δεξαμενή Πλατανούλια με όγκο 5.000m³, δεν λειτουργεί σήμερα ως δεξαμενή συγκέντρωσης διότι όση ποσότητα νερού έρχεται από τις γεωτρήσεις στα Πλατανούλια, η ίδια ποσότητα κατευθύνεται προς τις υπόγειες δεξαμενές στο χώρο του Υδατόπυργου. Μελλοντικά θα λειτουργεί ως δεξαμενή συγκέντρωσης.

Η δεξαμενή Μεζούρλου όγκου 8.000m³ βρίσκεται σε υψόμετρο 111m και τροφοδοτεί απευθείας την πόλη με βαρύτητα. Παρόμοια λειτουργία έχει και η δεξαμενή

Αγ. Παρασκευής, η οποία έχει χωρητικότητα 5.000m^3 και βρίσκεται σε υψόμετρο 126m. Στο εσωτερικό της πόλης υπάρχουν δύο υπόγειες δεξαμενές, η δεξαμενή Ορφανοτροφείου με όγκο 3.600m^3 και η δεξαμενή Νεράιδα με όγκο 1.800m^3 , οι οποίες με χρήση αντλιών booster μπορούν να τροφοδοτούν απευθείας το δίκτυο. Τα booster μπορούν να λειτουργούν υποβοηθητικά όταν υπάρχει πρόβλημα πίεσεων στο εσωτερικό δίκτυο.

Συνοπτικά στοιχεία των δεξαμενών παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.1.

8.8.3. Αντλιοστάσια

Το κεντρικό αντλιοστάσιο στο χώρο του Υδατόπυργου περιλαμβάνει 11 αντλίες. Οι 9 αντλίες δίνουν κάθε μία παροχή $600\text{m}^3/\text{h}$ σε μανομετρικό ύψος 85m, ισχύ 250KW και τροφοδοτούν τις δεξαμενές Μεζούρλου και Αγ. Παρασκευής.

Οι άλλες 2 αντλίες είναι εφεδρικές με παροχή $600\text{m}^3/\text{h}$ η κάθε μία και μανομετρικό ύψος 45m, οι οποίες τροφοδοτούν τις δεξαμενές Νεράιδας και Ορφανοτροφείου. Σήμερα δεν τροφοδοτείται καμία από τις δύο. Οι αντλίες πλήρωσης του Υδατόπυργου είναι 8 από τις οποίες οι 2 δίνουν παροχή $400\text{m}^3/\text{h}$, 3 από αυτές αντίστοιχα παροχές $600\text{m}^3/\text{h}$, $900\text{m}^3/\text{h}$ και $200\text{m}^3/\text{h}$. Οι υπόλοιπες 3 είναι υποβρύχιες αντλίες από τις οποίες οι δύο δίνουν παροχή 1100 και $1000\text{m}^3/\text{h}$ και η τρίτη $900\text{m}^3/\text{h}$.

8.8.4. Αγωγοί μεταφοράς

Τα στοιχεία των αγωγών μεταφοράς από τις τρεις ομάδες γεωτρήσεων προς τις κεντρικές υπόγειες δεξαμενές της ΔΕΥΑΛ συνοψίζονται στον Πίνακα 8.2:

Πίνακας 8.2 Αγωγοί μεταφοράς (γεωτρήσεις – κεντρικές υπόγειες δεξαμενές)

Τύπος	Από	Μέχρι	Μήκος m	Διάμετρος mm	Υλικό
Καταθλιπτικός	Γεωτρήσεις Γιάννουλης	Δεξαμενές ΔΕΥΑΛ	3.500	Φ600	Χάλυβας
Καταθλιπτικός	Γεωτρήσεις Αμπελώνα	Δεξαμενές ΔΕΥΑΛ	7.250	Φ600	Χάλυβας
Βαρύτητας	Γεωτρήσεις Πλατανουλίων	Δεξαμενές ΔΕΥΑΛ	400	Φ400	Χάλυβας
			780	Φ600	
			9.353	Φ800	
			6.270	Φ900	

Στο τμήμα του αγωγού μεταφοράς με διάμετρο Φ800 από γεωτρήσεις Πλατανουλίων έχει κατασκευαστεί ένας βοηθητικός αγωγός (by-pass), ο οποίος διασυνδέεται με τον

καταθλιπτικό αγωγό Φ900 που τροφοδοτεί τις δεξαμενές Αγίας Παρασκευής και Μεζούρλου. Με τη σύνδεση αυτή είναι εφικτό ο βαρυτικός αγωγός από τα Πλατανούλια να τροφοδοτεί ή μόνο τις κεντρικές δεξαμενές της ΔΕΥΑΛ ή μόνο τις δεξαμενές Αγίας Παρασκευής και Μεζούρλου.

Από το κεντρικό αντλιοστάσιο ξεκινά κοινός αγωγός Φ900, ο οποίος στη συνέχεια διακλαδίζεται σε Φ800 με κατεύθυνση τη δεξαμενή Αγίας Παρασκευής και Φ500 με κατεύθυνση τη δεξαμενή Μεζούρλου. Τα στοιχεία αυτών των αγωγών συνοψίζονται στον Πίνακα 8.3.

Πίνακας 8.3 Αγωγοί μεταφοράς (κεντρικό αντλιοστάσιο – δεξαμενές Αγ. Παρασκευής και Μεζούρλου)

Τύπος	Από	Μέχρι	Μήκος m	Διάμετρος mm	Υλικό
Καταθλιπτικός	Κεντρικό Αντλιοστάσιο	Φρεάτιο Μερισμού	3.265	Φ900	Χάλυβας
Καταθλιπτικός	Φρεάτιο Μερισμού	Δεξαμενές Αγίας	2.030	Φ800	Χάλυβας
Καταθλιπτικός	Φρεάτιο Μερισμού	Δεξαμενές Μεζούρλου	975	Φ500	Χάλυβας

Οι δεξαμενές Νεράιδας και Ορφανοτροφείου τροφοδοτούνται με κοινό καταθλιπτικό αγωγό από αμιαντοτσιμέντο Φ355, ο οποίος στη συνέχεια γίνεται Φ300 και Φ280. Ο κοινός αγωγός σε κάποιο σημείο διακλαδίζεται με κατεύθυνση τη δεξαμενή Νεράιδας. Το συνολικό μήκος του αγωγού Φ280 είναι 2.151m. Το υλικό των αγωγών είναι χάλυβας και PVC.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι σε ελάχιστους χαλύβδινους αγωγούς υπάρχει καθοδική προστασία με αποτέλεσμα να δημιουργούνται φθορές στους αγωγούς.

8.8.5. Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού

Στο υδρευτικό δίκτυο της Λάρισας γίνεται ήδη χλωρίωση στις ακόλουθες θέσεις:

- Στην ομάδα Γ γεωτρήσεων στη θέση Πλατανούλια. Γίνεται αναλογική χλωρίωση και στις πέντε γεωτρήσεις.
- Στις εισόδους από γεωτρήσεις στις δεξαμενές Πύργου. Γίνεται αναλογική χλωρίωση με έναν χλωριωτή στους τρεις αγωγούς εισόδου.
- Στην έξοδο από τη δεξαμενή της Αγίας Παρασκευής. Γίνεται συμπληρωματική

χλωρίωση στον αγωγό εξόδου προς την πόλη.

- Στην έξοδο από τη δεξαμενή Μεζούρλου. Γίνεται συμπληρωματική χλωρίωση στον αγωγό εξόδου προς την πόλη.

Για την εξακρίβωση της ποιότητας νερών γίνονται από τη ΔΕΥΑΛ κάθε μήνα δειγματοληψίες και αναλύσεις νερού από πολλά σημεία ποταμών, παραποτάμων και λιμνών. Οι αναλύσεις δειγμάτων αποσκοπούν στον καθορισμό των μεγεθών των φυσικοχημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων. Συνολικά πραγματοποιούνται περίπου 3.000 αναλύσεις φυσικοχημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων ανά έτος.

8.9. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

8.9.1. Αντλιοστάσια

Υπάρχουν 4 υποβρύχιες αντλίες στη δεξαμενή Ορφανοτροφείου από τις οποίες δεν λειτουργεί καμία. Υποβρύχιες αντλίες υπάρχουν και στη δεξαμενή Νεράιδας έχοντας υποβοηθητικά ρόλο στην τροφοδοσία του εσωτερικού δικτύου όπως και οι αντλίες του Ορφανοτροφείου. Οι αντλίες είναι Αστέρως-Τριγώνου ισχύος 75KW.

8.9.2. Εσωτερικό δίκτυο διανομής

Το δίκτυο έχει σε μεγάλο βαθμό ακολουθήσει την επέκταση της πόλης. Στο κέντρο της πόλης οι αγωγοί είναι παλαιοί από χυτοσίδηρο και αμίαντο. Οι νεότεροι αγωγοί που έχουν χρησιμοποιηθεί για να βελτιώσουν την κατάσταση του συστήματος είναι από PVC. Στις περιοχές περιμετρικά του κέντρου έχουν χρησιμοποιηθεί αγωγοί κυρίως από αμιαντοτσιμέντο. Σύμφωνα με στοιχεία της υπηρεσίας και της μελέτης «Μοντέλο δικτύου ύδρευσης της πόλης της Λάρισας» ΝΑΜΑ, 1997, η κατανομή του δικτύου ανάλογα με τη διάμετρο και υλικό δίνεται στους Πίνακες 8.4 και 8.5.

Πίνακας 8.4 Κατανομή δικτύου ανάλογα με τη διάμετρο

Διάμετρος	Μήκος m	Ποσοστό επί του συνολικού μήκους
D < Φ100	355.000	52,2 %
Φ100 < D < Φ150	108.000	15,9 %
Φ150 < D < Φ250	127.000	18,7 %
Φ250 < D < Φ355	38.000	5,6 %
D > Φ400	52.000	7,6 %
ΣΥΝΟΛΟ	680.000	100 %

Πίνακας 8.5 Κατανομή δικτύου ανάλογα με το υλικό

Υλικό	Μήκος m	Ποσοστό
Χυτοσίδηρος	72.000	10,6 %
Αμιαντοσιμέντο	176.000	25,9 %
Χάλυβας	67.000	9,8 %
PVC	365.000	53,7 %
ΣΥΝΟΛΟ	680.000	100 %

8.9.3. Λειτουργία δικτύου διανομής – ζώνες ύδρευσης

Το δίκτυο διανομής χωρίζεται ουσιαστικά σε δύο Ζώνες Ύδρευσης οι οποίες τροφοδοτούνται από συγκεκριμένη δεξαμενή. Η πρώτη Ζώνη τροφοδοτείται από τη δεξαμενή Αγίας Παρασκευής και περιλαμβάνει τις περιοχές Νεάπολη, Λιβαδάκι, Αγ. Θωμάς, Φιλιπούπολη, Αγ. Αθανάσιος, Αγ. Αχίλλειος, Αγ. Σαράντα, Αμπελόκηποι, Ιπποκράτης και Αγ. Κωνσταντίνος. Η Ζώνη αυτή περιέχει τη μεγαλύτερη κατανάλωση της πόλης διότι σε αυτήν συμπεριλαμβάνεται το κέντρο της πόλης.

Η δεύτερη Ζώνη τροφοδοτείται από τη δεξαμενή Μεζούρλου και έχει αρκετά μικρότερη κατανάλωση. Στη δεύτερη Ζώνη περιλαμβάνονται οι περιοχές Νέα Πολιτεία, Αβέρωφ, Πυροβολικά, Ανθούπολη, Χαραυγή, Αγ. Γεώργιος και Λαχανόκηποι. Ηπειρώτικα, Νεράιδα και Νέα Σμύρνη. Έχουν δημιουργηθεί Ζώνες ρύθμισης πίεσης με σκοπό τον περιορισμό των διαρροών. Η περιοχή Ιπποκράτης – Αμπελόκηποι αποτελούν μία Ζώνη με ρύθμιση πίεσης και νυχτερινής μέσω 2 ΒΡΠ. Η περιοχή του Αγίου Θωμά αποτελεί μια Ζώνη με ρύθμιση πίεσης μέσω ΒΡΠ. Η περιοχή της Νέας Σμύρνης αποτελεί μια Ζώνη με ρύθμιση πίεσης και νυχτερινής μέσω 2 ΒΡΠ και σε περιπτώσεις πτώσης πίεσης τροφοδοτείται επικουρικά και από τη Ζώνη της Αγίας Παρασκευής μέσω ΒΡΠ.

8.10. ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

Έως το 2005 δεν υπήρχε μέτρηση του παραγόμενου νερού στις γεωτρήσεις. Τα στοιχεία παραγόμενου νερού υπολογίζονταν από στοιχεία καταγραφής των ημερησίων δελτίων βάρδιας Πύργου κεντρικών υδρομέτρων Πύργου και δεξαμενής Ορφανοτροφείου, καθώς επίσης και από στοιχεία λειτουργίας αντλιών τροφοδοσίας δεξαμενών Αγίας Παρασκευής και Μεζούρλου. Τα στοιχεία αυτά δεν ήταν αξιόπιστα και επομένως ενδέχεται να παρουσιάζουν αποκλίσεις. Προσφάτως έχουν τοποθετηθεί ηλεκτρομαγνητικοί μετρητές παροχής σε όλους τους αγωγούς που συνδέουν τις κεφαλές δικτύου με τις Κεντρικές Δεξαμενές της ΔΕΥΑΛ.

8.11. ΜΕΤΡΗΣΗ ΖΩΝΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Δεν υπάρχουν μετρητές στις εισόδους όλων των ζωνών του δικτύου και επομένως δεν υφίσταται μέτρηση ζωνών. Μετρητές έχουν εγκατασταθεί στις γεωτρήσεις Πλατανουλίων, στις κύριες Δεξαμενές Αγ. Παρασκευής και Μεζούρλου και στα κεντρικά αντλιοστάσια/δεξαμενές της ΔΕΥΑΛ. Επίσης μετρητές έχουν εγκατασταθεί σε 25 ΤΣΔ (ή ΣΜΔ) στην πόλη και στις παρακάτω – παλαιότερες θέσεις:

- Υδατόπυργος: μετρητής Venturi.
- Δεξαμενή Ορφανοτροφείου διαμέτρου Φ150.
- Δεξαμενή Αγίας Παρασκευής: ηλεκτρομαγνητικός μετρητής παροχής τύπου MAGFLO του οίκου DANFOSS και από το Νοέμβριο 2000 λειτουργεί μετρητής ίδιου τύπου και στη δεξαμενή Μεζούρλου.

Σημειώνεται, ότι ο μετρητής Venturi δε λειτουργεί εφόσον σήμερα ο Υδατόπυργος δε δίνει νερό σε καμία περιοχή, παρά μόνον σε εγκαταστάσεις της ΔΕΥΑΛ.

8.12. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Η ΔΕΥΑΛ είχε εισάγει τη στρατηγική ενεργητικού ελέγχου διαρροών στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος SPRINT, το οποίο ξεκίνησε το 1993 σε συνεργασία με τη NAMA. Για τέσσερα χρόνια (1993 – 1996) η ΔΕΥΑΛ εφάρμοσε ολοκληρωμένο πρόγραμμα ελέγχου διαρροών και μοντελοποίησης του δικτύου της. Η πόλη είχε χωριστεί σε τέσσερα υπομοντέλα στα οποία λειτούργησαν 31 υποζώνες ελέγχου διαρροών σε κάθε μία από τις οποίες γινόταν συστηματική καταγραφή παροχών. Το πρόγραμμα απέφερε σημαντικό οικονομικό όφελος στη ΔΕΥΑΛ αφού επιτεύχθηκε εξοικονόμηση MTN περίπου 1.000.000m³ μέσα σε διάστημα 3 χρόνων.

Μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος και λόγω αλλαγής της τροφοδοσίας του δικτύου, καταργήθηκαν οι υποζώνες ελέγχου διαρροών και κατά συνέπεια σταμάτησε ο ενεργητικός έλεγχος διαρροών. Σήμερα, ο έλεγχος διαρροών γίνεται κυρίως μέσω της λειτουργίας 25 Τοπικών Σταθμών Διαρροών (ΤΣΔ ή ΣΜΔ) όπου καταγράφονται σε συνθήκες πραγματικού χρόνου (Real Time) η πίεση και η παροχή και ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού σε κομβικά σημεία των ζωνών ύδρευσης. Ακολουθώντας τα δεδομένα αυτά εισάγονται στο μαθηματικό μοντέλο προσομοίωσης του δικτύου (Water Cad), όπου και εκτιμάται το μέγεθος των διαρροών της πόλης. Τελικά, και μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων ενεργοποιείται ο τρόπος επέμβασης και αντιμετώπισης των διαρροών και των λοιπών βλαβών του δικτύου που δεν είναι ενεργητικός. Υπάρχουν

συνεργεία ελέγχου διαρροών τα οποία επεμβαίνουν στο δίκτυο όταν αναφερθεί βλάβη ή πτώση πίεσης ή εμφανής διαρροή (για τον ακριβή εντοπισμό), αλλά και προληπτικά. Στην περίπτωση που είναι αφανής η διαρροής η Υπηρεσία διαθέτει συσχετιστή αφανών διαρροών με γαιόφωνο και ανιχνευτή Μετάλλων όπου με την βοήθεια τους εντοπίζεται η Διαρροή τόσο στο Εξωτερικό όσο και Εσωτερικό Δίκτυο.

8.13. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ

Το σύνολο του εξωτερικού υδραγωγείου της ΔΕΥΑΛ υποστηρίζονται από διάφορες εγκαταστάσεις αυτοματισμού, με τα οποία διευκολύνεται η λειτουργία των γεωτρήσεων, δεξαμενών, αντλιών κλπ.

Βασική λειτουργία των συστημάτων που υπάρχουν είναι ο έλεγχος της στάθμης δεξαμενών, ώστε να μην λειτουργούν γεωτρήσεις οι οποίες δεν χρειάζονται. Το σύστημα προσαγωγής λυμάτων (Δίκτυο Αποχέτευσης) στην ΕΕΛ υποστηρίζονται από διάφορες εγκαταστάσεις αυτοματισμού, με τα οποία διευκολύνεται η λειτουργία των αντλιών προώθησης λυμάτων σε 15 αντλιοστάσια (συμπεριλαμβανομένων και των όμβριων).

Βασική λειτουργία των συστημάτων αυτοματισμού αποχέτευσης που υπάρχουν είναι ο έλεγχος της στάθμης φρεατίων αναρρόφησης λυμάτων ώστε να λειτουργεί η προώθηση των λυμάτων απρόσκοπτα. Το έτος 2007 εγκαταστάθηκε πλήρες σύστημα Τηλεμετρίας ΤΣ/ΤΣΕ, το οποίο παρουσιάζεται ακολούθως.

8.14. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑΣ

Το κεντρικό σύστημα τηλεμετρίας βρίσκεται στις εγκαταστάσεις της ΔΕΥΑΛ. Εκεί έχει εγκατασταθεί κεντρικός σταθμός που με ασύρματη ζεύξη ελέγχει όλους τους σταθμούς τηλεμετρίας. Οι ήδη εγκατεστημένοι ΤΣ φαίνονται στον Πίνακα 8.6.

Όλοι οι τοπικοί σταθμοί συνδέονται με τον Κεντρικό Σταθμό Ελέγχου (ΚΣΕ) διαμέσου κατάλληλου τηλεπικοινωνιακού συστήματος. Κάθε ΤΣ μπορεί να λειτουργεί σαν αυτόνομη μονάδα, παρέχοντας τοπικό έλεγχο και υψηλού επιπέδου αυτοματισμό, ανεξάρτητα από τον ΚΣΕ.

Σε κάθε ΤΣ, πέραν των κατά περίπτωση νέων οργάνων, έχει εγκατασταθεί σύστημα UPS και κάρτα διασύνδεσης οργάνων PROFIBUS. Κύριο χαρακτηριστικό των ήδη εγκατεστημένων συστημάτων, αποτελεί η ασύρματη ζεύξη μέσω Ethernet Radio modems με τον ΚΣΕ. Στον ΚΣΕ έχει αναπτυχθεί εφαρμογή SCADA με τη βοήθεια του προγράμματος WinCC v6 SP3 και WEB Navigator. Οι υφιστάμενοι σταθμοί ΤΣΔ θα ενταχθούν σε μία ενιαία φιλοσοφία κεντρικής διαχείρισης με το υπό δημοπράτηση

σύστημα σε ένα ενιαίο τεχνολογικό επίπεδο και φιλοσοφία λειτουργίας με το προς κατασκευή σύστημα.

Πίνακας 8.6 Τοπικοί Σταθμοί Ύδρευσης

A/A	ΤΣ	ΤΟΠΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΥΔΡΕΥΣΗΣ
1	ΤΣ.1	Κεντρικό αντλιοστάσιο / Δεξαμενές / Υδατόπυργος
2	ΤΣ.2	Φρεάτιο Μερισμού
3	ΤΣ.3	Δεξαμενή Αγίας Παρασκευής
4	ΤΣ.4	Δεξαμενή Μεζούρλου
5	ΤΣ.5	Δεξαμενή Νεράιδας
6	ΤΣ.6	Δεξαμενή Ορφανοτροφείου
7	ΤΣ.7	Τροφοδοσία Νίκαιας
8	ΤΣ.8	Σύστημα τροφοδοσίας Τερψιθέας
9	ΤΣ.9	Booster Τερψιθέας
10	ΤΣ.1Α	Γεώτρηση Α1 Γιάννουλης
11	ΤΣ.2Α	Γεώτρηση Α2 Γιάννουλης
12	ΤΣ.3Α	Γεώτρηση Α3 Γιάννουλης
13	ΤΣ.4Α	Γεώτρηση Α4 Γιάννουλης
14	ΤΣ.5Α	Γεώτρηση Α5 Γιάννουλης
15	ΤΣ.1Β	Γεώτρηση Β1 Αμπελώνα
16	ΤΣ.2Β	Γεώτρηση Β2 Αμπελώνα
17	ΤΣ.3Β	Γεώτρηση Β3 Αμπελώνα
18	ΤΣ.4Β	Γεώτρηση Β4 Αμπελώνα
19	ΤΣ.5Β	Γεώτρηση Β5 Αμπελώνα
20	ΤΣ.6Β	Γεώτρηση Β6 Αμπελώνα
21	ΤΣ.7Β	Γεώτρηση Β7 Αμπελώνα
22	ΤΣ.1Γ	Γεώτρηση Γ1 Πλατανουλίων
23	ΤΣ.2Γ	Γεώτρηση Γ2 Πλατανουλίων
24	ΤΣ.3Γ	Γεώτρηση Γ3 Πλατανουλίων
25	ΤΣ.4Γ	Γεώτρηση Γ4 Πλατανουλίων
26	ΤΣ.5Γ	Γεώτρηση Γ5 Πλατανουλίων
27	ΤΣ.6Γ	Δεξαμενή Πλατανουλίων

8.15. ΓΕΝΙΚΗ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑΣ

8.15.1. Φιλοσοφία λειτουργίας και διαχείρισης του συστήματος

Στο παρόν σημείο παρουσιάζεται το συνολικό σύστημα διαχείρισης Υδάτινων Πόρων της ΔΕΥΑΛ, που είναι και ο τελικός διαχειριστικός στόχος της Υπηρεσίας στα πλαίσια της πλήρους εφαρμογής των νέων τεχνολογιών.

Το πλέον πολύπλοκο από διαχειριστικής άποψης είναι το σύστημα Ύδρευσης των Εσωτερικών Δικτύων της πόλης της Λάρισας. Το σύστημα ύδρευσης της ΔΕΥΑΛ, θεωρούμενο ως σύνολο, χαρακτηρίζεται από πολλές γεωτρήσεις όπου, μέσω αγωγών (βαρυτικούς ή πιεστικούς) οδηγούν το νερό σε δεξαμενές αποθήκευσης. Αυτές οι θέσεις αποθήκευσης παρέχουν αποθέματα νερού για μεταφορά σύμφωνα με της ανάγκες, με βαρύτητα ή με άντληση, ώστε να ικανοποιήσουν αντίστοιχα τις απαιτήσεις γεώτρησης κατάντη και τελικά τους καταναλωτές.

Αυτές οι διαφορετικές θέσεις αποθήκευσης λειτουργούν σε πολύ διαφορετικές χρονικές κλίμακες. Η ανάντη αποθήκευση είναι κρίσιμη σε υπερετήσιο επίπεδο και εξαρτάται από την ένταση της ξηρασίας, ενώ, η αποθήκευση κατάντη των γεωτρήσεων είναι κρίσιμη σε επίπεδο ολίγων ωρών, εξαρτώμενη από το μέγεθος της ημερήσιας αιχμής ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια καύσωνα.

Κατά συνέπεια, υπάρχουν διακριτές περιοχές που έχουν διαφορετικές απαιτήσεις διαχείρισης και ελέγχου και οι οποίες αποσυνδέονται η μία από την άλλη από την εκτονωτική επίδραση της αποθήκευσης, αλλά παρόλα αυτά απαιτούν ολοκληρωμένη διαχείριση, με εξασφάλιση της συνέχειας μεταξύ τους, χρησιμοποιώντας προδιαγεγραμμένους τρόπους και κανόνες λειτουργίας οι οποίοι είναι απόλυτα σταθεροί για τις τρεις διακριτές περιοχές:

- Μεταφορά ύδατος και επεξεργασία ποιοτικών παραμέτρων.
- Διανομή ύδατος.
- Τιμολόγηση ύδατος.

Η όλη «Παραγωγική» διαδικασία της ΔΕΥΑΛ από τη συλλογή του νερού μέχρι την διανομή του, μετά της φυσικές διεργασίες που σχετίζονται με τους υδατικούς πόρους, ακολουθούν οι «Τεχνητές» διεργασίες που συναρτώνται με την μεταφορά νερού και την διανομή του. Η εποπτεία και ο έλεγχος αυτών των διαδικασιών, οδηγεί σε αποτελεσματική λειτουργία και ορθολογικό προγραμματισμό των αντίστοιχων υποσυστημάτων μεταφοράς, ποιοτικής επεξεργασίας και διανομής ύδατος. Το σύστημα διανομής κατευθύνεται από την διακύμανση της ημερήσιας ζήτησης.

Το σύστημα μεταφοράς και ποιοτικής επεξεργασίας για να ικανοποιεί το σύστημα διανομής με αποτελεσματικό τρόπο θα πρέπει να ρυθμίζει τις ποσότητες άντλησης υπογείων νερών, τα υδραγωγεία μεταφοράς και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού. Η ρύθμιση αυτή επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση αξιόπιστων μετρητικών συστημάτων, οι πληροφορίες των οποίων συγκεντρώνονται σε επιλεκτικά σημεία του υδροδοτικού

συστήματος, μαζί με αντίστοιχες πληροφορίες σχετικές με τη δίαιτα των υδατικών πόρων.

Για να είναι άμεσα αξιοποιήσιμες οι συλλεγόμενες πληροφορίες θα πρέπει με τη σειρά τους να εγκατασταθούν συστήματα τηλεελέγχου και τηλεχειρισμού, ώστε το εντεταλμένο προσωπικό λειτουργίας διαφόρων επιπέδων, να είναι σε θέση να δρομολογεί αποτελεσματικά και αξιόπιστα τους κατάλληλους χειρισμούς που είναι ενταγμένοι στους επί μέρους και τους γενικούς στόχους της Επιχείρησης (ασφάλεια, υδατοποιότητα, μειωμένο κόστος κλπ.).

Η δημιουργία ενός Συστήματος Κεντρικής Διαχείρισης (Central Management System – συντομογραφικά CMS) στοχεύει στη συγκέντρωση όλων των στοιχείων από τα επί μέρους κέντρα εποπτείας και στη συνολική επεξεργασία τους με σκοπό την άμεση και σφαιρική παρουσίαση των ισοζυγίων νερού, την διαχείριση του συστήματος υπό καθεστώς λειψυδρίας, την ανάλυση δεδομένων για διαχείριση των αποθεμάτων, τη χάραξη στρατηγικής, την πρόγνωση της ζήτησης, την υποστήριξη αποφάσεων και κανόνων λειτουργίας των υδατικών πόρων.

8.16. ΟΡΓΑΝΑ – ΤΗΛΕΕΛΕΓΧΟΙ/ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣΜΟΙ – ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

8.16.1. Γεωτρήσεις

Το έργο αυτό δεν αφορά τα αντλητικά συγκροτήματα γεωτρήσεων και μεταφοράς κυρίως ακατέργαστου νερού προς τα υδραγωγεία που είναι εγκατεστημένα στις εξής περιοχές άντλησης/μεταφοράς:

- Περιοχή Πλατανούλια.
- Περιοχή Αμπελώνα.
- Περιοχή Γιάννουλης.

Αφορά μόνο την προμήθεια κατάλληλου εξοπλισμού μέτρησης της παροχής στην κατάθλιψη των αντλητικών συγκροτημάτων στις περιοχές Αμπελώνα και Γιάννουλης και τις αναγκαίες εργασίες αυτοματοποίησης, ώστε τα δεδομένα που θα προκύπτουν από τις μετρήσεις αυτές να ενταχθούν ομαλά στο υφιστάμενο σύστημα SCADA.

8.16.2. Κεντρικές εγκαταστάσεις ΔΕΥΑΑ και δεξαμενές

Τα έργα αυτοματισμού και SCADA που λειτουργούν ήδη στις εγκαταστάσεις Ύδρευσης εντός των ορίων του Δήμου έχουν ως κύριο σκοπό την εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων διαχείρισης Δικτύων. Αναλυτικά τα έργα αυτά που αναπτύχθηκαν σε προηγούμενη περίοδο περιλαμβάνουν για τις επιμέρους εγκαταστάσεις:

- Όργανα και αισθητήρια μέτρησης ποσοτικών χαρακτηριστικών νερού, παροχής, πίεσης κλπ.
- Ηλεκτρολογικούς πίνακες και PLC.
- Ασύρματα δίκτυα Ethernet για τη μετάδοση των πληροφοριών.
- Κεντρικό σταθμό ελέγχου συνολικής εποπτείας της εγκατάστασης.
- Συστήματα μέτρησης στάθμης, συνδέσεις νέων και παλαιών χλωριωτών, και πληροφοριακός εξοπλισμός.
- Όργανα μέτρησης ενέργειας.
- Όργανα μέτρησης υπολειμματικού χλωρίου.
- Διασύνδεση των ως άνω οργάνων σε υπερκείμενο SCADA.
- Συστήματα ασφάλειας δεξαμενών με χρήση εξωτερικού κυκλώματος με κάμερες και αποστολή των δεδομένων μέσω του ασύρματου (Ethernet) δικτύου των τοπικών σταθμών.

8.16.3. Μετρητικά συστήματα και εσωτερικό δίκτυο

Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει το σύνολο των μετρητικών διατάξεων που προμηθεύεται η ΔΕΥΑΑ στα πλαίσια της Τηλεμετρίας για όλα τα υποσυστήματα υδροδότησης. Εδώ περιλαμβάνεται το σύνολο των μετρητικών διατάξεων, κυρίως παροχόμετρα, που τοποθετούνται σε επιλεγμένα σημεία των υδραγωγείων. Οι εν λόγω συσκευές θα διασυνδεθούν με τους πλησιέστερους Τοπικούς Σταθμούς ούτως ώστε να είναι δυνατός ο τηλεέλεγχος από τα Κέντρα Ελέγχου.

Το σύστημα αυτό έχει δύο συνιστώσες:

- Τα όργανα συλλογής των δεδομένων (πχ πίεση, παροχή κλπ).
- Το σύστημα συλλογής και αποθήκευσης δεδομένων στο ΚΣΕ.
- Το σύστημα συμβατικών μετρήσεων που αφορούν κυρίως πληροφορίες σχετικές με μετρήσεις παροχών.

Οι σταθμοί θα τοποθετηθούν σε σημεία υδρολογικού ενδιαφέροντος και θα αποτελούνται από συστήματα μέτρησης πίεσης, παροχής.

8.16.4. Δίκτυο ελέγχου διαρροών

Το σύνολο των υπό προμήθεια ΣΜΔ θα εγκατασταθεί εντός των ορίων της πόλης με στόχο την ποσοτική καταγραφή του ποσοστού των Διαρροών ανά περιοχή/ζώνη ύδρευσης της πόλης. Οι αναγκαίες εργασίες αυτοματοποίησης του συμβατικού εξοπλισμού αφορά την προμήθεια του εξοπλισμού και λογισμικού Διαρροών. Συγκεκριμένα το υπο έργο αυτό

αποτελείται από:

- Εξοπλισμό Τοπικού Αυτοματισμού μέσω διατάξεων τύπου PLC.
- Όργανα μέτρησης Παροχής, Πίεσης.
- Διασύνδεση των PLC μέσω ασύρματης ζεύξης με το Κέντρο Ελέγχου.
- Εγκατάσταση στο Κέντρο Ελέγχου Λειτουργίας και εποπτείας των εγκαταστάσεων αυτών και διασύνδεση τους με το υπόλοιπο σύστημα μέτρησης Διαρροών Εξωτερικού Υδραγωγείου και Εσωτερικών δικτύων διανομής.

8.17. ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Η συγκέντρωση των πληροφοριών από το κέντρο ελέγχου και η συνολική επεξεργασία τους σε συνδυασμό με μελλοντικές εφαρμογές που θα εγκατασταθούν όπως το σύστημα διαχείρισης Υδατικών Πόρων και το GIS θα οδηγήσει, μέσω κατάλληλου λογισμικού, καταρχήν στην άμεση σφαιρική παρουσίαση των αποθεμάτων, της κατανάλωσης, του ισοζυγίου νερού και στην στατιστική επεξεργασία. Μεσοπρόθεσμα θα μπορέσει να υλοποιηθεί η προμήθεια κατάλληλου λογισμικού, μέσα από την αποκτηθείσα εμπειρία στην κατάσταση καθημερινού πλάνου βέλτιστης λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος που ελέγχει η ΔΕΥΑΛ.

8.17.1. Γενική δομή κεντρικού συστήματος και θέσεων

Ο στόχος της ΔΕΥΑΛ είναι η συγκέντρωση των πληροφοριών από το κέντρο ελέγχου και η συνολική επεξεργασία τους σε συνδυασμό με το σύστημα διαχείρισης Υδατικών Πόρων και το GIS που θα οδηγήσει, μέσω κατάλληλου λογισμικού, καταρχήν στην άμεση σφαιρική παρουσίαση των αποθεμάτων, της κατανάλωσης, του ισοζυγίου νερού και στην στατιστική επεξεργασία. Με το κατάλληλο λογισμικό που έχει η Υπηρεσία, αλλά και μέσα από την αποκτηθείσα εμπειρία στην κατάσταση καθημερινού πλάνου βέλτιστης λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος που ελέγχει η ΔΕΥΑΛ θα εντοπισθούν οι περιοχές εκείνες που εμφανίζουν υψηλό ποσοστό διαρροών.

8.17.2. Γενική δομή συστήματος υποδοχής και παρουσίασης πληροφοριών

- Απευθείας σύνδεση με τις Γεωτρήσεις.
- Απευθείας σύνδεση με τις Δεξαμενές.
- Απευθείας σύνδεση με τους Η/Υ Μαθηματικής προσομοίωσης του Προγνωστικού Συστήματος Διαχείρισης Υδατικών Πόρων και άλλων εξειδικευμένων Λογισμικών (πχ έλεγχοι διαρροών κλπ).
- Απευθείας σύνδεση με το Σύστημα Ηλεκτρονικής Αποτύπωσης και Διαχείρισης

GIS.

- Σύστημα Στατιστικής Επεξεργασίας.
- Σύστημα Τεκμηρίωσης. Τα συστήματα τεκμηρίωσης θα περιέχουν τόσο τα εγχειρίδια πληροφορικής και την τεκμηρίωση του ΚΣΕ, όσο και την αποτύπωση του PLC κάθε τοπικού σταθμού με πλήθος και θέση καρτών, συνδεσμολογία, ηλεκτρολογικά σχέδια πινάκων κλπ. Για την διασύνδεση των πληροφορικών συστημάτων θα χρησιμοποιηθούν Ethernet Radio modem, ούτως ώστε να δημιουργηθεί κατά τον τρόπο αυτό το Ψηφιακό Δίκτυο Δεδομένων της ΔΕΥΑΛ. Μέσω αυτής της σχεδίασης επιτυγχάνεται ο σκοπός της δημιουργίας ενός δικτύου (backbone), ούτως ώστε σε αυτό να δύναται να συνδεθεί οποιοδήποτε κτίριο της ΔΕΥΑΛ.

8.18. ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑΣ

Το Σύστημα διακρίνεται στα παρακάτω Υποσυστήματα:

- Κεντρικό Σταθμό Ελέγχου (ΚΣΕ) που θα τοποθετηθεί σε κτήριο ΔΕΥΑΛ στο κέντρο πόλης και απ' όπου θα εκτελείται ο τηλεέλεγχος και ο τηλεχειρισμός του δικτύου ύδρευσης. Ο ΚΣΕ αποτελείται από το απαραίτητο υλικό και λογισμικό για τη συγκέντρωση πληροφοριών, τηλεέλεγχο – τηλεχειρισμό και διαχείριση του συστήματος και από το σύστημα αδιάλειπτης λειτουργίας UPS.
- Περιφερειακό Σταθμό Ελέγχου (ΠΣΕ) που θα τοποθετηθεί σε κτήρια ΔΕΥΑΛ στην ΕΕΛ Λάρισας και απ' όπου θα εκτελείται ο τηλεέλεγχος και ο τηλεχειρισμός του δικτύου ύδρευσης. Ο ΠΣΕ αποτελείται από το απαραίτητο υλικό και λογισμικό για τη συγκέντρωση πληροφοριών, τηλεέλεγχο – τηλεχειρισμό και διαχείριση του συστήματος, σύστημα αδιάλειπτης λειτουργίας UPS.

Η χωροθέτηση μόνιμης Θέσης Εργασίας στην ΕΕΛ Λάρισας, για την παρακολούθηση του υποσυστήματος Τήλε – επίβλεψης του Δικτύου Ελέγχου Διαρροών στο Εσωτερικό Δίκτυο, είναι σημαντική για την Τεχνική Υπηρεσία για ακόλουθους κυρίως λόγους:

- Στα πλαίσια αναδιοργάνωσης καθημερινής λειτουργίας Υπηρεσίας προβλέπεται κατά το χρονικό διάστημα 15:00 – 07:00 να εγκατασταθεί μία βάρδια προσωπικού στην ΕΕΛ Λάρισας με αντικείμενο την ταυτόχρονη συνολική λειτουργία και των τριών δικτύων πόλης ήτοι: εξωτερικό υδραγωγείο (αντλιοστάσια, γεωτρήσεις, δεξαμενές), εσωτερικό δίκτυο (σταθμοί διαρροών),

δίκτυο λυμάτων/όμβριων. Σημειωτέον, ότι σήμερα κατά εργάσιμες ώρες 7:00 – 15:00 λειτουργούν δύο βάρδιες στην ΕΕΛ και στα Κεντρικά Γραφεία πολλές ΔΕΥΑ Λάρισας για τα Δίκτυα εξωτερικού υδραγωγείου και λυμάτων/όμβριων.

- Φορητός Σταθμός Ελέγχου (ΦΣΕ) που θα είναι φορητός υπολογιστής βιομηχανικού τύπου, όπου μέσω δικτυακής διασύνδεσης στο δίκτυο πόλης ΔΕΥΑΛ θα εκτελούνται παράλληλα με τον ΚΣΕ οι προβλεπόμενες λειτουργίες του συστήματος του λογισμικού SCADA. Παράλληλα, ο ΦΣΕ θα είναι εφοδιασμένος με το κατάλληλο S/W για προγραμματισμού και διαγνωστικό έλεγχο των τοπικών σταθμών.
- Τοπικοί σταθμοί που θα τοποθετηθούν σε θέσεις ελέγχου για το δίκτυο ύδρευσης και απ' όπου θα παρέχεται τοπικός έλεγχος, και τηλεχειρισμός. Αφορά ακόλουθες κατηγορίες σταθμών: εξωτερικό υδραγωγείο και εσωτερικό υδραγωγείο. Όλοι οι σταθμοί αποτελούνται από: το απαραίτητο ηλεκτρονικό υλικό (PLC) εγκατεστημένο και καλωδιωμένο με όλα τα απαραίτητα μικροϋλικά σε πίνακα αυτοματισμού, λογισμικό, διάταξη επικοινωνιών, με αντικεραυνική προστασία, δίκτυα καλωδιώσεων και σωληνώσεων προστασίας για την σύνδεση με υφισταμένους πίνακες και όργανα και μεταξύ των διαφόρων μερών του συστήματος, αισθητήρια όργανα (μετρητές, πιεσόμετρα, κλπ) που είτε αντικαθιστούν τον υπάρχοντα εξοπλισμό μη δυνάμενο να συνδεθεί με ηλεκτρονικές διατάξεις αυτοματισμού είτε τοποθετούνται εξαρχής.
- Δίκτυο επικοινωνιών για την τηλεπικοινωνία του ΚΣΕ με ΠΣΕ, ΣΜΔ, που αποτελείται από το απαραίτητο υλικό και λογισμικό επικοινωνίας. Το σύστημα γενικά θα λειτουργεί ως εξής: Δεδομένα από τοπικούς σταθμούς (γεώτρηση, αντλιοστάσιο, δεξαμενές) συλλέγονται συνεχώς στον ΚΣΕ χρησιμοποιώντας το σύστημα τηλεπικοινωνίας, ασύρματης ζεύξης. Ο ΚΣΕ θα ειδοποιεί χειριστές για συνθήκες χαμηλής ή υψηλής στάθμης των δεξαμενών, δυσλειτουργίες εξοπλισμού κλπ με μηνύματα συναγερμού (alarm) γραφικές οθόνες και εκτυπωτές. Οι Τοπικοί Σταθμοί θα εκτελούν κάθε ενέργεια (ξεκίνημα/κλείσιμο αντλίας, ρύθμιση παροχής κλπ) και πληροφορούν τον ΚΣΕ, ο οποίος θα εκτελέσει επιπλέον ενέργειες στην περίπτωση επείγουσας ανάγκης. Στην περίπτωση απώλειας επικοινωνίας ανάμεσα στον ΚΣΕ και έναν τοπικό σταθμό ή βλάβης του ΚΣΕ, οι διαδικασίες αυτοματισμού θα εκτελεστούν από κάθε τοπικό σταθμό. Τα δεδομένα λειτουργίας που έχουν συλλεχθεί από τον ΚΣΕ,

ενσωματώνονται στη βάση δεδομένων και θα είναι διαθέσιμα στα προγράμματα εφαρμογής για επιπλέον επεξεργασία. Από το κεντρικό σημείο (Server του ΚΣΕ ή ΠΣΕ/ΦΣΕ) οι χειριστές του συστήματος θα αναγνωρίζονται με ειδικούς κωδικούς και θα είναι σε θέση να πραγματοποιούν ενέργειες που πρέπει να γίνουν στο σύστημα, ενεργώντας σε μηχανήματα, αντιδρώντας μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα σε περίπτωση επείγουσας ανάγκης. Παράλληλα, οι χειριστές του συστήματος έχουν στη διάθεσή τους στοιχεία στατιστικών δεδομένων του δικτύου, για παραμέτρους του (παροχές, καταναλώσεις, κλπ) για κάθε σημείο του δικτύου που συνδέεται με το σύστημα τηλεελέγχου – τηλεχειρισμού.

8.19. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΠΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ

8.19.1. Τοπολογία

Στο εσωτερικό υδραγωγείο (δίκτυο διανομής) έχουν ήδη εγκατασταθεί 25 ΤΣΔ, όπου καταγράφουν, εκτός άλλων, υδραυλικές παραμέτρους (πίεση, παροχή ONLINE). Στο νέο έργο προτείνεται η πυκνωση των σημείων μέτρησης από 25 σε 60. Η επιλογή των θέσεων έγινε με βάση τα ακόλουθα κριτήρια:

- Παρακολούθηση κεντρικών κλάδων, κόμβων μεγάλων τροφοδοτικών αγωγών.
- Παρακολούθηση σημείων πίεσης με μεγάλες διακυμάνσεις.
- Παρακολούθηση κεντρικών καταναλώσεων Περιοχών – Ζωνών ύδρευσης.
- Παρακολούθηση αγωγών με υψηλή ταχύτητα ροής ύδατος.

Ο αριθμός των θέσεων (συνολικά 60 θέσεις: 25 υφιστάμενες και 35 νέες) είναι οι ελάχιστες απαραίτητες για την συστηματική παρακολούθηση του δικτύου ύδρευσης και τη βαθμονόμηση του μαθηματικού μοντέλου, με δεδομένο:

- Τη μορφολογία του εδάφους (το δίκτυο εκτείνεται πολύ σε περιοχές με μικρές υψομετρικές διαφορές).
- Την αναλογία σημείων παρακολούθησης (ΤΣΔ) με τον αριθμό υδρομέτρων (δίνει αναλογία περίπου 1/1000) όπου με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία είναι εύλογη κατ' αρχάς πυκνότητα παρακολούθησης διαρροών.

Το συνολικό σύστημα τηλεελέγχου και τηλεχειρισμού αποτελείται από τους ΣΕΔ και τους απομακρυσμένους τοπικούς σταθμούς ΤΣ, οι οποίοι χωρίζονται σε τρεις κύριες ομάδες:

- Τοπικοί Σταθμοί δικτύου ύδρευσης Εξωτερικού Υδραγωγείου. Οι τοπικοί σταθμοί του δικτύου ύδρευσης του εξωτερικού υδραγωγείου είναι

εγκατεστημένοι σε γεωτρήσεις στις περιοχές Γιάννουλη και Αμπελώνα στην ευρύτερη περιοχή της Λάρισας. Όλοι οι τοπικοί σταθμοί είναι ήδη συνδεδεμένοι με τον Κεντρικό Σταθμό Ελέγχου (ΚΣΕ) διαμέσου ασύρματου δικτύου Ethernet. Κάθε ΤΣ μπορεί να λειτουργεί σαν αυτόνομη μονάδα, παρέχοντας τοπικό έλεγχο και υψηλού επιπέδου αυτοματισμό, ανεξάρτητα από τον ΚΣΕ. Στα πλαίσια της παρούσης προμήθειας θα εγκατασταθούν στην κατάθλιψη κάθε μίας γεώτρησης κατάλληλα όργανα μέτρησης της στιγμιαίας και συνολικής παροχής. Οι μετρήσεις από τα όργανα αυτά θα συγκεντρώνονται από το εγκατεστημένο και σε λειτουργία PLC και θα αποστέλλονται στον ΚΣΕ για αποθήκευση στη βάση δεδομένων του υπάρχοντος SCADA και για απεικόνιση στις οθόνες και τα γραφήματα του αντίστοιχου σταθμού.

- Υφιστάμενοι Τοπικοί Σταθμοί Διαρροών Εσωτερικού Δικτύου: Όλοι οι τοπικοί σταθμοί είναι ήδη συνδεδεμένοι με τον Κεντρικό Σταθμό Ελέγχου (ΚΣΕ) διαμέσου τηλεφωνικού δικτύου dial up εκτός από τον ΤΣΔ23 ο οποίος είναι συνδεδεμένος μέσω ασύρματου δικτύου Ethernet. Κάθε ΤΣ μπορεί να λειτουργεί σαν αυτόνομη μονάδα, παρέχοντας τοπικό έλεγχο και υψηλού επιπέδου αυτοματισμό, ανεξάρτητα από τον ΚΣΕ. Στα πλαίσια της παρούσης προμήθειας θα εγκατασταθεί κατάλληλος εξοπλισμός για να υπάρχει στο εξής η δυνατότητα για data logging στους πρώτους έξι ΤΣΔ μέσω GSM δικτύου κινητής τηλεφωνίας και υπηρεσιών GPRS. Τα δεδομένα όλων των σταθμών θα συγκεντρώνονται από τα εγκατεστημένα και σε λειτουργία PLC και θα αποστέλλονται στον ΚΣΕ για αποθήκευση στη βάση δεδομένων του υπάρχοντος SCADA και για απεικόνιση στις οθόνες και τα γραφήματα του αντίστοιχου σταθμού.
- Νέοι Τοπικοί Σταθμοί Διαρροών Εσωτερικού Δικτύου: Για την εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου συστήματος ελέγχου διαρροών του δικτύου ύδρευσης της πόλης κρίνεται αναγκαία η εγκατάσταση 35 νέων τοπικών σταθμών διαρροών.

8.19.2. Λειτουργίες ενός Τοπικού Σταθμού

Κάθε ένας από τους τοπικούς σταθμούς, είτε είναι υφιστάμενος είτε νέος ΤΣΔ, πρέπει να εκτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Συλλογή πληροφοριών: Οι συλλεγόμενες πληροφορίες προέρχονται από το διασυνδεδεμένο εξοπλισμό, δηλαδή τα όργανα μέτρησης (ροόμετρα, πιεσόμετρα κλπ), τις δικλείδες και λοιπό βοηθητικό εξοπλισμό. Τα δεδομένα αυτά αποτελούν ψηφιακά ή αναλογικά σήματα στις αντίστοιχες κάρτες εισόδων του PLC. Η CPU

του PLC αναλαμβάνει την εξέταση των σημάτων αυτών, τη σύγκρισή τους με ενδεχόμενα ανώτατα ή κατώτατα όρια και την επεξεργασία τους βάσει του προγράμματος που θα αναπτυχθεί. Τα αποτελέσματα του προγράμματος, αλλά και οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν μπορούν να απεικονιστούν τοπικά ή και στον ΚΣΕ και να αποτελέσουν εξόδους – εντολές προς λοιπό εξοπλισμό.

- Διαχείριση επικοινωνιών: Ο τοπικός σταθμός είναι υπεύθυνος και για τη διαχείριση των επικοινωνιών. Το PLC αναλαμβάνει την προώθηση προς το radio modem (Ethernet 2,4 GHz ή GPRS) της συλλεγόμενης και επεξεργασμένης πληροφορίας ταξινομημένης σε κατάλληλα block, για περαιτέρω προώθηση προς τους ΣΕΔ. Σημαντική και αναγκαία θεωρείται η ικανότητα των τοπικών σταθμών να μπορούν να αποθηκεύουν τα συλλεγόμενα δεδομένα από τα όργανα μέτρησης για μία περίοδο 7 ημερών σε περίπτωση βλάβης επικοινωνίας με τον ΚΣΕ. Όταν επανέλθουν οι επικοινωνίες ο ΤΣΔ θα μπορεί να αποστέλλει σωστά χρονολογημένα τα δεδομένα αυτά για ένταξη στη βάση δεδομένων του SCADA και απεικόνιση.
- Τηλεχειρισμοί: Ο τοπικός σταθμός θα μπορεί να δέχεται εντολές χειρισμού από υψηλότερους από αυτόν σε ιεραρχία σταθμούς, όπως ο ΚΣΕ. Οι εντολές αυτές έχουν να κάνουν με το χειρισμό των δικλιδών σύμφωνα με τη θέση του κεντρικού επιλογικού διακόπτη του πίνακα αυτοματισμού και τη διαδικασία που περιγράφεται παρακάτω.
- Τοπική λειτουργία: Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο τοπικός σταθμός έχει τη δυνατότητα να χειρίζεται το διασυνδεδεμένο εξοπλισμό βάσει του προγράμματος που θα αναπτυχθεί, καθώς και να αποκλείει τον απομακρυσμένο χειρισμό από ΣΕΔ ή και να επιλέγει τη χειροκίνητη λειτουργία. Οι τοπικές λειτουργίες υποστηρίζονται από τους επιλογικούς διακόπτες.
- Υποστήριξη τροφοδοσίας: Ο τοπικός σταθμός θα μπορεί να υποστηρίζει την τροφοδοσία του εξοπλισμού του και κυρίως του PLC και του modem ακόμα σε περίπτωση απώλειας τάσης ΔΕΗ και για ορισμένο χρονικό διάστημα.

8.19.3. Τρόποι λειτουργίας Τοπικού Σταθμού

Ο κάθε ΤΣ θα έχει τον πλήρη έλεγχο της αυτόματης ή χειροκίνητης λειτουργίας των τοπικών εγκαταστάσεών του, ακόμη και στην περίπτωση που οι εντολές προέρχονται από κάποιον ΣΕΔ. Ο χειρισμός των εγκαταστάσεων του ΤΣ θα γίνεται από δύο επίπεδα, τοπικό και κεντρικό επίπεδο, με απόλυτη προτεραιότητα χειρισμού αυτήν του τοπικού επιπέδου,

για λόγους αυτονομίας, ασφαλείας και συντήρησης. Η επιλογή του επιπέδου χειρισμού θα γίνεται μέσω ενός διακόπτη τριών θέσεων (remote-off-local) , ο οποίος βρίσκεται επί του πίνακα αυτοματισμού του κάθε ΤΣ.

Θέση remote: Ο ΤΣ λειτουργεί βάσει του προγράμματος εφαρμογής που έχει αναπτυχθεί και των εντολών χειρισμού που δέχεται από τον ΣΕΔ.

Θέση local: Ο ΤΣ λειτουργεί βάσει του προγράμματος εφαρμογής που έχει αναπτυχθεί και των εντολών χειρισμού που δίνονται τοπικά. Έτσι, μπορεί κάποιος να χειριστεί τις δικλίδες τοπικά, μέσω των μπουτόν χειρισμού. Όταν ο διακόπτης βρίσκεται σε αυτή τη θέση δεν μπορεί να δοθεί σχετική εντολή από τον ΣΕΔ.

Θέση off: Ο ΤΣ τίθεται εκτός λειτουργίας και δεν εκτελούνται λειτουργίες αυτοματισμού. Μπορεί κάποιος να χειριστεί χειροκίνητα τις αντλίες και τις δικλίδες.

8.20. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΠΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ

Οι λειτουργικές απαιτήσεις από τους ΤΣ ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Συνεχής συλλογή πληροφοριών από τα αισθητήρια όργανα και τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό της εγκατάστασης.
- Μετάδοση των συλλεγόμενων αυτών πληροφοριών στους σταθμούς ελέγχου και διαχείρισης (Τηλέλεγχος).
- Αποδοχή και εκτέλεση εντολών από τους σταθμούς ελέγχου και διαχείρισης (Τηλεχειρισμοί).
- Αυτόνομη λειτουργία της εγκατάστασης.
- Αυτόματος έλεγχος Hardware – Software.

8.21. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΠΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

Το Λογισμικό Εφαρμογής που θα αναπτυχθεί σε κάθε τοπικό σταθμό πρέπει να εξυπηρετεί τις βασικές λειτουργικές απαιτήσεις που περιγράφηκαν πιο πάνω και να αξιοποιεί στο μέγιστο βαθμό τις δυνατότητες του διασυνδεδεμένου εξοπλισμού. Για το λόγο αυτό το πρόγραμμα πρέπει να αναπτυχθεί σε λογισμικό πλήρως συμβατό με το PLC και να διαθέτει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Θα επεξεργάζεται σε πραγματικό χρόνο τα δεδομένα και τις μετρήσεις.
- Θα υποστηρίζει το δομημένο προγραμματισμό και την κατασκευή ρουτινών με ολοκληρωμένες λειτουργίες που επαναλαμβάνονται. Η χρήση των ρουτινών δεν θα απαιτεί καμία ρύθμιση ή επέμβαση σε κατασκευαστικό μέρος του PLC ή χειρισμό διακοπών.

- Θα είναι ενιαίο κατά το δυνατό για κάθε τύπο PLC.
- Όποιες μεταβλητές μπορούν να παραμετροποιηθούν, αυτό θα μπορεί να γίνει είτε από τον ΣΕΔ με download, είτε τοπικά με τη χρήση της οθόνης χειρισμών, είτε ακόμα και με φορητό βιομηχανικό προγραμματιστή. Αν γίνει τοπικά, τότε μέσω των επικοινωνιακών διατάξεων θα ενημερώνεται το υπερκείμενο SCADA (upload).
- Το πρόγραμμα και τα αρχεία παραμετρικών τιμών πρέπει να διαφυλάσσονται, ώστε να είναι διαθέσιμα σε περίπτωση επανεκκίνησης ή απώλειας της τροφοδοσίας ΔΕΗ, χωρίς να απαιτείται επαναφόρτιση ή επανεισαγωγή τιμών.
- Η προσθήκη ψηφιακών ή αναλογικών εισόδων, μνήμης RAM, ή άλλων στοιχείων Hardware πρέπει να αναγνωρίζεται αυτόματα και να ενεργοποιείται μέσω της διαδικασίας ενημέρωσης.
- Ο προγραμματισμός των PLC πρέπει να παρέχει την απαιτούμενη ευελιξία και πληρότητα ώστε να εξασφαλίζεται τόσο η παραμετρικότητα των σταθερών τιμών μέσω αρχείων, όσο και η δημιουργία σύνθετων προγραμμάτων τα οποία θα δίνουν την δυνατότητα στο PLC και σε περίπτωση απώλειας της επικοινωνίας με τον ΚΣΕ να καλύπτει τις δυνατές λειτουργικές απαιτήσεις και κατά περίπτωση να επιλέγει και να εκτελεί διαφορετικά, προκαθορισμένα υποπρογράμματα λειτουργίας (αυτόνομη λειτουργία).
- Για τη διαχείριση των επικοινωνιών μεταξύ του PLC και του modem δεν θα απαιτείται ανάπτυξη κώδικα προγράμματος.

Τέλος, το πρόγραμμα θα αναπτυχθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι εύκολος ο χειρισμός από προσωπικό μη εξειδικευμένο στην πληροφορική όσον αφορά τη διαδικασία προσαρμογής, φόρτισης και ενημέρωσης του προγράμματος.

8.22. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Για να μπορέσει να εκτελέσει τις προαναφερθείσες λειτουργίες θα πρέπει να φέρει τον ακόλουθο εξοπλισμό:

- Μεταλλικό κιβώτιο pillar.
- Πίνακα αυτοματισμού όπως περιγράφεται στις προδιαγραφές.
- Προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή PLC.
- Ethernet radio modem 2,4 GHz ή GPRS modem-router.
- Όργανα μέτρησης ροής (ηλεκτρομαγνητικά ή υπερήχων clamp-on).

- Όργανα μέτρησης πίεσης με τοπική ένδειξη τιμής.
- Ενδεικτικές λυχνίες και επιλογικούς διακόπτες.
- Τροφοδοτικό αδιάλειπτης παροχής ισχύος UPS.
- Αντικεραυνική προστασία.
- Καλωδιώσεις με την απαραίτητη θωράκιση, όπου απαιτείται.

Ο εξοπλισμός αυτός θα πρέπει να συνδεθεί και να παραμετροποιηθεί λαμβάνοντας υπόψη τους κανόνες της τέχνης και της τεχνικής, τους κανονισμούς συμμόρφωσης με τα διάφορα πρότυπα και φυσικά τις οδηγίες του κατασκευαστή.

8.23. ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το τηλεπικοινωνιακό σύστημα πρέπει να υλοποιηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζει μέγιστη αξιοπιστία ανταλλαγής πληροφοριών ανάμεσα στους Τοπικούς Σταθμούς Διαρροών του δικτύου Ύδρευσης, του Φορητού Σταθμού Ελέγχου, του Περιφερειακού Σταθμού Ελέγχου με τον Κεντρικό Σταθμό Ελέγχου στο κτήριο της ΔΕΥΑΛ. Το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο βασίζεται σε ασύρματη επικοινωνία με Ethernet πρωτόκολλο (σε ραδιοζεύξεις στην περιοχή συχνοτήτων των 2,4 GHz) και σε επικοινωνίες με χρήση δικτύων κινητής τηλεφωνίας GSM και των υπηρεσιών GPRS και EGPRS.

Η συλλογή των πληροφοριών από τους τοπικούς σταθμούς θα γίνεται με έτοιμους drivers ενσωματωμένους στο SCADA είτε πρόκειται για επικοινωνία μέσω ασύρματου Ethernet είτε για επικοινωνία μέσω GPRS. Δεν επιτρέπεται η επικοινωνία να γίνεται με εξειδικευμένο (custom made) λογισμικό που θα γραφτεί ειδικά για την εφαρμογή.

8.24. ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Ο Κεντρικός Σταθμός Ελέγχου (ΚΣΕ) είναι ο υψηλότερος στην ιεραρχία του συνολικού συστήματος τηλεέλεγχου, τηλεχειρισμού και συλλογής δεδομένων και η βασική του λειτουργία είναι η πλήρης διαχείριση του συστήματος, τόσο από την άποψη εξασφάλισης ομαλής και συνεχούς ροής πληροφοριών από και προς τους τοπικούς σταθμούς διαρροών, όσο και προς τον περιφερειακό σταθμό.

Επίσης, αναλαμβάνει την υποστήριξη όλων των απαιτούμενων λειτουργιών σε επίπεδο εφαρμογών και γι' αυτό πρέπει να βασίζεται σε τεχνολογίες αιχμής, οι οποίες έχουν πολλαπλά εφαρμοστεί και ελεγχθεί για την ασφάλεια, την αξιοπιστία και την ακεραιότητά τους σε παρόμοια έργα. Ο ΚΣΕ θα τοποθετηθεί στα γραφεία του κτιρίου διοίκησης της ΔΕΥΑΛ, όπου υπάρχει ήδη αναπτυγμένη η υποδομή από προηγούμενο έργο, την οποία υποδομή πρέπει ο ανάδοχος να αξιοποιήσει στο έπακρο. Από εκεί οι

χρήστες του ΚΣΕ θα μπορούν να ελέγχουν και να τηλεχειρίζονται όλους τους τοπικούς σταθμούς του δικτύου ύδρευσης Λάρισας. Τα κύρια χαρακτηριστικά και οι απαιτήσεις του ΚΣΕ συνοψίζονται ακολούθως:

- Να είναι ευέλικτο και εύκολα επεκτάσιμο σύστημα, το οποίο θα βασίζεται στο πρότυπο αρχιτεκτονικής ανοικτών συστημάτων (OSI) και διεθνών προτύπων επικοινωνίας.
- Να συνεργάζεται εύκολα με το ήδη αναπτυγμένο SCADA.
- Να διαθέτει υψηλή διαθεσιμότητα της τάξης άνω του 99% του ολικού χρόνου λειτουργίας.
- Να μπορεί να λειτουργήσει σε 24ωρη βάση αδιάλειπτα με παροχή υψηλής αξιοπιστίας στις συνήθεις συνθήκες γραφείου.
- Να μπορεί να ανταποκριθεί σωστά διατηρώντας πλήρη λειτουργικότητα σε συνθήκες πλήρους φόρτισης.
- Να στηρίζει τη λειτουργία του σε διεθνώς αναγνωρισμένα συστήματα SCADA, που έχουν λειτουργήσει επιτυχώς σε παρόμοια έργα στην Ελλάδα.
- Να μπορεί να επικοινωνήσει εύκολα με άλλα συστήματα και δίκτυα για την ενσωμάτωση μελλοντικών εφαρμογών.

8.25. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Η αρχιτεκτονική του ΚΣΕ πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να προσδίδει στον ΚΣΕ τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά για να εκπληρώνει στο μέγιστο βαθμό τις απαιτήσεις, που περιγράφηκαν πιο πάνω. Ο ΚΣΕ θα στηρίζει τη λειτουργία του στο υφιστάμενο επικοινωνιακό PLC, που αναλαμβάνει τη διαχείριση των επικοινωνιών με τους υπόλοιπους σταθμούς του συστήματος, στο τοπικό δίκτυο Ethernet (LAN) και στο δίκτυο Ethernet ευρείας παροχής (WAN), που θα αναπτυχθούν για να διασυνδέουν τους servers με τις θέσεις εργασίας clients του συστήματος και να υποστηρίζουν τη σωστή λειτουργία των υποσυστημάτων, που μέσω των κατάλληλων λογισμικών θα διασφαλίζουν την αποτελεσματική διαχείριση της πληροφορίας. Η διασύνδεση του ΚΣΕ με τον ΠΣΕ επιτυγχάνεται μέσω Web και κατάλληλων γραμμών DSL υψηλών ταχυτήτων. Έτσι, θα υπάρχει η δυνατότητα μέσω των υπολογιστών – θέσεων εργασίας, που ουσιαστικά θα αποτελούν client των servers που είναι εγκατεστημένοι στον ΠΣΕ, ο χρήστης να ανοίξει την εφαρμογή SCADA. Θα μπορεί με αυτό τον τρόπο να εποπτεύσει το συνολικό δίκτυο ύδρευσης και να προβεί σε απαραίτητους χειρισμούς ή παραμετροποίηση.

8.26. ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Ο Περιφερειακός Σταθμός Ελέγχου είναι ο αμέσως επόμενος, μετά τον ΚΣΕ, σε ιεραρχία και θα βρίσκεται στο Σταθμό Επεξεργασίας Λυμάτων της Λάρισας. Η επιλογή αυτή έχει να κάνει τόσο με τεχνικά κριτήρια, αφού αποτελεί κομβικό σημείο του δικτύου ύδρευσης και αποχέτευσης, στο οποίο συγκεντρώνεται σημαντική ποσότητα πληροφορίας, όσο και με διοικητικά.

Ο ΠΣΕ στηρίζει τη λειτουργικότητά του στη διασύνδεση με τον ΚΣΕ, από τον οποίο αντλεί τις πληροφορίες μέσω γραμμής DSL. Ουσιαστικά αποτελεί client, από τον οποίο μέσω web ο χρήστης μπορεί να ανοίξει την εφαρμογή του SCADA, που θα αναπτυχθεί στον ΚΣΕ, να εποπτεύσει το δίκτυο ύδρευσης και να προβεί σε απαραίτητους χειρισμούς.

8.27. ΦΟΡΗΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Ο Φορητός Σταθμός Ελέγχου θα είναι φορητός υπολογιστής βιομηχανικών προδιαγραφών με λειτουργικό τύπου MS-Windows. Θα έχει τη δυνατότητα εκτέλεσης των λειτουργιών τηλεέλεγχου/τηλεχειρισμού/διαχείρισης του όλου συστήματος είτε με σύνδεση στο δίκτυο της ΔΕΥΑΛ. Η σύνδεση του στο σύστημα θα γίνεται με ειδικούς κωδικούς πρόσβασης που θα δίνει την μέγιστη δυνατή δυνατότητα διαχείρισης στο σύστημα. Ο ΦΣΕ θα έχει και τη δυνατότητα προγραμματισμού των PLCs, είτε μέσω του ασύρματου δικτύου είτε με τοπική διασύνδεση.

8.28. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΥΔΡΟΜΕΤΡΑ ΤΥΠΟΥ AMR

Με στόχο την αυτόματη υδρομέτρηση όλων των παροχών αλλά και την δυνατότητα της ΔΕΥΑΛ να έχει μετρήσεις για την εκτίμηση των απωλειών, διαρροών του δικτύου και των υπερχειλίσεων των δεξαμενών προκύπτουν τα ακόλουθα κύρια συμπεράσματα:

- Το σύστημα αυτόματης καταμέτρησης υδρομετρητών που δύναται να εγκατασταθεί θα είναι τύπου walk – by, ήτοι οι μετρήσεις των υδρομετρητών θα διαβάζονται ασύρματα από πεζό καταμετρητή.
- Τα υπό εγκατάσταση υδρόμετρα AMR προτείνεται να τοποθετηθούν εντός των ιδιοκτησιών των καταναλωτών, δεδομένου ότι θα διαθέτουν σύστημα αυτόματης απομακρυσμένης ανάγνωσης και δεν θα απαιτείται κατ' ανάγκη η οπτική επαφή του καταμετρητή με τον υδρομετρητή κατά τη διαδικασία της ανάγνωσης των ενδείξεων. Αποτελεί δε εξαιρετικό προνόμιο για το Δήμο, το γεγονός ότι οι υδρομετρητές μαζί με τον εξοπλισμό της απομακρυσμένης ανάγνωσης θα βρίσκονται εντός φρεατίων ή εντός των ιδιοκτησιών των καταναλωτών και όχι σε

δημόσιο, προσβάσιμο χώρο από τρίτους.

Η σημερινή κατάσταση, από πλευράς εγκατάστασης των υδρομετρητών ποικίλει και παρουσιάζει ιδιαίτερη πανσπερμία με αποτέλεσμα να παρατηρούνται τα εξής φαινόμενα σε διάφορα Δημοτικά διαμερίσματα:

- Υδρομετρητές τοποθετημένοι εντός των ιδιοκτησιών στον προαύλιο - ανοιχτό χώρο, χωρίς ή με υποτυπώδη προφύλαξη από τις περιβαλλοντικές και καιρικές συνθήκες.
- Υδρομετρητές τοποθετημένοι εντός των ιδιοκτησιών σε κλειστούς κοινόχρηστους ή αποκλειστικά ιδιωτικούς χώρους (πχ χώρους στάθμευσης, κλπ).
- Υδρομετρητές τοποθετημένοι εκτός των ιδιοκτησιών επί του πεζοδρομίου ή της παρειάς του δρόμου σε ανοιχτό δημόσιο χώρο, εγκατεστημένοι σε φρεάτια διαφόρων τύπων και μεγεθών.

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, προτείνεται να υιοθετηθούν δυο μόνο τρόποι τοποθέτησης, με συγκεκριμένη τυποποίηση, έτσι ώστε να επιτευχθεί ομοιομορφία και τυποποίηση των διαδικασιών τόσο της μέτρησης όσο και των εγκαταστάσεων, γεγονός που θα βοηθήσει στην σαφή και εμπειριστατωμένη συγγραφή του νέου κανονισμού ύδρευσης, αναφορικά με τους οικιακούς υδρομετρητές και τον τρόπο εγκατάστασης τους. Με αυτό το σκεπτικό, όλοι οι υδρομετρητές θα τοποθετηθούν εντός των ιδιοκτησιών και οι ήδη εγκατεστημένοι υδρομετρητές σε δημόσιους χώρους, δρόμους και πεζοδρόμια θα καταργηθούν.

9. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

9.1. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΘΕΜΑΤΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η επιλογή και η οριοθέτηση του αντικειμένου της έρευνας και πιο συγκεκριμένα η οριστική διατύπωση του θέματος ή του τίτλου της εργασίας, αποτέλεσαν μια αρκετά δύσκολη και απαιτητική διανοητική διεργασία. Αν και πολλοί και διάφοροι είναι οι παράγοντες που ενδέχεται να επηρεάσουν την τελική διαμόρφωση και επιλογή του θέματος, ωστόσο, αυτό αποτέλεσε κυρίως συνάρτηση:

- Του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών, στο οποίο εντάσσεται η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.
- Των ερεθισμάτων που ελήφθησαν στο πλαίσιο των μαθημάτων – διαλέξεων του εν λόγω προγράμματος σπουδών.
- Των προσωπικών κλίσεων και ενδιαφερόντων του ερευνητή, καθώς και του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο κινείται και εργάζεται.
- Της ενασχόλησης με ένα θέμα που θα αποτελεί πηγή ικανοποίησης και όχι ανώφελη θυσία χρόνου και κόπου ή και δυσαρέσκειας λόγω πίεσης.
- Της δυνατότητας πρόσβασης σε προσωπικό, στοιχεία και πληροφορίες του οργανισμού που θα αποτελέσει τη μελέτη περίπτωσης της ερευνητικής εργασίας.
- Της αξιοποίησης των αποτελεσμάτων της έρευνας και γενικότερα της διπλωματικής εργασίας σε επαγγελματικό επίπεδο.

9.2. ΒΑΣΙΚΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Τα βασικά ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας εργασίας συνίστανται στις ακόλουθες διατυπώσεις:

- Διερεύνηση της απόδοσης λειτουργίας της υφιστάμενης διαχείρισης των υδάτινων πόρων με έμφαση στο σύστημα τηλεμετρίας και των υφιστάμενων μεθόδων προληπτικής και θεραπευτικής συντήρησης του δικτύου ύδρευσης που επιλαμβάνεται η ΔΕΥΑ Λάρισας.
- Αναζήτηση των απαραίτητων αλλαγών στον τρόπο διαχείρισης των υδάτινων πόρων σε επίπεδο ΔΕΥΑ Λάρισας, προκειμένου να περιοριστούν σε μεγαλύτερο βαθμό οι απώλειες νερού και κατά συνέπεια και οι οικονομικές απώλειες της υπόψη επιχείρησης.

9.3. ΣΚΟΠΟΣ – ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Σε μια επιχείρηση, όπως η ΔΕΥΑ Λάρισας, με γεωγραφική διασπορά των δραστηριοτήτων και των υποδομών της και με πολλά και διαφορετικής φύσεως αναλαμβανόμενα έργα, κρίνεται απαραίτητη η επεξεργασία των όποιων δεδομένων έχουν καταγραφεί και υφίστανται αναφορικά με τις καταναλώσεις νερού, των προβλημάτων του δικτύου ύδρευσης και των μεθόδων που επιλέγονται προκειμένου να επιτυγχάνεται η βέλτιστη δυνατή διαχείριση των υδάτινων πόρων.

Στην παρούσα μελέτη, επιχειρείται η αξιοποίηση των προαναφερόμενων δεδομένων, προκειμένου να εξεταστεί η απόδοση του τρόπου διαχείρισης των υδάτινων πόρων. Εκτιμάται, ότι εντός της επιχείρησης ενυπάρχει συσσωρευμένη τεχνογνωσία και εμπειρία από τα στελέχη που αναλαμβάνουν από διαφορετικές θέσεις να προγραμματίσουν, να μελετήσουν, να επιβλέψουν, να παραλάβουν και να αποδώσουν σε λειτουργία το δίκτυο ύδρευσης στην πόλη της Λάρισας. Συνεπώς, η όποια ανατροφοδότηση του συστήματος, μέσω επεξεργασίας δεδομένων, θα είναι πολύ χρήσιμη και άμεσα αξιοποιήσιμη.

Η εν λόγω ερευνητική προσέγγιση, αναμένεται να καταδείξει ενδεχόμενες αδυναμίες, αλλά και δυνατά σημεία, που αφορούν στη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Αναμένεται επίσης, αναλόγως των δεδομένων που θα συγκεντρωθούν και της συνακόλουθης επεξεργασίας τους να αναδείξει προτεραιότητες σε δράσεις και πρωτοβουλίες που είναι απαραίτητο να προγραμματιστούν και να θεσμοθετηθούν στο πλαίσιο οργάνωσης και λειτουργίας της επιχείρησης.

9.4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Η Στατιστική ως ιδιαίτερος κλάδος των μαθηματικών στην ουσία προσφέρει δύο σπουδαίες δυνατότητες, αφενός την περιγραφή αριθμητικών συνόλων δεδομένων έρευνας και στη συνέχεια την ανάλυση αυτών. Συνέπεια αυτών των δυνατοτήτων είναι και η βασική διάκρισή της σε περιγραφική στατιστική και σε αναλυτική στατιστική.

Στην περιγραφική στατιστική περιγράφονται τα διάφορα στατιστικά στοιχεία μετά από συλλογή και ταξινόμηση κατά ομάδες των στατιστικών δεδομένων τα οποία ακολούθως παρουσιάζονται υπό μορφή ανάλυσης σε πίνακες, διαγράμματα με χαρακτηριστικές τιμές, ή ιδιότητες. Στην αναλυτική στατιστική, που είναι περισσότερο περίπλοκη, αναζητείται με διάφορες μεθόδους ο προσδιορισμός βαθμού εμπιστοσύνης στην εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, μέσα όμως από κάποιο περιορισμένο δείγμα στοιχείων ενός γενικότερου συνόλου.

Συνέπεια των παραπάνω είναι η Στατιστική να αποτελεί σήμερα τον μεγάλο αρωγό στο ερευνητικό πεδίο όλων των επιστημών και όχι μόνο. Ακόμα και στην καθημερινή ζωή η στατιστική απαντάται σε όλους τους χώρους της ανθρώπινης δραστηριότητας λαμβάνοντας έτσι επιμέρους ονομασίες π.χ. δημογραφική, τουριστική, συγκοινωνιακή, πολιτική, βιομηχανική, ναυτιλιακή, αγροτική, εκπαιδευτική, κ.α.

Στην παρούσα ερευνητική εργασία θα καταβληθεί προσπάθεια για στατιστική επεξεργασία των διατιθέμενων δεδομένων, τόσο σε περιγραφικό όσο και σε αναλυτικό επίπεδο.

9.5. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ

Τα δεδομένα τα οποία έχουν περιέλθει στη διάθεση του συντάξα της εργασίας προς περαιτέρω επεξεργασία αφορούν:

- στη μηνιαία παροχή νερού (m^3) στην πόλη της Λάρισας για τα έτη 2001 έως 2012 τα οποία αποτυπώνονται στον Πίνακα 9.1,
- στην ανάλυση της ετήσιας κατανάλωσης νερού (m^3) στην πόλη της Λάρισας τα οποία φαίνονται στον Πίνακα 9.2,
- στην ανάλυση των ετήσιων απωλειών κατανάλωσης νερού (m^3) στην πόλη της Λάρισας τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.3.

Πίνακας 9.1 Μηνιαία παροχή νερού (m^3) πόλης Λάρισας

ΕΤΟΣ	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ιανουάριος	1.444.288	1.526.559	1.287.541	1.430.847	1.409.748	1.411.076	1.416.299	1.437.026	1.364.719	1.326.801	1.421.248	1.255.703
Φεβρουάριος	1.346.519	1.274.912	1.155.782	1.360.233	1.287.187	1.297.532	1.292.538	1.339.480	1.245.818	1.236.742	1.242.490	1.197.184
Μάρτιος	1.520.556	1.361.547	1.323.678	1.469.129	1.469.622	1.450.638	1.456.714	1.444.939	1.367.582	1.388.439	1.400.631	1.333.226
Απρίλιος	1.424.615	1.324.087	1.336.094	1.414.805	1.453.639	1.415.100	1.435.674	1.436.403	1.373.591	1.390.974	1.369.647	1.295.577
Μάιος	1.536.224	1.416.082	1.530.774	1.472.671	1.583.015	1.593.248	1.596.771	1.602.128	1.535.006	1.526.616	1.407.886	1.374.466
Ιούνιος	1.600.265	1.619.484	1.534.676	1.548.377	1.655.690	1.645.967	1.574.560	1.626.100	1.537.400	1.517.535	1.411.159	1.457.508
Ιούλιος	1.606.373	1.565.898	1.580.644	1.652.162	1.649.568	1.612.035	1.693.367	1.640.906	1.536.163	1.533.049	1.509.975	1.537.853
Αύγουστος	1.554.784	1.477.142	1.521.147	1.590.117	1.576.073	1.595.832	1.668.596	1.554.621	1.492.486	1.506.778	1.396.777	1.453.385
Σεπτέμβριος	1.572.388	1.386.570	1.509.924	1.576.106	1.549.608	1.546.272	1.588.854	1.506.238	1.450.227	1.437.400	1.408.252	1.419.442
Οκτώβριος	1.554.408	1.357.001	1.475.795	1.523.751	1.507.449	1.448.448	1.508.287	1.406.777	1.415.040	1.392.182	1.308.666	1.372.101
Νοέμβριος	1.359.131	1.271.833	1.374.789	1.415.288	1.383.494	1.377.188	1.354.452	1.327.003	1.310.419	1.356.425	1.215.254	1.215.292
Δεκέμβριος	1.540.111	1.256.465	1.377.437	1.418.154	1.419.066	1.376.803	1.404.031	1.342.100	1.330.820	1.447.002	1.259.331	1.242.931
ΣΥΝΟΛΟ	18.059.662	16.837.580	17.008.281	17.871.640	17.944.159	17.770.139	17.990.143	17.663.721	16.959.271	17.059.943	16.351.316	16.154.668

Πίνακας 9.2 Ανάλυση ετήσιας κατανάλωσης νερού (m³) πόλης Λάρισας

ΕΤΟΣ	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ΣΥΝΟΛΟ	18.059.662	16.837.580	17.008.281	17.871.640	17.944.159	17.770.139	17.990.143	17.663.721	16.959.271	17.059.943	16.351.316	16.154.668
Ιδιώτες	10.346.433	10.739.623	10.817.527	11.161.827	11.537.986	11.766.868	12.007.275	12.066.725	12.077.126	12.089.996	11.992.588	11.978.730
Μελισσοχώρι	302.852	318.407	269.129	320.312	260.273	288.247	311.595	303.585	309.221	297.895	203.497	243.647
Τερψιθέα	137.499	143.663	148.112	147.159	157.686	174.873	190.789	202.199	194.770	202.358	201.263	214.608
Δημόσια	801.956	842.205	950.456	760.791	794.984	891.087	932.023	935.256	805.371	772.144	809.655	840.569
Στρατιωτικά	957.483	804.334	655.439	660.270	732.884	698.529	651.686	633.789	604.367	572.088	607.099	543.139
Δημοτικά	67.899	115.595	92.739	65.744	82.575	81.173	96.587	111.447	98.017	93.799	89.439	98.576
Σχολεία	54.344	65.195	72.633	75.223	61.735	68.704	56.093	48.057	42.923	41.076	39.079	39.791
Νίκαια	484.661	532.416	484.724	543.197	353.290	309.178	281.554	244.360	305.250	332.734	352.750	435.920
ΠΩΛΗΘΕΝΤΑ m³	13.153.127	13.561.438	13.490.759	13.734.523	13.981.413	14.278.659	14.527.602	14.545.418	14.437.045	14.402.090	14.295.370	14.394.980
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΩΛΕΙΑ	4.906.535	3.276.142	3.517.522	4.137.117	3.962.746	3.491.480	3.462.541	3.118.303	2.522.226	2.657.853	2.055.946	1.759.688
%	27,17%	19,46%	20,68%	23,15%	22,08%	19,65%	19,25%	17,65%	14,87%	15,58%	12,57%	10,89%

Πίνακας 9.3 Ανάλυση ετήσιων απωλειών κατανάλωσης νερού (m³) πόλης Λάρισας

ΕΤΟΣ	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ΣΥΝΟΛΟ	18.059.662	16.837.580	17.008.281	17.871.640	17.944.159	17.770.139	17.990.143	17.663.721	16.959.271	17.059.943	16.351.316	16.154.668
ΠΩΛΗΘΕΝΤΑ m³	13.153.127	13.561.438	13.490.759	13.734.523	13.981.413	14.278.659	14.527.602	14.545.418	14.437.045	14.402.090	14.295.370	14.394.980
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΩΛΕΙΑ	4.906.535	3.276.142	3.517.522	4.137.117	3.962.746	3.491.480	3.462.541	3.118.303	2.522.226	2.657.853	2.055.946	1.759.688
%	27,17%	19,46%	20,68%	23,15%	22,08%	19,65%	19,25%	17,65%	14,87%	15,58%	12,57%	10,89%
Προσωπικό	49.333	49.577	68000	52193	49.496	47.030	47.603	45.798	44.867	44.816	43.231	47.288
Πίδακες	498.068	410.486	414189	431203	524.816	484.030	503.666	570.305	503.156	535.903	556.600	615.362
Υπόνομοι	40.000	40.000	40000	40000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000
Καθαρισμός	140.000	40.000	240000	350000	200.000	200.000	150.000	100.000	100.000	200.000	200.000	40.000
ΔΕΥΑΛ									74.380	17.701	19.169	15.621
Διατεθηκαν χωρίς αξία	727.401	540.063	762.189	873.396	814.312	771.060	741.269	756.103	762.403	838.420	859.000	758.271
Διαφορά παγίου	2.175.282	2.231.706	2363011	2414796	2.349.524	2.591.597	2.653.216	2.858.726	2.962.873	3.084.912	3.105.723	2.984.616
ΚΑΤΑΝΑΛΩΘΕΝΤΑ m³	11.705.246	11.869.795	11.889.937	12.193.123	12.446.201	12.458.122	12.615.655	12.442.795	12.236.575	12.155.598	12.048.647	12.168.635
ΑΠΩΛΕΙΣ (m³)	6.354.416	4.967.785	5.118.344	5.678.517	5.497.958	5.312.017	5.374.488	5.220.926	4.722.696	4.904.345	4.302.669	3.986.033
%	35,19%	29,50%	30,09%	31,77%	30,64%	29,89%	29,87%	29,56%	27,85%	28,75%	26,31%	24,67%

9.6. ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ

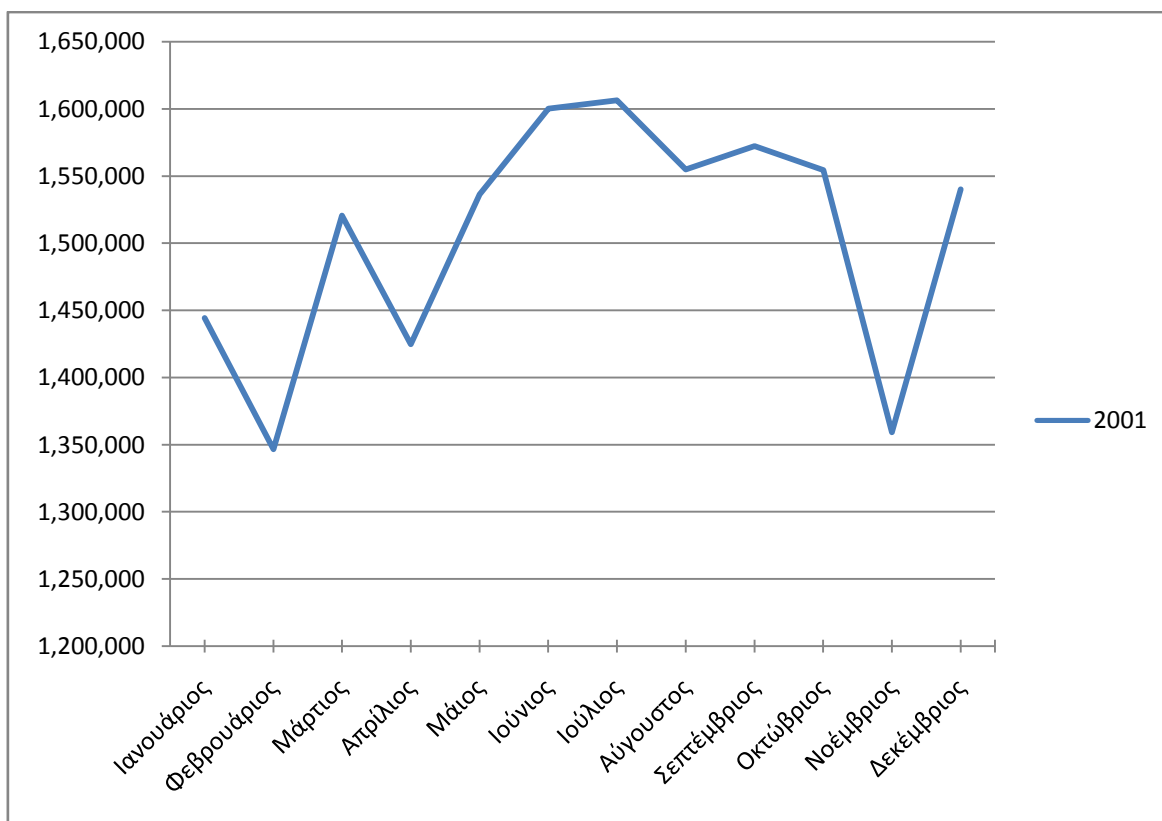
9.6.1. Χρονοσειρές δεδομένων

Η ανάλυση χρονοσειρών αποσκοπεί στην ανεύρεση των χαρακτηριστικών εκείνων που συμβάλουν στην κατανόηση της ιστορικής συμπεριφοράς μιας μεταβλητής και επιτρέπουν την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών της. Η ανάγκη πρόβλεψης εμφανίζεται σε πολλά προβλήματα λήψης αποφάσεων.

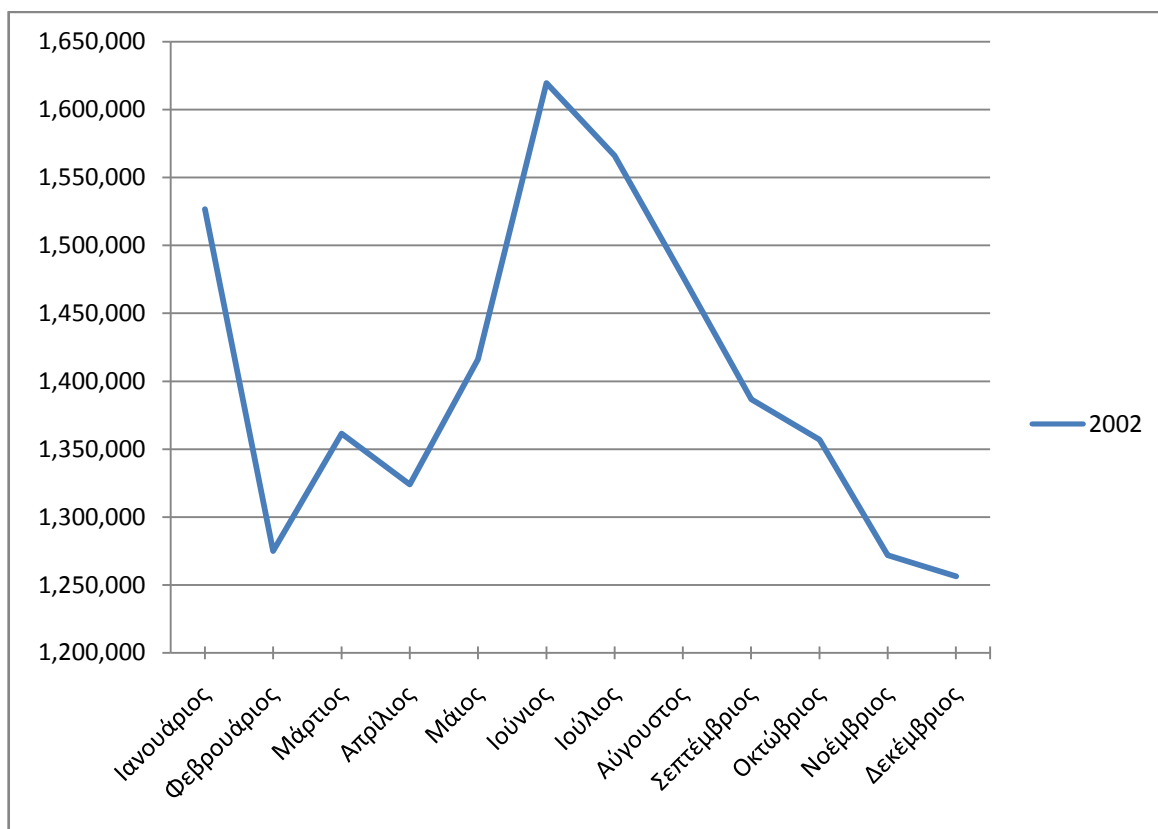
Η πρόβλεψη μελλοντικών συμπεριφορών στηρίζεται στην ανάλυση παρατηρήσεων που αναφέρονται στο παρελθόν (ιστορικά δεδομένα). Αποτελεί ένα ιδιαίτερα δύσκολο πρόβλημα, για δύο κυρίως λόγους. Ο πρώτος έχει να κάνει με τη δυσκολία αναγνώρισης των χαρακτηριστικών και των σχέσεων που διέπουν τα ιστορικά δεδομένα. Σε πολλές περιπτώσεις είναι σχεδόν αδύνατος ο διαχωρισμός των χαρακτηριστικών αυτών από τις τυχαίες διακυμάνσεις της μεταβλητής (οι οποίες αναφέρονται με το γενικό όρο «θόρυβος»). Η μοντελοποίηση του θορύβου μπορεί να οδηγήσει σε εντελώς λανθασμένες προβλέψεις. Το δεύτερο πρόβλημα οφείλεται στην αβεβαιότητα συνέχισης στο μέλλον των χαρακτηριστικών της μεταβλητής. Κάποιο γεγονός (π.χ. μια πολιτική απόφαση ή η εμφάνιση μιας τεχνολογικής καινοτομίας) μπορεί να προκαλέσει απρόβλεπτες μελλοντικές εξελίξεις.

9.6.2. Χρονοσειρές μηνιαίας παροχής νερού πόλης Λάρισας (2001 – 2012)

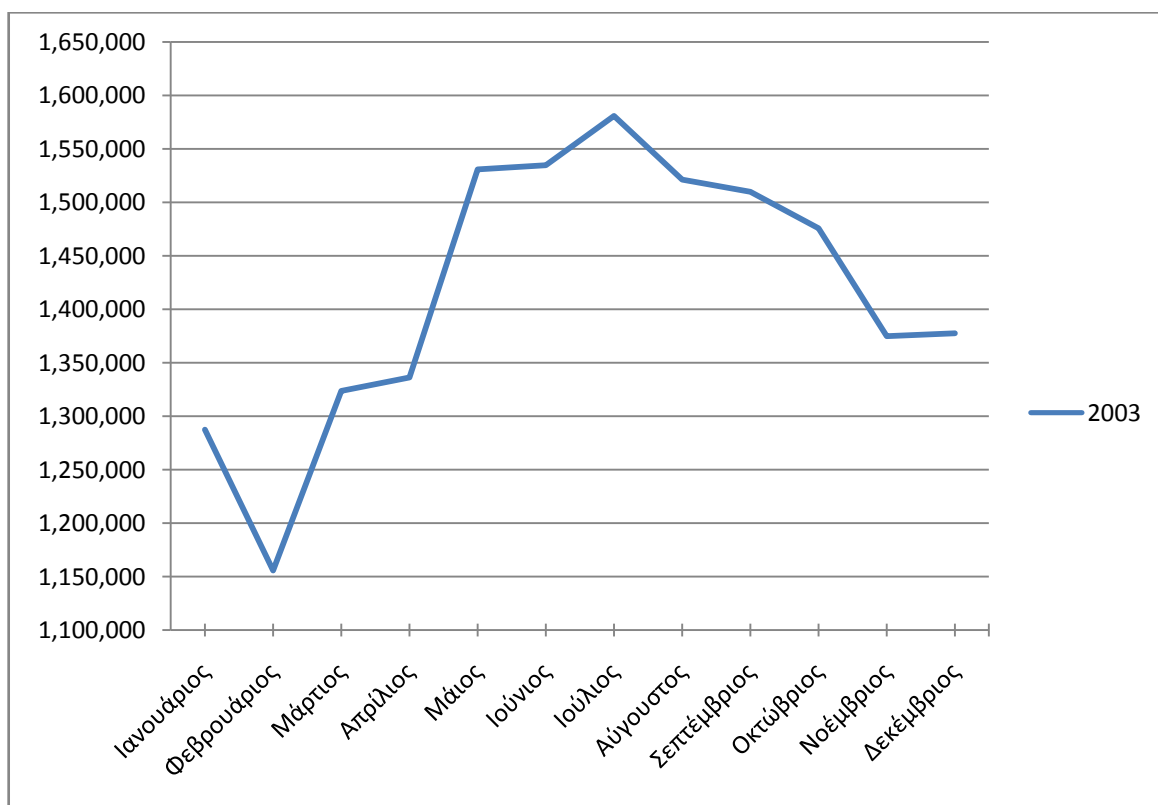
Με βάση τα δεδομένα του Πίνακα 9.1 προκύπτουν οι ακόλουθες χρονοσειρές για τα έτη 2001 έως 2012:



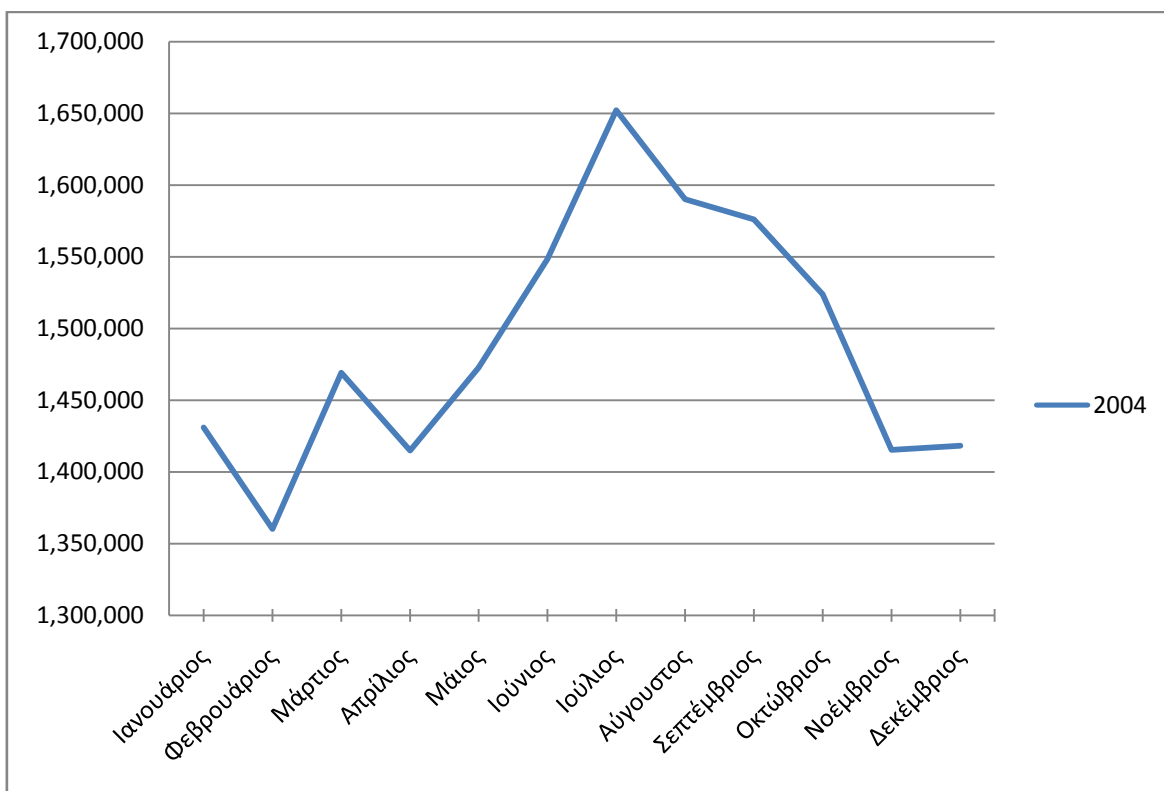
Διάγραμμα 9.1 Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2001



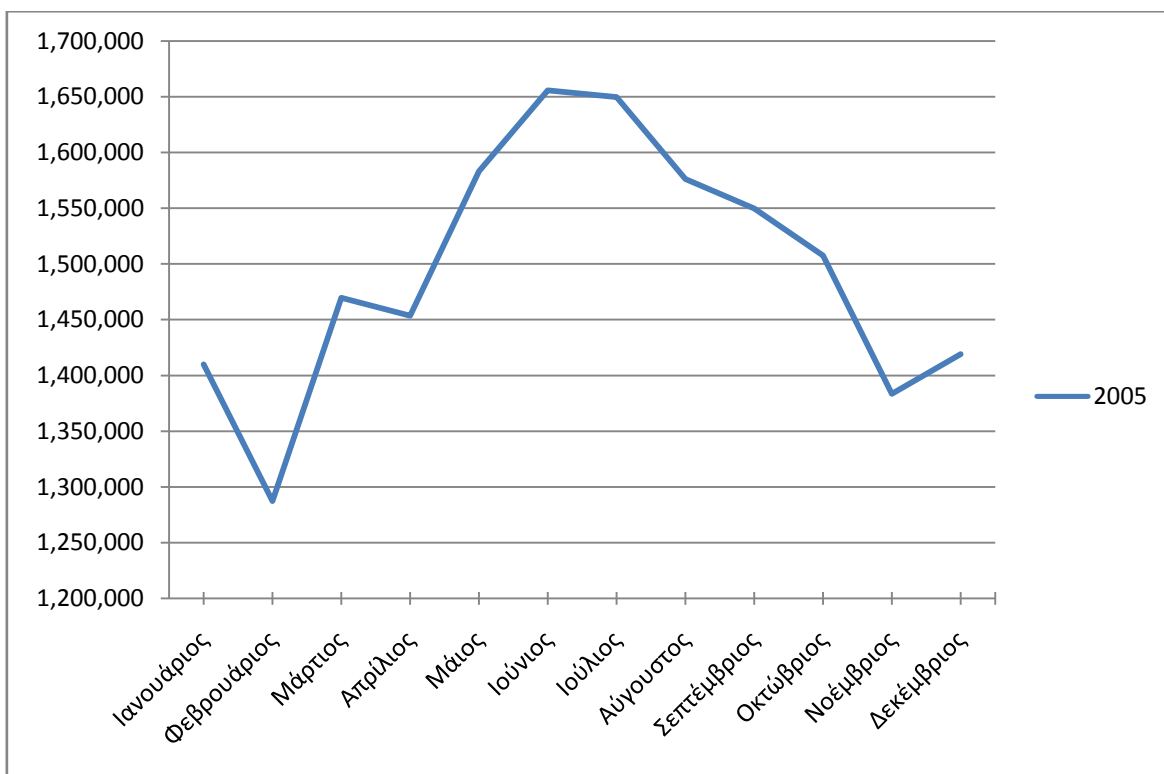
Διάγραμμα 9.2 Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2002



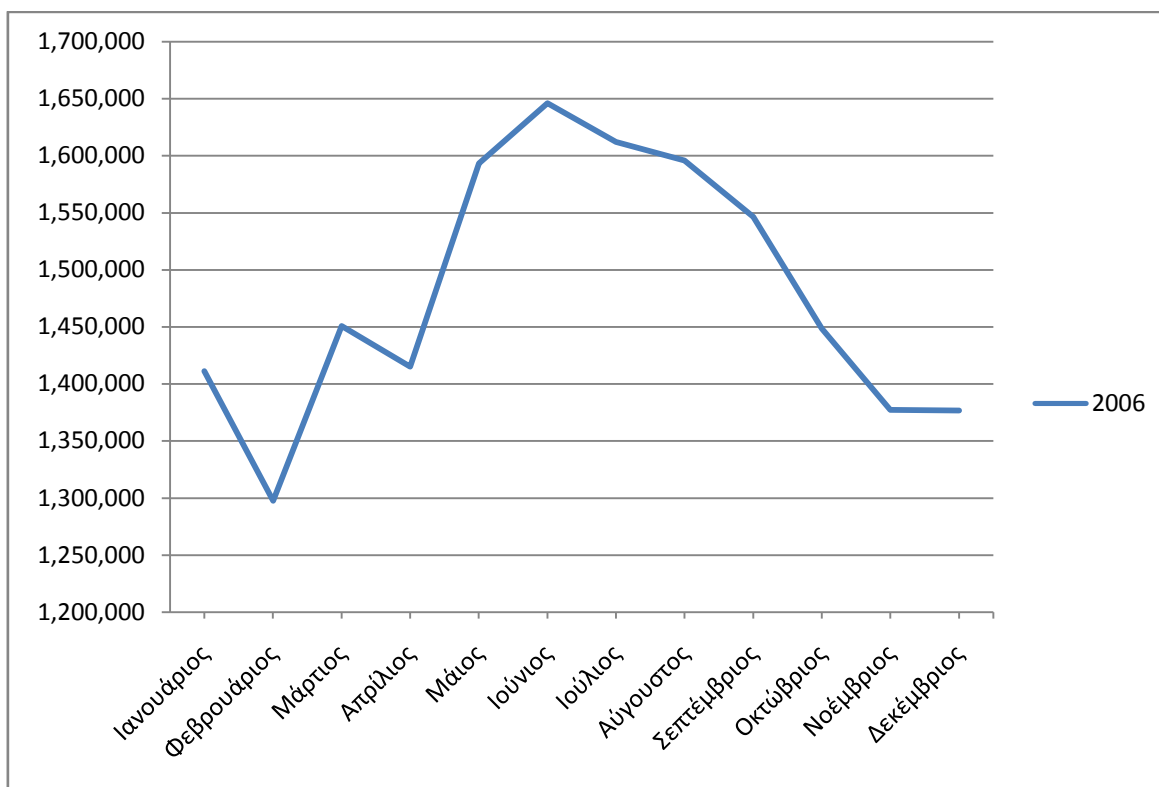
Διάγραμμα 9.3 Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2003



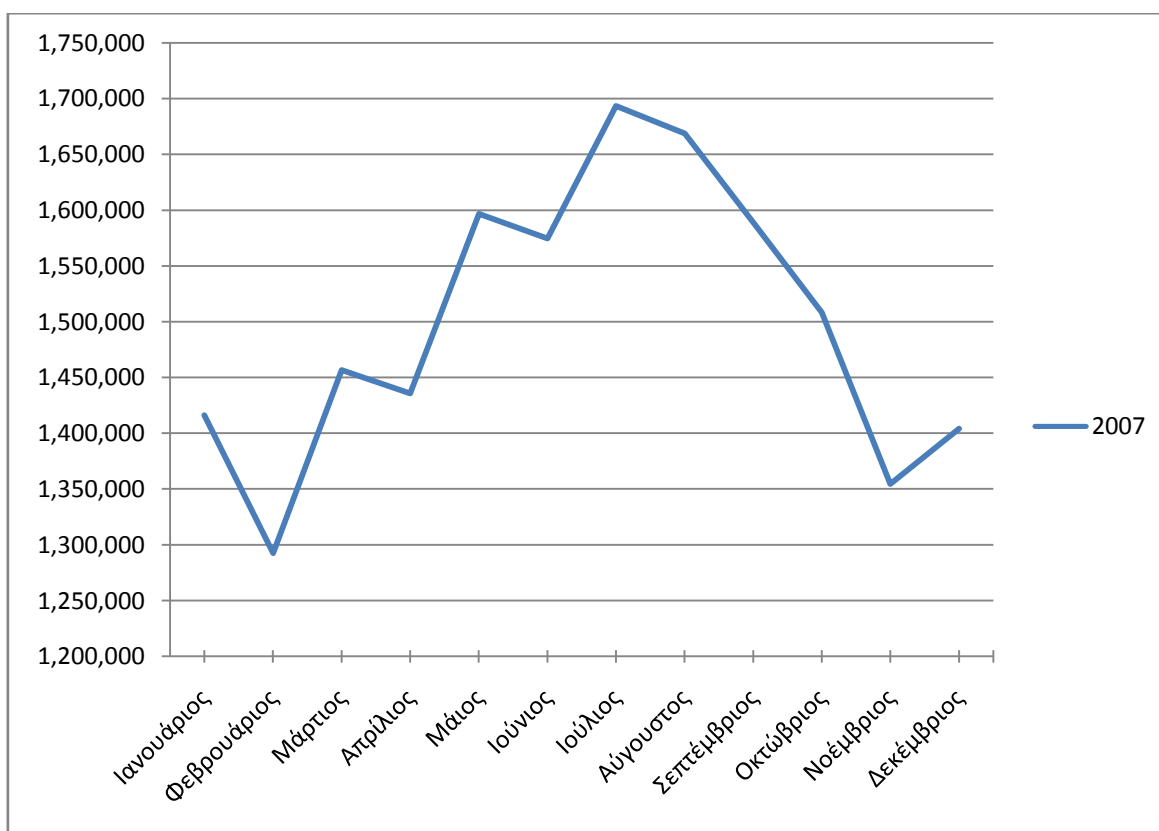
Διάγραμμα 9.4 Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2004



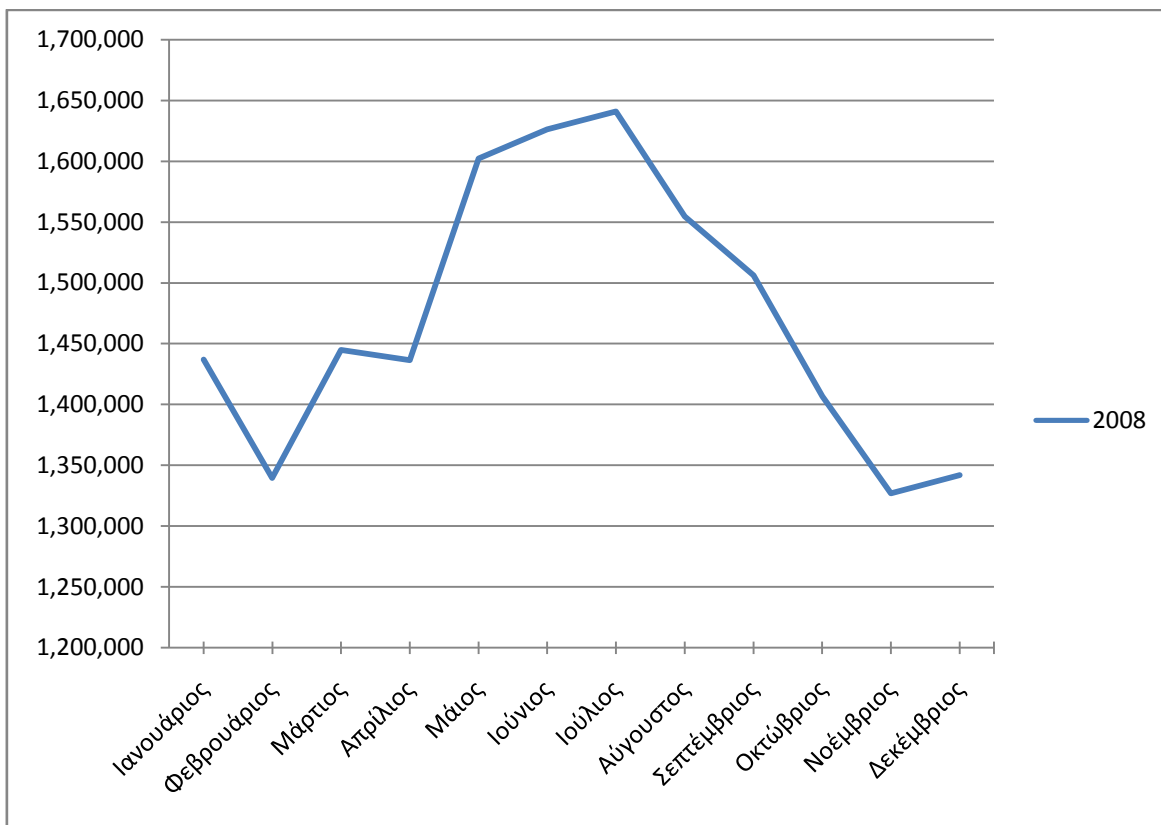
Διάγραμμα 9.5 Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2005



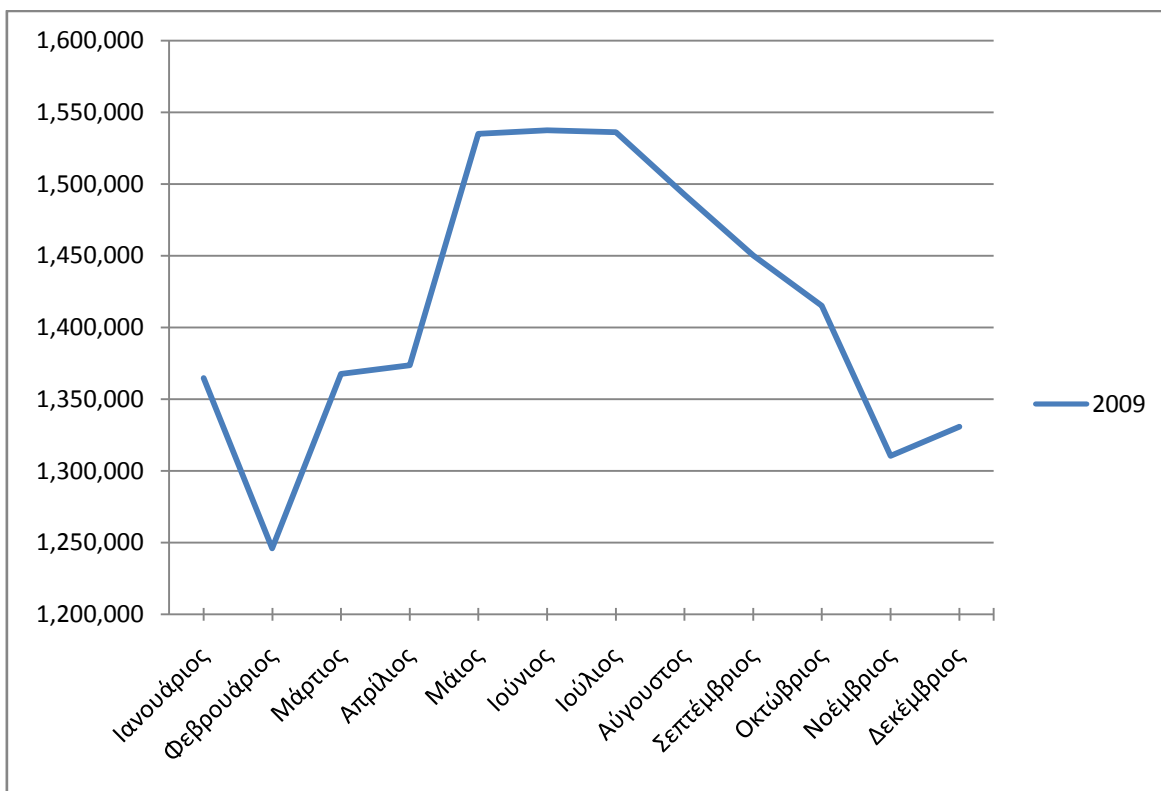
Διάγραμμα 9.6 Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2006



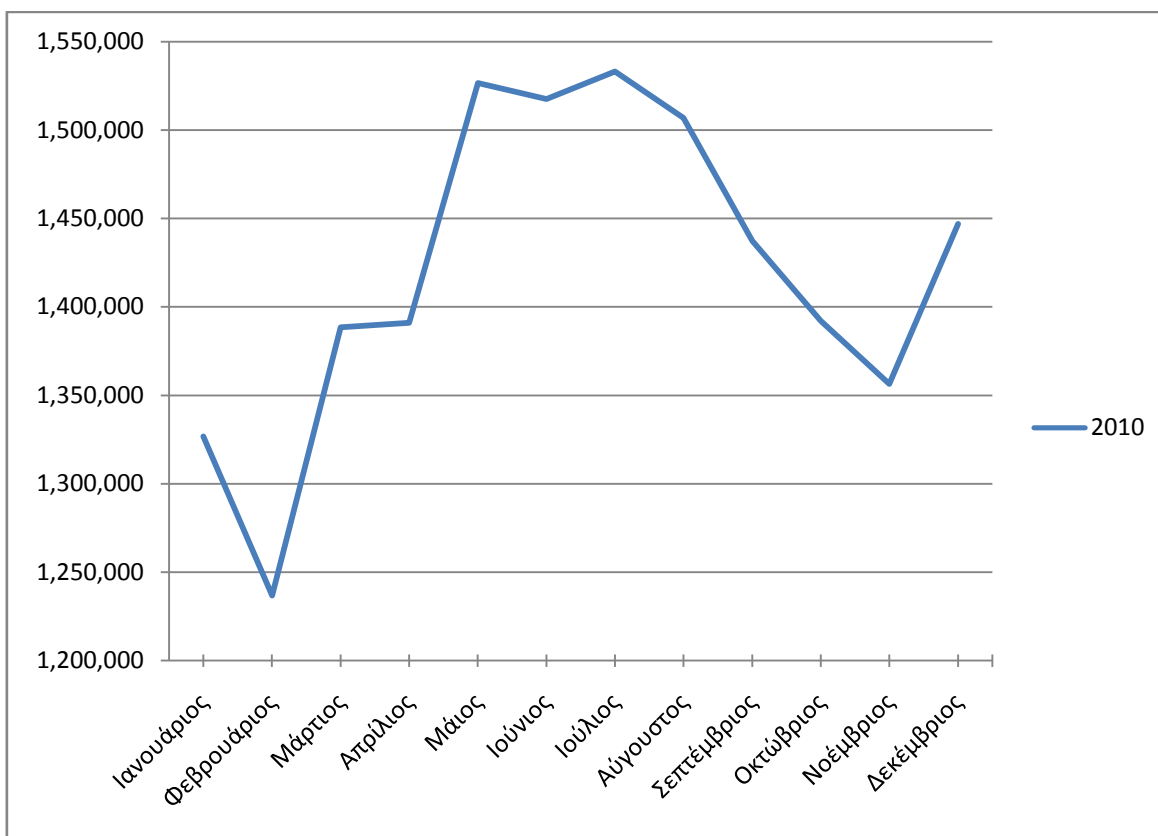
Διάγραμμα 9.7 Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2007



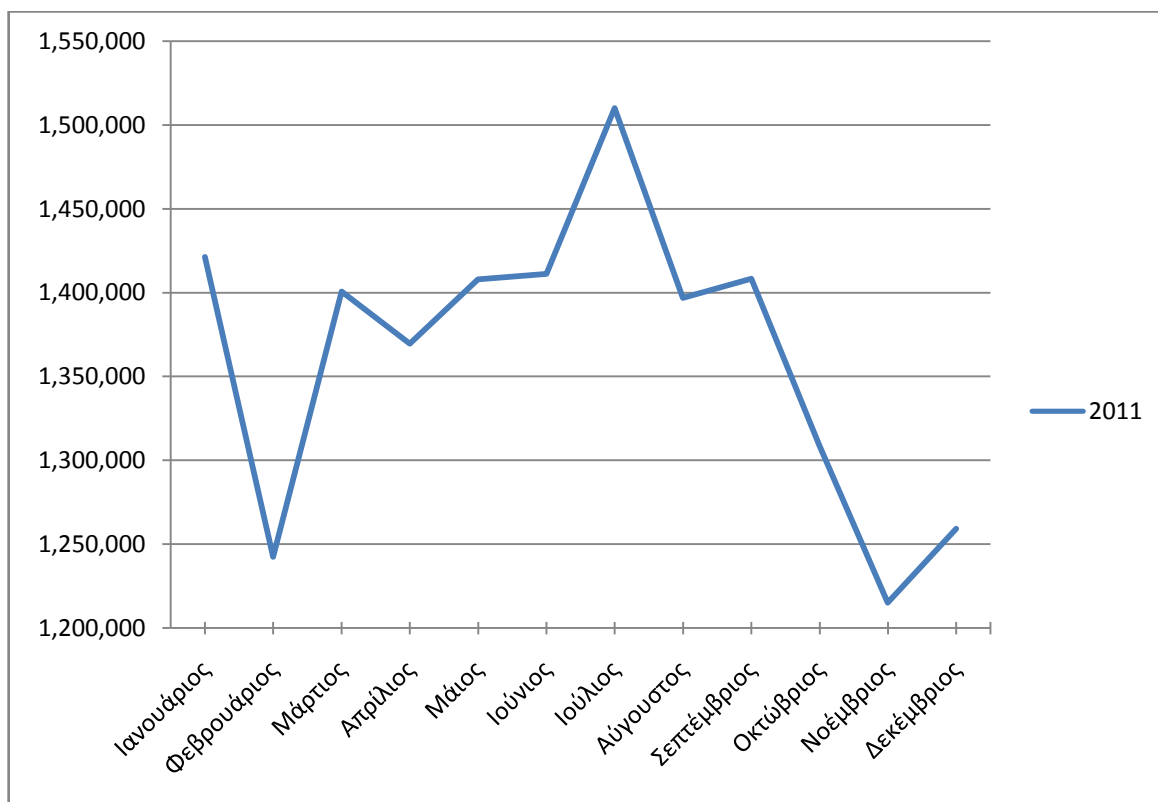
Διάγραμμα 9.8 Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2008



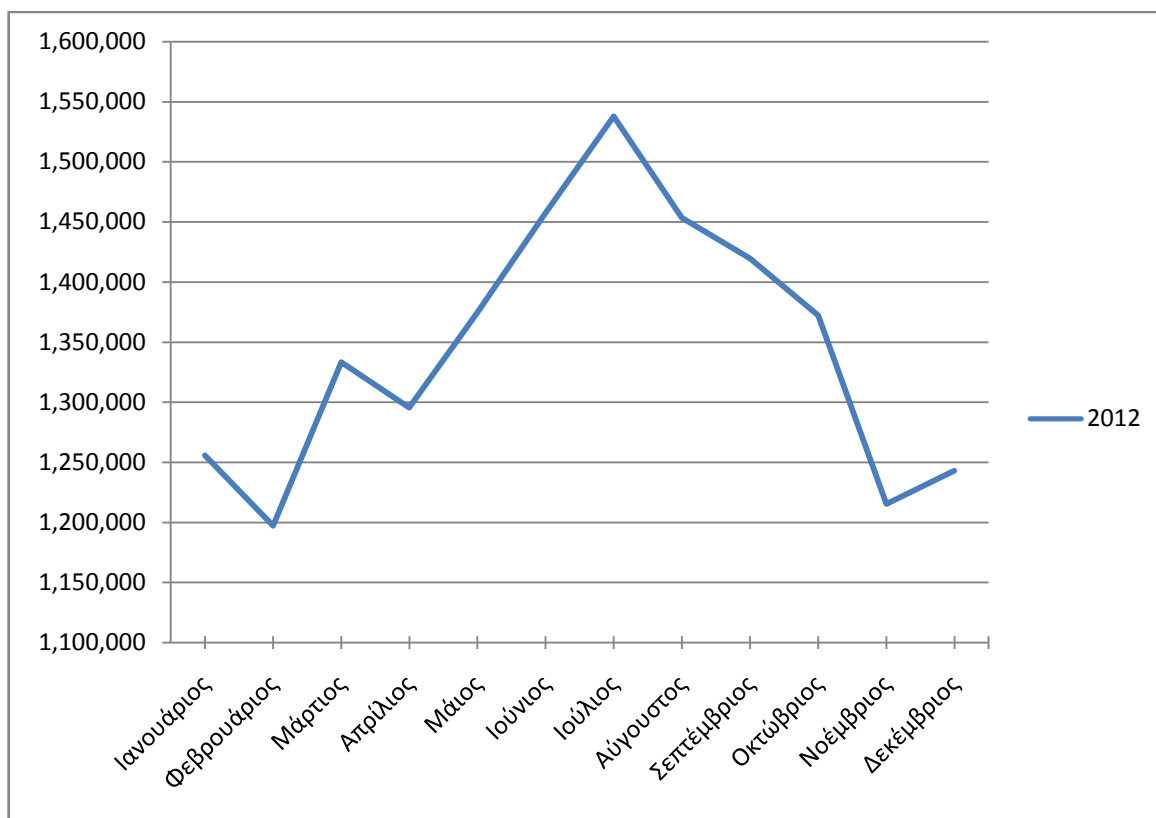
Διάγραμμα 9.9 Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2009



Διάγραμμα 9.10 Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2010



Διάγραμμα 9.11 Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2011



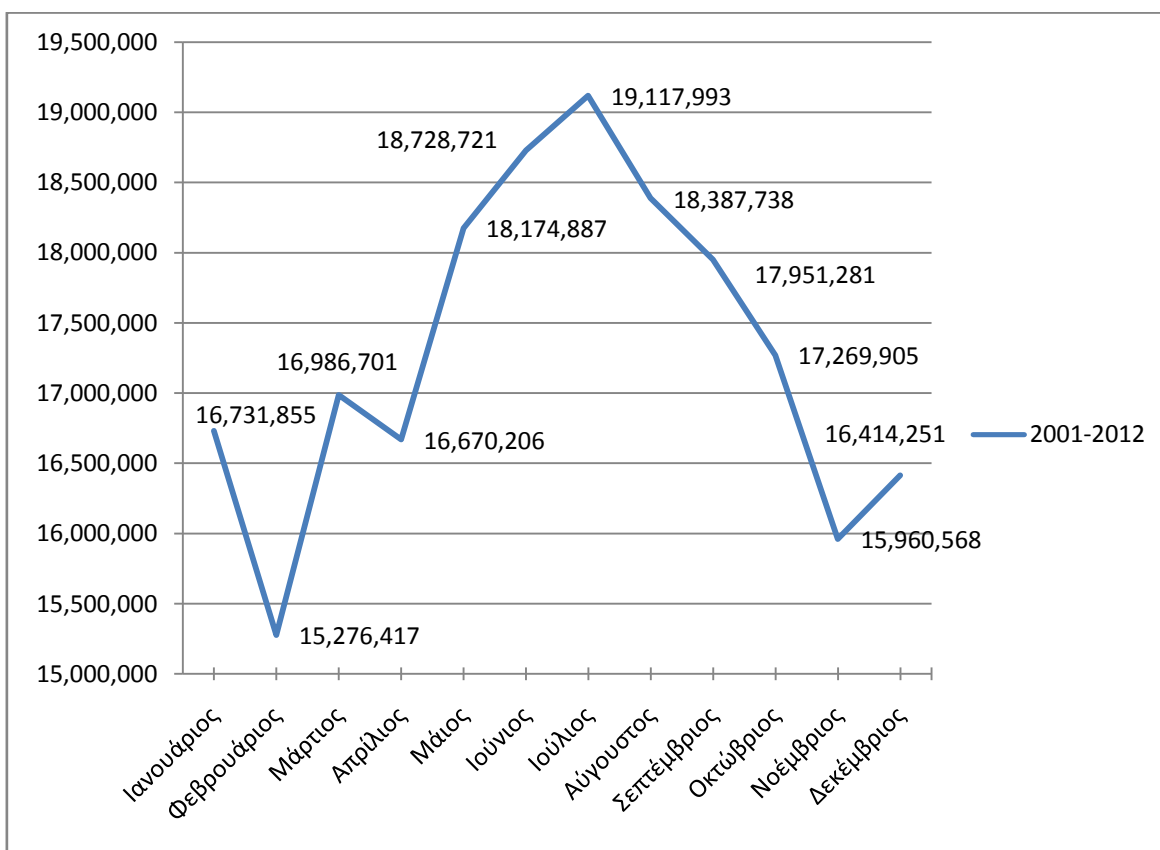
Διάγραμμα 9.12 Εποχικότητα καταναλώσεων έτους 2012

9.6.3. Σχολιασμός χρονοσειρών μηνιαίας παροχής νερού (2001 – 2012)

Παρατηρώντας προσεχτικά τα Διαγράμματα 9.1 έως 9.12 εξάγονται τα εξής χρήσιμα συμπεράσματα:

- Υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις στις μηνιαίες ανά έτος καταναλώσεις (διαφορά μέγιστης και ελάχιστης μηνιαίας τιμής), οι οποίες σε ορισμένες περιπτώσεις προσεγγίζουν ή ακόμη και ξεπερνούν τις 300.000m³.
- Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα έτη 2008 με απόκλιση 299.097m³ και 2007 με απόκλιση 376.058m³.
- Η ελάχιστη τιμή κατανάλωσης ανά έτος δεν παρατηρείται στους ίδιους μήνες. Για παράδειγμα το έτος 2011 η ελάχιστη τιμή παρατηρείται το μήνα Νοέμβριο με 1.215.254m³.
- Απεναντίας, το έτος 2012 η ελάχιστη τιμή παρατηρείται το μήνα Φεβρουάριο με 1.197.184m³.
- Ομοίως, η μέγιστη τιμή κατανάλωσης ανά έτος δεν παρατηρείται στους ίδιους μήνες. Για παράδειγμα το έτος 2009 η μέγιστη τιμή παρατηρείται το μήνα Ιούνιο με 1.537.400m³.

- Απεναντίας, το έτος 2010 η μέγιστη τιμή παρατηρείται το μήνα Ιούλιο με $1.533.049\text{m}^3$.
- Αν γίνει άθροιση των καταναλώσεων ανά μήνα για το σύνολο των ετών 2001 έως 2012, τότε προκύπτει το ακόλουθο Διάγραμμα 9.13, όπου μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι με φθίνουσα σειρά οι μεγαλύτερες καταναλώσεις παρατηρούνται τους μήνες Ιούλιο, Ιούνιο, Αύγουστο, Μάιο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Μάρτιο, Ιανουάριο, Απρίλιο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο και Φεβρουάριο. Το συμπέρασμα αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί στην εγρήγορση του προσωπικού της ΔΕΥΑΛ που παρακολουθεί τις καταναλώσεις και επιλαμβάνεται τα θέματα των διαρροών και της αποκατάστασης αυτών. Είναι προφανές, ότι στους μήνες που οι καταναλώσεις είναι αυξημένες οι όποιες διαρροές παρουσιαστούν θα επιφέρουν και μεγαλύτερες απώλειες νερού και κατ' επέκταση μεγαλύτερες οικονομικές απώλειες στη ΔΕΥΑΛ.



Διάγραμμα 9.13 Εποχικότητα καταναλώσεων αθροιστικά για τα έτη 2001 – 2012

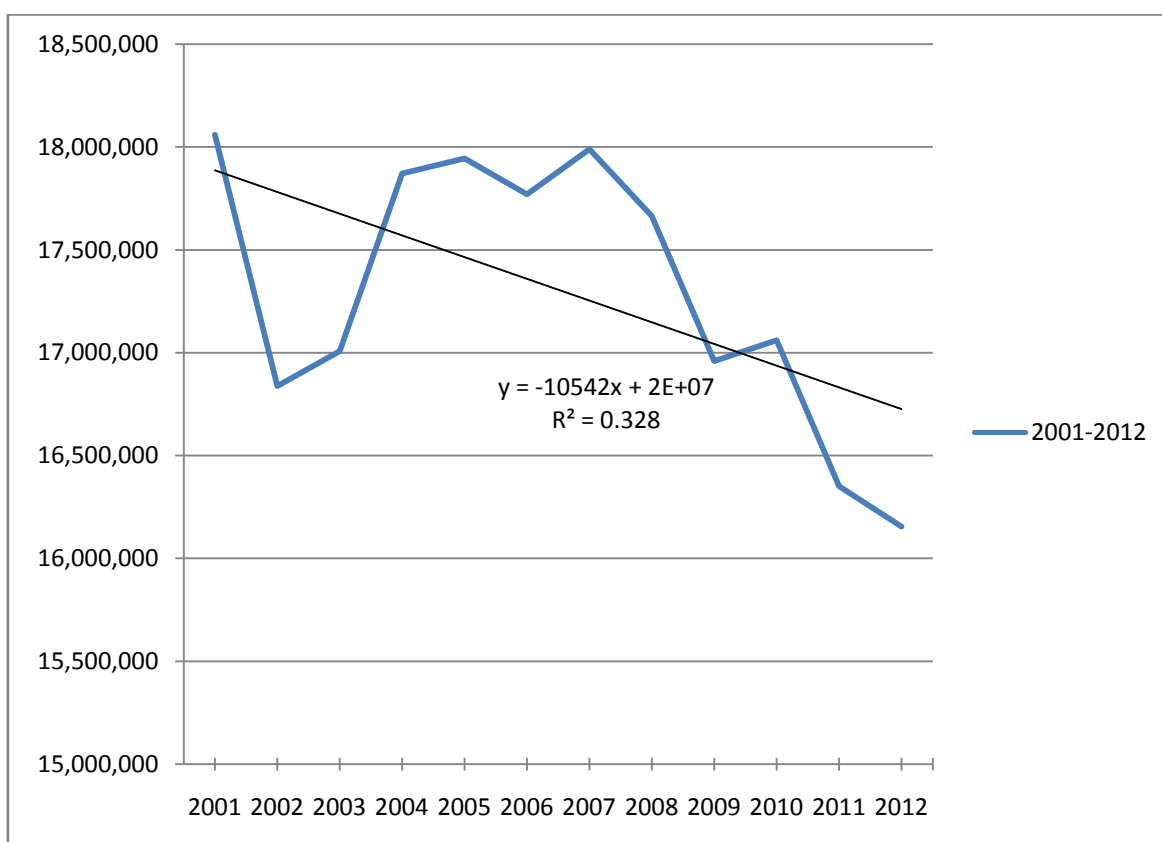
9.6.4. Χρονοσειρά ετήσιας κατανάλωσης νερού πόλης Λάρισας (2001 – 2012)

Στο Διάγραμμα 9.14 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι ετήσιες καταναλώσεις για τα έτη 2001 έως 2012, όπου με τη βοήθεια της γραμμής τάσης φαίνεται ότι ακολουθούν πτωτική πορεία.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στην προσέγγιση των αποτελεσμάτων της περιγραφικής στατιστικής, ότι από το έτος 2007 και έπειτα, όπως έχει αναφερθεί διεξοδικά στο Κεφάλαιο 8, ενεργοποιήθηκαν οι πρώτοι 25 σταθμοί τηλεμετρίας στο δίκτυο της ΔΕΥΑΛ. Επομένως θα δοθεί έμφαση στην παράμετρο αυτή και θα εξεταστούν τα διατιθέμενα δεδομένα με επίκεντρο το έτος 2007.

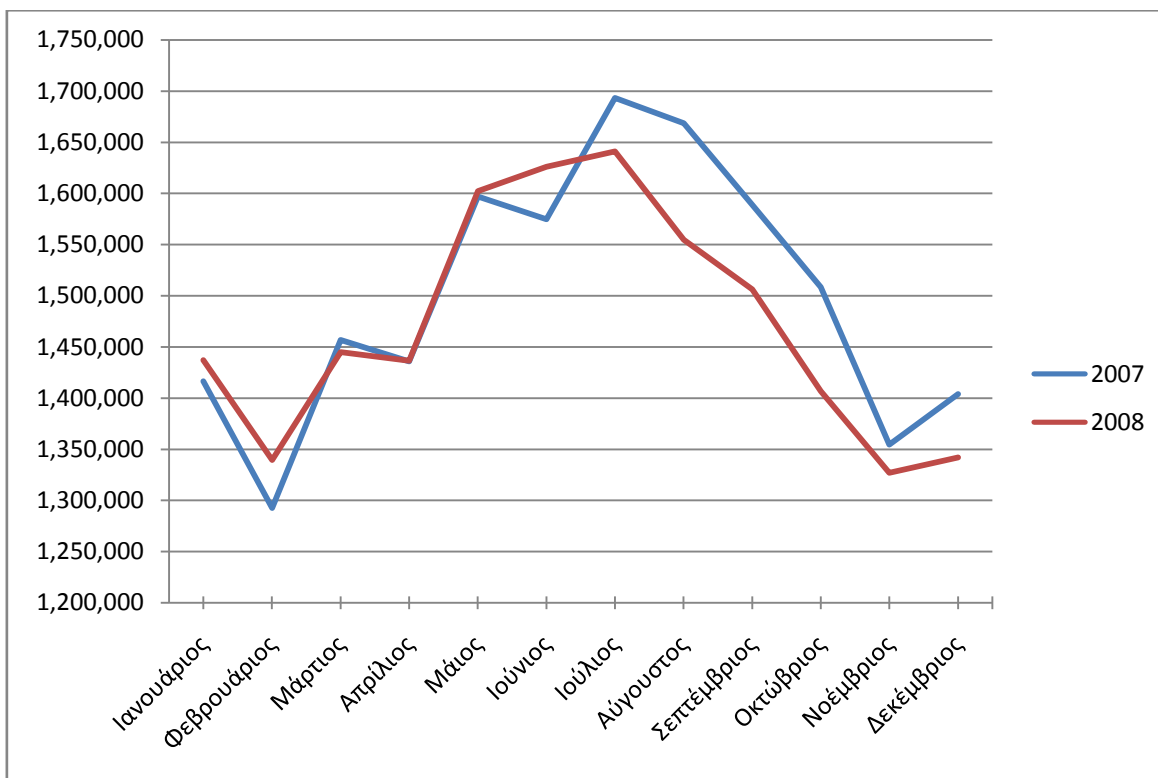
Παρατηρείται λοιπόν, ότι από το 2003 μέχρι το 2007 υπήρχε συνεχής και σημαντική αύξηση των ετήσιων καταναλώσεων με εξαίρεση μια μικρή πτώση από το 2005 στο 2006. Απεναντίας, από το 2007 και έπειτα παρατηρείται σημαντική μείωση των καταναλώσεων με εξαίρεση μια μικρή αύξηση – της τάξεως του 0,6% – από το 2009 στο 2010.

Μάλιστα, το 2012 οι ετήσιες καταναλώσεις έλαβαν την ελάχιστη τιμή από το 2001 και έπειτα. Προς επίρρωση των ανωτέρω, το 2007 οι καταναλώσεις ανήλθαν σε $17.990.143\text{m}^3$, ενώ το 2012 σε $16.154.668\text{m}^3$, δηλαδή μείωση κατά $1.418.823\text{m}^3$.



Διάγραμμα 9.14 Κατανάλωση νερού για τα έτη 2001 – 2012

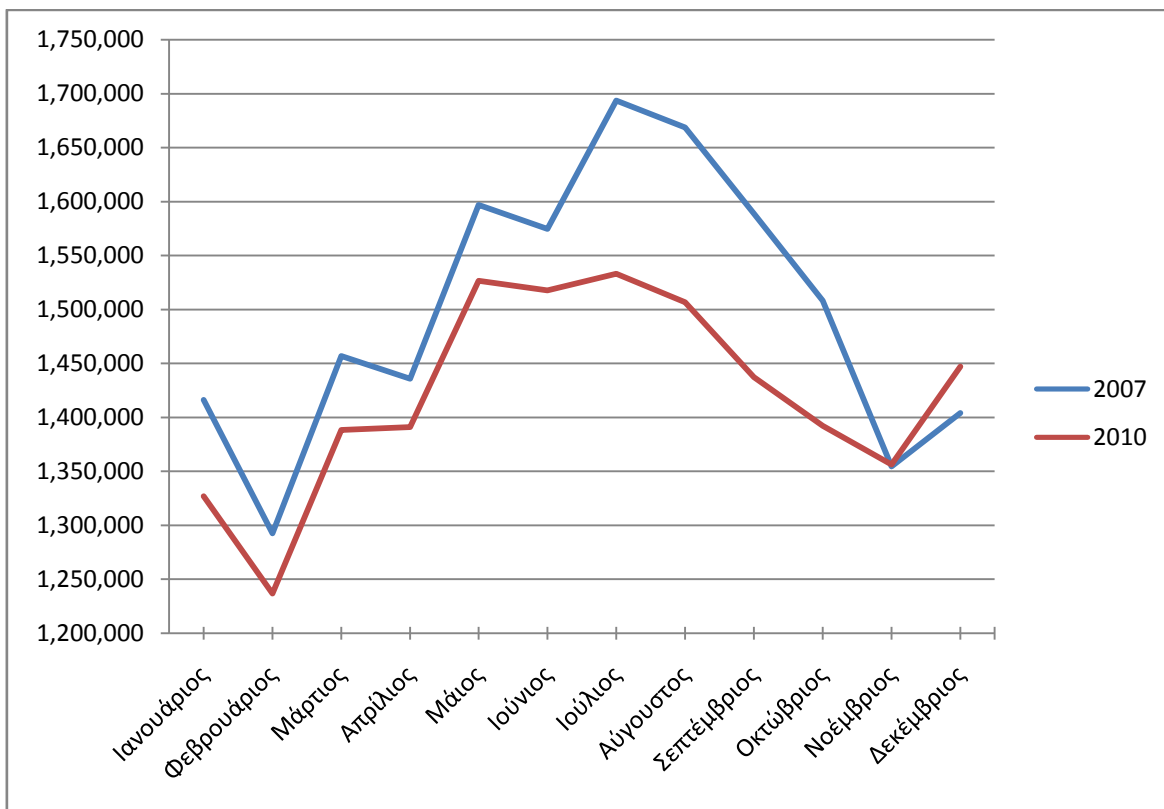
9.6.5. Σύγκριση χρονοσειρών μηνιαίων καταναλώσεων νερού (2007 – 2012)



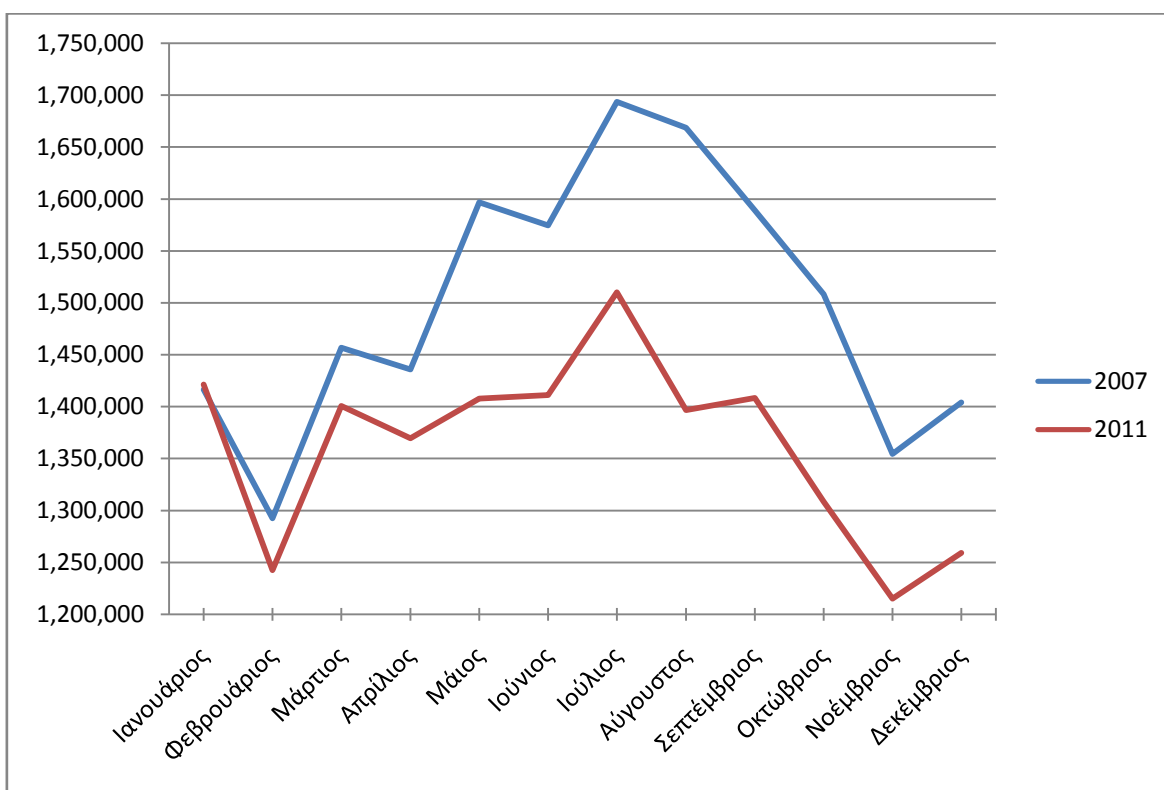
Διάγραμμα 9.15 Σύγκριση καταναλώσεων νερού για τα έτη 2007 και 2008



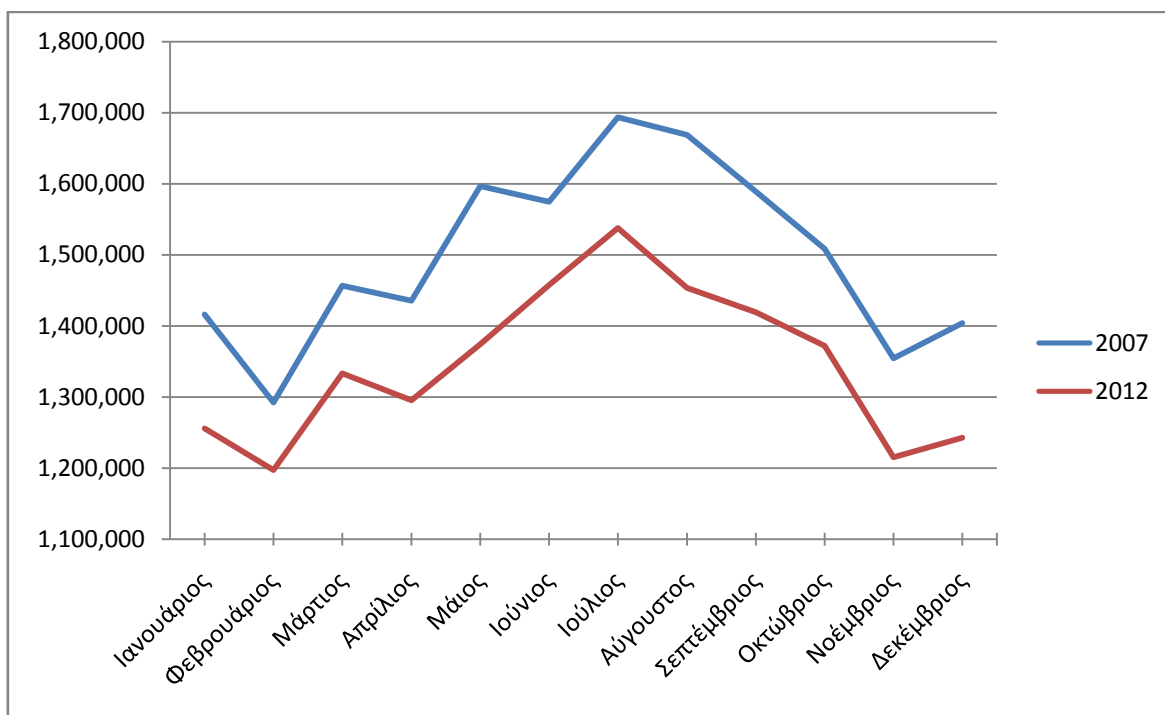
Διάγραμμα 9.16 Σύγκριση καταναλώσεων νερού για τα έτη 2007 και 2009



Διάγραμμα 9.17 Σύγκριση καταναλώσεων νερού για τα έτη 2007 και 2010



Διάγραμμα 9.18 Σύγκριση καταναλώσεων νερού για τα έτη 2007 και 2011



Διάγραμμα 9.19 Σύγκριση καταναλώσεων νερού για τα έτη 2007 και 2012

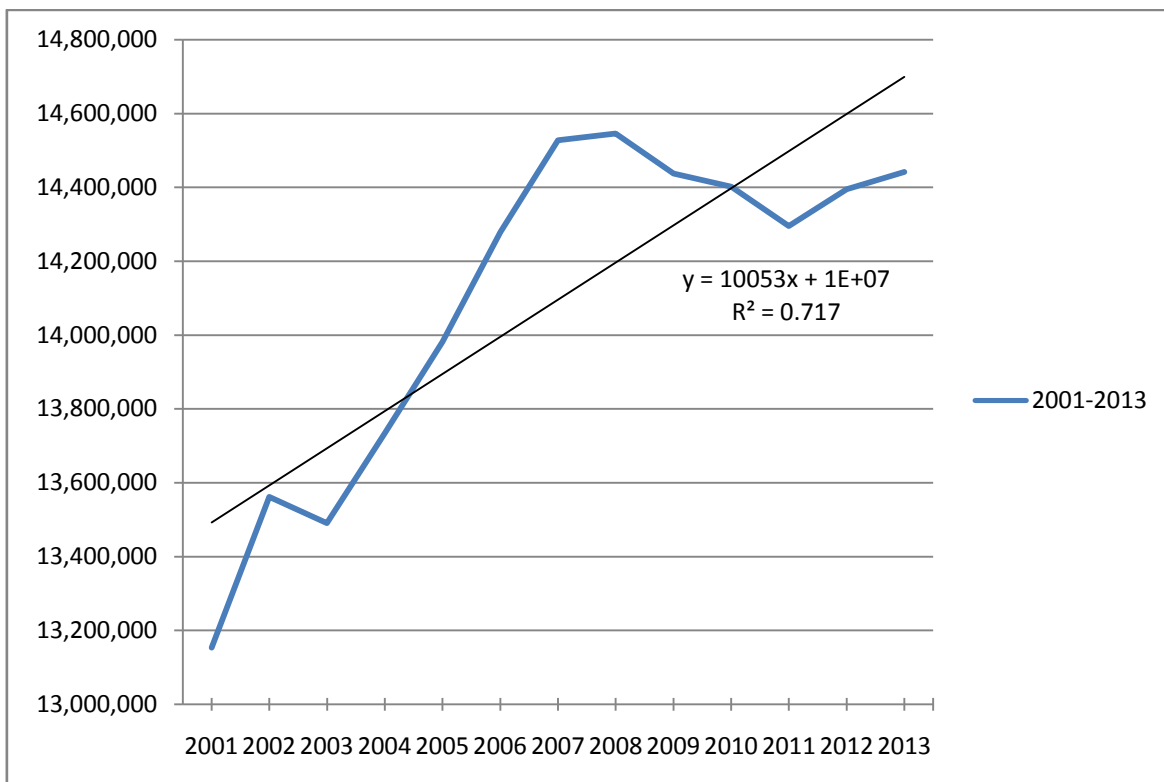
Λαμβανομένου υπόψη, ότι το έτος 2007 αποτελεί το κρίσιμο διαχειριστικά έτος, καθώς εγκαταστάθηκαν οι πρώτοι 25 σταθμοί τηλεμετρίας στο δίκτυο της ΔΕΥΑΛ, κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστεί μια σύγκριση των καταναλώσεων του υπόψη έτους με τα επόμενα, μέχρι και το 2012.

Στα Συγκριτικά Διαγράμματα 9.15 έως 9.19 αποτυπώνονται οι εν λόγω συγκρίσεις, από όπου υφίσταται δυνατότητα να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα:

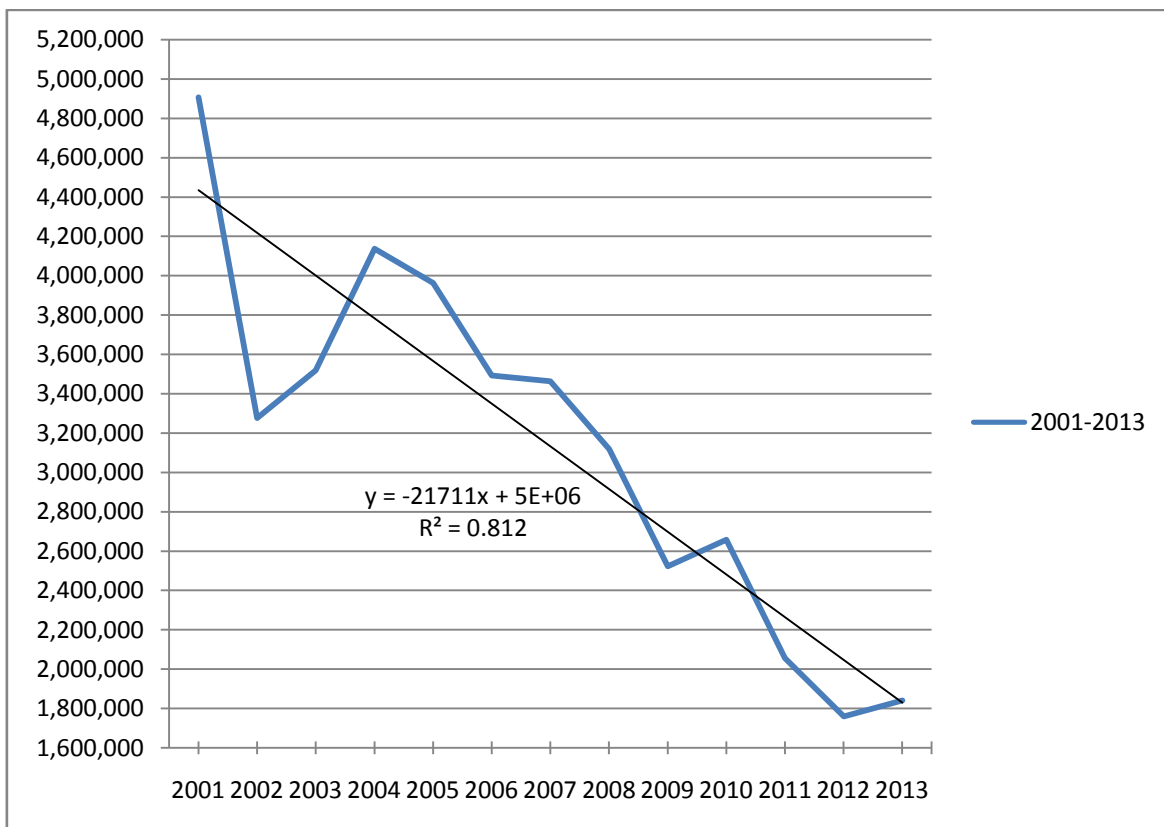
- Μόνο το έτος 2008 και συγκεκριμένα τους μήνες Φεβρουάριο και Ιούνιο οι μηνιαίες καταναλώσεις είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες του 2007. Αυτό βέβαια χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, καθώς αφενός η τηλεμετρία της ΔΕΥΑΛ ήταν στους πρώτους μήνες λειτουργίας, αφετέρου θα πρέπει να εξεταστεί και η συχνότητα των διαρροών που εμφανίστηκαν στις συγκεκριμένες περιόδους.
- Στις συγκρίσεις των καταναλώσεων του 2007 με τα έτη 2009 – 2012 φαίνεται πλέον ξεκάθαρα, ότι υπάρχει αισθητή μείωση, γεγονός που ισχυροποιεί τη χρησιμότητα και την αποτελεσματικότητα της τηλεμετρίας.

9.6.6. Χρονοσειρές ετήσιων απωλειών νερού πόλης Λάρισας (2001 – 2012)

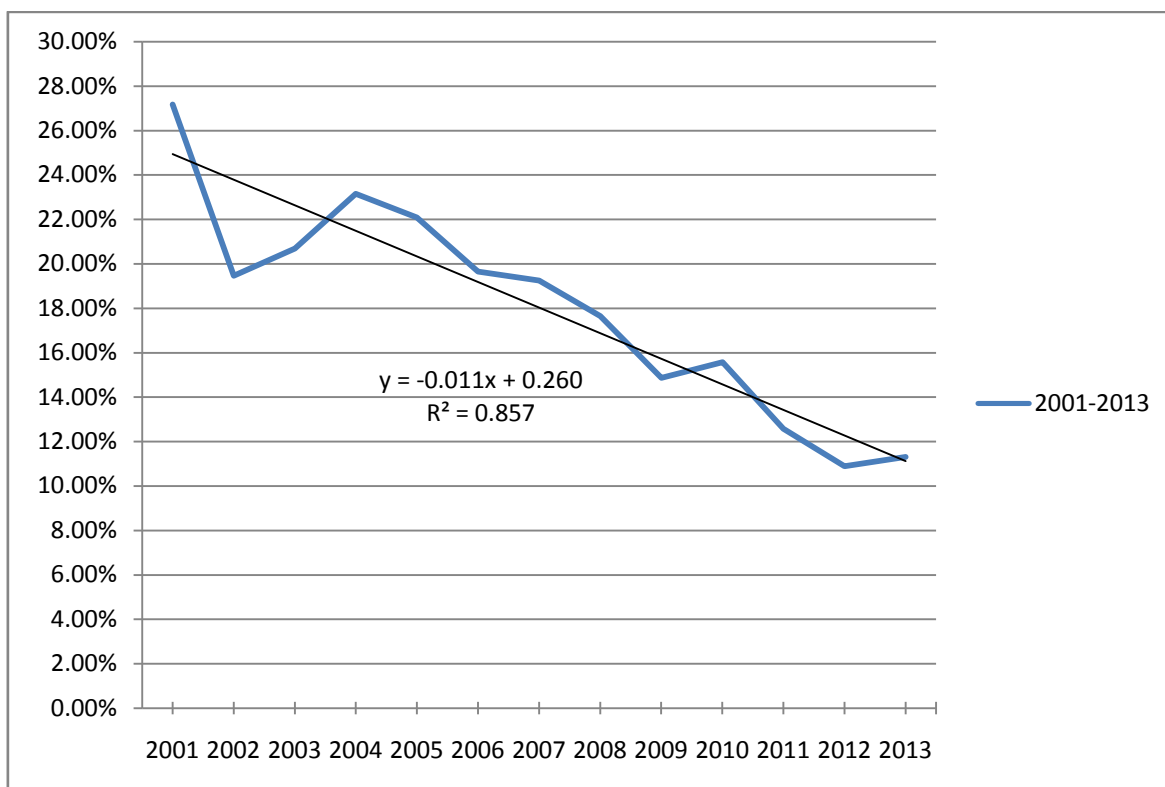
Στον Πίνακα 9.2 φαίνονται αναλυτικά οι καταναλώσεις ανά έτος στην πόλη της Λάρισας, καθώς και οι οικονομικές απώλειες καταγεγραμμένες σε m³. Με βάση τα στοιχεία αυτά προκύπτουν οι χρονοσειρές των Διαγραμμάτων 9.20 έως 9.22.



Διάγραμμα 9.20 Πωληθέντα m³ νερού για τα έτη 2001 – 2013



Διάγραμμα 9.21 Οικονομικές απώλειες σε m³ νερού για τα έτη 2001 – 2013



Διάγραμμα 9.22 Ποσοστιαίες απώλειες νερού για τα έτη 2001 – 2013

Παρατηρώντας τον Πίνακα 9.2, βλέπουμε ότι σε κάθε έτος από το 2001 έως το 2013 η συνολική ετήσια κατανάλωση αναλύεται στην ποσότητα του νερού που πωλήθηκε και στην ποσότητα του νερού που απωλέσθηκε. Για παράδειγμα στο έτος 2001 η συνολική ετήσια κατανάλωση ανήλθε σε $18.059.662\text{m}^3$ από τα οποία $13.153.127\text{m}^3$ πωλήθηκαν και $4.906.535\text{m}^3$ χάθηκαν επιφέροντας οικονομική ζημία στη ΔΕΥΑΛ.

Η εξέλιξη των απωλειών νερού, με τη βοήθεια του Διαγράμματος 9.21, φαίνεται ότι παρουσιάζει σημαντική βελτίωση. Συγκεκριμένα, το 2001 οι απώλειες ανήλθαν σε $4.906.535\text{m}^3$, ενώ το 2013 μόλις σε $1.840.886\text{m}^3$.

Επειδή όμως οι απώλειες έχουν άμεση εξάρτηση και από τη συνολική ετήσια κατανάλωση, το Διάγραμμα 9.22 μας βοηθάει να προσεγγίσουμε πιο αντικειμενικά τη βελτίωση που έχει επέλθει στο θέμα της διαχείρισης των απωλειών νερού. Τοποθετώντας ως κρίσιμο διαχειριστικό έτος το 2007, που ενεργοποιήθηκαν οι πρώτοι σταθμοί τηλεμετρίας της ΔΕΥΑΛ, προκύπτουν τα εξής χρήσιμα συμπεράσματα:

- Από το 2001 μέχρι το 2013 οι απώλειες νερού μειώθηκαν ποσοστιαία κατά $27,17 - 11,31 = 17,86\%$.
- Από το 2001 μέχρι το 2007 οι απώλειες νερού μειώθηκαν ποσοστιαία κατά $27,17 - 19,25 = 7,92\%$.

- Από το 2007 μέχρι το 2013 οι απώλειες νερού μειώθηκαν ποσοστιαία κατά $19,25 - 11,31 = 7,94\%$.
- Μόνο τα έτη 2004 και 2010 παρατηρήθηκαν μικρές ποσοστιαίες αυξήσεις, συγκριτικά με τα προηγούμενα έτη 2003 και 2009 αντίστοιχα.

Από τα ανωτέρω στοιχεία συνάγεται, ότι από το 2001 μέχρι το 2007, πριν εγκατασταθεί το σύστημα τηλεμετρίας, η ΔΕΥΑΛ βελτίωσε σημαντικά τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Ομοίως από το 2007 μέχρι το 2013. Μάλιστα, τα ποσοστά στις ανωτέρω βελτιώσεις είναι σχεδόν ίδια, $7,92\%$ και $7,94\%$ αντίστοιχα.

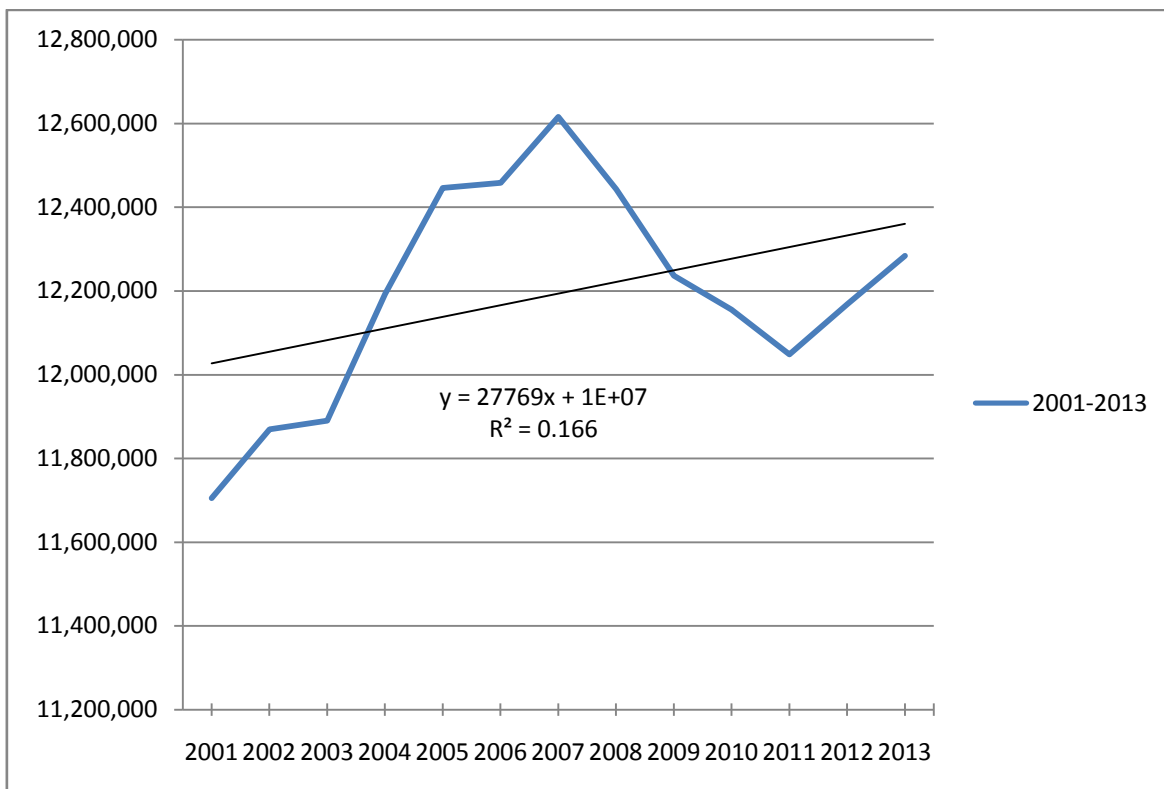
Περνώντας στα στοιχεία του Πίνακα 9.3, παρατηρείται ότι η ποσότητα νερού που πωλήθηκε ανά έτος, αναλύεται σε αυτήν που πραγματικά καταναλώθηκε, συν την ποσότητα που προκύπτει από τη διαφορά παγίου, μείον την ποσότητα που διατέθηκε χωρίς να χρεωθεί (προσωπικό, πίδακες, υπόνομοι, καθαρισμός, ΔΕΥΑΛ).

Για παράδειγμα το έτος 2013 πωλήθηκαν $14.441.647\text{m}^3$, το οποίο προκύπτει ως εξής: $12.283.939\text{m}^3$ (πραγματική κατανάλωση) + $3.047.983\text{m}^3$ (διαφορά παγίου) - 890.275m^3 (διατέθηκε χωρίς χρέωση) = $14.441.647\text{m}^3$.

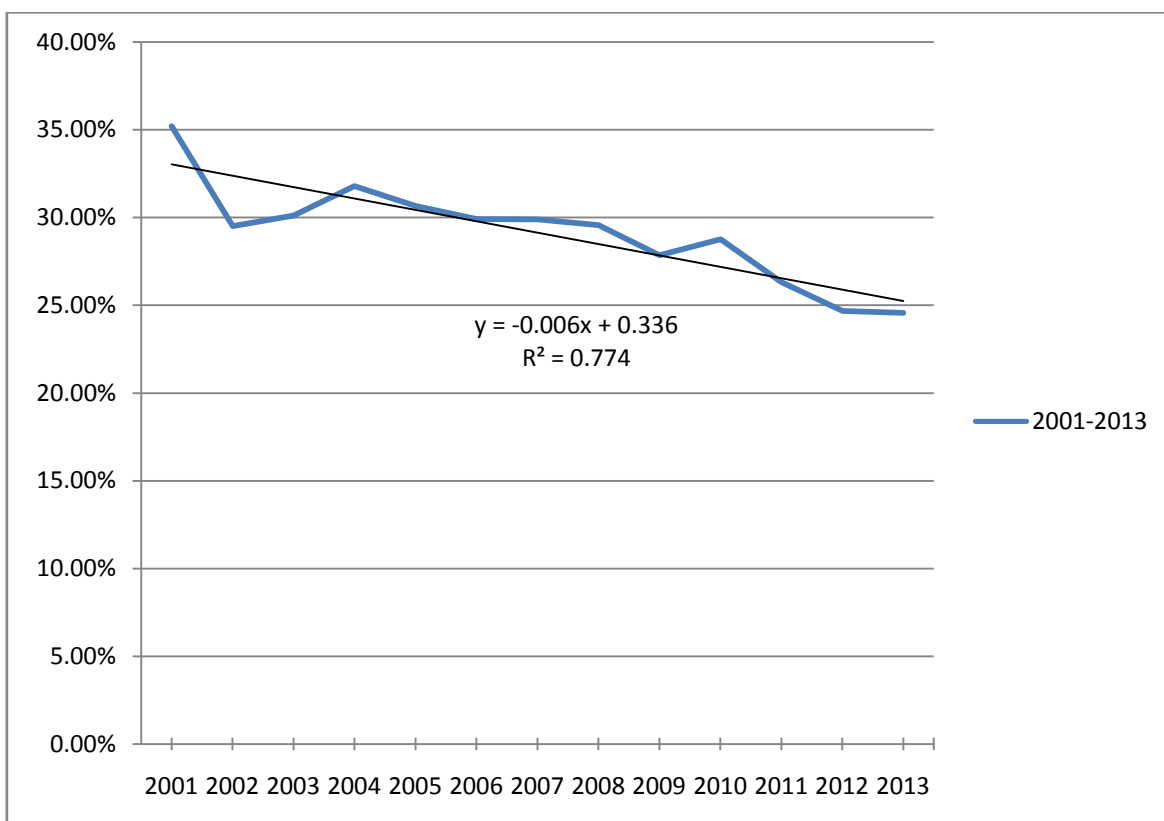
Λαμβάνοντας υπόψη την ανωτέρω ανάλυση, διαφοροποιούνται τα ποσοστά των απωλειών νερού, καθότι για κάθε έτος προκύπτουν αν από τη συνολική ετήσια παροχή νερού αφαιρεθεί η πραγματικά καταναλωθείσα.

Για παράδειγμα στο έτος 2013, η ΔΕΥΑΛ παρείχε ποσότητα νερού ίση με $16.282.533\text{m}^3$, από την οποία πραγματικά καταναλώθηκε ποσότητα ίση με $12.283.939\text{m}^3$, οπότε οι πραγματικές απώλειες ανήλθαν σε $3.998.594\text{m}^3$. Επί της ουσίας υπάρχει διαφοροποίηση σε σχέση με τις απώλειες που καταγράφονται στον Πίνακα 9.2, εφόσον η κατανάλωση από τη διαφορά παγίου είναι λογιστική και όχι πραγματική.

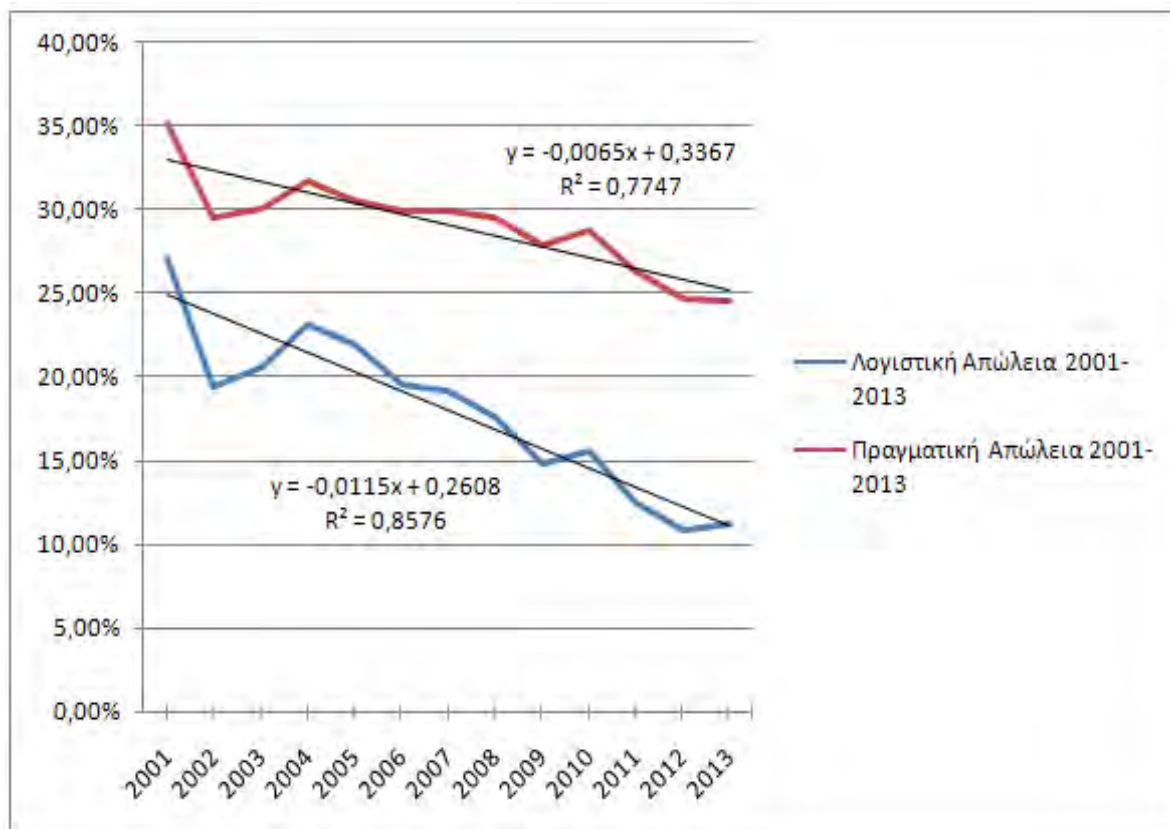
Με βάση λοιπόν τα στοιχεία του Πίνακα 9.3, προκύπτουν τα Διαγράμματα 9.23 έως 9.25, αναφορικά με την εξέλιξη των καταναλώσεων και των απωλειών νερού από το 2001 μέχρι το 2013. Από τα Διαγράμματα αυτά, με τη βοήθεια της γραμμής τάσης, φαίνεται για τη μεν πραγματική ετήσια κατανάλωση νερού αυξητική τάση για τη δε πραγματική ετήσια απώλεια νερού φθίνουσα τάση. Επίσης, σημαντική παρατήρηση αποτελεί το γεγονός, ότι από το 2011 μέχρι το 2013 οι πραγματικές καταναλώσεις έχουν αυξηθεί, ενώ οι αντίστοιχες απώλειες έχουν διατηρηθεί στα ίδια επίπεδα. Ο συνδυασμός αυτός προφανώς και είναι συμφέρων από οικονομικής άποψης για τη ΔΕΥΑΛ, ενώ ο βέλτιστος θα ήταν να υπάρχει αντίστοιχη μείωση των απωλειών νερού.



Διάγραμμα 9.23 Πραγματική κατανάλωση m³ νερού (2001-2013)



Διάγραμμα 9.24 Πραγματική ποσοστιαία απώλεια m³ νερού (2001-2013)



Διάγραμμα 9.25 Πραγματική και λογιστική ποσοστιαία απώλεια m³ νερού (2001-2013)

Η συγκριτική απεικόνιση των ετήσιων πραγματικών και λογιστικών απωλειών καταδεικνύει ότι αυτές ακολουθούν την ίδια φθίνουσα τάση. Παρόλα αυτά, υπάρχουν έτη όπου η ποσοστιαία διαφορά κυμαίνεται στο 9% και άλλα που κυμαίνεται στο 13%. Θεωρώντας και πάλι ως κρίσιμο διαχειριστικά έτος το 2007, λόγω εφαρμογής της τηλεμετρίας, όπου αυτές οι αποκλίσεις είναι μεγάλες όπως το 2010, 2011, 2012 και 2013 απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση, προκειμένου να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

9.7. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ

9.7.1. Ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis)

Με την ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis) εξετάζουμε τη σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών με σκοπό την πρόβλεψη των τιμών της μιας, μέσω των τιμών της άλλης (ή των άλλων). Σε κάθε πρόβλημα παλινδρόμησης διακρίνουμε δύο είδη μεταβλητών: τις ανεξάρτητες ή ελεγχόμενες ή επεξηγηματικές (independent, predictor, casual, input, explanatory variables) και τις εξαρτημένες ή απόκρισης (dependent, response variables).

Σε πειραματικές έρευνες, ανεξάρτητη μεταβλητή x είναι εκείνη την οποία μπορούμε να ελέγξουμε, δηλαδή, να καθορίσουμε τις τιμές της (π.χ. το ύψος της διαφημιστικής δαπάνης ενός προϊόντος, ο αριθμός των λειτουργούντων ταμείων σε ένα υποκατάστημα τραπεζής, η ποσότητα λιπάσματος, η θερμοκρασία επεξεργασίας ενός προϊόντος).

Εξαρτημένη μεταβλητή y είναι εκείνη στην οποία αντανακλάται το αποτέλεσμα των μεταβολών στις ανεξάρτητες μεταβλητές (π.χ. η ζήτηση ενός προϊόντος, ο χρόνος αναμονής των πελατών ενός υποκαταστήματος τραπεζής, η απόδοση μιας καλλιέργειας, η αντοχή ενός υλικού).

Σε μη πειραματικές έρευνες (δειγματοληψίες) η διάκριση μεταξύ ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών δεν είναι πάντοτε σαφής, γιατί καμία μεταβλητή δεν είναι ελεγχόμενη, αλλά όλες είναι τυχαίες (π.χ. το ύψος και το βάρος των φοιτητών, οι ώρες μελέτης των φοιτητών ενός πανεπιστημιακού τμήματος και η απόδοση τους σε ένα τεστ, οι εβδομάδες εμπειρίας ενός εργάτη σε μια επιχείρηση και ο αριθμός των ελαττωματικών προϊόντων που παράγει, η κατάταξη δέκα προϊόντων από έναν κριτή και η κατάταξη των ιδίων προϊόντων από έναν άλλο κριτή, ο αριθμός των πωλήσεων μουσικών CD σε μια περιοχή και ο αριθμός των νέων στην ίδια περιοχή).

Μερικά παραδείγματα όπως όταν θέλει ένας μεσίτης να συσχετίσει τη τιμή πώλησης ενός σπιτιού με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του κτιρίου και τους φόρους για το συγκεκριμένο κτίριο, όταν θέλουμε να εξετάσουμε τη κατανάλωση τσιγάρων σε σχέση με την ηλικία, τη μόρφωση, το εισόδημα και τη τιμή τους. Στο παράδειγμα εκτίμησης της τιμής των ακινήτων η μεταβλητή απόκρισης είναι η τιμή του σπιτιού και η μεταβλητή πρόβλεψης είναι τα χαρακτηριστικά του κτιρίου και οι φόροι που καταβλήθηκαν για το κτίριο. Στο παράδειγμα κατανάλωσης τσιγάρων η μεταβλητή απόκρισης είναι η κατανάλωση τσιγάρων (με βάση τον αριθμό των πακέτων των τσιγάρων που πωλούνται σε ένα κράτος σε κατά κεφαλήν βάση κατά τη διάρκεια ενός έτους) και οι μεταβλητές πρόβλεψης είναι οι διάφορες κοινωνικοοικονομικές και δημογραφικές μεταβλητές.

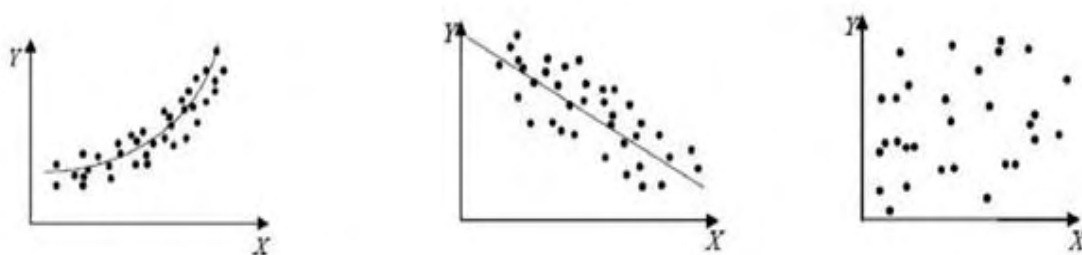
Η ανάλυση παλινδρόμησης απασχολεί το τομέα των μαθηματικών και ειδικότερα της στατιστικής εδώ και διακόσια χρόνια περίπου. Η παλιότερη μορφή της γραμμική παλινδρόμησης ήταν η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων, η οποία δημοσιεύθηκε από τον Legendre το 1805 και από το Gauss το 1809. Ο όρος «ελάχιστα τετράγωνα» πρόεκυψε από τον Legendre. Ο Legendre και ο Gauss εφάρμοσαν αυτή τη μέθοδο για να προσδιορίσουν από τις αστρονομικές προβλέψεις τις τροχιές των σωμάτων σε σχέση με τον ήλιο. Ο Euler εργάστηκε στο ίδιο πρόβλημα το 1748 χωρίς όμως να έχει επιτυχία. Ο

Gauss δημοσίευσε μια πιο βελτιωμένη θεωρία για τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων το 1821, συμπεριλαμβάνοντας μια έκδοση η οποία είναι πολύ γνωστή σήμερα ως το θεώρημα του Gauss-Markov. Το θεώρημα αυτό, αποτελεί θεμελιώδες θεώρημα στο τομέα γραμμικών μοντέλων.

Ας θεωρήσουμε δύο μεταβλητές x , y . Αν οι μεταβλητές αυτές συνδέονται με μια σχέση της μορφής $y = f(x)$ μέσω της οποίας για κάθε τιμή της x μπορούμε να προβλέψουμε ακριβώς την τιμή της y , δηλαδή, αν οι τιμές της y δεν υπόκεινται σε σφάλματα, τότε λέμε ότι οι δύο μεταβλητές συνδέονται με τη συναρτησιακή - προσδιοριστική (deterministic) σχέση $y = f(x)$. Για παράδειγμα, το ρεύμα που καταναλώνει μια οικογένεια σε ένα δίμηνο και το ποσό που πληρώνει για την κατανάλωση αυτή συνδέονται με συναρτησιακή - προσδιοριστική σχέση. Επίσης, το ποσό που καταθέτει κάποιος στο Ταμειυτήριο και ο τόκος που παίρνει για το ποσό αυτό, συνδέονται με συναρτησιακή - προσδιοριστική σχέση. Σε αυτές τις περιπτώσεις τα σημεία του διαγράμματος διασποράς βρίσκονται όλα πάνω στην καμπύλη που έχει εξίσωση $y = f(x)$ και όσες φορές και αν επαναλάβουμε το πείραμα θέτοντας το x στο ίδιο επίπεδο $x = x_i$, θα παίρνουμε πάντα την ίδια τιμή για το y .

Οι μη προσδιοριστικές σχέσεις μεταξύ μεταβλητών ονομάζονται στοχαστικές - στατιστικές (stochastic, probabilistic) σχέσεις. Στην περίπτωση αυτή, αν επαναλάβουμε το πείραμα πολλές φορές θέτοντας το x στο ίδιο επίπεδο $x = x_i$ τότε στην τιμή x_i της x δεν αντιστοιχεί μια μόνο τιμή y_i της y , γενικά, αντιστοιχεί ένα πλήθος διαφορετικών τιμών της y . Για παράδειγμα, αν x είναι η τιμή ενός προϊόντος και y είναι η ζήτησή του, η y βρίσκεται σε στοχαστική σχέση - εξάρτηση από τη x , γιατί η ζήτηση ενός προϊόντος επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες όπως είναι το ύψος του εισοδήματος των καταναλωτών, οι τιμές ομοειδών προϊόντων, οι καταναλωτικές συνήθειες, κ.α.

Σε μια στοχαστική σχέση το διάγραμμα διασποράς είναι, γενικά, ένα νέφος σημείων το οποίο πολλές φορές καθορίζει μια ιδεατή γραμμή η οποία δίνει μια πρώτη εικόνα της σχέσης που συνδέει τις δύο μεταβλητές. Η σχέση μάλιστα μεταξύ των δύο μεταβλητών είναι τόσο περισσότερο ισχυρή όσο πιο κοντά στην ιδεατή γραμμή βρίσκονται τα σημεία του διαγράμματος διασποράς. Στο πρώτο από τα παρακάτω σχήματα έχουμε το διάγραμμα διασποράς μιας ισχυρής σχέσης στην οποία όταν αυξάνουν οι τιμές της x αυξάνουν γενικά και οι τιμές της y , ενώ στο δεύτερο σχήμα έχουμε μια λιγότερο ισχυρή σχέση στην οποία όταν αυξάνουν οι τιμές της x ελαττώνονται γενικά και οι τιμές της y .



Σχήμα 9.1 Διαγράμματα διασποράς

Τέλος, στην περίπτωση του τρίτου σχήματος δε φαίνεται να υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ των x και y . Γενικά, δύο μεταβλητές που συνδέονται είτε με συναρτησιακή - προσδιοριστική σχέση είτε με στοχαστική σχέση λέγονται «εξαρτημένες». Αν υπάρχει εξάρτηση μεταξύ δύο μεταβλητών, τότε μπορούμε τη μια από αυτές να τη χαρακτηρίσουμε ως «αιτία» και την άλλη ως «αποτέλεσμα». Αυτό όμως, μόνο στην περίπτωση που η εξάρτηση οφείλεται σε σχέση αιτιότητας των δύο μεταβλητών και όχι σε μια απλή συμμεταβολή η οποία μπορεί να οφείλεται σε εξάρτηση των δύο μεταβλητών από μια τρίτη μεταβλητή. Αν, για παράδειγμα, x είναι το ετήσιο εισόδημα μιας οικογένειας και y, z είναι τα ποσά που ξοδεύει η οικογένεια αυτή σε ένα έτος για κρέας και για αγορά λογοτεχνικών βιβλίων, τότε: αν διαπιστώσουμε σε ένα σύνολο οικογενειών σχέση μεταξύ των x και y (ή μεταξύ των x και z) δεχόμαστε ότι υπάρχει εξάρτηση μεταξύ των δύο μεταβλητών και τότε μπορούμε να χαρακτηρίσουμε τη x ως «αιτία» και την y (ή τη z) ως «αποτέλεσμα». Αν όμως διαπιστωθεί σχέση μεταξύ των y και z (που είναι πολύ πιθανό, αφού και οι δύο μεταβάλλονται με το ετήσιο εισόδημα x) ασφαλώς θα πρόκειται για «νόθα» εξάρτηση (Faraway, 2002).

9.7.2. Είδη παλινδρόμησης

Υπάρχουν τρία είδη παλινδρόμησης. Η πρώτη είναι η απλή γραμμική παλινδρόμηση. Αυτό το είδος παλινδρόμησης χρησιμοποιείται για να βρούμε τη σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών, οι οποίες μεταβάλλονται γραμμικά. Μια από αυτές είναι η εξαρτημένη μεταβλητή y και η ανεξάρτητη μεταβλητή x . Για παράδειγμα, η απλή γραμμική παλινδρόμηση μπορεί να προβλέψει τη σχέση μεταξύ της μυϊκής δύναμης (y) και τη μυϊκή μάζα σώματος (x). Συνήθως η συνάρτηση του απλού γραμμικού μοντέλου έχει την ακόλουθη μορφή:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (9.1)$$

όπου y είναι η εξαρτημένη μεταβλητή, β_0 είναι το σημείο τομής με τον άξονα των x , β_1 είναι η κλίση της ευθείας ή κλίση της καμπύλης της παλινδρόμησης, x είναι η ανεξάρτητη μεταβλητή και ε είναι το τυχαίο σφάλμα. Συνήθως θεωρείται ότι το σφάλμα ε ακολουθεί κανονική κατανομή με $E(\varepsilon)=0$ και σταθερή διακύμανση $Var(\varepsilon) = \sigma^2$ στην απλή γραμμική παλινδρόμηση.

Το δεύτερο είδος παλινδρόμησης είναι η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση, η οποία είναι μια γραμμική παλινδρόμηση με μια εξαρτημένη μεταβλητή και περισσότερες από μια ανεξάρτητες μεταβλητές. Η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση υποθέτει ότι η μεταβλητή απόκρισης είναι μια γραμμική συνάρτηση των παραμέτρων του μοντέλου και υπάρχουν περισσότερες από μια ανεξάρτητες μεταβλητές στο μοντέλο. Η γενική μορφή της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης έχει ως εξής:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon \quad (9.2)$$

όπου y είναι η εξαρτημένη μεταβλητή $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ είναι συντελεστές παλινδρόμησης και x_1, x_2, \dots, x_n είναι ανεξάρτητες μεταβλητές του μοντέλου. Στην κλασική παλινδρόμηση συνήθως θεωρείται ότι ο όρος σφάλμα ακολουθεί κανονική κατανομή με $E(\varepsilon)=0$ και η τυπική απόκλιση είναι $Var(\varepsilon) = \sigma^2$.

Με την απλή γραμμική παλινδρόμηση διερευνούμε τη γραμμική σχέση μεταξύ μιας εξαρτημένης μεταβλητής και μιας ανεξάρτητης μεταβλητής, ενώ με τη πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση εστιάζουμε στη γραμμική σχέση μεταξύ μιας εξαρτημένης μεταβλητής σε περισσότερες από μια ανεξάρτητες μεταβλητές. Η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση περιλαμβάνει περισσότερες παραμέτρους από την απλή γραμμική παλινδρόμηση, όπως τη συγγραμμικότητα, την ετεροσκεδάση, τη γραφική απεικόνιση της διάγνωσης παλινδρόμησης, την ανίχνευση παλινδρόμησης σε ακραίες τιμές και στις παρατηρήσεις που επηρεάζουν την παλινδρόμηση.

Το τρίτο είδος παλινδρόμησης είναι η μη γραμμική παλινδρόμηση, η οποία υποθέτει ότι η σχέση μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής και της ανεξάρτητης μεταβλητής είναι μη γραμμική στις παραμέτρους παλινδρόμησης. Ένα παράδειγμα μη γραμμικής παλινδρόμησης είναι το ακόλουθο:

$$y = \frac{\alpha}{1 + e^{\beta t}} + \varepsilon \quad (9.3)$$

όπου y είναι η ανάπτυξη ενός συγκεκριμένου οργανισμού συναρτήσει του χρόνου t , α και β είναι οι παράμετροι του μοντέλου, και ε είναι το τυχαίο σφάλμα. Το μοντέλο μη

γραμμικής παλινδρόμησης είναι πιο περίπλοκο από το γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης όσον αφορά την εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου, επιλογή μοντέλου, μοντέλο πρόβλεψης, επιλογή μεταβλητών, την ανίχνευση της ακραίας τιμής, ή το προσδιορισμό των καθοριστικών παρατηρήσεων (Chatterjee and Hadi, 2006).

9.7.3. Στόχοι της ανάλυσης παλινδρόμησης

Η ανάλυση παλινδρόμησης είναι μια από τις πιο εύχρηστες στατιστικές μεθόδους στη πράξη. Μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλούς επιστημονικούς τομείς συμπεριλαμβανομένου της ιατρικής, βιολογίας, γεωργίας, οικονομικών, μηχανικής, κοινωνιολογίας, γεωλογίας, κ.α. Ο σκοπός της ανάλυσης παλινδρόμησης έχει τρεις στόχους (Faraway, 2002):

- Προσδιορισμός της σχέσης μεταξύ της μεταβλητής απόκρισης y και των μεταβλητών παλινδρόμησης x_1, x_2, \dots, x_n .
- Η πρόβλεψη της μεταβλητής y βασίζεται σε ένα σύνολο τιμών των x_1, x_2, \dots, x_n .
- Διαλέγει τις μεταβλητές x_1, x_2, \dots, x_n για να προσδιορίσει ποιες από αυτές είναι πιο σημαντικές από τις υπόλοιπες, ώστε να αντιπροσωπεύει τη μεταβλητή απόκρισης y όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά και με τη περισσότερη ακρίβεια.

9.7.4. Πότε χρησιμοποιούμε την ανάλυση παλινδρόμησης

Με την ανάλυση παλινδρόμησης μπορούμε να επιτύχουμε πολλούς σημαντικούς στόχους (Chatterjee and Hadi, 2006):

- Πρόβλεψη μελλοντικών παρατηρήσεων.
- Εκτίμηση των μεταβολών, ή τη σχέση μεταξύ των μεταβλητών απόκρισης.
- Μια γενική περιγραφή της δομής των δεδομένων.

9.8. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΕΤΗΣΙΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΝΕΡΟΥ

Με βάση τους Πίνακες 9.2 και 9.3, το Σύνολο των Ετήσιων Καταναλώσεων Νερού προκύπτει αν στην ποσότητα των Πωληθέντων προστεθεί η ποσότητα που Διατέθηκε χωρίς Αξία, εν συνεχεία αφαιρεθεί η ποσότητα από τη Διαφορά Παγίου και τέλος προστεθεί η ποσότητα των Απωλειών.

Τα στοιχεία αυτά για τα έτη 2001 – 2013 καταχωρούνται στο SPSS 17.0, όπως φαίνεται στην Εικόνα 9.1.

	ΣΥΝΟΛΟ_ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ	ΠΩΛΗΘΕΝΤΑ	ΔΙΑΘΕΣΗ_ΧΩΡΙΣ_ΑΞΙΑ	ΔΙΑΦΟΡΑ_ΠΑΓΙΟΥ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ
1	18.059.662	13.153.127	727.401	2.175.282	6.354.416
2	16.837.580	13.561.438	540.063	2.231.706	4.967.785
3	17.008.281	13.490.759	762.189	2.363.011	5.118.344
4	17.871.640	13.734.523	873.396	2.414.796	5.678.517
5	17.944.159	13.981.413	814.312	2.349.524	5.497.958
6	17.770.139	14.278.659	771.060	2.591.597	5.312.017
7	17.990.143	14.527.602	741.269	2.653.216	5.374.488
8	17.663.721	14.545.418	756.103	2.858.726	5.220.926
9	16.959.271	14.437.045	762.403	2.962.873	4.722.696
10	17.059.943	14.402.090	838.420	3.084.912	4.904.345
11	16.351.316	14.295.370	859.000	3.105.723	4.302.669
12	16.154.668	14.394.980	758.271	2.984.616	3.986.033
13	16.282.533	14.441.647	890.275	3.047.983	3.998.594
14					

Εικόνα 9.1 Καταχώρηση δεδομένων στο SPSS 17.0

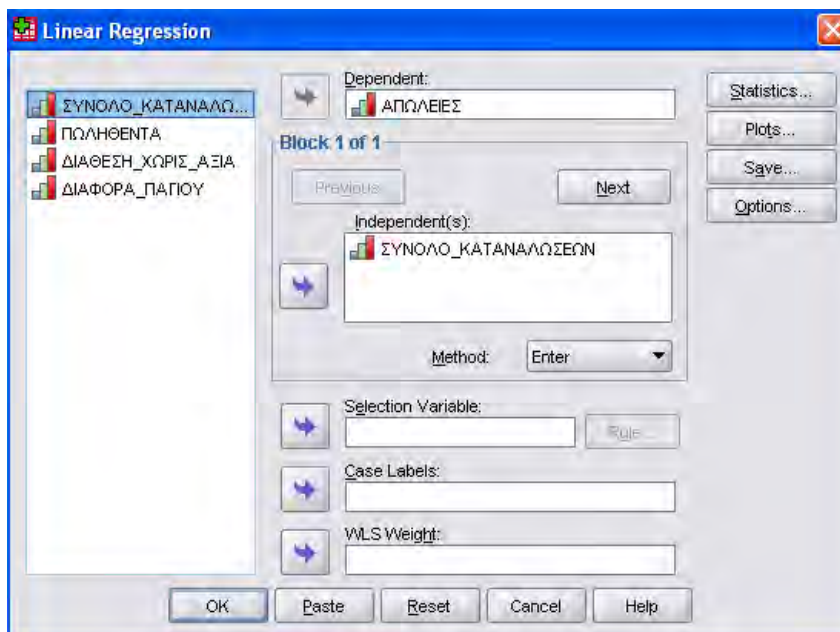
Στην προκειμένη περίπτωση, θεωρούμε ως εξαρτημένη μεταβλητή τις Απώλειες και ανεξάρτητες μεταβλητές x_i τις ακόλουθες ποσότητες νερού: Σύνολο Καταναλώσεων, Πωληθέντα, Διάθεση χωρίς Αξία και Διαφορά Παγίου.

Εξετάζουμε την υπόθεση H_0 : δεν υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ των μεταβλητών y και x_i .

Με τη συνδρομή του SPSS 17.0 εφαρμόζουμε τη γραμμική παλινδρόμηση (linear regression) μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής y και κάθε μιας ξεχωριστά από τις προαναφερόμενες εξαρτημένες μεταβλητές x_i .

9.8.1. Γραμμική παλινδρόμηση Απώλειες και Σύνολο Καταναλώσεων

Εφαρμόζοντας τη γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή τις Απώλειες και ανεξάρτητη μεταβλητή το Σύνολο των Καταναλώσεων, σύμφωνα με την Εικόνα 9.2, προκύπτουν τα στοιχεία Model Summary, ANOVA (Analysis of Variance) και Coefficients. Το R^2 είναι ο συντελεστής προσαρμογής, η τιμή του οποίου όταν τείνει στο 0 σημαίνει ότι έχουμε κακή προσαρμογή, ενώ όταν τείνει στο 1 σημαίνει ότι έχουμε καλή προσαρμογή.



Εικόνα 9.2 Γραμμική παλινδρόμηση στο SPSS 17.0

Πίνακας 9.4 Output SPSS 17.0 Απώλειες και Σύνολο Καταναλώσεων

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,925 ^a	,856	,843	266.223,289

a. Predictors: (Constant), ΣΥΝΟΛΟ_ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4,653E12	1	4,653E12	65,652	,000 ^a
	Residual	7,796E11	11	7,087E10		
	Total	5,433E12	12			

a. Predictors: (Constant), ΣΥΝΟΛΟ_ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ

b. Dependent Variable: ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-1,040E7	1905919,714		-5,455	,000
	ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ	,896	,111	,925	8,103	,000

a. Dependent Variable: ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Παρατηρούμε, ότι το R^2 είναι ίσο με 0,856 οπότε υπάρχει καλή προσαρμογή. Ακολούθως στον Πίνακα ANOVA ελέγχουμε αν $\text{Sig.F} < 0,05$ τότε η H_0 απορρίπτεται, δηλαδή οι μεταβλητές x και y είναι γραμμικά συσχετισμένες. Παρατηρούμε, ότι $\text{Sig.F} = 0,000 < 0,05$ οπότε απορρίπτεται η H_0 , δηλαδή υπάρχει γραμμική συσχέτιση των μεταβλητών x και y .

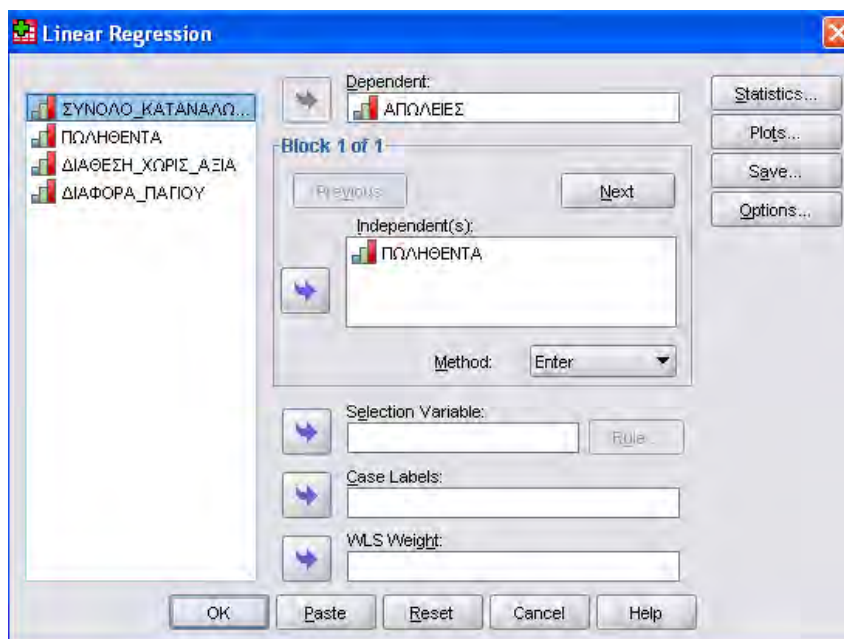
Στον Πίνακα Coefficients δίνονται οι συντελεστές της ευθείας. Ελέγχουμε αν $\text{Sig.F} < 0,05$ τότε απορρίπτεται η υπόθεση ότι οι συντελεστές της ευθείας είναι μηδέν. Παρατηρούμε, ότι $\text{Sig.F} = 0,000 < 0,05$ και $\text{Sig.F} = 0,000 < 0,05$ οπότε απορρίπτεται η H_0 , δηλαδή οι συντελεστές της ευθείας δεν είναι μηδέν.

Επομένως η εξίσωση που συνδέει τις δύο αυτές μεταβλητές είναι:

$$y = 0.896x - 10.400.000 \quad (9.4)$$

9.8.2. Γραμμική παλινδρόμηση Απώλειες και Πωληθέντα

Εφαρμόζοντας τη γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή τις Απώλειες και ανεξάρτητη μεταβλητή τα Πωληθέντα, σύμφωνα με την Εικόνα 9.3, προκύπτουν τα στοιχεία Model Summary, ANOVA (Analysis of Variance) και Coefficients. Το R^2 είναι ο συντελεστής προσαρμογής, η τιμή του οποίου όταν τείνει στο 0 σημαίνει ότι έχουμε κακή προσαρμογή, ενώ όταν τείνει στο 1 σημαίνει ότι έχουμε καλή προσαρμογή.



Εικόνα 9.3 Γραμμική παλινδρόμηση στο SPSS 17.0

Πίνακας 9.5 Output SPSS 17.0 Απώλειες και Πωληθέντα**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,597 ^a	,356	,298	563.888,117

a. Predictors: (Constant), ΠΩΛΗΘΕΝΤΑ

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1,935E12	1	1,935E12	6,086	,031 ^a
	Residual	3,498E12	11	3,180E11		
	Total	5,433E12	12			

a. Predictors: (Constant), ΠΩΛΗΘΕΝΤΑ

b. Dependent Variable: ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,728E7	4965260,309		3,479	,005
	ΠΩΛΗΘΕΝΤΑ	-,869	,352	-,597	-2,467	,031

a. Dependent Variable: ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Παρατηρούμε, ότι το R^2 είναι ίσο με 0,356 οπότε υπάρχει σχετικά μέτρια προσαρμογή. Ακολουθώντας στον Πίνακα ANOVA ελέγχουμε αν $\text{Sig.F} < 0,05$ τότε η H_0 απορρίπτεται, δηλαδή οι μεταβλητές x και y είναι γραμμικά συσχετισμένες. Παρατηρούμε, ότι $\text{Sig.F} = 0,031 < 0,05$ οπότε απορρίπτεται η H_0 , δηλαδή υπάρχει γραμμική συσχέτιση των μεταβλητών x και y .

Στον Πίνακα Coefficients δίνονται οι συντελεστές της ευθείας. Ελέγχουμε αν $\text{Sig.F} < 0,05$, τότε απορρίπτεται η υπόθεση ότι οι συντελεστές της ευθείας είναι μηδέν. Παρατηρούμε, ότι $\text{Sig.F} = 0,005 < 0,05$ και $\text{Sig.F} = 0,031 < 0,05$, οπότε απορρίπτεται η H_0 , δηλαδή οι συντελεστές της ευθείας δεν είναι μηδέν.

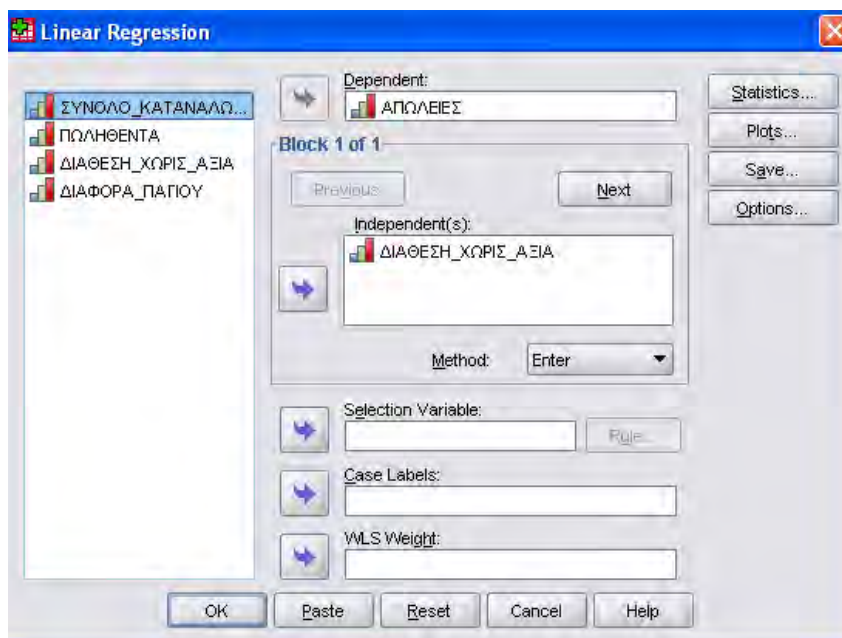
Επομένως η εξίσωση που συνδέει τις δύο αυτές μεταβλητές είναι:

$$y = -0,869x + 17.280.000 \quad (9.5)$$

9.8.3. Γραμμική παλινδρόμηση Απώλειες και Διάθεση χωρίς Αξία

Εφαρμόζοντας τη γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή τις Απώλειες και ανεξάρτητη μεταβλητή τη Διάθεση χωρίς Αξία, σύμφωνα με την Εικόνα 9.4,

προκύπτουν τα στοιχεία Model Summary, ANOVA (Analysis of Variance) και Coefficients. Το R^2 είναι ο συντελεστής προσαρμογής, η τιμή του οποίου όταν τείνει στο 0 σημαίνει ότι έχουμε κακή προσαρμογή, ενώ όταν τείνει στο 1 σημαίνει ότι έχουμε καλή προσαρμογή.



Εικόνα 9.4 Γραμμική παλινδρόμηση στο SPSS 17.0

Πίνακας 9.6 Output SPSS 17.0 Απώλειες και Διάθεση χωρίς Αξία

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,209 ^a	,044	-,043	687.219,823

a. Predictors: (Constant), ΔΙΑΘΕΣΗ_ΧΩΡΙΣ_ΑΞΙΑ

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2,377E11	1	2,377E11	,503	,493 ^a
	Residual	5,195E12	11	4,723E11		
	Total	5,433E12	12			

a. Predictors: (Constant), ΔΙΑΘΕΣΗ_ΧΩΡΙΣ_ΑΞΙΑ

b. Dependent Variable: ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Coefficients^a

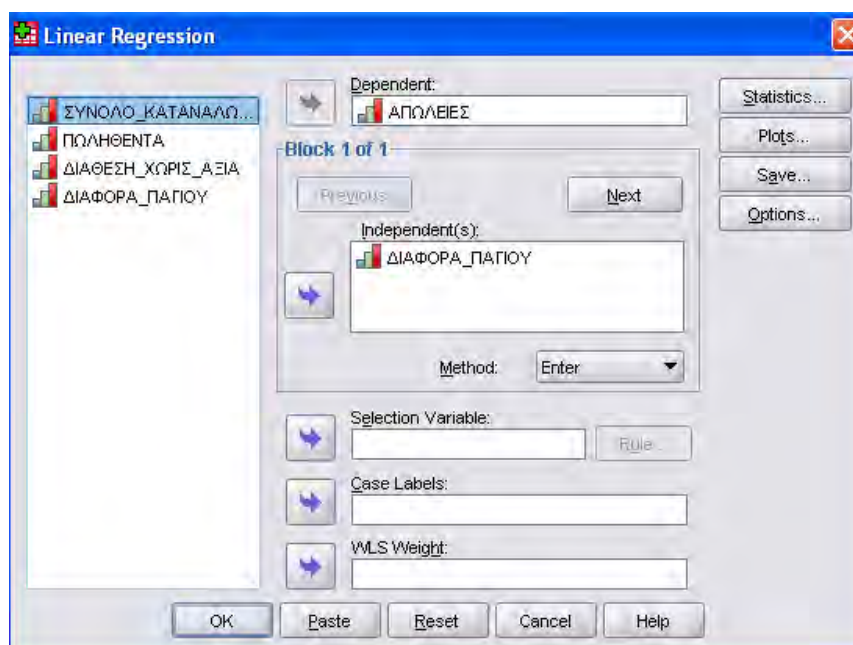
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	6261097,907	1740452,237		3,597	,004
	ΔΙΑΘΕΣΗ_ΧΩΡΙΣ_ΑΞΙΑ	-1,581	2,228	-,209	-,709	,493

a. Dependent Variable: ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Παρατηρούμε, ότι το R^2 είναι ίσο με 0,044 οπότε δεν υπάρχει καλή προσαρμογή. Ακολούθως στον Πίνακα ANOVA ελέγχουμε αν $\text{Sig.F} < 0,05$ τότε η H_0 απορρίπτεται, δηλαδή οι μεταβλητές x και y είναι γραμμικά συσχετισμένες. Παρατηρούμε, ότι $\text{Sig.F} = 0,493 > 0,05$ οπότε δεν απορρίπτεται η H_0 , δηλαδή δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση των μεταβλητών x και y .

9.8.4. Γραμμική παλινδρόμηση Απώλειες και Διαφορά Παγίου

Εφαρμόζοντας τη γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή τις Απώλειες και ανεξάρτητη μεταβλητή τη Διαφορά Παγίου, σύμφωνα με την Εικόνα 9.5, προκύπτουν τα στοιχεία Model Summary, ANOVA (Analysis of Variance) και Coefficients. Το R^2 είναι ο συντελεστής προσαρμογής, η τιμή του οποίου όταν τείνει στο 0 σημαίνει ότι έχουμε κακή προσαρμογή, ενώ όταν τείνει στο 1 σημαίνει ότι έχουμε καλή προσαρμογή.



Εικόνα 9.5 Γραμμική παλινδρόμηση στο SPSS 17.0

Πίνακας 9.7 Output SPSS 17.0 Απώλειες και Διαφορά Παγίου**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,768 ^a	,590	,552	450.126,159

a. Predictors: (Constant), ΔΙΑΦΟΡΑ_ΠΑΓΙΟΥ

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3,204E12	1	3,204E12	15,813	,002 ^a
	Residual	2,229E12	11	2,026E11		
	Total	5,433E12	12			

a. Predictors: (Constant), ΔΙΑΦΟΡΑ_ΠΑΓΙΟΥ

b. Dependent Variable: ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	9043977,960	1016163,157		8,900	,000
	ΔΙΑΦΟΡΑ_ΠΑΓΙΟΥ	-1,497	,376	-,768	-3,977	,002

a. Dependent Variable: ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Παρατηρούμε, ότι το R^2 είναι ίσο με 0,590 οπότε υπάρχει σχετικά καλή προσαρμογή. Ακολουθώντας στον Πίνακα ANOVA ελέγχουμε αν $\text{Sig.F} < 0,05$ τότε η H_0 απορρίπτεται, δηλαδή οι μεταβλητές x και y είναι γραμμικά συσχετισμένες. Παρατηρούμε, ότι $\text{Sig.F} = 0,002 < 0,05$, οπότε απορρίπτεται η H_0 , δηλαδή υπάρχει γραμμική συσχέτιση των μεταβλητών x και y.

Στον Πίνακα Coefficients δίνονται οι συντελεστές της ευθείας. Ελέγχουμε αν $\text{Sig.F} < 0,05$, τότε απορρίπτεται η υπόθεση ότι οι συντελεστές της ευθείας είναι μηδέν. Παρατηρούμε, ότι $\text{Sig.F} = 0,000 < 0,05$ και $\text{Sig.F} = 0,002 < 0,05$, οπότε απορρίπτεται η H_0 , δηλαδή οι συντελεστές της ευθείας δεν είναι μηδέν.

Επομένως η εξίσωση που συνδέει τις δύο αυτές μεταβλητές είναι:

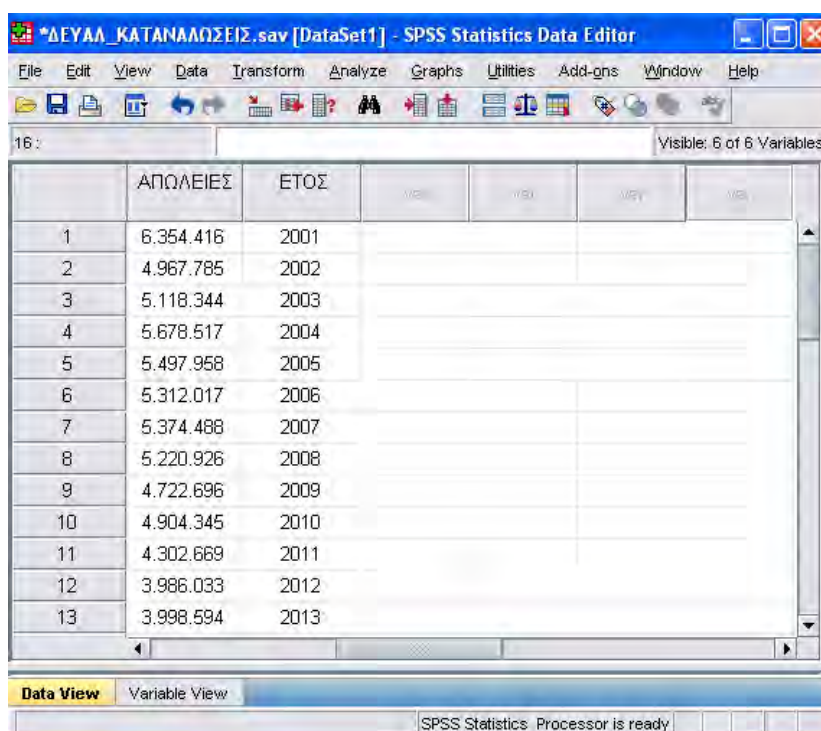
$$y = -1,497x + 9.043.978 \quad (9.6)$$

9.9. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΩΝ ΤΙΜΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΝΕΡΟΥ (2001 – 2013)

Έχει ήδη αναφερθεί, ότι το έτος 2007 κρίνεται ως κρίσιμο διαχειριστικά έτος σε ό,τι αφορά στις απώλειες νερού στο δίκτυο της ΔΕΥΑΛ, λαμβανομένου υπόψη του γεγονότος

ότι τότε εγκαταστάθηκαν και τέθηκαν σε λειτουργία οι πρώτοι 25 σταθμοί τηλεμετρίας. Συνεπώς, με σημείο αναφοράς το εν λόγω έτος κρίνεται σκόπιμο να πραγματοποιηθεί έλεγχος των μέσων τιμών των Απωλειών Νερού.

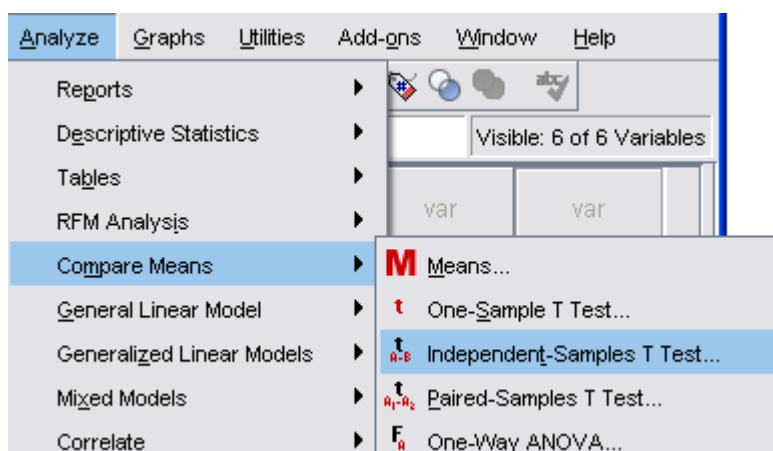
Αρχικά καταχωρούνται στο SPSS 17.0 οι Απώλειες και τα αντίστοιχα έτη που αυτές έλαβαν χώρα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 9.6. Ακολούθως επιλέγεται η σύγκριση των μέσων τιμών των Απωλειών, σύμφωνα με την Εικόνα 9.7. Στο πεδίο Define Groups επιλέγεται ως Cut Point το έτος 2007, σύμφωνα με την Εικόνα 9.8.



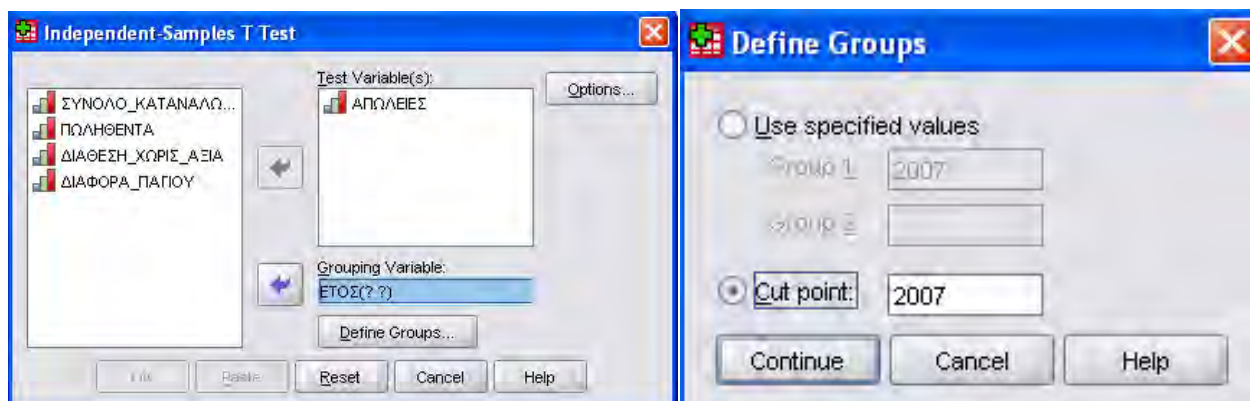
The screenshot shows the SPSS Statistics Data Editor window with the following data:

	ΑΠΩΛΕΙΕΣ	ΕΤΟΣ	var	var	var	var
1	6.354.416	2001				
2	4.967.785	2002				
3	5.118.344	2003				
4	5.678.517	2004				
5	5.497.958	2005				
6	5.312.017	2006				
7	5.374.488	2007				
8	5.220.926	2008				
9	4.722.696	2009				
10	4.904.345	2010				
11	4.302.669	2011				
12	3.986.033	2012				
13	3.998.594	2013				

Εικόνα 9.6 Απώλειες νερού ανά έτος στο SPSS 17.0



Εικόνα 9.7 Σύγκριση μέσων τιμών στο SPSS 17.0



Εικόνα 9.8 Επιλογή του έτους 2007 ως Cut point στο SPSS 17.0

Πίνακας 9.8 Output SPSS 17.0 Σύγκριση μέσων τιμών (compare means)

Group Statistics

ΕΤΟΣ		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΑΠΩΛΕΙΕΣ	>= 2007	7	4.644.250,14	563.679,105	213.050,676
	< 2007	6	5.488.172,83	495.037,699	202.098,294

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
								95% Confidence Interval of the Difference		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
ΑΠΩΛΕΙΕΣ	Equal variances assumed	,565	,468	-2,843	11	,016	-843.922,690	296.853,315	-1,497E6	-1,906E5
	Equal variances not assumed			-2,874	10,984	,015	-843.922,690	293.656,791	-1,490E6	-1,975E5

Στην προκειμένη περίπτωση, η μηδενική υπόθεση H_0 είναι ότι οι μέσες τιμές των δύο δειγμάτων είναι ίσες.

Πραγματοποιείται αρχικά έλεγχος για τη σύγκριση των διασπορών δειγμάτων: Levene's Test for Equality of Variance (H_0 οι διασπορές δε διαφέρουν). Από τη σημαντικότητα αυτού του ελέγχου προκύπτει ότι $\text{Sig.} = 0,468 > 0,05$ οπότε συμπεραίνεται ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στις διασπορές και επομένως οι διασπορές δε διαφέρουν.

Η σημαντικότητα του ελέγχου είναι $\text{Sig.} = 0,016 < 0,05$. Επομένως, επιτυγχάνουμε να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση, οπότε υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις μέσες τιμές των απωλειών των καταναλώσεων πριν και μετά το έτος 2007.

10. ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

10.1. ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύχθηκε σε δύο κυρίως άξονες. Αρχικά, μέσω της επισκόπησης βιβλιογραφίας επιχειρήθηκε να αποτυπωθεί η υφιστάμενη κατάσταση σε θέματα που άπτονται της κατανάλωσης νερού, της διαχείρισης υδατικών πόρων, της δομής και λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης, της προληπτικής και θεραπευτικής συντήρησης των δικτύων ύδρευσης, καθώς επίσης των μεθόδων ανίχνευσης διαρροών και της παρακολούθησης – αξιολόγησης των βλαβών στα δίκτυα ύδρευσης. Ακολούθως, επιχειρήθηκε να διερευνηθεί η υφιστάμενη κατάσταση και η απόδοση των συστημάτων παρακολούθησης – αξιολόγησης των βλαβών στο δίκτυο ύδρευσης της ΔΕΥΑ Λάρισας, με έμφαση στον τηλεέλεγχο, τηλεχειρισμό και αυτοματισμό του υπόψη δικτύου.

Τόσο στην πρώτη όσο και στη δεύτερη περίπτωση αναζητήθηκαν και αναπτύχθηκαν όσο το δυνατόν περισσότερες διαμορφωτικές παράμετροι, οι οποίες είτε άμεσα είτε έμμεσα επηρεάζουν τη διαχείριση των υδατικών πόρων, κυρίως στα δίκτυα ύδρευσης. Με τον τρόπο αυτό εκτιμάται, ότι υπήρξε – στο μέτρο του δυνατού – ολιστική και όχι μονομερής προσέγγιση, καθώς η διαχείριση υδατικών πόρων στα δίκτυα ύδρευσης δεν περιορίζεται μόνο σε προδιαγραφές, κατασκευαστικούς κανονισμούς, μεθόδους ανίχνευσης και συστήματα παρακολούθησης. Απεναντίας, καθορίζεται από πολλούς παράγοντες τόσο τεχνοκρατικής όσο και διαχειριστικής φύσεως, οι οποίοι μάλιστα δε λειτουργούν αυτόνομα, αλλά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και συνδιαμορφώνουν το τελικό αποτέλεσμα.

Στο ερευνητικό μέρος της διπλωματικής εργασίας επιχειρήθηκε η αξιοποίηση δεδομένων καταναλώσεων νερού του δικτύου ύδρευσης της ΔΕΥΑ Λάρισας, προκειμένου να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα, τα οποία ενδεχομένως να καταδεικνύουν αφενός την απόδοση της διαχείρισης υδάτινων πόρων της εν λόγω επιχείρησης προϊόντος του χρόνου, αφετέρου τα σημεία τα οποία χρήζουν διαχειριστικής βελτίωσης ή επαναπροσέγγισης.

10.2. ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι επιμέρους καταγραφόμενες τιμές κατανάλωσης νερού παρουσιάζουν συχνά σημαντικές διακυμάνσεις από οικισμό σε οικισμό, επειδή αφενός η ζήτηση και αφετέρου οι απώλειες, επηρεάζονται ανάλογα, από τοπικές συνθήκες και πολλαπλές παραμέτρους λειτουργίας, που μπορεί να διαφέρουν κατά περίπτωση, όπως:

- Η ηλικία του δικτύου ύδρευσης.

- Το επίπεδο προληπτικής και θεραπευτικής συντήρησής του.
- Η ποιότητα κατασκευής των οικιακών εγκαταστάσεων.
- Η ακρίβεια των συστημάτων μέτρησης των παροχών στα έργα κεφαλής και των επιμέρους υδρομετρητών στους καταναλωτές.
- Η έκταση τυχόν παρανόμων παροχών ή υδροληψιών χωρίς υδρομετρητή.
- Το εφαρμοζόμενο σύστημα τιμολόγησης.
- Οι πολιτιστικές συνήθειες και οι οικονομικές δυνατότητες των καταναλωτών.
- Το τεχνολογικό επίπεδο βιομηχανικής παραγωγής.
- Η διαθεσιμότητα υδατικών πόρων.
- Ο βαθμός ευαισθητοποίησης των κατοίκων, σε πιθανή έλλειψη νερού.
- Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν.

Η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το νερό, όπως και για τα λοιπά θέματα παρουσιάστηκε τη δεκαετία του 1970. Παρόλα αυτά, το έτος 2000 αποτέλεσε σταθμό για το θεσμικό πλαίσιο της ΕΕ και των χωρών μελών, μιας και η θεσμοθέτηση της Οδηγίας 2000/60 είναι αυτή που θέτει τις απαραίτητες βάσεις και προδιαγράφει τη γενική στρατηγική επίτευξης μιας αειφορικής διαχείρισης των υδατικών πόρων, με κοινή αντιμετώπιση των χωρών – μελών, τόσο από ποσοτική όσο και από ποιοτική άποψη.

Το μέχρι πρότινος υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο διαχείρισης και προστασίας των υδάτινων πόρων περιελάμβανε δυο βασικά νομοθετήματα. Το Ν.1650/86 που αναφέρεται στην προστασία του περιβάλλοντος όπου αντιμετωπίζει το νερό ως στοιχείο του περιβάλλοντος και προβλέπει μέτρα οργανωτικά και θεσμικά για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της ποιότητας των υδατικών πόρων. Το Ν.1739/87 που αναφέρεται στη διαχείριση των υδατικών πόρων με σύγχρονη αντίληψη για την αντιμετώπιση του νερού στην έρευνα, τη διοίκηση και την καθημερινή πρακτική. Από το Δεκέμβριο του 2003 τέθηκε σε ισχύ ένα νέο νομοθετικό πλαίσιο για τη διαχείριση των υδάτων. Είναι ο νόμος 3199/03 που αποτελεί την εναρμόνιση του εθνικού δικαίου προς τις διατάξεις της Οδηγίας – Πλαίσιο για την προστασία των υδάτων.

Οι απώλειες νερού αποτελούνται από τις πραγματικές και τις φαινομενικές απώλειες:

- Πραγματικές απώλειες: είναι οι φυσικές απώλειες από διαρροές και υπερχειλίσεις στο υπό πίεση σύστημα, μέχρι τα σημεία που συνδέεται το δίκτυο με τον κάθε καταναλωτή.
- Φαινομενικές απώλειες: αποτελούνται από όλους τους τύπους ανακριβών

μετρητών (εισόδου, εξόδου και μετρητές πελατών) και από μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση (κλοπή και παράνομη χρήση). Ονομάζονται επίσης εμπορικές απώλειες.

Ο όγκος του νερού που χάνεται μέσω φυσικών διαρροών εξαρτάται από την κατάσταση της υποδομής και την πολιτική εντοπισμού και επισκευής των διαρροών της εκάστοτε εταιρείας ύδρευσης. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα του νερού που χάνεται είναι:

- Πίεση στο σύστημα.
- Συχνότητα εμφάνισης διαρροών και ρυθμός ροής τους.
- Χρονικό διάστημα ύπαρξης της διαρροής πριν εντοπιστεί και επισκευαστεί.
- Επίπεδο μη ανιχνεύσιμων μικρών διαρροών (απώλειες στο υπόβαθρο).

Το επίπεδο φαινομενικών απωλειών εξαρτάται από τα εξής:

- Πολιτική αλλαγής μετρητών των πελατών της εταιρείας ύδρευσης.
- Πολιτική επιβολής του νόμου από την εταιρεία ύδρευσης σε σχέση με τη μη εξουσιοδοτημένη χρήση.

Οι απώλειες στην διανομή που εκφράζονται σε m^3/km κεντρικών αγωγών/ημέρα επηρεάζονται κατά πολύ από την πυκνότητα των συνδέσεων. Με βάση την υπάρχουσα εμπειρία, ο δείκτης απόδοσης μήκους είναι κατάλληλος όταν υπάρχουν λιγότερες από 20 συνδέσεις ανά km κεντρικού αγωγού, όπως π.χ. σε μια αγροτική περιοχή. Ακολουθώντας αναφέρονται μερικές ρεαλιστικές τιμές διαρροών από δίκτυα ύδρευσης σε συνηθισμένες συνθήκες, όπου η διαρροή εκφράζεται σε m^3/km κεντρικών αγωγών/ημέρα:

- Καλή απόδοση $< 10 m^3/km$ αγωγών/ημέρα.
- Μέτρια απόδοση $10 - 20 m^3/km$ αγωγών/ημέρα.
- Κακή κατάσταση $> 20 m^3/km$ αγωγών/ημέρα.

Τα συστήματα διανομής νερού πρέπει να λειτουργούν ανάμεσα σε δύο όρια πίεσης, το ανώτατο όριο, το οποίο εξαρτάται από τη βαθμολογία πίεσης των σωλήνων και των εξαρτημάτων και το κατώτατο όριο, το οποίο διασφαλίζει ότι το νερό φθάνει στους καταναλωτές σε ένα αποδεκτό ρυθμό. Στη συνέχεια, αυτό παρέχει ένα εύρος πιέσεων για το δίκτυο ή για ένα μέρος του δικτύου. Η ελαχιστοποίηση της πίεσης μέσα σε αυτό το εύρος (ενώ ταυτόχρονα διατηρείται οποιοδήποτε επίπεδο υπηρεσιών) μπορεί να προσφέρει μερικά σημαντικά πλεονεκτήματα, συγκεκριμένα, μειωμένες διαρροές και σπασίματα σωλήνων.

Είναι πιθανώς σκόπιμο να σκιαγραφηθούν τα πρακτικά πλεονεκτήματα της

διαχείρισης της πίεσης. Η μείωση των υπερβολικών πιέσεων (και των μεταβολών των υπερβολικών πιέσεων) και των απότομων μεταβολών στην πίεση θα:

- Μειώσει τον αριθμό των νέων διαρροών και θραύσεων και τα κόστη επισκευής.
- Μειώσει τους ρυθμούς ροής όλων των υπαρχουσών διαρροών.
- Μειώσει τις διαρροές στο υπόβαθρο (μη ανιχνεύσιμες διαρροές) (αναπόφευκτες απώλειες).
- Μειώσει την εξαρτώμενη από την πίεση κατανάλωση.
- Βοηθήσει στην αναβολή της αντικατάστασης αγωγών και σωλήνων (βελτίωση της ποιότητας των πάγιων στοιχείων).
- Διασφαλίσει την επίτευξη των ελάχιστων προτύπων υπηρεσιών.
- Αναγνωρίσει και ελαχιστοποιήσει τις απότομες μεταβολές στην πίεση για να μειώσει τη συχνότητα νέων θραύσεων σωλήνων.

Μια μείωση της πίεσης της τάξης του 1% θα μειώσει τον τρέχοντα ρυθμό διαρροών μεταξύ 0.55% και 1.5%, και το πιο σημαντικό, η αποδοτική διαχείριση της πίεσης διασφαλίζει πλήρη εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων από ενεργό έλεγχο διαρροών.

Η δραστηριότητα που είναι γνωστή ως ανίχνευση διαρροών ορίζεται ως ο περιορισμός ή ο εντοπισμός μιας διαρροής ή διαρροών σε ένα συγκεκριμένο τμήμα μιας σωλήνωσης σε ένα σύστημα διανομής. Οι κυριότερες μέθοδοι ανίχνευσης διαρροών είναι:

- Διαχωρισμός περιφερειακών περιοχών με μετρητή με εσωτερικές βαλβίδες.
- Η μέθοδος απομόνωσης τμημάτων του δικτύου.
- Η μέθοδος κλεισίματος και ανοίγματος των βαλβίδων του δικτύου.
- Η ακουστική καταγραφή.
- Η μέθοδος του γεωραντάρ.
- Η χρήση αερίου ανίχνευσης.
- Η υπέρυθρη θερμογραφία.

Οι συνέπειες από μια βλάβη σε ένα δίκτυο ύδρευσης μπορούν να αξιολογηθούν κάτω από τρεις κύριες κατηγορίες:

- Άμεσα κόστη.
- Περιβαλλοντικά κόστη.
- Κοινωνικο - οικονομικά κόστη.

Κάθε ανεξάρτητος αγωγός μπορεί να αξιολογηθεί στη βάση αυτών των κατηγοριών. Αν η αξιολόγηση, σε οποιαδήποτε από τις κατηγορίες, υποδείξει μεγάλες

συνέπειες και ψηλά κόστη, τότε ο αγωγός θα έχει υψηλή βαθμολογία όσον αφορά τις συνέπειες σε μια βλάβη.

Τα ιστορικά δεδομένα θραύσης αγωγών θα πρέπει να συλλεχθούν, να αναλυθούν και σε τελικό στάδιο να συνδυαστούν με κατάλληλη τεχνολογία για επιτόπου αξιολόγηση κατάστασης σωλήνων, για να αποδοθούν οι ρυθμοί αλλοίωσης των αγωγών νερού. Αυτοί οι ρυθμοί αλλοίωσης θα πρέπει να αξιολογούνται σε σχέση με περιβαλλοντικές και λειτουργικές καταπονήσεις σε σωλήνες, για να αποδώσουν πληροφορίες για ρυθμούς ή συχνότητα θραύσεων.

Θα πρέπει να αξιολογείται, επίσης, ο ρυθμός αλλοίωσης της υδραυλικής δυναμικότητας των αγωγών νερού. Θα πρέπει να εφαρμοστεί ένα σύστημα στήριξης λήψης αποφάσεων (Decision Support System), στο οποίο θα επιλέγεται και θα προγραμματίζεται η εναλλακτική αποκατάστασης για κάθε σωλήνα μέσα στο δίκτυο, ενώ θα επιτυγχάνονται τα ακόλουθα:

- Ελαχιστοποίηση του ολικού κόστους (επένδυση συμπεριλαμβανομένης και συντήρησης) διατήρησης του δικτύου διανομής σε καθορισμένα επίπεδα υπηρεσιών για τη δομική, υδραυλική και ποιοτική πτυχή της απόδοσης.
- Εξέταση της αλλοίωσης, τόσο όσον αφορά τη δομική ακεραιότητα, όσο και τη υδραυλική δυναμικότητα του δικτύου.
- Εξέταση της αξιοπιστίας του δικτύου.
- Εξέταση θεμάτων ποιότητας νερού, όπως ο αυξημένος κίνδυνος εισαγωγής ρύπων μέσω αλλοιωμένων αγωγών νερού.

Η επαρκής παρακολούθηση των δικτύων διανομής νερού αποτελεί εδώ και πολλά χρόνια μια πρόκληση για τη διαχείριση, ακόμα και σε χώρες με καλά αναπτυγμένη υποδομή και καλές πρακτικές λειτουργίας. Δίκτυα νερού με ακατάλληλη διαχείριση μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα αυξημένα κόστη παροχής, ανεπαρκή αποθέματα πόσιμου νερού, ταλαιπωρία, ανικανοποίητους συνδρομητές και άλλα.

Ένα κέντρο ελέγχου SCADA μπορεί να δείξει μετρημένες και υπολογισμένες παραμέτρους για μια ευρεία περιοχή δικτύου διανομής νερού, με πολλαπλούς ταμιευτήρες και αντλιοστάσια. Οι λεπτομέρειες που παρουσιάζονται αναφέρονται στη στάθμη του νερού στους ταμιευτήρες, ενδείξεις για τη λειτουργία συγκεκριμένων αντλιών κλπ.

Το σύστημα SCADA διασφαλίζει από τους αισθητήρες τη συλλογή των χαρακτηριστικών παραμέτρων λειτουργίας των τεχνολογικών εγκαταστάσεων μέσα

στους σταθμούς διανομής νερού, την παρακολούθηση και τον έλεγχο των αντλιών σε επίπεδο τοπικών σταθμών, την υιοθέτηση των δεδομένων που συλλέχθηκαν, την αποστολή των δεδομένων σε επίπεδο κεντρικού αποστολέα, την παρακολούθηση της λειτουργίας των σταθμών μέσω των συνοπτικών σχεδίων, την επεξεργασία του δελτίου παρακολούθησης και των ισολογισμών των σταθμών, την αποστολή των αποτελεσμάτων στους παράγοντες αποφάσεων.

Συνοψίζοντας τα ανωτέρω, η επισκόπηση βιβλιογραφίας κατέδειξε, ότι η διαχείριση υδάτινων πόρων αποτελεί πολύ δύσκολο εγχείρημα, κυρίως λόγω του γεγονότος ότι τα δίκτυα ύδρευσης αποτελούν ως επί το πλείστον υπόγεια έργα, με υλικά που δεν παρουσιάζουν ομοιομορφία, λόγω συνεχών επεκτάσεων των δικτύων με νέα υλικά και αυτοματισμούς.

Επιπρόσθετα, η συνεχής αύξηση της ζήτησης, λόγω αύξησης του πληθυσμού, έχει επιφέρει αλλαγές σε θέματα όπως η αύξηση της πίεσης των δικτύων. Για τους λόγους αυτούς έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι ανίχνευσης των διαρροών, καθώς και παρακολούθησης των δικτύων ύδρευσης. Τέλος, η επισκόπηση βιβλιογραφίας κατέδειξε, ότι υπάρχουν πολλά περιθώρια αναβάθμισης τόσο στον τρόπο προσέγγισης και προγραμματισμού όσο και στον τρόπο υλοποίησης των απαιτούμενων ενεργειών διασφάλισης της βέλτιστης λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης.

10.3. ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΠΡΑΚΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Λάρισας (ΔΕΥΑΛ) είναι η πρώτη και μεγαλύτερη Δημοτική Επιχείρηση του κλάδου της, μετά την ΕΥΔΑΠ και την ΕΥΑΘ. Διαθέτει σύγχρονες εγκαταστάσεις και υποδομές, τις οποίες συντηρεί και αναβαθμίζει συνεχώς, με στόχο την παροχή υπηρεσιών υψηλής ποιότητας. Τα δίκτυα ύδρευσης άρχισαν να κατασκευάζονται στα τέλη της δεκαετίας του 1920 και υδροδοτούν τη Λάρισα με το επεξεργασμένο νερό του Πηνειού από το 1930 μέχρι και το 1990. Τότε, με απόφαση του Διοικητικού Συμβουλίου της ΔΕΥΑΛ, διακόπηκε η ύδρευση της πόλης από τον Πηνειό, λόγω του υψηλού βαθμού ρύπανσής του. Έκτοτε, η πόλη υδρεύεται με το νερό γεωτρήσεων.

Το μεγάλο μήκος, 680 χλμ., του δικτύου ύδρευσης, η παλαιότητά του σε ορισμένα σημεία της πόλης, καθώς και η αύξηση της πίεσης από 4 σε 5,5 bar περίπου, μετά το 1998, με το νέο τρόπο υδροδότησης, είχαν σαν αποτέλεσμα τις διαρροές στο δίκτυο. Η ΔΕΥΑΛ για τον έλεγχο και την αντιμετώπισή τους κάνει συστηματικές και διαρκείς

προσπάθειες με τη λήψη μέτρων, που στοχεύουν στη μείωσή τους. Τέτοια μέτρα είναι η σταθερή βελτίωση των προδιαγραφών για τις προμήθειες των υλικών, η αντικατάσταση παλαιών δικτύων και ο χωρισμός της πόλης σε ζώνες πίεσης με τη χρήση νέων τεχνολογιών, καθώς και η χαρτογράφηση όλου του δικτύου.

Η ΔΕΥΑΛ έχει μεγάλη εμπειρία και τεχνογνωσία στον εντοπισμό των αφανών διαρροών στο δίκτυο ύδρευσης. Διαθέτει όργανα ακριβείας και ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό, το οποίο ελέγχει επιτόπου το πρόβλημα. Με τον τρόπο αυτό, αποφεύγονται η ταλαιπωρία των καταναλωτών, οι μεγάλες ζημιές στα πεζοδρόμια και στους δρόμους και πάνω απ' όλα η άσκοπη κατανάλωση ποσοτήτων νερού.

Η ΔΕΥΑΛ έχει σε εξέλιξη ένα μεγαλόπνοο σχέδιο για την εφαρμογή του συστήματος τηλεελέγχου – τηλεχειρισμού και αυτοματισμών στα δίκτυα ύδρευσης – αποχέτευσης και όμβριων και η εφαρμογή του στον τομέα αυτό, θεωρείται, ως πρότυπη και πρωτοποριακή για ολόκληρη την Ελλάδα.

Το σύστημα Τηλεμετρίας και Αυτοματισμών αφορά:

- Στον εκσυγχρονισμό των υφισταμένων εγκαταστάσεων (γεωτρήσεις, δεξαμενές και αντλιοστάσια), με τη διευκόλυνση του ελέγχου και της αυτοματοποίησής τους.
- Στην εγκατάσταση νέων οργάνων και συστημάτων τηλεελέγχου – τηλεχειρισμού και αυτοματοποίησης (SCADA), καθώς στον εκσυγχρονισμό των παλαιών. Η εγκατάστασή τους θα γίνει σε 30 τουλάχιστον κομβικά σημεία της πόλης, από τα οποία θα λαμβάνονται λεπτομερείς πληροφορίες για ολόκληρο το δίκτυο και την ποιότητα του παρεχόμενου νερού.
- Στην εγκατάσταση ενός συστήματος διαχείρισης των Υδάτινων Πόρων, για το σύστημα υδροδότησης.
- Στην εγκατάσταση ενός Κεντρικού Διαχειριστικού Συστήματος, για την επεξεργασία των πληροφοριών που θα λαμβάνονται απ' όλες τις εγκαταστάσεις και υποσυστήματα, τόσο τα νέα όσο και τα παλαιά.

Παράλληλα, η ΔΕΥΑΛ εφαρμόζει ήδη πρωτοποριακά επιμέρους συστήματα τηλεελέγχου – τηλεχειρισμού, τα οποία θα ενταχθούν στο γενικότερο σύστημα τηλεμετρίας και αυτοματισμών. Με αυτά παρακολουθούνται δυναμικοί παράμετροι του δικτύου ύδρευσης, όπως στάθμες και παροχές τροφοδοσίας δεξαμενών, καταναλώσεις και πιέσεις σε διάφορα σημεία του δικτύου. Με βάση τις τιμές των παραμέτρων αυτών εξάγονται πολύτιμα συμπεράσματα για την κατανάλωση του νερού, τις βλάβες και τις

απώλειες στο δίκτυο ύδρευσης της πόλης, καθώς και τις τρέχουσες και μελλοντικές απαιτήσεις της.

Επίσης, η ΔΕΥΑΛ εφαρμόζει ένα σύστημα μεταφοράς της εικόνας, σε πραγματικό χρόνο, από τις εγκαταστάσεις της, επί 24ώρου βάσης, για την ασφάλειά τους και την εξασφάλιση της δημόσιας υγείας. Με την ολοκλήρωση της εφαρμογής και λειτουργίας του Συστήματος Τηλεμετρίας και Αυτοματισμών, η ΔΕΥΑΛ επαυξάνει τα μέτρα που εξασφαλίζουν τη σωστή και ασφαλή διαχείριση του δικτύου της, τη συνέχιση της ομαλής και ποιοτικής υδροδότησης της πόλης σε 24ωρη βάση, καθώς και την εξοικονόμηση νερού και ενέργειας.

Η ΔΕΥΑΛ είχε εισάγει τη στρατηγική ενεργητικού ελέγχου διαρροών στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος SPRINT, το οποίο ξεκίνησε το 1993 σε συνεργασία με τη NAMA. Για τέσσερα χρόνια (1993 – 1996) η ΔΕΥΑΛ εφάρμοσε ολοκληρωμένο πρόγραμμα ελέγχου διαρροών και μοντελοποίησης του δικτύου της. Η πόλη είχε χωριστεί σε τέσσερα υπομοντέλα στα οποία λειτούργησαν 31 υποζώνες ελέγχου διαρροών σε κάθε μία από τις οποίες γινόταν συστηματική καταγραφή παροχών. Το πρόγραμμα απέφερε σημαντικό οικονομικό όφελος στη ΔΕΥΑΛ αφού επιτεύχθηκε εξοικονόμηση MTN περίπου 1.000.000m³ μέσα σε διάστημα 3 χρόνων.

Μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος και λόγω αλλαγής της τροφοδοσίας του δικτύου, καταργήθηκαν οι υποζώνες ελέγχου διαρροών και κατά συνέπεια σταμάτησε ο ενεργητικός έλεγχος διαρροών. Σήμερα, ο έλεγχος διαρροών γίνεται κυρίως μέσω της λειτουργίας 25 Τοπικών Σταθμών Διαρροών (ΤΣΔ ή ΣΜΔ), όπου καταγράφονται σε συνθήκες πραγματικού χρόνου (Real Time) η πίεση και η παροχή και ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού σε κομβικά σημεία των ζωνών ύδρευσης. Ακολούθως τα δεδομένα αυτά εισάγονται στο μαθηματικό μοντέλο προσομοίωσης του δικτύου (Water Cad), όπου και εκτιμάται το μέγεθος των διαρροών της πόλης. Τελικά, και μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων ενεργοποιείται ο τρόπος επέμβασης και αντιμετώπισης των διαρροών και των λοιπών βλαβών του δικτύου που δεν είναι ενεργητικός. Υπάρχουν συνεργεία ελέγχου διαρροών τα οποία επεμβαίνουν στο δίκτυο όταν αναφερθεί βλάβη ή πτώση πίεσης ή εμφανής διαρροή (για τον ακριβή εντοπισμό), αλλά και προληπτικά. Στην περίπτωση που είναι αφανής η διαρροής η Υπηρεσία διαθέτει συσχετιστή αφανών διαρροών με γαιόφωνο και ανιχνευτή μετάλλων, όπου με την βοήθεια τους εντοπίζεται η διαρροή τόσο στο εξωτερικό όσο και εσωτερικό δίκτυο.

Το κεντρικό σύστημα τηλεμετρίας βρίσκεται στις εγκαταστάσεις της ΔΕΥΑΛ. Εκεί έχει εγκατασταθεί κεντρικός σταθμός που με ασύρματη ζεύξη ελέγχει όλους τους σταθμούς τηλεμετρίας. Όλοι οι τοπικοί σταθμοί συνδέονται με τον Κεντρικό Σταθμό Ελέγχου (ΚΣΕ) διαμέσου κατάλληλου τηλεπικοινωνιακού συστήματος. Κάθε ΤΣ μπορεί να λειτουργεί σαν αυτόνομη μονάδα, παρέχοντας τοπικό έλεγχο και υψηλού επιπέδου αυτοματισμό, ανεξάρτητα από τον ΚΣΕ.

Σε κάθε ΤΣ, πέραν των κατά περίπτωση νέων οργάνων, έχει εγκατασταθεί σύστημα UPS και κάρτα διασύνδεσης οργάνων PROFIBUS. Κύριο χαρακτηριστικό των ήδη εγκατεστημένων συστημάτων, αποτελεί η ασύρματη ζεύξη μέσω Ethernet Radio modems με τον ΚΣΕ. Στον ΚΣΕ έχει αναπτυχθεί εφαρμογή SCADA με τη βοήθεια του προγράμματος WinCC v6 SP3 και WEB Navigator. Οι υφιστάμενοι σταθμοί ΤΣΔ θα ενταχθούν σε μία ενιαία φιλοσοφία κεντρικής διαχείρισης με το υπό δημοπράτηση σύστημα σε ένα ενιαίο τεχνολογικό επίπεδο και φιλοσοφία λειτουργίας με το προς κατασκευή σύστημα.

Σε μια επιχείρηση, όπως η ΔΕΥΑ Λάρισας, με γεωγραφική διασπορά των δραστηριοτήτων και των υποδομών της και με πολλά και διαφορετικής φύσεως αναλαμβανόμενα έργα, κρίθηκε απαραίτητη η επεξεργασία των όποιων δεδομένων έχουν καταγραφεί και υφίστανται αναφορικά με τις καταναλώσεις νερού, των προβλημάτων του δικτύου ύδρευσης και των μεθόδων που επιλέγονται προκειμένου να επιτυγχάνεται η βέλτιστη δυνατή διαχείριση των υδάτινων πόρων.

Τα δεδομένα τα οποία περιήλθαν στη διάθεση του συντάξα της εργασίας προς περαιτέρω επεξεργασία παρατέθηκαν στο Κεφάλαιο 9 και αφορούν:

- στη μηνιαία παροχή νερού (m^3) στην πόλη της Λάρισας για τα έτη 2001 έως 2012, τα οποία αποτυπώθηκαν στον Πίνακα 9.1,
- στην ανάλυση της ετήσιας κατανάλωσης νερού (m^3) στην πόλη της Λάρισας, τα οποία παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 9.2,
- στην ανάλυση των ετήσιων απωλειών κατανάλωσης νερού (m^3) στην πόλη της Λάρισας, τα οποία παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 9.3.

Τα δεδομένα καταναλώσεων για τα έτη 2001 έως 2012, του Πίνακα 9.1, αποτυπώθηκαν σε χρονοσειρές, από τις οποίες πρόεκυψαν τα κάτωθι συμπεράσματα:

- Υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις στις μηνιαίες ανά έτος καταναλώσεις (διαφορά μέγιστης και ελάχιστης μηνιαίας τιμής), οι οποίες σε ορισμένες περιπτώσεις προσεγγίζουν ή ακόμη και ξεπερνούν τις $300.000m^3$. Χαρακτηριστικά

παραδείγματα αποτελούν τα έτη 2008 με απόκλιση 299.097m^3 και 2007 με απόκλιση 376.058m^3 .

- Η ελάχιστη τιμή κατανάλωσης ανά έτος δεν παρατηρείται στους ίδιους μήνες. Για παράδειγμα το έτος 2011 η ελάχιστη τιμή παρατηρείται το μήνα Νοέμβριο με $1.215.254\text{m}^3$. Απεναντίας, το έτος 2012 η ελάχιστη τιμή παρατηρείται το μήνα Φεβρουάριο με $1.197.184\text{m}^3$.
- Ομοίως, η μέγιστη τιμή κατανάλωσης ανά έτος δεν παρατηρείται στους ίδιους μήνες. Για παράδειγμα το έτος 2009 η μέγιστη τιμή παρατηρείται το μήνα Ιούνιο με $1.537.400\text{m}^3$. Απεναντίας, το έτος 2010 η μέγιστη τιμή παρατηρείται το μήνα Ιούλιο με $1.533.049\text{m}^3$.

Από τα ανωτέρω συμπεράσματα κρίνεται σκόπιμο να προγραμματίζεται σε επίπεδο ΔΕΥΑΛ η συσχέτιση των μεταβολών (ελάχιστων και μέγιστων τιμών μηνιαίας κατανάλωσης ανά έτος) με το αρχείο των διαρροών, προκειμένου να επιβεβαιώνεται ή να απορρίπτεται η υπόθεση ότι η ζήτηση νερού επηρεάζεται από την εποχική παράμετρο.

Από την άθροιση των καταναλώσεων ανά μήνα για το σύνολο των ετών 2001 έως 2012, προέκυψε το Διάγραμμα 9.13, όπου μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι με φθίνουσα σειρά οι μεγαλύτερες καταναλώσεις παρατηρούνται τους μήνες Ιούλιο, Ιούνιο, Αύγουστο, Μάιο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Μάρτιο, Ιανουάριο, Απρίλιο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο και Φεβρουάριο. Το συμπέρασμα αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί στην εγρήγορση του προσωπικού της ΔΕΥΑΛ που παρακολουθεί τις καταναλώσεις και επιλαμβάνεται τα θέματα των διαρροών και της αποκατάστασης αυτών. Είναι προφανές, ότι στους μήνες που οι καταναλώσεις είναι αυξημένες οι όποιες διαρροές παρουσιαστούν θα επιφέρουν και μεγαλύτερες απώλειες νερού και κατ' επέκταση μεγαλύτερες οικονομικές απώλειες στη ΔΕΥΑΛ.

Στο Διάγραμμα 9.14 παρουσιάστηκαν οι ετήσιες καταναλώσεις για τα έτη 2001 έως 2012, όπου με τη βοήθεια της γραμμής τάσης φάνηκε ότι ακολουθούν πτωτική πορεία. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στην προσέγγιση των αποτελεσμάτων της περιγραφικής στατιστικής, ότι από το έτος 2007 και έπειτα, όπως έχει αναφερθεί διεξοδικά στο Κεφάλαιο 8, ενεργοποιήθηκαν οι πρώτοι 25 σταθμοί τηλεμετρίας στο δίκτυο της ΔΕΥΑΛ. Επομένως δόθηκε έμφαση στην παράμετρο αυτή και εξετάστηκαν τα διατιθέμενα δεδομένα με επίκεντρο το έτος 2007.

Παρατηρείται λοιπόν, ότι από το 2003 μέχρι το 2007 υπήρχε συνεχής και σημαντική αύξηση των ετήσιων καταναλώσεων με εξαίρεση μια μικρή πτώση από το 2005 στο 2006.

Απεναντίας, από το 2007 και έπειτα παρατηρείται σημαντική μείωση των καταναλώσεων με εξαίρεση μια μικρή αύξηση – της τάξεως του 0,6% – από το 2009 στο 2010. Μάλιστα, το 2012 οι ετήσιες καταναλώσεις έλαβαν την ελάχιστη τιμή από το 2001 και έπειτα. Προς επίρρωση των ανωτέρω, το 2007 οι καταναλώσεις ανήλθαν σε $17.990.143\text{m}^3$, ενώ το 2012 σε $16.154.668\text{m}^3$, δηλαδή μείωση κατά $1.418.823\text{m}^3$.

Λαμβανομένου υπόψη, ότι το έτος 2007 αποτελεί το κρίσιμο διαχειριστικά έτος, καθώς εγκαταστάθηκαν οι πρώτοι 25 σταθμοί τηλεμετρίας στο δίκτυο της ΔΕΥΑΛ, κρίθηκε σκόπιμο να παρουσιαστεί μια σύγκριση των καταναλώσεων του υπόψη έτους με τα επόμενα, μέχρι και το 2012.

Στα Συγκριτικά Διαγράμματα 9.15 έως 9.19 αποτυπώθηκαν οι εν λόγω συγκρίσεις, από όπου υφίσταται δυνατότητα να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα:

- Μόνο το έτος 2008 και συγκεκριμένα τους μήνες Φεβρουάριο και Ιούνιο οι μηνιαίες καταναλώσεις είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες του 2007. Αυτό βέβαια χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, καθώς αφενός η τηλεμετρία της ΔΕΥΑΛ ήταν στους πρώτους μήνες λειτουργίας, αφετέρου θα πρέπει να εξεταστεί και η συχνότητα των διαρροών που εμφανίστηκαν στις συγκεκριμένες περιόδους.
- Στις συγκρίσεις των καταναλώσεων του 2007 με τα έτη 2009 – 2012 φαίνεται πλέον ξεκάθαρα, ότι υπάρχει αισθητή μείωση, γεγονός που ισχυροποιεί τη χρησιμότητα και την αποτελεσματικότητα της τηλεμετρίας.

Η εξέλιξη των απωλειών νερού, με τη βοήθεια του Διαγράμματος 9.21, φαίνεται ότι παρουσιάζει σημαντική βελτίωση. Συγκεκριμένα, το 2001 οι απώλειες ανήλθαν σε $4.906.535\text{m}^3$, ενώ το 2013 μόλις σε $1.840.886\text{m}^3$.

Επειδή όμως οι απώλειες έχουν άμεση εξάρτηση και από τη συνολική ετήσια κατανάλωση, το Διάγραμμα 9.22 μας βοηθάει να προσεγγίσουμε πιο αντικειμενικά τη βελτίωση που έχει επέλθει στο θέμα της διαχείρισης των απωλειών νερού. Τοποθετώντας ως κρίσιμο διαχειριστικό έτος το 2007, που ενεργοποιήθηκαν οι πρώτοι 25 σταθμοί τηλεμετρίας της ΔΕΥΑΛ, προκύπτουν τα εξής χρήσιμα συμπεράσματα:

- Από το 2001 μέχρι το 2013 οι απώλειες νερού μειώθηκαν ποσοστιαία κατά $27,17 - 11,31 = 17,86\%$.
- Από το 2001 μέχρι το 2007 οι απώλειες νερού μειώθηκαν ποσοστιαία κατά $27,17 - 19,25 = 7,92\%$.
- Από το 2007 μέχρι το 2013 οι απώλειες νερού μειώθηκαν ποσοστιαία κατά $19,25 - 11,31 = 7,94\%$.

- Μόνο τα έτη 2004 και 2010 παρατηρήθηκαν μικρές ποσοστιαίες αυξήσεις, συγκριτικά με τα προηγούμενα έτη 2003 και 2009 αντίστοιχα.

Από τα ανωτέρω στοιχεία συνάγεται, ότι από το 2001 μέχρι το 2007, πριν εγκατασταθεί το σύστημα τηλεμετρίας, η ΔΕΥΑΛ βελτίωσε σημαντικά τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Ομοίως από το 2007 μέχρι το 2013. Μάλιστα, τα ποσοστά στις ανωτέρω βελτιώσεις είναι σχεδόν ίδια, 7,92% και 7,94% αντίστοιχα.

Περνώντας στα στοιχεία του Πίνακα 9.3, παρατηρείται ότι η ποσότητα νερού που πωλήθηκε ανά έτος, αναλύεται σε αυτήν που πραγματικά καταναλώθηκε, συν την ποσότητα που προκύπτει από τη διαφορά παγίου, μείον την ποσότητα που διατέθηκε χωρίς να χρεωθεί (προσωπικό, πίδακες, υπόνομοι, καθαρισμός, ΔΕΥΑΛ).

Για παράδειγμα το έτος 2013 πωλήθηκαν $14.441.647\text{m}^3$, το οποίο προκύπτει ως εξής: $12.283.939\text{m}^3$ (πραγματική κατανάλωση) + $3.047.983\text{m}^3$ (διαφορά παγίου) - 890.275m^3 (διατέθηκε χωρίς χρέωση) = $14.441.647\text{m}^3$. Λαμβάνοντας υπόψη την ανωτέρω ανάλυση, διαφοροποιούνται τα ποσοστά των απωλειών νερού, καθότι για κάθε έτος προκύπτουν αν από τη συνολική ετήσια παροχή νερού αφαιρεθεί η πραγματικά καταναλωθείσα. Για παράδειγμα στο έτος 2013, η ΔΕΥΑΛ παρείχε ποσότητα νερού ίση με $16.282.533\text{m}^3$, από την οποία πραγματικά καταναλώθηκε ποσότητα ίση με $12.283.939\text{m}^3$, οπότε οι πραγματικές απώλειες ανήλθαν σε $3.998.594\text{m}^3$. Επί της ουσίας υπάρχει διαφοροποίηση σε σχέση με τις απώλειες που καταγράφονται στον Πίνακα 9.2, εφόσον η κατανάλωση από τη διαφορά παγίου είναι λογιστική και όχι πραγματική.

Με βάση λοιπόν τα στοιχεία του Πίνακα 9.3, προέκυψαν τα Διαγράμματα 9.23 έως 9.25, αναφορικά με την εξέλιξη των καταναλώσεων και των απωλειών νερού από το 2001 μέχρι το 2013. Από τα Διαγράμματα αυτά, με τη βοήθεια της γραμμής τάσης, φαίνεται για τη μεν πραγματική ετήσια κατανάλωση νερού αυξητική τάση για τη δε πραγματική ετήσια απώλεια νερού φθίνουσα τάση. Επίσης, σημαντική παρατήρηση αποτελεί το γεγονός, ότι από το 2011 μέχρι το 2013 οι πραγματικές καταναλώσεις έχουν αυξηθεί, ενώ οι αντίστοιχες απώλειες έχουν διατηρηθεί στα ίδια επίπεδα. Ο συνδυασμός αυτός προφανώς και είναι συμφέρων από οικονομικής άποψης για τη ΔΕΥΑΛ, ενώ ο βέλτιστος θα ήταν να υπάρχει αντίστοιχη μείωση των απωλειών νερού.

Η συγκριτική απεικόνιση των ετήσιων πραγματικών και λογιστικών απωλειών καταδεικνύει ότι αυτές ακολουθούν την ίδια φθίνουσα τάση. Παρόλα αυτά, υπάρχουν έτη όπου η ποσοστιαία διαφορά κυμαίνεται στο 9% και άλλα που κυμαίνεται στο 13%. Θεωρώντας και πάλι ως κρίσιμο διαχειριστικά έτος το 2007, λόγω εφαρμογής της

τηλεμετρίας, όπου αυτές οι αποκλίσεις είναι μεγάλες όπως το 2010, 2011, 2012 και 2013 απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση, προκειμένου να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

Με βάση τους Πίνακες 9.2 και 9.3, το Σύνολο των Ετήσιων Καταναλώσεων Νερού προκύπτει αν στην ποσότητα των Πωληθέντων προστεθεί η ποσότητα που Διατέθηκε χωρίς Αξία, εν συνεχεία αφαιρεθεί η ποσότητα από τη Διαφορά Παγίου και τέλος προστεθεί η ποσότητα των Απωλειών.

Ακολουθώντας, εφαρμόστηκε η γραμμική παλινδρόμηση, θεωρώντας ως εξαρτημένη μεταβλητή y τις Απώλειες και ανεξάρτητες μεταβλητές x_i τις ακόλουθες ποσότητες νερού: Σύνολο Καταναλώσεων, Πωληθέντα, Διάθεση χωρίς Αξία και Διαφορά Παγίου. Με τον τρόπο αυτό διερευνήθηκε αν υφίσταται γραμμική σχέση μεταξύ των μεταβλητών y και x_i . Τελικά, γραμμική σχέση της εξαρτημένης μεταβλητής προέκυψε με το Σύνολο των Καταναλώσεων (συντελεστής προσαρμογής $R^2 = 0,856$), τα Πωληθέντα (συντελεστής προσαρμογής $R^2 = 0,356$) και τη Διαφορά Παγίου (συντελεστής προσαρμογής $R^2 = 0,590$), ενώ δεν προέκυψε γραμμική σχέση με τη Διάθεση χωρίς Αξία.

Αξιοποιώντας τις εξισώσεις 9.4 έως 9.6 που αποτυπώνουν τις ανωτέρω γραμμικές σχέσεις υπάρχει δυνατότητα εκτίμησης των μεταβολών των απωλειών νερού, καθώς και μελλοντικών προβλέψεων των υπόψη απωλειών όταν είναι γνωστή μια από τις ανωτέρω εξαρτημένες μεταβλητές.

Έχει ήδη αναφερθεί, ότι το έτος 2007 κρίνεται ως κρίσιμο διαχειριστικά έτος σε ό,τι αφορά στις απώλειες νερού στο δίκτυο της ΔΕΥΑΛ, λαμβανομένου υπόψη του γεγονότος ότι τότε εγκαταστάθηκαν και τέθηκαν σε λειτουργία οι πρώτοι 25 σταθμοί τηλεμετρίας. Συνεπώς, με σημείο αναφοράς το εν λόγω έτος κρίθηκε σκόπιμο να πραγματοποιηθεί έλεγχος των μέσων τιμών των Απωλειών Νερού. Στην προκειμένη περίπτωση, η μηδενική υπόθεση H_0 ήταν ότι οι μέσες τιμές των δύο δειγμάτων είναι ίσες.

Πραγματοποιήθηκε αρχικά έλεγχος για τη σύγκριση των διασπορών δειγμάτων. Από τη σημαντικότητα αυτού του ελέγχου προέκυψε το συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στις διασπορές και επομένως οι διασπορές δε διαφέρουν. Η σημαντικότητα του ελέγχου μας επιτρέπει να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση, οπότε υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις μέσες τιμές των απωλειών των καταναλώσεων πριν και μετά το έτος 2007. Το γεγονός αυτό αποτελεί την πιο ισχυρή απόδειξη αναφορικά με την αξιοποίηση και την αποτελεσματικότητα της τηλεμετρίας στο δίκτυο ύδρευσης της ΔΕΥΑΛ.

10.4. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Σε κάθε ερευνητική εργασία υφίστανται περιορισμοί (limitations), οι οποίοι αναλόγως την περίπτωση, την προέλευση και το είδος των δεδομένων επηρεάζουν την εξαγωγή συμπερασμάτων που είναι το κύριο ζητούμενο. Στην προκειμένη περίπτωση, υπήρξε πλήθος δεδομένων και μάλιστα επί σειρά ετών, γεγονός που διευκόλυνε και υποστήριξε την ερευνητική προσέγγιση που επιχειρήθηκε για τα θέματα των καταναλώσεων νερού της ΔΕΥΑΛ.

Παρόλα αυτά, επειδή η επισκόπηση βιβλιογραφίας κατέδειξε ότι η διαχείριση υδάτινων πόρων είναι θέμα πολυπαραμετρικό και δεν εξαρτάται μόνο από τα συστήματα παρακολούθησης, όπως η τηλεμετρία, τεκμαίρεται ότι θα πρέπει παράλληλα ή και ταυτόχρονα να διερευνηθούν και άλλες παράμετροι, ώστε τα συμπεράσματα να τεκμηριώνονται σε μεγαλύτερο βαθμό. Οι διαρροές σε ένα δίκτυο ύδρευσης μπορεί να οφείλονται σε διάφορες αιτίες, όπως έχει ήδη αναφερθεί εκτενώς στην παρούσα εργασία και προφανώς διαφέρουν ανά περίπτωση στην αμεσότητα και τον τρόπο αποκατάστασης. Για κάθε δίκτυο ύδρευσης κρίνεται απαραίτητο να καταγράφονται και να αναλύονται περαιτέρω οι διαρροές που εμφανίζονται, έτσι ώστε να πραγματοποιείται και αντίστοιχος προγραμματισμός προληπτικής συντήρησης, αλλά και ενδεχόμενος προγραμματισμός υλοποίησης έργων αντικατάστασης τμημάτων του δικτύου, όπου θα έχουν καταγραφεί επαναλαμβανόμενες βλάβες.

Μάλιστα, επειδή τα συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου των δικτύων ύδρευσης αποτελούν σημαντικές οικονομικές επενδύσεις και αναλώνουν σημαντικούς πόρους, εκτιμάται ότι θα ήταν χρήσιμο για κάθε ΔΕΥΑ να πραγματοποιεί χρηματοοικονομική ανάλυση για την απόδοση της υπόψη επένδυσης και το κρίσιμο χρονικό διάστημα που θα αποσβεστεί. Αν η υπόψη επένδυση αποφέρει αποτελέσματα μεγαλύτερα των πόρων που δαπανώνται συμπεριλαμβανομένων των δαπανών συντήρησης και αναβάθμισης, τότε προφανώς και θα είναι συμφερότερο διαχειριστικά να επεκταθεί η τηλεμετρία στο εκάστοτε δίκτυο ύδρευσης. Σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να εξεταστεί η χρηματοδότηση έργων αντικατάστασης προβληματικών τμημάτων του δικτύου ή εκσυγχρονισμού του με αυτοματισμούς και μετρητές καταναλώσεων μεγαλύτερης αξιοπιστίας. Σε κάθε περίπτωση, ο συνδυασμός επενδύσεων τόσο σε συστήματα παρακολούθησης όσο και σε εκσυγχρονισμό του δικτύου ύδρευσης αποτελεί τη βέλτιστη διαχείριση.

Τα ανωτέρω ζητήματα θα μπορούσαν κάλλιστα να αποτελέσουν πεδία μελλοντικής έρευνας για τη ΔΕΥΑ Λάρισας, καθώς και για κάθε ΔΕΥΑ. Κρίνεται επίσης επιβεβλημένο για τη βιωσιμότητα μιας επιχείρησης, να συνεργάζεται και να ανταλλάσει τεχνογνωσία σε θέματα που άπτονται του αντικειμένου δραστηριοποίησής της με αντίστοιχες επιχειρήσεις, προκειμένου να αποφεύγονται διαχειριστικά λάθη που θα επιφέρουν αστοχίες και οικονομικές ζημιές. Η επιλογή των σημείων του δικτύου που θα εφαρμοστεί η τηλεμετρία και οι επιλογές αναδρομολόγησης του υπόψη συστήματος, σε περίπτωση χαμηλής αποτελεσματικότητας, αποτελεί κύριο θέμα για όλες τις επιχειρήσεις που διαχειρίζονται δίκτυα ύδρευσης. Ως εκ τούτου, η καλλιέργεια συνεργατικού κλίματος μεταξύ των ΔΕΥΑ και η από κοινού διερεύνηση προβλημάτων που τίθενται στην ίδια βάση, αναμένεται να αποφέρει σημαντικά οφέλη για όλους.

Τέλος, όπως σε πάρα πολλά θέματα έτσι και στη διαχείριση υδάτινων πόρων η ενημέρωση, η ευαισθητοποίηση και η εκπαίδευση των πολιτών κρίνεται εξίσου σημαντική. Προς αυτή την κατεύθυνση δραστηριοποιείται ήδη η ΔΕΥΑ Λάρισας, καταδεικνύοντας υψηλό αίσθημα ευθύνης για ένα κρίσιμο ζήτημα, όπως η διαχείριση των υδάτινων πόρων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

Αναγνωστόπουλος, Κ. και Π. Μυλωνόπουλος (2000), *Χαρτογράφηση Πολεοδομικού Συγκροτήματος και Σύστημα Διαχείρισης των Δικτύων ΔΕΥΑ*, Εργαστήριο Οργάνωσης & Προγραμματισμού, Τμήμα Πολ. Μηχανικών ΔΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Ασημακόπουλος Δ. (2004), *Οικονομική Ανάλυση και Τιμολογιακή Πολιτική Χρήσεων και Υπηρεσιών Νερού*, Αθήνα, ΕΜΠ.

Βαρσαμίδου Μ. (2004), *Χωρική και Οικονομική Ανάλυση των Χρήσεων Υδατικών Πόρων σε Επίπεδο Λεκάνης Απορροής. Η Περίπτωση της Λεκάνης του Αξιού*, Μυτιλήνη, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

Γιακουμάκης Σ. (2008), *Μέθοδοι Ελέγχου και Διαρροών στα Δίκτυα Υδρευσης*, Αθήνα, Τομέας Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, ΕΜΠ.

Ευστρατιάδης, Α. και Δ. Κουτσογιάννης (2005), *Τυπικά Υδραυλικά Έργα*, Αθήνα, ΕΜΠ.

Ηλιάδης, Φ., Κυριακίδης, Χ., Μπόζου, Ε. και Α. Σιουτοπούλου (2011), *Σχεδιασμός και Διαχείριση Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας*, Θεσσαλονίκη, ΑΠΘ.

Καλύβας Π. (2000), *Τα ΓΣΠ στη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων*, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, ΔΠΘ.

Καρπούζος, Δ., Κυριαζοπούλου, Ι. και Ι. Ναλμπάντης (2005), *Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Συστημάτων σε Σύζευξη με Επιλεγμένο Υπολογιστικό Σύστημα*, Θεσσαλονίκη, ΑΠΘ.

Κουτσόπουλος Κ. (2002), *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου.

Μαντόγλου Α. (2004), *Μηχανική Ρευστών και Εφαρμοσμένη Υδραυλική*, Αθήνα, ΕΜΠ.

Μιμίκου Μ.Α. (2006), *Αποτίμηση της Εφαρμογής της Οδηγίας WFD 2000/60/EC, 3η Πανελλήνια Ημερίδα Υδρολογία και Υδατικών Πόρων*, Βόλος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Μιμίκου, Μ.Α. και Φ.Σ. Φωτόπουλος (2004), *Υδατικό Περιβάλλον και Ανάπτυξη*, Αθήνα, ΕΜΠ.

Ναλμπάντης Ι. (2007), *Προστασία και Διαχείριση Υδατικών Πόρων*, Αθήνα, ΕΜΠ.

Σπυράκος, Ι., Μανάσης, Ν. και Δ. Κουτσογιάννης (1991), *Ανάπτυξη Γεωγραφικού Συστήματος Υδρολογικών Πληροφοριών*, Σχολή Πολ. Μηχανικών ΕΜΠ.

Σφυρής Π. (2006), *Το Οικονομικό Σκέλος της Οδηγίας 2000/60 και η Τιμολόγηση ως Εργαλείο. Διαχείριση της Ζήτησης του Νερού. Η Περίπτωση της Αθήνας*, Μυτιλήνη, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

Τσακίρης Γ. (2006), *Υδραυλικά Έργα Σχεδιασμός & Διαχείριση, Τόμος ΙΙ*, Αθήνα, Εκδόσεις Συμμετρία.

ΥΠΑΝ, ΕΜΠ, ΙΓΜΕ και ΚΕΠΕ (2003), *Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων της Χώρας*, Αθήνα.

Χατζηχρήστος Δ. (1995), *Διερεύνηση του Σχεδιασμού Δικτύων Αποχέτευσης Ομβρίων με Σύστημα Γεωγραφικής Πληροφορίας*, Αθήνα, ΕΜΠ.

Χρυσιπολίτου, Β. και Β. Τσιαούση (2006), *Κατευθύνσεις για το Σχεδιασμό Προγραμμάτων Παρακολούθησης των Εσωτερικών Επιφανειακών Υδάτων*, Θεσσαλονίκη, ΑΠΘ.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Adam, M. and M. Thomas (2003), *Advanced Water Distribution Modeling and Management*, Haestad Press, Waterbury CT USA.

Bartolin, H. and F. Martinez (2005), *Modelling and Calibration of Water Distribution Systems. A New GIS Approach*, Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente, Valencia.

Cabrera, E. and F. Martinez (1993), *Water Supply Systems*, Computational Mechanics Publications, Southampton Boston.

Chatterjee, S. and A. Hadi (2006), *Regression Analysis by Example*, Fourth Edition.

Cullinane, M., Lansley, K. and L. Mays (1992), 'Optimization-availability based design of water distribution networks', *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, 118(3).

Ehrenreich D. (2005), *Operating Benefits Achieved with SCADA for Water Distribution*, BCWWA Conference, November 28-29, 2005, Vancouver, Canada.

Faraway J. (2002), *Practical Regression and Anova using R*.

Goodman L. (2011), 'Guidelines For Successful LDC Pipe Replacement Programs', *Pipe*

& *Gas Journal*, January 2011, Vol. 238.

Kazantzis, G., Iosifidis, V., Anagnostopoulos, K. and K. Angelidis (2003), 'Application of Acoustic Methods for Leak Detection and Reduction in Complex Water Supply Networks with no Area Flow Metering', *Urban and Rural Water Systems for Sustainable Development, XXX IAHR Congress*, August 2003, Thessaloniki, Greece.

Lambert, A. and S. Tooms (2005), 'Effects of Pressure on Leakage Management', *Seminar on the Work of the IWA's Water Loss Task Force*, Birmingham.

Mays L. (1999), *Water Distribution Systems Handbook*, Department of Civil and Environmental Engineering Arizona State University, Tempe, Arizona.

Misiunas D.(2008), 'Failure Monitoring and Asset Condition Assessment in Water Supply Systems', *7th International Conference Environmental Engineering*, 22-23 May 2008, Vilnius, Lithuania.

Pilcher, R., Dizdar, A. and S. Toprak (2008), *The Basic Water Loss Book*, PROWAT.

Taylor B. (2005), *Comprehensive Water Resources Management through GIS*, Institute Ecology, The University of Georgia.

Vairavamoorthy K. (2006), *GIS in Design and Asset Management of Intermittent Water Distribution Systems*, South Bank University, London.

WATECO (2002), "Economics and the Environment. The implementation challenge of the Water framework Directive. A guidance document", *WATECO Working Group Report*.

WSA/WCA Engineering and Operations Committee (1994), 'Managing Leakage', *UK Water Industry Managing Leakage Reports*, London.

NΟΜΟΘΕΣΙΑ

Π.Δ. 51/2007 "Καθορισμός Μέτρων και Διαδικασιών για την Ολοκληρωμένη Προστασία και Διαχείριση των Υδάτων σε Συμμόρφωση με τις Διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ «Για τη Θέσπιση Πλαισίου Κοινοτικής Δράσης στον Τομέα της Πολιτικής των Υδάτων» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000" (ΦΕΚ 54Α/08-03-2007).

N.3199/2003 "Προστασία και Διαχείριση των Υδάτων-Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου του 2000" (ΦΕΚ 280Α/09-12-2003).

Οδηγία 2000/60/EK "Για τη Θέσπιση Πλαισίου Κοινοτικής Δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων".

N.1650/86 "Για την Προστασία του Περιβάλλοντος" (ΦΕΚ 160Α/18-10-86).

N.1739/87 "Διαχείριση των Υδατικών Πόρων και άλλες Διατάξεις" (ΦΕΚ 201Α/11-5-89).

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

<http://3deducators.com/PaintingAcademy/CathodicProtection> [last accessed: 25-9-2014].

http://europa.eu/legislation/environment/water_protection [last accessed: 25-9-2014].

http://library.tee.gr/digital/m2045/m2045_adamopoulos.pdf [last accessed: 8-10-2014].

<http://siteresources.worldbank.org> [last accessed: 9-10-2014].

<http://www.envirocoustics.gr> [last accessed: 25-9-2014].

<http://www.eyath.gr> [last accessed: 7-10-2014].

<http://www.iwahq.org/1ny/themes/managing-utilities> [last accessed: 1-10-2014].

<http://www.klimacontrol.com> [last accessed: 25-9-2014].

<http://www.larissa-dimos.gr> [last accessed: 9-10-2014].

http://www.pmi.gr/el-gr/scada_solution [last accessed: 16-10-2014].

<http://www.pro-wat.com/uploads/media/Prowat.pdf> [last accessed: 19-9-2014].

<http://www.puretechltd.com/articles/2013> [last accessed: 27-9-2014].

<http://www.scadasolutions.com/livesite> [last accessed: 29-9-2014].

<http://www.technicalreview.gr> [last accessed: 6-10-2014].

<http://www.waterinfo.gr/giakoumakis.pdf> [last accessed: 23-9-2014].

<http://www.waterloss-project.eu/wp-content.pdf> [last accessed: 2-10-2014].

<http://www.ypeka.gr> [last accessed: 28-9-2014].

<http://yperdiavgeia.gr> [last accessed: 12-10-2014].