



Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Διαχείριση Τεχνικών Έργων

Διπλωματική Εργασία

«Έλεγχος Αστικών Δικτύων Ύδρευσης και Αποχέτευσης
με Ηλεκτρονικά Διαγνωστικά Μέσα»

Ελένη Ντουλαβέρη

Επιβλέπων Καθηγητής: Κωνσταντίνος Λιώλιος

Πάτρα, Ιούνιος 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων

«Έλεγχος Αστικών Δικτύων Ύδρευσης και Αποχέτευσης
με Ηλεκτρονικά Διαγνωστικά Μέσα»

«Ελένη Ντουλαβέρη»

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων –Α΄ Αξιολογητής Καθηγητής:

Κωνσταντίνος Λιώλιος

Διδάκτωρ Μηχανικός Περιβάλλοντος

Μέλος ΣΕΠ ΔΧΤ/ΣΘΕΤ ΕΑΠ

Β΄ Αξιολογητής Καθηγητής:

Νικόλαος Φουρνιώτης

Αναπληρωτής Καθηγητής

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Μέλος ΣΕΠ ΔΧΤ/ΣΘΕΤ ΕΑΠ

Πάτρα, Ιούνιος 2026

*Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσοι συνέβαλαν με
οποιοδήποτε τρόπο στην ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής μου εργασίας.*

*Αρχικά, ευχαριστώ θερμά τους επιβλέποντες Καθηγητές μου, Κωνσταντίνο Λιώλιο και
Νικόλαο Φουρνιώτη, για την πολύτιμη καθοδήγηση, τη διαρκή υποστήριξη, την
εποικοδομητική κριτική και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια της
έρευνας και συγγραφής της εργασίας.*

*Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στους συναδέλφους μου για την υποστήριξη, τη συνεργασία,
το υλικό που με βοήθησαν να συλλέξω και τις υποδείξεις τους.*

*Τέλος, ευχαριστώ από καρδιάς την οικογένειά μου, ιδιαίτερα το σύζυγο μου Κωνσταντίνο
για την βοήθεια του και τα παιδιά μου Αγγελική και Δημήτρη για την αγάπη, την κατανόηση
και την αμέριστη συμπαράστασή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Χωρίς τη
δική τους ενθάρρυνση, η ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας δεν θα ήταν δυνατή.*

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εξετάζει τον έλεγχο των αστικών δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης με τη χρήση σύγχρονων ηλεκτρονικών διαγνωστικών μέσων. Στα δίκτυα αυτά εμφανίζονται συχνά προβλήματα, όπως διαρροές, απώλειες νερού, βλάβες σωληνώσεων, υπερχειλίσεις και φραγές, τα οποία επηρεάζουν την ομαλή λειτουργία τους.

Στο παρελθόν, ο εντοπισμός των προβλημάτων γινόταν κυρίως με επιτόπιες επιθεωρήσεις και χειροκίνητες μετρήσεις, διαδικασίες που απαιτούσαν αρκετό χρόνο και υψηλό κόστος. Σήμερα, η ανάπτυξη της τεχνολογίας έχει προσφέρει νέες δυνατότητες για την αποτελεσματικότερη παρακολούθηση και διαχείριση των δικτύων. Μέσω της συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, είναι δυνατός ο έγκαιρος εντοπισμός βλαβών και η προληπτική συντήρηση των εγκαταστάσεων.

Στην εργασία παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης, τα συνηθέστερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν και οι σύγχρονες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχό τους. Ειδικότερα, αναλύονται οι αισθητήρες, τα συστήματα SCADA, οι κάμερες τηλεοπτικής επιθεώρησης CCTV, οι τεχνολογίες IoT και τα συστήματα προσομοίωσης δικτύων. Επιπλέον, εξετάζονται οι μέθοδοι ελέγχου που εφαρμόζονται στα δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης. Παρουσιάζονται οι τηλεμετρικές διατάξεις, οι ευφυείς υδρομετρητές και τα συστήματα SCADA για την ύδρευση, καθώς και οι κάμερες CCTV, οι αισθητήρες αντλιοστασίων, τα συστήματα SCADA και τα drones με τεχνολογία τεχνητής νοημοσύνης για την αποχέτευση και τις υποδομές. Τέλος, παρουσιάζονται παραδείγματα εφαρμογών των παραπάνω τεχνολογιών, όπως το πιλοτικό πρόγραμμα εγκατάστασης ευφών υδρομετρητών της ΕΥΔΑΠ και η χρήση ρομποτικών συστημάτων CCTV για τον εντοπισμό και την αποκατάσταση προβλημάτων στο δίκτυο αποχέτευσης.

Το υλικό της εργασίας συλλέχθηκε από επιστημονικές και ακαδημαϊκές πηγές, διαδικτυακή βιβλιογραφία, εκπαιδευτικά σεμινάρια της ΕΥΔΑΠ, καθώς και από ημερίδα που πραγματοποιήθηκε από τον Σύλλογο Μηχανικών της ΕΥΔΑΠ σε συνεργασία με την World UAV Federation σχετικά με τη χρήση drones για την επιθεώρηση δικτύων υποδομών.

Λέξεις – Κλειδιά

SCADA, CCTV, PLC, Drones, Κάμερες Τηλεοπτικής Επιθεώρησης, Τηλεμετρική διάταξη, Αισθητήρες, Ευφυείς Μετρητές.

Inspection of Urban Water Supply and Sewerage Networks with electronic diagnostic tools

Helen Doulaveri

Abstract

This master's thesis examines the monitoring and control of urban water supply and sewerage networks using modern electronic diagnostic technologies. These networks frequently face problems such as leaks, water losses, pipe failures, overflows, and blockages, which can affect their efficient operation.

In the past, the detection of such problems was mainly carried out through on-site inspections and manual measurements, processes that required considerable time and cost. Today, technological developments have created new opportunities for more efficient monitoring and management of water infrastructure. Through the collection and processing of real-time data, it is possible to detect faults at an early stage and apply preventive maintenance practices, improving the overall performance of the systems.

This thesis presents the basic characteristics of water supply and sewerage networks, the most common operational problems they face, and the modern technologies used for their inspection and monitoring. In particular, it examines sensors, SCADA systems, CCTV inspection cameras, Internet of Things (IoT) technologies, and network simulation systems.

Furthermore, the methods used for monitoring water supply and sewerage networks are analyzed. For water supply systems, telemetry devices, smart water meters, and SCADA systems are presented. For sewerage networks, CCTV inspection cameras, pumping station sensors, SCADA systems, and artificial intelligence-based drone technologies for infrastructure inspection are discussed. In addition, the thesis presents practical applications of these technologies, including the pilot smart water meter program implemented by EYDAP and the use of robotic CCTV systems for the detection and repair of defects and operational failures in sewerage networks.

The material used in this study was collected from scientific and academic sources, online literature, EYDAP training seminars, and a technical workshop organized by the EYDAP Engineers Association in cooperation with the World UAV Federation, where drone applications for the inspection of infrastructure networks were presented.

Key Words

SCADA, CCTV, PLC, Electronic Diagnostic Technologies, Inspection Cameras, Pumping Station Sensors, Internet of Things, Smart Water Meters

Περιεχόμενα

Περίληψη	v
Abstract	vii
Περιεχόμενα	ix
Κατάλογος Σχημάτων	xi
Κατάλογος Πινάκων	xiii
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια	xiv
1. Εισαγωγή.....	1
1.1 Αντικείμενο και σκοπός της εργασίας... ..	1
1.2 Ερευνητικά ερωτήματα και στόχοι	1
1.3 Μεθοδολογία προσέγγισης.....	2
1.4 Περιορισμοί και υποθέσεις.....	3
2. Αστικά δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης.....	4
2.1 Θεωρητικό υπόβαθρο.....	4
2.2 Ιστορική αναδρομή	4
2.3 Δομή και συστατική στοιχεία των δικτύων ύδρευσης.....	6
2.4 Λειτουργία και συντήρηση των δικτύων ύδρευσης.....	7
2.5 Δίκτυα αποχέτευσης – Τύποι και λειτουργία.....	7
2.6 Προβλήματα και προκλήσεις των αστικών δικτύων	8
2.7 Σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις στη διαχείριση.....	8
3. Ηλεκτρονικά διαγνωστικά μέσα	9
3.1 Ιστορική αναδρομή του ελέγχου αστικών δικτύων ύδρευσης και αποχέτευση με ηλεκτρονικά διαγνωστικά μέσα	9
3.2 Αισθητήρες.....	10
3.3 Συστήματα Τηλεοπτικής Επιθεώρησης (CCTV)	10
3.4 Συστήματα Ελέγχου (SCADA)	11
3.5 Τεχνολογίες IOT	11
3.6 Συστήματα προσομοίωσης.....	11
4. Μεθοδολογία ελέγχου	12
4.1 Τηλεμετρική διάταξη στην ύδρευση.....	12
4.1.1 Τηλεμετρική διάταξη στο δίκτυο ύδρευσης της ΕΥΔΑΠ.....	13
4.2 Αρχή λειτουργίας συστήματος SCADA στην ύδρευση.....	15
4.3 Ευφείς μετρητές στην ύδρευση.....	17
4.3.1 Το δίκτυο των ευφών μετρητών.....	17
4.4 Αισθητήρες για την υπερχείληση Αντλιοστασίων στην Αποχέτευση.....	20
4.5 Συστήματα CCTV στην αποχέτευση.....	24
4.5.1 Τηλεοπτική επιθεώρηση με φορητό εξοπλισμό.....	25
4.5.2 Τηλεοπτική επιθεώρηση με αυτοκινούμενο εξοπλισμό.....	26
4.6 Αρχή λειτουργίας συστήματος SCADA στην Αποχέτευση... ..	30
4.6.1 Οι βασικές λειτουργίες του συστήματος Scada	33
4.6.1.1 Υποσυστήματα του Συστήματος Ελέγχου (scada).....	33
4.6.1.2 Τοπικοί Σταθμοί.....	34
4.6.1.3 Τμήματα Τοπικού Σταθμού.....	36
4.6.1.3.α Αισθητήρια Όργανα.....	36
4.6.1.3.β Βοηθητικός Πίνακας Αυτοματισμού... ..	37
4.6.1.3.γ Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC)	38

4.6.1.4 Δίκτυο Επικοινωνιών.....	39
4.6.1.4.α Modem Επικοινωνίας... ..	39
4.6.1.5 Κέντρο Ελέγχου.....	40
4.7 Τεχνολογία AI (Drones).....	41
5. Μελέτη Περιπτώσεων.....	44
5.1 Πιλοτικό έργο Ευφών Μετρητών	44
5.1.1 Χαρακτηριστικά και προδιαγραφές των Ευφών Μετρητών στο πιλοτικό έργο.....	44
5.1.2 Λειτουργία του έργου.....	49
5.2 Κοπή εμποδίων με κάμερα ROBOT CCTV.....	54
5.3 Επισκευή αγωγών με την μέθοδο inlining	56
6. Συμπεράσματα-Προτάσεις.....	58
6.1 Συμπεράσματα.....	58
6.2 Προτάσεις.....	59
Βιβλιογραφία	60

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1 Τομή και κάτοψη της τουαλέτας στο ισόγειο του ανακτόρου της Κνωσσού.....	5
Σχήμα 2 Πηγάδι στην εποχή του Μεσαίωνα	5
Σχήμα 3 Φρεατιο ειδικής παροχής με αισθητήριο.....	14
Σχήμα 4 Διάγραμμα αρχιτεκτονικής SCADA	16
Σχήμα 5 Δίκτυο τοπολογίας πλέγματος.....	18
Σχήμα 6 Δίκτυο τοπολογίας αστέρα	16
Σχήμα 7 Δίκτυο τοπολογίας δένδρου.....	19
Σχήμα 8 Διάγραμμα αρχιτεκτονικής συστήματος ειδοποίησης υπερχειλίσεων	20
Σχήμα 9 Φρεάτιο αντλιοστασίου	23
Σχήμα 10 Εγκατάσταση συστήματος σε φρεάτιο υπερχείλισης αντλιοστασίου	23
Σχήμα 11 Φορητή κάμερα	25
Σχήμα 12 Όχημα τηλεοπτικής επιθεώρησης αγωγών	26
Σχήμα 13 Χώρος χειρισμού	27
Σχήμα 14 Χώρος αποθήκευσης	27
Σχήμα 15 Φορέας Rota-RZL	28
Σχήμα 16 Φορέας SKI-I.....	28
Σχήμα 17 Εικόνα τηλεοπτικής επιθεώρησης 1	29
Σχήμα 18 Εικόνα τηλεοπτικής επιθεώρησης 2	29
Σχήμα 19 Παρακολούθηση αλυσίδας Αντλιοστασίων.....	31
Σχήμα 20 Εικόνα λειτουργίας ενός Αντλιοστασίου.....	32
Σχήμα 21 Χώρος αντλιών ενός Αντλιοστασίου.....	32
Σχήμα 22 Διάγραμμα Λειτουργίας Συστήματος Scada Αντλιοστασίων Αποχέτευσης.....	35
Σχήμα 23 Διάγραμμα Ελέγχου Εξοπλισμού Αντλιοστασίου.....	37
Σχήμα 24 Πρόσοψη ενός "νέου" PLC Αντλιοστασίου.....	39
Σχήμα 25 Τύπος modm.....	40
Σχήμα 26 Διάγραμμα ροής προγραμμάτων Κέντρου Ελέγχου.....	41
Σχήμα 27 Drones.....	42
Σχήμα 28 Εικόνα Εσωτερικής Επιθεώρησης.....	43
Σχήμα 29 Μετρητής Sensus Iperl.....	45
Σχήμα 30 Μετρητής Kamstrup MULTICAL® 21/flowIQ® 2101.....	47

Σχήμα 31 Εφαρμογή READy της Kamstrup.....	48
Σχήμα 32 Αρχιτεκτονική δομή δικτύου ΕΥΔΑΠ για αραιοκατοικημένες περιοχές	50
Σχήμα 33 Αρχιτεκτονική δομή δικτύου ΕΥΔΑΠ για πυκνοκατοικημένες περιοχές	51
Σχήμα 34 Αρχιτεκτονική δομή δικτύου ΕΥΔΑΠ για εξαρχής σχεδίαση και κατασκευή των ευφύων μετρητών.....	53
Σχήμα 35 Ρομποτικό Μηχάνημα Talpa 2060 κοπής εμποδίων.....	54
Σχήμα 36 Κεφαλή κοπής μη μεταλλικών εμποδίων PVC-Ρίζες φυτών.....	54
Σχήμα 37 Κρουστικό εργαλείο κοπής για Μπετόν -Πέτρες.....	55
Σχήμα 38 Κεφαλή κοπής Τσιμέντου Αργίλου.....	55
Σχήμα 39 Φορέας επισκευής.....	57
Σχήμα 40 Διαδικασία επισκευής με εσωτερική επικάλυψη	57

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 Τεχνικά χαρακτηριστικών μετρητή iPERL.....	46
Πίνακας 2 Τεχνικά χαρακτηριστικών μετρητή Kamstrup MULTICAL® 21/flowIQ® 2101.....	48

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΕΥΔΑΠ	Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας
ΚΣΕ	Κεντρικό Σταθμό Ελέγχου
ΚΤΤ	Κέντρο Τηλέλεγχου Τηλεχειρισμού
ΟΤΑ	Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης
ΤΣ	Τοπικός Σταθμός
ΤΘ	Τηλεμετρική Θέση
ΑΙ	Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence)
CCTV	Κλειστό Κύκλωμα Τηλεόρασης (Closed-Circuit Television)
EPANET	Λογισμικό (Software)
FFD	Μετρητές Πλήρους Λειτουργίας (Full Function Devices)
GIS	Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographical Information Systems)
GPRS	Γενική Υπηρεσία Πακέτων Ραδιοεπικοινωνίας (General Packet Radio Service)
GSM	Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών (Global System for Mobile Communications)
IoT	Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things)
MATLAB	Λογισμικό (Software)
MODEM	Διαμορφωτής–Αποδιαμορφωτής (Modulator–Demodulator)
PLC	Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (Programmable Logic Controller)
PRV	Βαλβίδα μείωσης πίεσης (Pressure Reducing Valve)
PVC	Πολυβινυλοχλωρίδιο (Polyvinyl Chloride)
RF	Ραδιοσυχνότητα (Radio Frequency)
RFD	Μετρητές Μειωμένης Λειτουργίας (Reduced Function Device)
RTU	Απομακρυσμένη Τερματική Μονάδα (Remote Terminal Unit)
SCADA	Εποπτικός Έλεγχος και Συλλογή Δεδομένων (Supervisory Control and Data Acquisition)
SMS	Υπηρεσία Σύντομων Μηνυμάτων (Short Message Service)
SWM	Έξυπνη Διαχείριση Υδάτων (Smart Water Management)

1.Εισαγωγή

1.1. Αντικείμενο και σκοπός της εργασίας

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εξετάζει τις δυνατότητες εφαρμογής ηλεκτρονικών διαγνωστικών μέσων για τον έλεγχο και τη διαχείριση αστικών δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης. Τα δίκτυα αυτά αποτελούν κρίσιμες υποδομές για την εύρυθμη λειτουργία των πόλεων και την προστασία της δημόσιας υγείας, ωστόσο συχνά αντιμετωπίζουν προβλήματα που σχετίζονται με διαρροές, απώλειες νερού, αστοχίες σωληνώσεων, υπερχειλίσεις και φραγές. Οι παραδοσιακές μέθοδοι ελέγχου, που βασίζονται κυρίως σε επιτόπιες επιθεωρήσεις και χειροκίνητες μετρήσεις, αποδεικνύονται χρονοβόρες, κοστοβόρες και συχνά αναποτελεσματικές.

Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας των αισθητήρων, των συστημάτων τηλεμετρίας και των δικτύων Internet of Things (IoT) έχει δημιουργήσει νέες προοπτικές για τον έξυπνο και αποδοτικό έλεγχο των υδραυλικών υποδομών. Μέσω της συλλογής, μετάδοσης και ανάλυσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, είναι πλέον δυνατή η έγκαιρη διάγνωση δυσλειτουργιών και η προληπτική συντήρηση των συστημάτων.

1.2. Ερευνητικά ερωτήματα και στόχοι

Η εργασία επιχειρεί να απαντήσει σε μια σειρά από βασικά ερευνητικά ερωτήματα που αφορούν τη δυνατότητα και την αποτελεσματικότητα των ηλεκτρονικών διαγνωστικών μέσων στον έλεγχο αστικών δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης:

1. Ποιες είναι οι κυριότερες κατηγορίες ηλεκτρονικών διαγνωστικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται διεθνώς για την παρακολούθηση και τον έλεγχο υδραυλικών δικτύων;
2. Πώς μπορούν να ενσωματωθούν τεχνολογίες αισθητήρων, τηλεμετρίας και έξυπνων δικτύων σε υπάρχουσες υποδομές.
3. Ποιος είναι ο ρόλος των πληροφοριακών συστημάτων (π.χ. SCADA, GIS, IoT platforms) στη συλλογή, αποθήκευση και ανάλυση των δεδομένων;
4. Ποιο είναι το επίπεδο αξιοπιστίας και ακρίβειας των ηλεκτρονικών μετρήσεων σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους;

5. Πώς μπορεί η αξιοποίηση των διαγνωστικών δεδομένων να συμβάλει στη μείωση απωλειών νερού, στην ενεργειακή αποδοτικότητα και στη βιώσιμη διαχείριση των πόρων;

Με βάση τα παραπάνω ερωτήματα, οι κύριοι στόχοι της έρευνας είναι: η χαρτογράφηση των διαθέσιμων τεχνολογιών ελέγχου και διάγνωσης για δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης, η αξιολόγηση της απόδοσής τους ως προς την ανίχνευση βλαβών, τη συλλογή δεδομένων και την υποστήριξη αποφάσεων, η παρουσίαση ενός ολοκληρωμένου πλαισίου εφαρμογής ηλεκτρονικών διαγνωστικών μέσων, προσαρμοσμένου στις ανάγκες των ελληνικών δημοτικών δικτύων.

1.3. Μεθοδολογία προσέγγισης

Η μεθοδολογία που ακολουθείται στην παρούσα εργασία βασίζεται σε έναν συνδυασμό βιβλιογραφικής έρευνας, τεχνολογικής ανάλυσης και εφαρμοσμένης αξιολόγησης. Στόχος είναι η ολιστική διερεύνηση των δυνατοτήτων που προσφέρουν τα ηλεκτρονικά διαγνωστικά μέσα στον έλεγχο των αστικών δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης. Αρχικά, πραγματοποιείται εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση σε επιστημονικές πηγές, τεχνικά εγχειρίδια, πρότυπα και διεθνείς πρακτικές, με σκοπό την αποτύπωση των σύγχρονων τεχνολογικών εξελίξεων στον τομέα της παρακολούθησης και του ελέγχου υδραυλικών υποδομών.

Στη συνέχεια, ακολουθεί ανάλυση των επιμέρους τεχνολογικών συνιστωσών που χρησιμοποιούνται για τον διαγνωστικό έλεγχο, όπως οι αισθητήρες ροής, πίεσης και στάθμης, τα συστήματα τηλεμετρίας, τα SCADA και τα δίκτυα IoT. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον τρόπο συλλογής, μετάδοσης και επεξεργασίας των δεδομένων, καθώς και στην ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών σε υφιστάμενα δίκτυα. Ακολουθεί συγκριτική αξιολόγηση των τεχνολογικών λύσεων ως προς την ακρίβεια, την αξιοπιστία, το κόστος και την ευκολία υλοποίησης, με στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων για την καταλληλότητα εφαρμογής τους σε ελληνικές αστικές περιοχές.

Τέλος, η μεθοδολογία περιλαμβάνει παράδειγμα εφαρμογής ή μελέτη περίπτωσης (case study), όπου εξετάζεται πρακτικά η χρήση ηλεκτρονικών διαγνωστικών μέσων σε συγκεκριμένο δίκτυο ύδρευσης ή αποχέτευσης.

Μέσω της ανάλυσης των δεδομένων αξιολογείται η αποτελεσματικότητα των τεχνολογιών στην έγκαιρη διάγνωση προβλημάτων και στη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του συστήματος.

1.4. Περιορισμοί και υποθέσεις

Η παρούσα εργασία υπόκειται σε ορισμένους περιορισμούς και βασίζεται σε συγκεκριμένες υποθέσεις:

1. Περιορισμοί δεδομένων: Η διαθεσιμότητα πραγματικών δεδομένων λειτουργίας των δικτύων ενδέχεται να είναι περιορισμένη.
2. Σε ορισμένες περιπτώσεις αξιοποιούνται υποθετικά ή ενδεικτικά δεδομένα προσομοιώσεων.
3. Τεχνολογικοί περιορισμοί: Η ποικιλία των διαθέσιμων ηλεκτρονικών διαγνωστικών μέσων είναι μεγάλη και η αξιολόγησή τους εξαρτάται από πολλούς παράγοντες.
4. Αντιπροσωπευτικές τεχνολογικές λύσεις.
5. Υποθέσεις λειτουργίας: Υποτίθεται ότι τα δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης λειτουργούν υπό κανονικές συνθήκες, εκτός των περιπτώσεων που μελετώνται σκόπιμα ως ανωμαλίες.
6. Οικονομικοί και οργανωτικοί περιορισμοί: Η εργασία δεν εξετάζει σε βάθος το κόστος υλοποίησης ή τη χρηματοοικονομική βιωσιμότητα των τεχνολογιών.

Οι παραπάνω υποθέσεις αποσκοπούν στη σαφή οριοθέτηση του πλαισίου της έρευνας χωρίς να μειώνουν την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων.

2. Αστικά δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης

2.1. Θεωρητικό υπόβαθρο

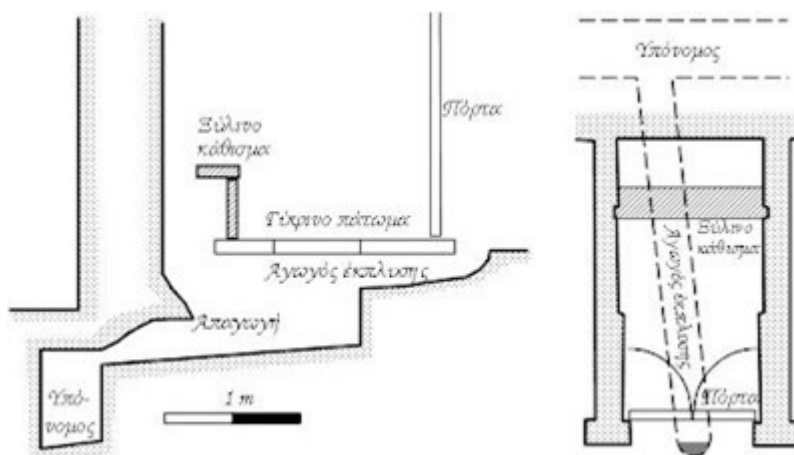
Τα αστικά δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης αποτελούν θεμελιώδεις υποδομές για τη λειτουργία των σύγχρονων πόλεων. Ο ρόλος τους είναι διττός: Αφενός η παροχή καθαρού και επαρκούς νερού στους κατοίκους και αφετέρου η ασφαλής απομάκρυνση και επεξεργασία των λυμάτων. Η σωστή λειτουργία των δικτύων αυτών επηρεάζει άμεσα τη δημόσια υγεία, την οικονομία και την ποιότητα ζωής.

Η διαχείριση και ο έλεγχος των δικτύων αυτών είναι σύνθετοι, καθώς περιλαμβάνουν μηχανικά, ηλεκτρολογικά και πληροφοριακά υποσυστήματα. Η τεχνολογική εξέλιξη έχει επιτρέψει τη σταδιακή μετάβαση από χειροκίνητες διαδικασίες σε αυτοματοποιημένα και ψηφιακά συστήματα, ενισχύοντας σημαντικά την αποδοτικότητα και τη βιωσιμότητα των υποδομών.

2.2. Ιστορική αναδρομή

Η ανάπτυξη των συστημάτων ύδρευσης και αποχέτευσης αποτελεί μία από τις σημαντικότερες επιτεύξεις του ανθρώπινου πολιτισμού. Από τις πρώτες οργανωμένες κοινωνίες, η ανάγκη για ασφαλή παροχή πόσιμου νερού και απομάκρυνση λυμάτων οδήγησε στη δημιουργία ευφών τεχνικών λύσεων, οι οποίες εξελίχθηκαν παράλληλα με την τεχνολογική και κοινωνική πρόοδο.

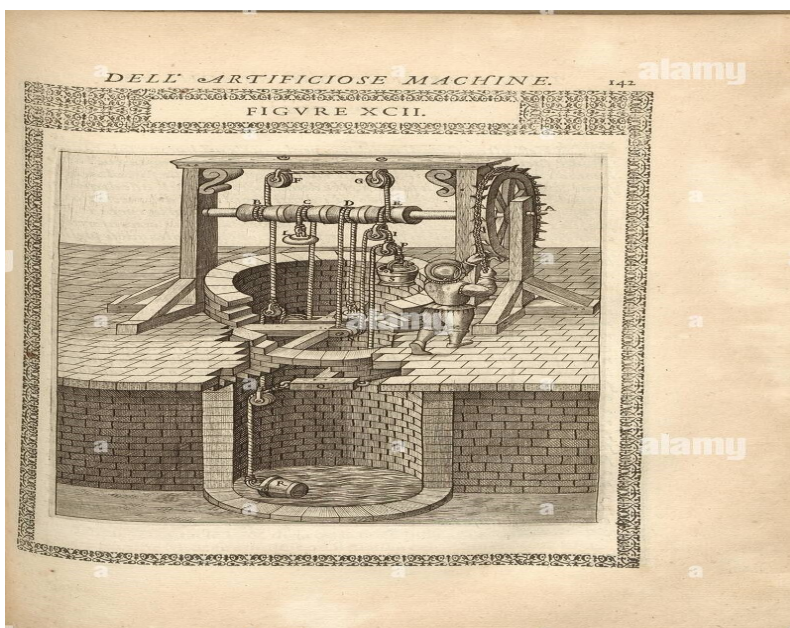
Οι πρώτες οργανωμένες εγκαταστάσεις ύδρευσης εντοπίζονται στη Μεσοποταμία και την Αίγυπτο, όπου χρησιμοποιήθηκαν απλά κανάλια και πήλινοι αγωγοί για τη μεταφορά νερού. Στην Κρήτη, κατά τη Μινωική εποχή (περίπου το 2000 π.Χ.) αναπτύχθηκαν περίπλοκα δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης με χρήση πήλινων σωλήνων και δεξαμενών. Το ανάκτορο της Κνωσού αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα οικισμού με συστήματα συλλογής και καθαρισμού νερού (Σχήμα 1).



Σχήμα 1 Τομή και κάτοψη της τουαλέτας στο ισόγειο του ανακτόρου της Κνωσσού

Στην Αρχαία Ρώμη, η υδροτεχνική γνώρισε εντυπωσιακή ανάπτυξη με την κατασκευή των ρωμαϊκών υδραγωγείων (aqueducts), τα οποία μετέφεραν καθαρό νερό σε μεγάλες αποστάσεις μέσω βαρύτητας. Παράλληλα, δημιουργήθηκαν οργανωμένα δίκτυα αποχέτευσης, με πιο γνωστό το Cloaca Maxima, το οποίο αποτελεί ένα από τα αρχαιότερα συστήματα αστικής αποχέτευσης στον κόσμο.

Κατά τον Μεσαίωνα, η ανάπτυξη των αστικών δικτύων περιορίστηκε σημαντικά λόγω κοινωνικών και υγειονομικών κρίσεων. Η ύδρευση γινόταν κυρίως μέσω πηγαδιών και φυσικών πηγών, ενώ τα λύματα απορρίπτονταν σε ανοιχτούς αγωγούς ή ποτάμια (Σχήμα 2).



Σχήμα 2 Πηγάδι στην εποχή του Μεσαίωνα

Η Βιομηχανική Επανάσταση (18^{ος} -19^{ος} αιώνας) αποτέλεσε καθοριστική περίοδο για την εξέλιξη των υδραυλικών δικτύων. Η ραγδαία αστικοποίηση και οι επιδημίες χολέρας οδήγησαν στην ανάγκη για οργανωμένα δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης. Πόλεις όπως το Λονδίνο, το Παρίσι και η Νέα Υόρκη ανέπτυξαν εκτεταμένα δίκτυα αγωγών, αντλιών και δεξαμενών, βασισμένα πλέον σε μεταλλικά υλικά και μηχανική άντληση.

2.3. Δομή και συστατικά στοιχεία των δικτύων ύδρευσης

Τα δίκτυα ύδρευσης αποτελούνται από συνδεδεμένα υποσυστήματα που συνεργάζονται για να εξασφαλίσουν τη συνεχή παροχή νερού. Τα κύρια στοιχεία τους περιλαμβάνουν:

- Πηγές υδροληψίας: Ποτάμια, γεωτρήσεις, ταμιευτήρες, λίμνες ή δεξαμενές.
- Εγκαταστάσεις επεξεργασίας: Φίλτρα, δεξαμενές καθίζησης, απολύμανσης και χλωρίωσης.
- Αγωγοί μεταφοράς: Σωληνώσεις μεγάλης διαμέτρου που μεταφέρουν νερό προς τις αστικές περιοχές.
- Δίκτυο διανομής: Δευτερεύοντες αγωγοί, βαλβίδες και μετρητές που τροφοδοτούν τις οικίες και τις επιχειρήσεις.
- Συστήματα ελέγχου και παρακολούθησης: Πίνακες ελέγχου, αισθητήρες πίεσης, ροής και ποιότητας νερού.

Η αποδοτική λειτουργία τους προϋποθέτει συνεχή εποπτεία, συντήρηση και προσαρμογή σε μεταβαλλόμενες συνθήκες ζήτησης.

2.4. Λειτουργία και συντήρηση των δικτύων ύδρευσης

Η λειτουργία των δικτύων ύδρευσης απαιτεί αδιάλειπτη παρακολούθηση και τακτική συντήρηση. Οι κύριες δραστηριότητες περιλαμβάνουν είναι οι εξής:

- Έλεγχος πίεσης και παροχής, για αποφυγή αστοχιών ή απωλειών.
- Τακτική συντήρηση αντλιών, δεξαμενών και βαλβίδων.
- Έλεγχος ποιότητας νερού, μέσω χημικών και μικροβιολογικών αναλύσεων.
- Ανίχνευση διαρροών, με συστήματα τηλεμετρίας και αισθητήρες ακουστικής ή πίεσης.

Η χρήση ηλεκτρονικών διαγνωστικών μέσων βελτιώνει σημαντικά την αποδοτικότητα, μειώνοντας το χρόνο απόκρισης και το κόστος λειτουργίας.

2.5. Δίκτυα αποχέτευσης – Τύποι και λειτουργία

Τα δίκτυα αποχέτευσης διακρίνονται σε:

- Δίκτυα ακαθάρτων, που συλλέγουν τα οικιακά και βιομηχανικά λύματα.
- Δίκτυα ομβρίων, που απομακρύνουν τα νερά της βροχής.
- Μικτά δίκτυα (Παντοροϊκά), στα οποία τα λύματα και τα όμβρια απομακρύνονται από κοινού.

Η σωστή λειτουργία των δικτύων αυτών είναι κρίσιμη για την αποφυγή υπερχειλίσεων, ρύπανσης και δυσλειτουργιών. Η σύγχρονη τεχνολογία επιτρέπει συνεχή παρακολούθηση της στάθμης, της ροής και της ποιότητας των λυμάτων με αισθητήρες συνδεδεμένους σε κεντρικά συστήματα ελέγχου.

2.6. Προβλήματα και προκλήσεις των αστικών δικτύων

Τα αστικά δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης αντιμετωπίζουν πλήθος τεχνικών και περιβαλλοντικών προκλήσεων, όπως:

- Γήρανση υποδομών και αυξημένες διαρροές.
- Ρύπανση από ανεξέλεγκτες εκροές ή εισροές σε φθαρμένους αγωγούς.
- Κλιματική αλλαγή, που προκαλεί εναλλαγές στην παροχή και έντονα πλημμυρικά φαινόμενα.
- Περιορισμένοι οικονομικοί πόροι, που καθυστερούν έργα ανανέωσης.
- Ανάγκη για ψηφιακό μετασχηματισμό, μέσω τεχνολογιών IoT, τεχνητής νοημοσύνης και αυτοματισμών.

Η αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων απαιτεί σύγχρονες λύσεις που βασίζονται στη συλλογή δεδομένων, την πρόγνωση και τη συνεχή βελτιστοποίηση.

2.7. Σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις στη διαχείριση

Η τελευταία δεκαετία χαρακτηρίζεται από τη μετάβαση σε έξυπνα δίκτυα νερού (Smart Water Networks). Οι τεχνολογίες που εφαρμόζονται είναι:

- Αισθητήρες IoT για ροή, πίεση, στάθμη και ποιότητα.
- Συστήματα SCADA για απομακρυσμένη παρακολούθηση.
- Cloud πλατφόρμες για ανάλυση δεδομένων/
- Αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης για πρόβλεψη βλαβών και βελτιστοποίηση λειτουργίας.

Η χρήση των τεχνολογιών αυτών έχει οδηγήσει σε επανάσταση στη διαχείριση των δικτύων. Οι τεχνολογικές αυτές εξελίξεις καθιστούν τα δίκτυα πιο ανθεκτικά, αποδοτικά και βιώσιμα, επιτρέποντας καλύτερη εξυπηρέτηση των πολιτών και προστασία του περιβάλλοντος.

3 Ηλεκτρονικά διαγνωστικά μέσα

3.1. Ιστορική αναδρομή του ελέγχου αστικών δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης με ηλεκτρονικά διαγνωστικά μέσα.

Η εξέλιξη των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών έχει επιτρέψει τη ραγδαία ανάπτυξη ηλεκτρονικών διαγνωστικών συστημάτων που χρησιμοποιούνται σε έργα υποδομής, συμπεριλαμβανομένων των υδροηλεκτρικών σταθμών και των δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης. Τα μέσα αυτά παρέχουν συνεχή παρακολούθηση, διάγνωση βλαβών και πρόγνωση συνθηκών λειτουργίας, αυξάνοντας την αξιοπιστία και τη βιωσιμότητα των εγκαταστάσεων. Παρακάτω θα αναφερθούμε ποιες κατηγορίες ηλεκτρονικών διαγνωστικών μέσων και τις τεχνολογίες ελέγχου που εφαρμόζονται σήμερα.

Η διαχείριση και ο έλεγχος των αστικών δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης αποτελούν βασικό πυλώνα για τη βιώσιμη ανάπτυξη και τη δημόσια υγεία. Από την αρχαιότητα έως σήμερα, οι μέθοδοι ελέγχου εξελίχθηκαν από απλές επιθεωρήσεις σε προηγμένα ηλεκτρονικά και αυτοματοποιημένα συστήματα.

Κατά την αρχαιότητα, πολιτισμοί όπως οι Μινωίτες και οι Ρωμαίοι ανέπτυξαν δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης με πήλινους αγωγούς και δεξαμενές, ενώ ο έλεγχος γινόταν οπτικά και εμπειρικά. Η Βιομηχανική Επανάσταση (19ος αιώνας) σηματοδότησε την εισαγωγή μηχανικών μέσων, όπως αντλίες, βαλβίδες και μανόμετρα, προσφέροντας έναν πρώτο συστηματικό τρόπο παρακολούθησης της λειτουργίας των δικτύων. Από τη δεκαετία του 1970, η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών και των Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών (PLC) επέτρεψε την αυτοματοποίηση των ελέγχων. Στη δεκαετία του 1990, τα συστήματα SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) και τα GIS (Geographical Information Systems) εισήγαγαν την έννοια του απομακρυσμένου και ψηφιακού ελέγχου, παρέχοντας συνεχή παρακολούθηση και χωρική απεικόνιση των δεδομένων. Στην αποχέτευση, οι κάμερες CCTV καθιέρωσαν τη μη επεμβατική επιθεώρηση αγωγών.

Τις τελευταίες δεκαετίες, τα αστικά δίκτυα εξελίχθηκαν σε «έξυπνα δίκτυα» (“Smart Water Networks”), με χρήση αισθητήρων IoT, ασύρματων επικοινωνιών, Τεχνητής Μοημοσύνης (AI) και ανάλυσης Μεγάλων Δεδομένων (Big Data). Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει την

προγνωστική συντήρηση, την ανίχνευση διαρροών σε πραγματικό χρόνο και τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας. Ο συνδυασμός των ηλεκτρονικών διαγνωστικών μέσων με τα ψηφιακά πληροφοριακά συστήματα έχει καταστήσει τα σύγχρονα δίκτυα περισσότερο ανθεκτικά, αποδοτικά και βιώσιμα.

Η ιστορική εξέλιξη του ελέγχου των αστικών δικτύων αποδεικνύει τη σταδιακή μετάβαση από την εμπειρική διαχείριση στην αυτοματοποιημένη και προγνωστική παρακολούθηση, όπου τα ηλεκτρονικά διαγνωστικά μέσα αποτελούν πλέον αναπόσπαστο εργαλείο των μηχανικών υποδομών.

3.2. Αισθητήρες

Οι αισθητήρες (sensors) αποτελούν τη «βάση» κάθε διαγνωστικού συστήματος. Μετρούν φυσικά μεγέθη και μετατρέπουν τα δεδομένα σε ψηφιακές πληροφορίες. Οι κύριοι τύποι αισθητήρων περιλαμβάνουν:

- Πίεσης: Καταγράφουν την πίεση ροής σε αγωγούς ή δεξαμενές.
- Στάθμης: Ελέγχουν την ποσότητα νερού σε δεξαμενές και ταμιευτήρες.
- Θερμοκρασίας και υγρασίας: Παρακολουθούν τις περιβαλλοντικές συνθήκες.
- Δόνησης και επιτάχυνσης: Ανιχνεύουν μηχανικές αστοχίες ή φθορές.
- Ροής: Μετρούν την ταχύτητα και τον όγκο ροής του νερού.

3.3. Συστήματα Τηλεοπτικής Επιθεώρησης (CCTV)

Τα Συστήματα Τηλεοπτικής Επιθεώρησης (CCTV) αποτελούν σημαντικό διαγνωστικό εργαλείο για την οπτική παρακολούθηση αγωγών, δεξαμενών και υδροτεχνικών εγκαταστάσεων. Χρησιμοποιούνται για την επιθεώρηση αποχετευτικών δικτύων, τον έγκαιρο εντοπισμό ρωγμών ή καθιζήσεων και τη συνεχή παρακολούθηση απομονωμένων εγκαταστάσεων. Οι κάμερες είναι υποβρύχιες ή περιστροφικές (pan-tilt-zoom) και συνδέονται με συστήματα καταγραφής ή τηλεμετρίας.

3.4 Συστήματα Ελέγχου (SCADA)

Τα Συστήματα Ελέγχου (SCADA) είναι ολοκληρωμένα συστήματα ελέγχου, παρακολούθησης και συλλογής δεδομένων. Χρησιμοποιούνται για αυτόματο έλεγχο βαλβίδων, αντλιών, θυροφραγμάτων, εποπτεία λειτουργίας εξοπλισμού σε πραγματικό χρόνο και καταγραφή ιστορικών δεδομένων για ανάλυση και πρόγνωση βλαβών.

3.5 Τεχνολογίες IOT

Η τεχνολογία IoT επιτρέπει τη συνδεσιμότητα και ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ συσκευών, αισθητήρων και υπολογιστικών μονάδων. Στον τομέα των υδροηλεκτρικών και υδραυλικών έργων, οι IoT πλατφόρμες επιτρέπουν προγνωστική συντήρηση, έγκαιρη ειδοποίηση βλαβών, βελτιστοποίηση λειτουργίας αντλιοστασίων και δεξαμενών και διασύνδεση με cloud υποδομές για ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων.

3.6 Συστήματα προσομοίωσης

Τα συστήματα προσομοίωσης χρησιμοποιούνται για ανάλυση σεναρίων λειτουργίας και προβλέψεων ροής, εκτίμηση συμπεριφοράς εγκαταστάσεων σε έκτακτες συνθήκες (όπως πλημμύρες ή αστοχίες) και εκπαίδευση προσωπικού. Η προσομοίωση μπορεί να πραγματοποιηθεί με εξειδικευμένα λογισμικά όπως EPANET, MATLAB/Simulink ή μέσω digital twin.

4. Μεθοδολογία ελέγχου

4.1. Τηλεμετρική διάταξη στην ύδρευση

Ως Τηλεμετρική Θέση (ΤΘ) ορίζουμε το σημείο του δικτύου ύδρευσης στο οποίο έχει εγκατασταθεί τηλεμετρική διάταξη (καταγραφής, αποθήκευσης και τηλεμετάδοσης ανά λεπτό χρονοσειρών δεδομένων) μαζί με τις συσκευές-μονάδες μέτρησης ή παραγωγής δεδομένων και πληροί συσσωρευτικά τις κάτωθι προϋποθέσεις:

- Γεωγραφικά μπορεί να βρίσκεται οπουδήποτε εντός περιοχής αρμοδιότητας ή ευθύνης της επιχείρησης ή του οργανισμού που καταγράφει τα δεδομένα του δικτύου Ύδρευσης.
- Είναι σημείο εντός υπόγειου ή επίγειου φρεατίου, εντός επίγειου ή υπέργειου ερμαρίου (Pillar), ή εντός κτιριακής εγκατάστασης (Δεξαμενή, αντλιοστασίου κλπ).
- Ενεργειακά, η τηλεμετρική διάταξη μπορεί να είναι αυτόνομη (με μπαταρία) ή τροφοδοτούμενη μέσω μετασχηματιστή με ρεύμα (από το δίκτυο ηλεκτροδότησης, από φωτοβολταϊκά ή αιολικά ή υδροστρόβιλους).
- Η τηλεμετρική διάταξη δύναται να καταγράφει και μεταδίδει δεδομένα μετρήσεων από συσκευές-μονάδες μέτρησης ή παραγωγής δεδομένων όπως υδρόμετρα (αισθητήρες μέτρησης στάθμης, ταχύτητας), αισθητήρια πίεσης, αισθητήρια ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού ή από άλλες συσκευές που παράγουν αναλογικά ή ψηφιακά σήματα (όπως θερμοκρασία, υγρασία, συχνότητα, διακόπτες ON-OFF).
- Νοείται ως τμήμα της ΤΘ όλος ο αναγκαίος παρελκόμενος εξοπλισμός, (κεραίες, υδραυλικά εξαρτήματα, καλώδια ή οπτικές ίνες κλπ), που είναι απαραίτητος για την καλή εγκατάσταση και λειτουργία της τηλεμετρικής διάταξης στο πεδίο και της διασύνδεσής της με τις τοπικές μονάδες μέτρησης ή παραγωγής δεδομένων.

4.1.1. Τηλεμετρική διάταξη στο δίκτυο Ύδρευσης της ΕΥΔΑΠ

Σε ηλεκτρονικούς υδρομετρητές ονομαστικής διάστασης DN50, DN80, DN100 και DN150, διασυνδέονται καλωδιακά με αντίστοιχο αριθμό καταγραφικών (data loggers) . Οι εν λόγω υδρομετρητές μπορεί είναι εγκατεστημένοι σε παροχές ειδικών καταναλωτών (Βιομηχανίες, Δημόσια κτίρια) και ΟΤΑ, ως όργανα καταμέτρησης της κατανάλωσης. Το κάθε καταγραφικό είναι συνδεδεμένο καλωδιακά με έναν υδρομετρητή ή κάποια αισθητήρια και αποθηκεύει σε τακτά χρονικά διαστήματα, πλήθος ενδείξεων και συναγερμών. Για την αποφυγή ενδιάμεσων σφαλμάτων, η επικοινωνία υδρομετρητών-καταγραφικών στις Ειδικές Παροχές επιτελείται αποκλειστικά μέσω πρωτοκόλλου Modbus (πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ καταγραφικού και υδρομέτρου), ώστε οι αποθηκευμένες τιμές στα καταγραφικά να είναι είδωλο των αντίστοιχων τιμών που παράγονται από τους υδρομετρητές, χωρίς περεταίρω κανονικοποίηση ή επεξεργασία στο πεδίο. Τα καταγραφικά είναι διατάξεις καταγραφής και επικοινωνίας, μέσω κινητής τηλεφωνίας, ενώ διαθέτουν (για σκοπούς τοπικής παραμετροποίησης) και δυνατότητα επικοινωνίας μέσω ραδιοκυμάτων. Η αποστολή δεδομένων από τα καταγραφικά στην κεντρική υποδομή γίνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Τα διαστήματα αυτά μπορούν να ρυθμιστούν, με προκαθορισμένη επιλογή την ημερήσια αποστολή.

Η δειγματοληψία των καταγραφικών από τους υδρομετρητές ή/και τα αισθητήρια γίνεται σε ρυθμιζόμενα διαστήματα με προκαθορισμένη επιλογή στα δεκαπέντε (15) λεπτά (default setting). Μεταξύ των διαστημάτων αποστολής τηλεμετρούμενων δεδομένων, τα καταγραφικά συλλέγουν, μέσω της επικοινωνίας Modbus, και αποθηκεύουν τιμές από τους υδρομετρητές ή/και τα αισθητήρια τις οποίες και αποστέλλουν ετεροχρονισμένα στον παραπάνω κύκλο. Τέλος, τα δεδομένα της τηλεμετρίας αποθηκεύονται σε ειδική βάση δεδομένων SQL και παρουσιάζονται σε λογισμικό κανονικοποίησης, ανάλυσης και παρουσίασης αποτελεσμάτων ενώ αποστέλλονται αυτόματα σε τρίτα λογισμικά (λογισμικό τιμολόγησης, ιστοθέση, κλπ.) μέσω αυτοματοποιημένης ειδικής διαδικασίας.

Το σύστημα είναι εξαιρετικά σύγχρονο, αξιόπιστο, ευέλικτο και τεχνικά σημαντικό, ως προς τα λειτουργικά δεδομένα τα οποία παρέχει. Από αυτά τα λειτουργικά δεδομένα, προκύπτουν εύρη κατανάλωσης, εξακρίβωση της διαστασιολόγησης των υδρομετρητών (άρα αποφυγή απώλειας εσόδων λόγω μη καταμέτρησης - εκτός εύρους παροχών), διαρροές, αντίστροφες παροχές, προφίλ – διακυμάνσεις κατανάλωσης, πλημμυρισμένα φρεάτια . Το σύστημα

μάλιστα αυτό αναβαθμισμένο με εκατοντάδες αισθητήρες πίεσης στις παροχές των καταναλωτών, έχει επαυξήσει τις δυνατότητες συνδυαστικής αξιολόγησης των καταναλωτικών συμπεριφορών και της τροφοδοσίας των παροχών από το δίκτυο, θα προσδώσει σημαντική αξία στην πληρέστερη ενημέρωση των ειδικών καταναλωτών, μέσω της σχετικής πληροφόρησης από την ιστόθεση και θα συμβάλλει στην πληρέστερη γνώση των πιέσεων λειτουργίας του δικτύου σε μεγάλο εύρος αυτού, πλησίον των τελικών καταναλωτών. Παράλληλα η εγκατάσταση νέων καταγραφικών σε όλες τις θέσεις παροχομέτρων και διατάξεων PRV καθώς και η ενίσχυση του συστήματος με τη λήψη και τηλεμετάδοση ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού, από κατάλληλα αισθητήρια, σε ΤΘ δημιουργεί ένα πλήρες δίκτυο παρακολούθησης της λειτουργίας του δικτύου ύδρευσης (Σχήμα 3).



Σχήμα 3 Φρεάτιο Ειδικής Παροχής με αισθητήριο

4.2 Αρχή λειτουργίας συστήματος SCADA στην ύδρευση

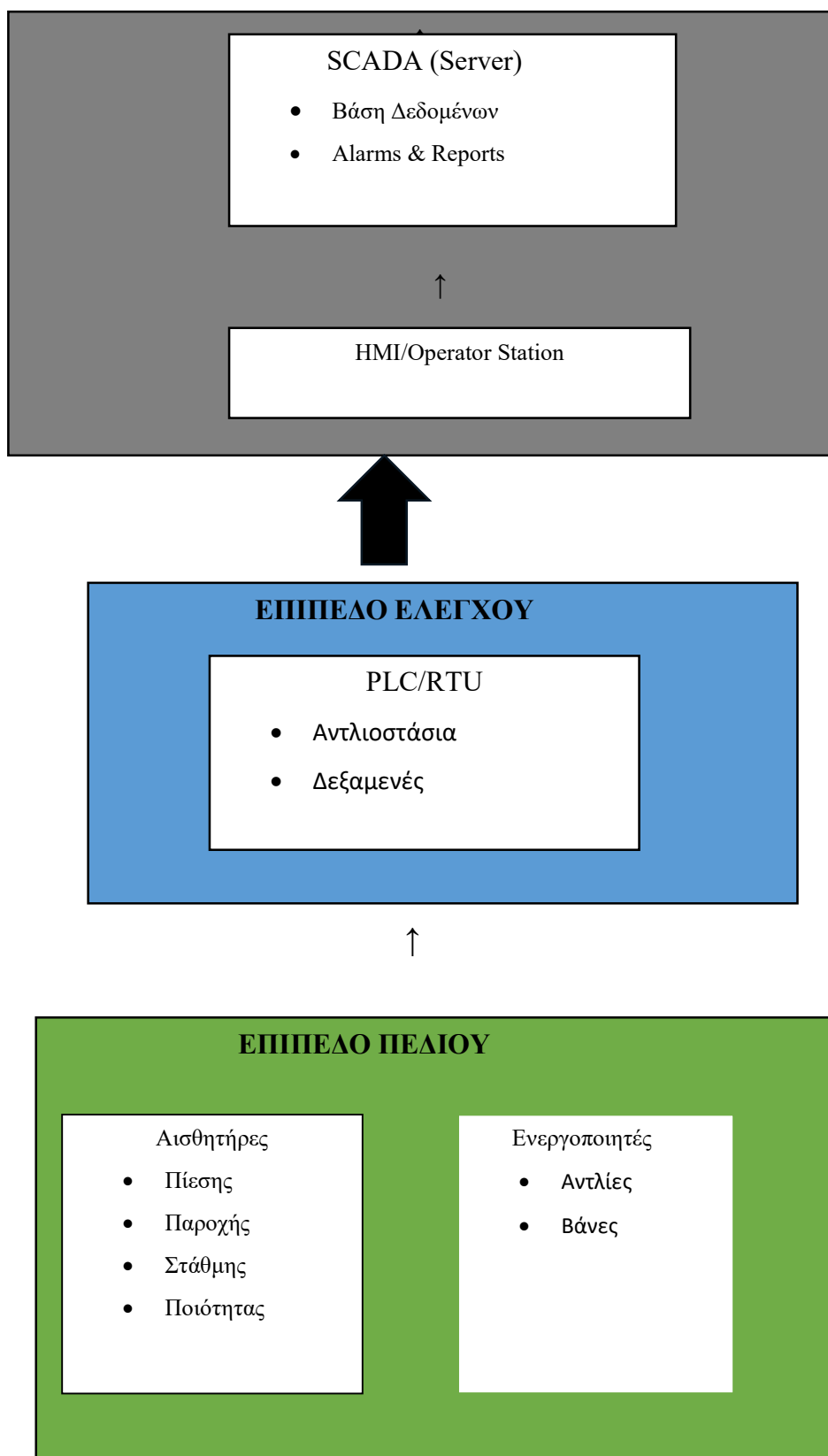
Τα συστήματα SCADA αποτελούν βασικό εργαλείο για την παρακολούθηση και τον έλεγχο των σύγχρονων δικτύων ύδρευσης αστικών περιοχών. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στη συλλογή, μετάδοση, επεξεργασία και αξιοποίηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, με στόχο τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος.

Διάφορες διατάξεις και σε διάφορα σημεία επιτόπου του δικτύου (στο πεδίο) τοποθετούνται αισθητήρες που μετρούν κρίσιμες παραμέτρους, όπως πίεση, παροχή, στάθμη δεξαμενών και ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού. Οι μετρήσεις αυτές συλλέγονται από τοπικούς ελεγκτές, συνήθως PLC ή RTU, οι οποίοι εκτελούν βασικούς αυτοματισμούς και διασφαλίζουν τη λειτουργία του συστήματος ακόμη και σε περίπτωση απώλειας επικοινωνίας με το κέντρο ελέγχου.

Η μετάδοση των δεδομένων πραγματοποιείται μέσω ενσύρματων ή ασύρματων δικτύων επικοινωνίας (οπτικές ίνες, GSM/GPRS, 4G/5G, ραδιοζεύξεις), προς το κεντρικό σύστημα SCADA. Εκεί, τα δεδομένα απεικονίζονται γραφικά, αποθηκεύονται σε βάσεις δεδομένων και αναλύονται για τη δημιουργία συναγερμών και αναφορών. Στα κατά τόπους κέντρα ελέγχου αυτόματα και μη αλλά και στο τερματικό κέντρο (έδρα επιχείρησης) μέσω του SCADA, οι χειριστές έχουν τη δυνατότητα εξ αποστάσεως ελέγχου κρίσιμων εγκαταστάσεων, όπως αντλιοστάσια και δεξαμενές, επιτυγχάνοντας:

- Σταθερή και αξιόπιστη παροχή νερού.
- Έγκαιρη ανίχνευση διαρροών και βλαβών.
- Μείωση ενεργειακής κατανάλωσης,
- Βελτίωση της ποιότητας του παρεχόμενου νερού.

Συνεπώς, τα συστήματα SCADA συμβάλλουν καθοριστικά στην αποδοτική, ασφαλή και βιώσιμη διαχείριση των δικτύων ύδρευσης στις σύγχρονες αστικές πόλεις. Παρακάτω δίνεται διάγραμμα αρχιτεκτονικής SCADA για ύδρευση αστικής πόλης (Σχήμα 4).



Σχήμα 4 Διάγραμμα αρχιτεκτονικής SCADA

4.3 Ευφυείς μετρητές στην ύδρευση

Οι έξυπνοι μετρητές νερού (SWM) εγκαθίστανται μέσα σε φρεάτια, συνήθως κάτω από το πεζοδρόμιο. Οι τεχνολογίες, που χρησιμοποιούνται για τους SWM διαφέρουν από εκείνες άλλου είδους μετρητών παλαιότερης τεχνολογίας επειδή στην περίπτωση αυτή απαιτούνται τεχνολογίες μεγάλης εμβέλειας, χαμηλής κατανάλωσης ισχύος και χαμηλού ρυθμού μετάδοσης.

Οι SWM μετρούν την κατανάλωση του νερού, αποθηκεύουν τα δεδομένα των μετρήσεων και τα αποστέλλουν στο κέντρο διαχείρισης, το οποίο επεξεργάζεται τα δεδομένα αυτά σε πραγματικό χρόνο. Από την πλευρά τους, οι καταναλωτές, μέσω ειδικών ψηφιακών εφαρμογών, έχουν τη δυνατότητα να ενημερώνονται για την κατανάλωσή τους, καθώς και για το αντίστοιχο κόστος, ενισχύοντας τη διαφάνεια και την εξοικονόμηση νερού. Παράλληλα, οι έξυπνοι μετρητές νερού ελέγχουν την ποιότητα του νερού όπως το pH την θερμοκρασία και την αγωγιμότητα, εντοπίζουν ενδεχόμενες διαρροές του δικτύου ώστε να ειδοποιηθούν έγκαιρα ο πάροχος και σε δεύτερο χρόνο ο καταναλωτής.

Τα δεδομένα που σχετίζονται με βλάβες συλλέγονται και αποστέλλονται μία φορά την ημέρα με στόχο την ελαχιστοποίηση της σπατάλης του νερού. Η ώρα που ελέγχεται η ύπαρξη ή μη διαρροής είναι κατά τις ώρες 02:00 με 05:00, όπου υπό φυσιολογικές συνθήκες η κατανάλωση νερού είναι αρκετά μικρή. Έτσι, στην περίπτωση όπου καταγραφεί εκείνη τη χρονική περίοδο μεγάλη κατανάλωση νερού, ο μετρητής αποστέλλει σήμα για ενδεχόμενη διαρροή.

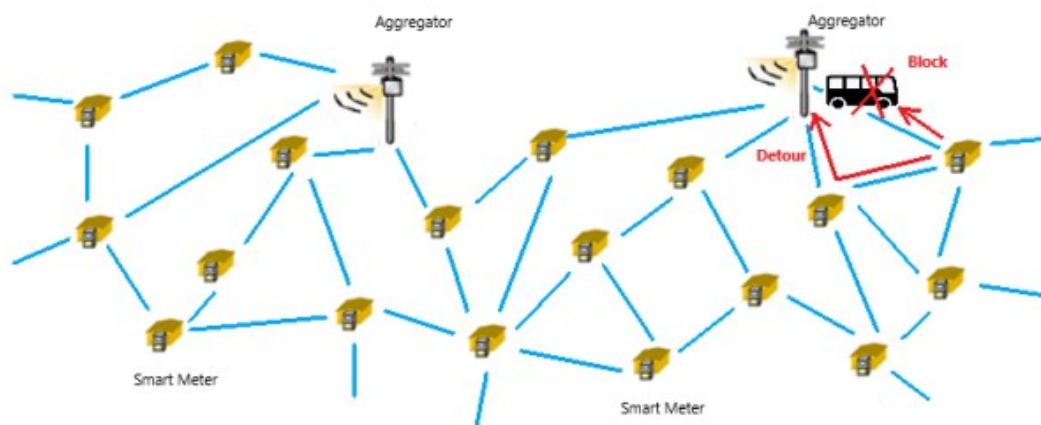
4.3.1 Το δίκτυο των ευφύων μετρητών

Οι έξυπνοι μετρητές που συμμετέχουν στο δίκτυο χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία είναι οι μετρητές πλήρους λειτουργίας (FFD), οι οποίοι μπορούν να λειτουργούν ως κεντρικοί κόμβοι του δικτύου. Συλλέγουν δεδομένα από το περιβάλλον και επικοινωνούν τόσο με άλλες συσκευές όσο και με το υπόλοιπο δίκτυο. Η δεύτερη κατηγορία είναι οι μετρητές μειωμένης λειτουργίας (RFD), οι οποίοι δεν μπορούν να αναλάβουν ρόλο συντονιστή. Απλώς συλλέγουν δεδομένα και τα στέλνουν στον κεντρικό κόμβο του δικτύου.

Οι τοπολογίες του έξυπνου δικτύου, είναι τριών ειδών:

- Το δίκτυο τοπολογίας (Mesh topology)

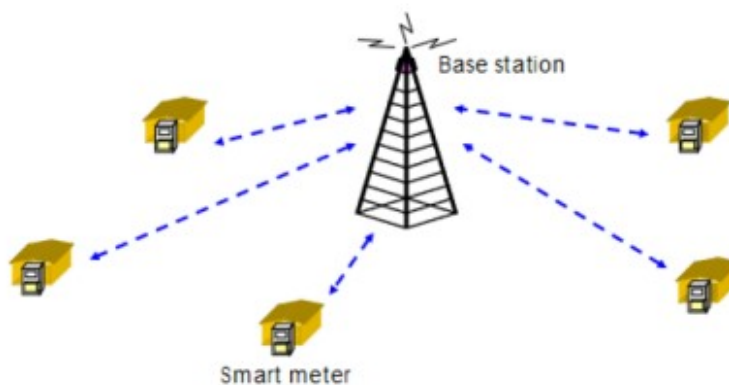
Στην τοπολογία πλέγματος (mesh topology), οι κόμβοι του δικτύου συνδέονται μεταξύ τους με δυναμικό τρόπο, χωρίς αυστηρή ιεραρχική δομή. Το δίκτυο έχει τη δυνατότητα αυτοοργάνωσης, καθώς κάθε κόμβος υπολογίζει τη βέλτιστη διαδρομή για τη μετάδοση των δεδομένων προς τον κόμβο-συντονιστή (Σχήμα 5). Σε περίπτωση αποτυχίας ή απενεργοποίησης ενός κόμβου, το σύστημα αναπροσαρμόζει αυτόματα τις διαδρομές επικοινωνίας, εξασφαλίζοντας τη συνεχή λειτουργία του δικτύου. Λόγω της χωρικής κατανομής των κόμβων, η επικοινωνία πραγματοποιείται συχνά μέσω ενδιάμεσων κόμβων, με χρήση τεχνικών multi-hop δίκτυο ή Διπλό δίκτυο δρομολόγησης.



Σχήμα 5 Δίκτυο τοπολογίας πλέγματος

- Το δίκτυο τοπολογίας αστέρα (Star topology)

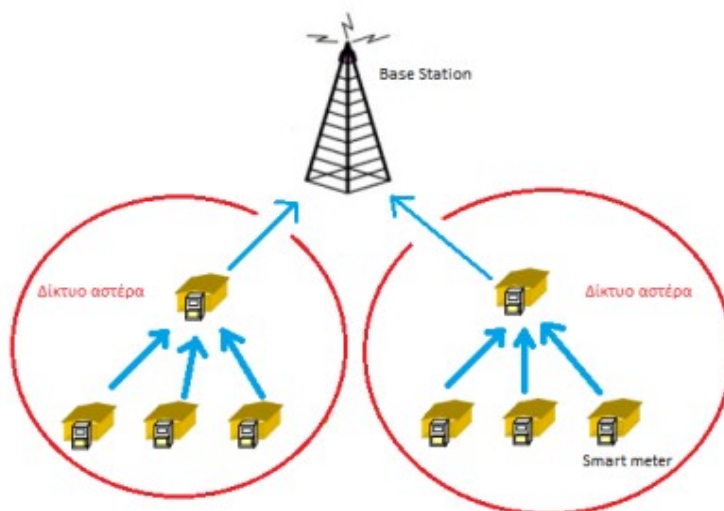
Στην τοπολογία αστέρα (star topology), το δίκτυο οργανώνεται γύρω από έναν FFD, ο οποίος λειτουργεί ως συντονιστής, ενώ οι υπόλοιποι κόμβοι RFD. Κάθε περιφερειακός κόμβος επικοινωνεί απευθείας και αποκλειστικά με τον κεντρικό κόμβο, μεταδίδοντας σε αυτόν τα δεδομένα που συλλέγει (Σχήμα 6). Ο κεντρικός κόμβος αναλαμβάνει τη συγκέντρωση, τη διαχείριση και την προώθηση των δεδομένων προς τα ανώτερα επίπεδα του συστήματος. Η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική προσφέρει μειωμένο χρόνο μετάδοσης, λόγω της απευθείας επικοινωνίας, καθώς και αυξημένη αξιοπιστία, αφού σε περίπτωση αστοχίας ενός περιφερειακού κόμβου, το πρόβλημα περιορίζεται τοπικά και δεν επηρεάζεται η συνολική λειτουργία του δικτύου.



Σχήμα 6 Δίκτυο τοπολογίας αστέρα

- Το δίκτυο τοπολογίας δένδρου (Tree topology)

Η τοπολογία δένδρου (tree topology) αποτελεί συνδυασμό δύο ή περισσότερων υποδικτύων τοπολογίας αστέρα, τα οποία οργανώνονται σε ιεραρχική δομή. Κάθε υποδίκτυο συνδέεται σε έναν τοπικό συγκεντρωτή (cluster head ή local coordinator), ο οποίος συλλέγει τα δεδομένα από τους επιμέρους κόμβους και τα προωθεί προς ανώτερα ιεραρχικά επίπεδα του δικτύου. Στην αρχιτεκτονική αυτή, οι τερματικοί κόμβοι («φύλλα») είναι συνήθως συσκευές RFD, οι οποίες μεταδίδουν τα δεδομένα τους σε έναν FFD. Οι κόμβοι αυτοί λειτουργούν ως ενδιάμεσοι συγκεντρωτές και προωθούν τις πληροφορίες προς τον κεντρικό κόμβο πλήρους λειτουργίας του συνολικού δικτύου (Σχήμα 7). Η τοπολογία δένδρου εφαρμόζεται κυρίως σε δίκτυα με μεγάλο αριθμό κόμβων και εκτεταμένη γεωγραφική κάλυψη, όπου η ομαδοποίηση των κόμβων κρίνεται απαραίτητη για την αποδοτική λειτουργία του συστήματος. Η δρομολόγηση των δεδομένων πραγματοποιείται με τη χρήση multi-hop μηχανισμών, αντίστοιχα με την τοπολογία πλέγματος. Σημαντικό πλεονέκτημα της συγκεκριμένης αρχιτεκτονικής αποτελεί η δυνατότητα διαχείρισης αυξημένου όγκου δεδομένων, με κύριο περιορισμό την ανάγκη διασφάλισης της αξιόπιστης λειτουργίας των ενδιάμεσων και κεντρικών κόμβων.



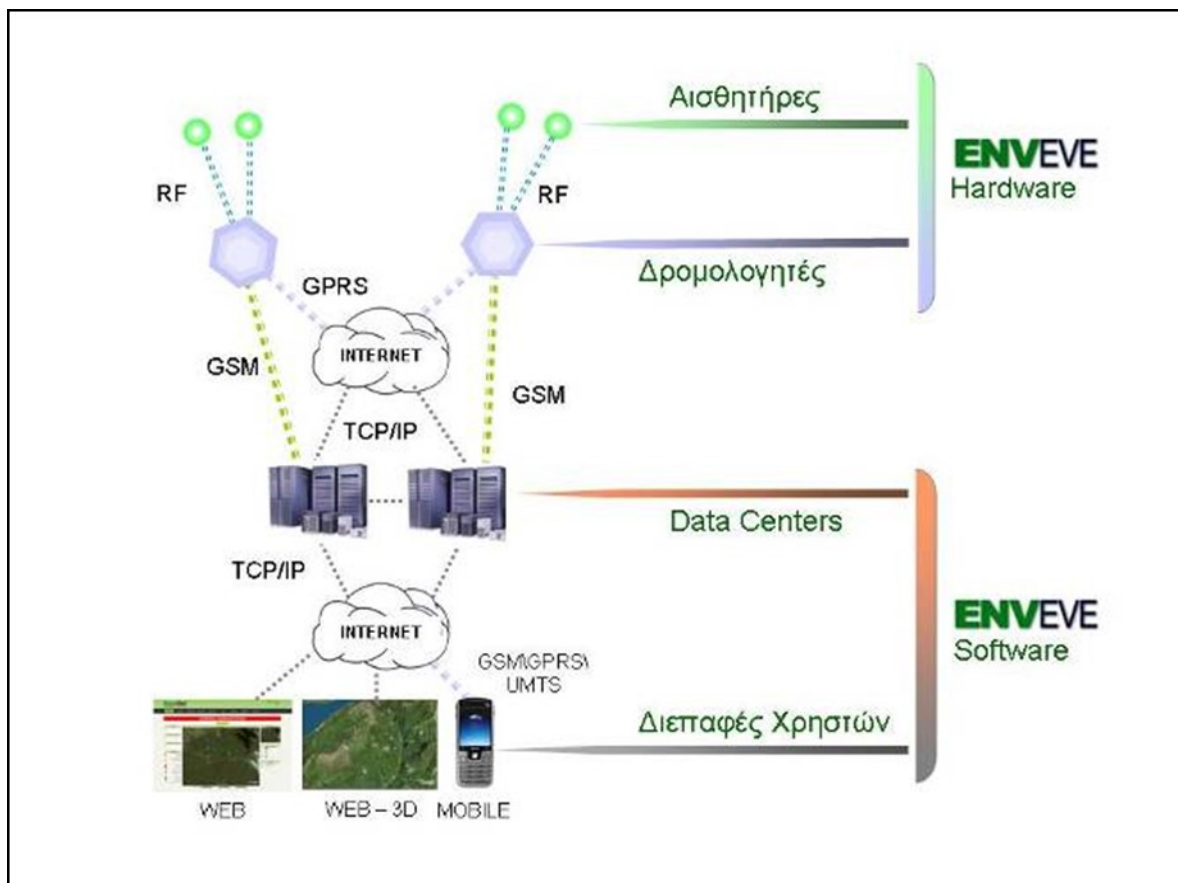
Σχήμα 7 Δίκτυο Τοπολογίας Δένδρου

4.4 Αισθητήρες για την υπερχειλίση Αντλιοστασιών στην Αποχέτευση

Η εγκατάσταση αισθητήρων στα αντλιοστάσια αποχέτευσης επιτρέπει την ολοκληρωμένη παρακολούθηση, τη διαχείριση και την παραμετροποίηση των εγκαταστάσεων ενός δικτύου αποχέτευσης, συμβάλλοντας ουσιαστικά στην αποφυγή ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Μέσω της συνεχούς συλλογής και ανάλυσης δεδομένων παρέχεται έγκαιρη ειδοποίηση σε πραγματικό χρόνο για τυχόν υπερχειλίσεις των αντλιοστασιών, ώστε να λαμβάνονται άμεσα διορθωτικά μέτρα. Παράλληλα, δίνεται η δυνατότητα αποτίμησης της συνολικής κατάστασης του δικτύου αποχέτευσης και της λειτουργικής κατάστασης ενός δικτύου αντλιοστασιών σε πραγματικό χρόνο από ένα κεντρικό σημείο εποπτείας, ενισχύοντας την αποδοτικότητα, την πρόληψη βλαβών και την περιβαλλοντική προστασία. Στο πλαίσιο αυτό, το σύστημα υπερχειλίσης αποτελεί μια ολοκληρωμένη λύση για την προστασία και την έγκαιρη ειδοποίηση υπερχειλίσεων σε υπό παρακολούθηση αντλιοστάσια. Οι αισθητήρες του συστήματος μπορούν να ανιχνεύσουν την αύξηση του ύψους της στάθμης και, κατ' επέκταση, την υπερχειλίση από τα πρώτα κιόλας στάδιά της, επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο την άμεση αποστολή ειδοποιήσεων και την ταχεία ενεργοποίηση των αρμόδιων Υπηρεσιών.

Η έγκαιρη αυτή ενημέρωση δίνει τη δυνατότητα άμεσης και αποτελεσματικής επέμβασης, περιορίζοντας τον κίνδυνο εκτεταμένων περιβαλλοντικών επιπτώσεων και διασφαλίζοντας την εύρυθμη λειτουργία ενός δικτύου αποχέτευσης. Παράλληλα, η συνεχής καταγραφή και

αποθήκευση των δεδομένων στάθμης επιτρέπει την ανάλυση ιστορικών στοιχείων, τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των αντλιοστασίων και τον προγραμματισμό προληπτικών ενεργειών συντήρησης, ενισχύοντας τη συνολική αξιοπιστία και ανθεκτικότητα του συστήματος (Σχήμα 8).



Σχήμα 8 Διάγραμμα Αρχιτεκτονικής Συστήματος Ειδοποίησης Υπερχείλισεων

Η εγκατάσταση αισθητήρων, σε κάθε υπερχειλίση, στέλνει άμεσα σήμα συναγερμού σ' ένα Κέντρο Εποπτείας Υπερχείλισεων το οποίο με τη σειρά του το προωθεί στους αρμόδιους μέσω τηλεφωνικών κλήσεων, γραπτών μηνυμάτων SMS, ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και οπτικής ειδοποίησης σε μία εφαρμογή διαδικτύου π.χ NaturAlert.

Οι αισθητήρες επικοινωνούν με τους δρομολογητές (gateways) με μικρής εμβέλειας σήματα ραδιοσυχνοτήτων (RF).

Ο κάθε ένας αισθητήρας εκπέμπει, ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ένα σήμα ραδιοσυχνοτήτων (RF) προς τους δρομολογητές προκειμένου να τους ενημερώσει για την κατάσταση του αλλά και να δηλώνει την παρουσία του.

Ο αισθητήρας βαθμονομείται κατά την εγκατάσταση σε συνθήκες ορθής λειτουργίας. Κατά την βαθμονόμηση, φυσιολογικής στάθμης, SEWAGE NORMAL, λαμβάνεται είτε το ύψος

λιμνάζοντος υγρού, είτε ο πυθμένας του φρεατίου. Αν η στάθμη ανυψωθεί πάνω από το όριο που έχει οριστεί (για κάθε αισθητήρα το ύψος μεταβάλλεται) για έως 5 λεπτά ο αισθητήρας εκπέμπει ένα συναγερμό προειδοποίησης υπερχειλίσσης SEWAGE PRE-ALERT.

Αν η στάθμη ανυψωθεί και πάλι πάνω από το όριο που έχει οριστεί, εντός τριών συνεχόμενων 5 λεπτών (για αποφυγή λανθασμένων συναγερμών), ο αισθητήρας εκπέμπει ένα συναγερμό ειδοποίησης υπερχειλίσσης SEWAGE ALERT. Όταν η στάθμη επανέλθει στα προκαθορισμένα όρια συναγερμού εκπέμπεται η λήξη συναγερμού SEWAGE NORMAL.

Οι δρομολογητές επικοινωνούν με το κέντρο επεξεργασίας δεδομένων (κέντρο εποπτείας) με μεγάλης εμβέλειας GSM ασύρματο δίκτυο. Ο κάθε δρομολογητής επικοινωνεί με τους αισθητήρες, τους οποίους παρακολουθεί ανά τακτά χρονικά διαστήματα, για να ελέγχει την κατάσταση λειτουργίας τους (Σχήματα 9 και 10).

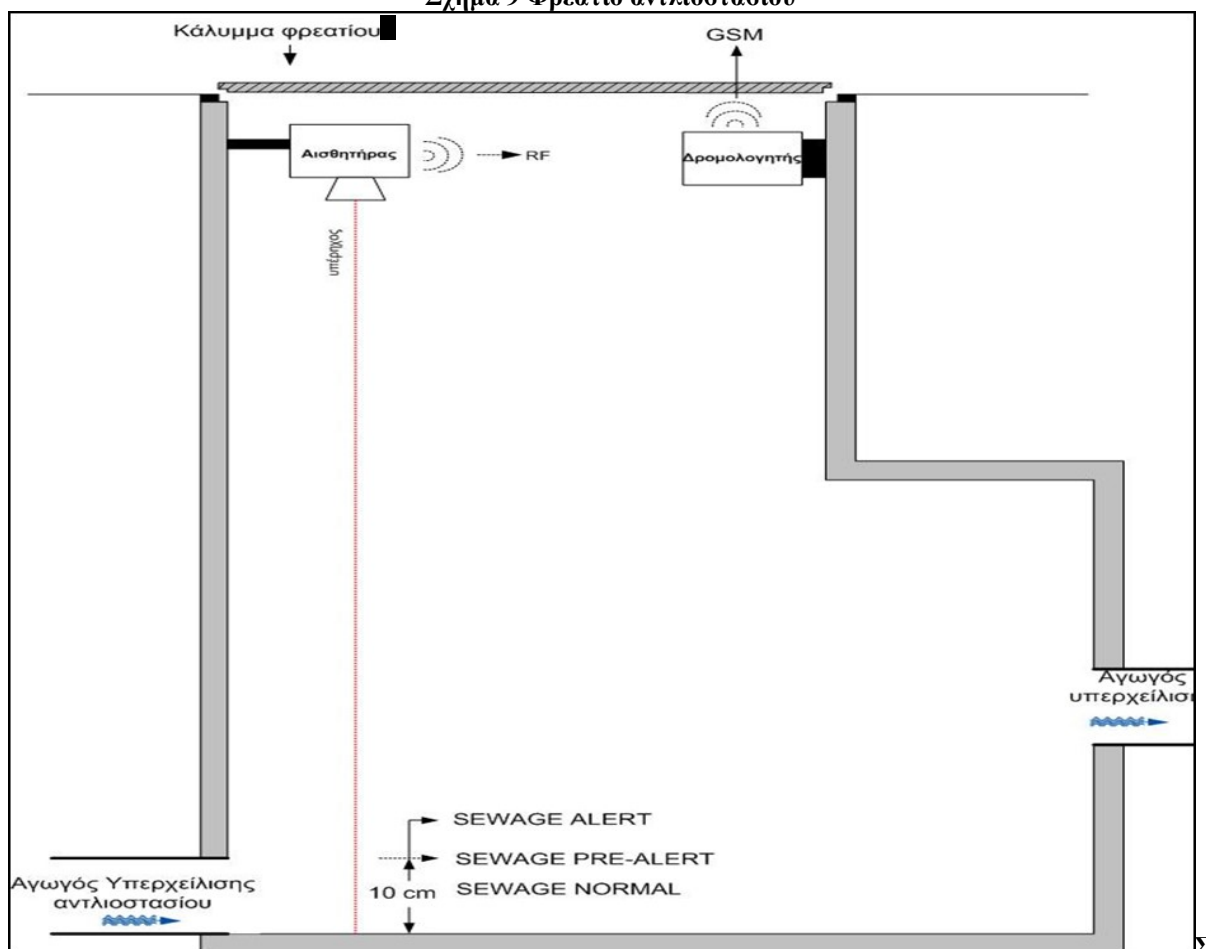
Σε περίπτωση συναγερμού, (άνοδος της στάθμης πάνω από 1 cm) ο αισθητήρας επικοινωνεί με τον δρομολογητή ανά 5 λεπτά. Ο κάθε δρομολογητής επεξεργάζεται τα στοιχεία από τους αισθητήρες που παρακολουθεί και διαμορφώνει το βαθμό επικινδυνότητας.

Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δρομολογητών αποστέλλονται στο Κέντρο Επεξεργασίας Δεδομένων (Κέντρο Εποπτείας) όπου διαμορφώνεται η συνολική απεικόνιση της εποπτευόμενης περιοχής και γίνεται η επικοινωνία με τους αρμόδιους στις περιπτώσεις ανάγκης, μέσω κινητών τηλεφώνων, SMS ή με ηλεκτρονικό ταχυδρομείο e-mail.



Δρομολογητής Αισθητήρας

Σχήμα 9 Φρεάτιο αντλιοστασίου



Σχήμα 10 Εγκατάσταση συστήματος σε φρεάτιο υπερχειλίσας αντλιοστασίου

4.5 Συστήματα CCTV στην αποχέτευση

Τα περισσότερα τεχνικά προβλήματα στη λειτουργία ενός δικτύου αγωγών ακαθάρτων είναι οι συχνές εμφράξεις στους αγωγούς και στις εξωτερικές συνδέσεις των ακινήτων. Οι εμφράξεις αυτές οφείλονται είτε σε κατασκευαστικά ελαττώματα και αστοχίες είτε σε προβλήματα κατά τη λειτουργία του δικτύου.

Τα κατασκευαστικά ελαττώματα, οι αστοχίες και τα προβλήματα κατά τη λειτουργία του δικτύου είναι τα εξής:

- Μηδενικές ή ανάποδες κλίσεις.
- Κλίσεις Μικρότερης της προβλεπόμενης.
- Εσφαλμένες συνδέσεις μεταξύ τεμαχίων αγωγών.
- Ελλιπής στεγάνωση με εισχώρηση ριζών εντός του αγωγού.
- Κακή διάστρωση και συμπίκνωση των υλικών της ζώνης έδρασης του αγωγού.
- Κακή επίχωση και συμπίκνωση του ορύγματος που τοποθετείται ο αγωγός
- Κακότεχνη διαμόρφωση ροής φρεατίων ελέγχου αγωγού.
- Διείσδυση του σωλήνα της εξωτερικής διακλάδωσης ακινήτου στην ωφέλιμη διατομή του αγωγού ακαθάρτων.
- Εισροές νερού από τον υδροφόρο ορίζοντα.
- Συγκεντρώσεις , αποθέσεις, ή επικαθήσεις στα τοιχώματα του αγωγού
- Φερτές ύλες (μπάζα, πέτρες, κ.α.).
- Παράνομες συνδέσεις από βιομηχανικές παραγωγικές δραστηριότητες (διάβρωση).
- Παράνομες απορρίψεις ακατάλληλων υλικών από οικοδομικές δραστηριότητες
- Παράνομη παροχέτευση ομβρίων υδάτων από κτήρια (στέγες, αυλές, θεμελίωση)
- Έλλειψη λιποσυλλέκτη στο εσωτερικό δίκτυο επαγγελματικών χώρων.

Για την αντιμετώπιση όλων αυτών των προβλημάτων γίνονται επιθεωρήσεις του δικτύου αποχέτευσης μέσω κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης CCTV.

Η επιθεώρηση δικτύου αποχέτευσης με CCTV αποτελεί μια σύγχρονη μέθοδο οπτικού ελέγχου του εσωτερικού των αγωγών με τη χρήση ηλεκτρονικών μέσων. Το βασικό σύστημα περιλαμβάνει ειδική κάμερα, η οποία εισάγεται στον αγωγό και μεταδίδει σε πραγματικό

χρόνο εικόνα σε οθόνη απεικόνισης, επιτρέποντας την άμεση αξιολόγηση της κατάστασής του.

Η μέθοδος εφαρμόζεται τόσο μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής ενός αγωγού, προκειμένου να διαπιστωθεί αν πληροί τις προδιαγραφές και μπορεί να παραληφθεί και να τεθεί σε λειτουργία, όσο και σε υφιστάμενα δίκτυα για τη διερεύνηση αιτιών δυσλειτουργίας. Μέσω της τηλεοπτικής επιθεώρησης εντοπίζονται βλάβες, αστοχίες, εμφράξεις, ρωγμές, κακοτεχνίες ή εισροές ξένων σωμάτων.

Η επιθεώρηση με CCTV θεωρείται ιδιαίτερα αξιόπιστη, καθώς αποτελεί τον πιο ασφαλή και άμεσο τρόπο εξαγωγής τεκμηριωμένων συμπερασμάτων σχετικά με την πραγματική κατάσταση ενός αγωγού. Παράλληλα, συμβάλλει στον σωστό σχεδιασμό των απαραίτητων επεμβάσεων και στην πρόληψη μελλοντικών προβλημάτων.

4.5.1. Τηλεοπτική επιθεώρηση με φορητό εξοπλισμό

Αποτελείται από μία φορητή οθόνη και μία κάμερα (Σχήμα 11), η οποία είναι προσαρμοσμένη σε ένα περιτυλιγμένο συμπαγή σωλήνα, που αποτελείται από καλώδιο και περιφερειακή ενίσχυση από PVC διαμ. 9 χιλ. ώστε να είναι δυνατή η ώθηση της κάμερας μέσα στον αγωγό.



Σχήμα 11 Φορητή κάμερα

Η χρησιμότητά του είναι στο να έχουμε μία άμεση εικόνα της κατάστασης ενός αγωγού μικρής διαμέτρου αλλά σε περιορισμένο μήκος (περίπου 30 m). Η κύρια χρήση του φορητού εξοπλισμού αφορά την τηλεοπτική επιθεώρηση των εξωτερικών διακλαδώσεων.

4.5.2. Τηλεοπτική επιθεώρηση με αυτοκινούμενο εξοπλισμό

Ο εξοπλισμός είναι εγκατεστημένος σε ένα όχημα το οποίο είναι ειδικά διαμορφωμένο για τον σκοπό αυτό. Το όχημα είναι χωρισμένο σε δύο διαμερίσματα εκτός του διαμερίσματος της καμπίνας του οδηγού (Σχήμα 12).



Σχήμα 12 Όχημα τηλεοπτικής επιθεώρησης αγωγών

Στο διαμέρισμα που βρίσκεται στο πίσω μέρος του οχήματος βρίσκονται η κάμερα και όλα τα εξαρτήματα της (φορείς, ρόδες, καλώδιο σύνδεσης της κάμερας κ.α.), πιεστικό πλύσης αυτής, γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος 220 Volts όπως και ένας μικρός γερανός ο οποίος είναι απαραίτητος για την ανέλκυση του φορέα της κάμερας.

Ο «χώρος χειρισμού» είναι διαμορφωμένος σαν χώρος γραφείου με τα χειριστήρια ελέγχου της κάμερας, δύο οθόνες, ένα καταγραφικό εικόνας (video), ένα φωτογραφικό καταγραφικό (video printer), έναν εκτυπωτή και έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή ο οποίος είναι απαραίτητος για την αρχειοθέτηση του έργου, την μετατροπή των εικόνων και του video σε ηλεκτρονική μορφή, καθώς επίσης και τα υπόλοιπα συστήματα του οχήματος (Σχήμα 13).

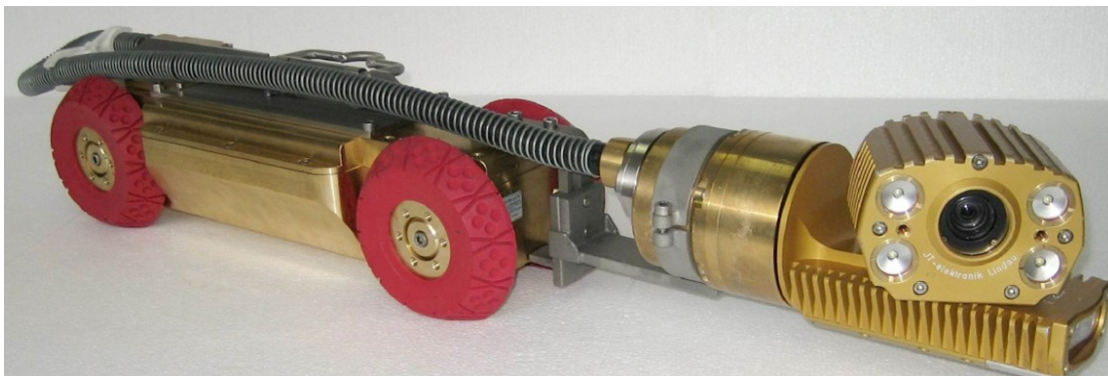


Σχήμα 13 Χώρος χειρισμού

Ο «χώρος αποθήκευσης» είναι ένας χώρος κατάλληλα διαμορφωμένος για την ασφαλή μεταφορά των ρομποτικών συστημάτων. Στον ίδιο χώρο βρίσκονται το αυτόματο βαρούλκο με καλώδιο μήκους έως και 600 μέτρων, οι φορείς της τηλεοπτικής επιθεώρησης, οι κάμερες, και τα βοηθητικά μηχανήματα (ηλεκτρογεννήτρια, αεροσυμπιεστής, πλυστικό μηχανήμα κ.α.) (Σχήματα 14-16).



Σχήμα 14 Χώρος αποθήκευσης



Σχήμα 15 Φορέας Rota-RZL



Σχήμα 16 Φορέας SKI-I

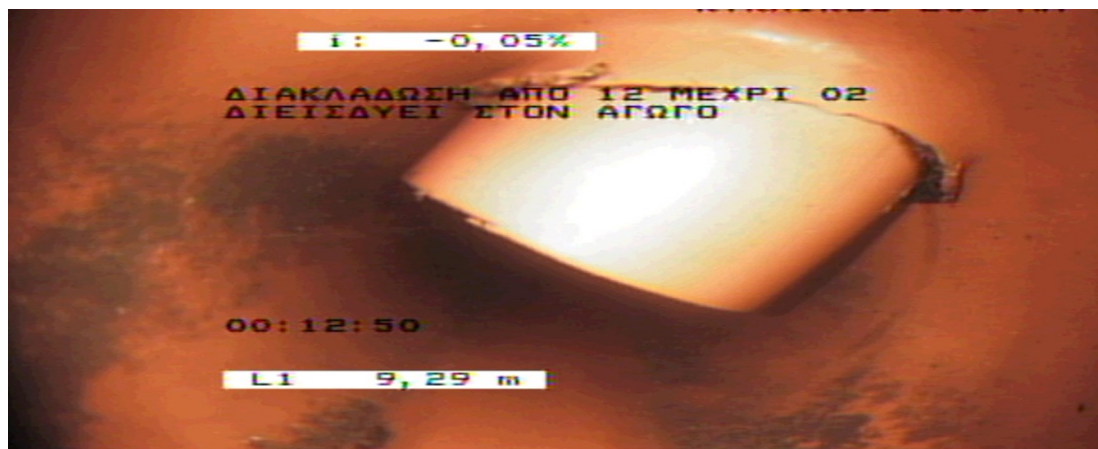
Προϋπόθεση για την πραγματοποίηση οποιασδήποτε τηλεοπτικής επιθεώρησης αγωγού αποτελεί ο επιμελής καθαρισμός του από φερτά υλικά, τα οποία ενδέχεται να εμποδίζουν την ομαλή πορεία του φορέα (ρομποτικού συστήματος) στο εσωτερικό του. Ο σωστός καθαρισμός διασφαλίζει την ακρίβεια της καταγραφής και την ασφαλή διέλευση του εξοπλισμού.

Το πλήρωμα του οχήματος τηλεοπτικής επιθεώρησης μεριμνά για την προσαρμογή της κατάλληλης κάμερας στον αντίστοιχο φορέα, ανάλογα με τη διατομή και τα χαρακτηριστικά του αγωγού, ακολουθώντας τις οδηγίες του χειριστή. Στη συνέχεια, το σύστημα τοποθετείται στο φρεάτιο και κατευθύνεται εντός του αγωγού σύμφωνα με τη φορά ελέγχου.

Ο χειριστής είναι υπεύθυνος για τη λειτουργία των συστημάτων παρακολούθησης, καταγραφής, αποθήκευσης και εκτύπωσης των δεδομένων, καθώς και για την εισαγωγή των απαραίτητων στοιχείων στο λογισμικό του υπολογιστή. Τα στοιχεία αυτά εμφανίζονται στην οθόνη καθ' όλη τη διάρκεια της επιθεώρησης και αποτυπώνονται τόσο στο βιντεοληπτικό υλικό όσο και στις φωτογραφίες που λαμβάνονται.

Κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης παρέχεται η δυνατότητα λήψης φωτογραφιών και άμεσης εκτύπωσής τους, ώστε να τεκμηριώνεται η κατάσταση του αγωγού. Καταγράφονται

ευρήματα όπως διακλαδώσεις, ρωγμές, παραμορφώσεις, εμπόδια ή άλλες αστοχίες (Σχήματα 17 και 18).



Σχήμα 17 Εικόνα τηλεοπτικής επιθεώρησης 1



Σχήμα 18 Εικόνα Τηλεοπτικής Επιθεώρησης 2

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας, το πλήρωμα φροντίζει για την ασφαλή επιστροφή και ανέλκυση του φορέα από τον αγωγό, τον καθαρισμό και την απολύμανσή του, την αποσυναρμολόγηση όπου απαιτείται και την τακτοποίηση όλων των εξαρτημάτων στις προβλεπόμενες θέσεις. Παράλληλα, ο χειριστής προχωρά στην εκτύπωση των στοιχείων της επιθεώρησης και στη σύνταξη σχετικού σκαριφήματος, στο οποίο περιγράφονται αναλυτικά τα προβλήματα που εντοπίστηκαν και η ακριβής θέση τους εντός του αγωγού.

4.6 Αρχή λειτουργίας συστήματος SCADA στην Αποχέτευση.

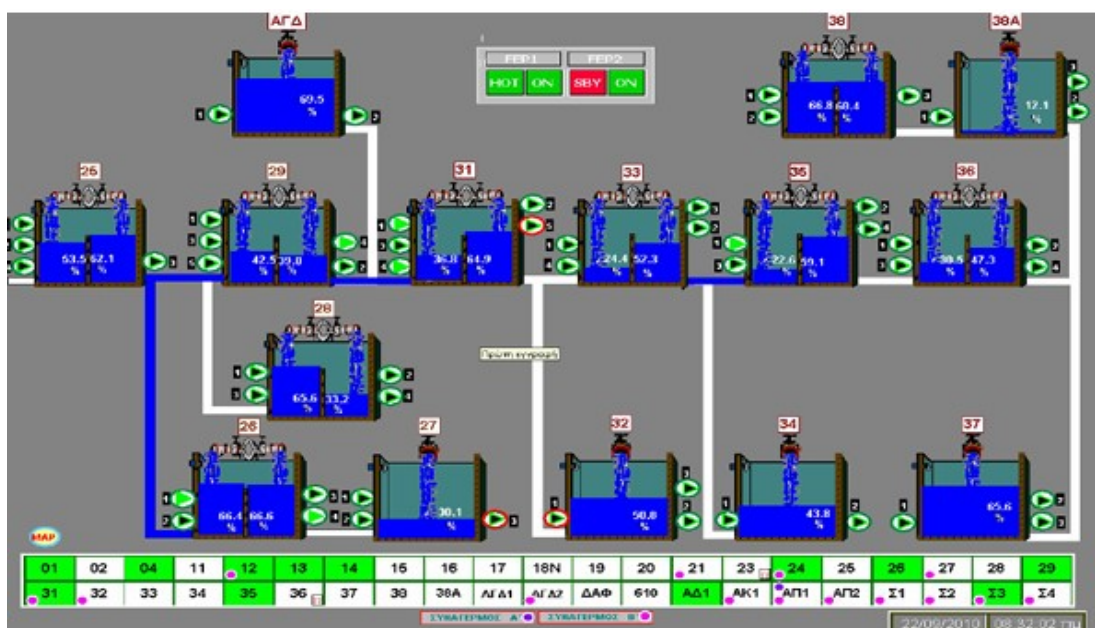
Τα λύματα κατευθύνονται με αγωγούς βαρύτητας προς τη θάλασσα. Για την αποφυγή της ρύπανσης της θάλασσας τα λύματα χρειάζεται να συγκεντρώνονται σ' ένα Κεντρικό Αποχετευτικό Αγωγό ή σε ορισμένα σημεία όταν υπάρχει χαμηλό υψόμετρο, δεξαμενές με εγκατεστημένες αντλίες, τα λεγόμενα αντλιοστάσια με σκοπό την προώθηση των λυμάτων στον Κεντρικό Αποχετευτικό Αγωγό, ο οποίος με βαρύτητα, τα οδηγεί στις εγκαταστάσεις ενός Κέντρου Επεξεργασίας Λυμάτων, αποτρέποντας έτσι τη μόλυνση του περιβάλλοντος.

Για την εκπλήρωση του ρόλου τους, τα αντλιοστάσια, είναι απαραίτητο είναι να λειτουργούν αδιάλειπτα όλο το 24ωρο. Η άντληση των λυμάτων από τις δεξαμενές γίνεται με αντλίες οι οποίες λειτουργούν με ηλεκτρικούς κινητήρες. Το μέγεθος της αντλητικής ικανότητας του κάθε αντλιοστασίου διαφέρει ανάλογα με την γεωγραφική του θέση και την ποσότητα των λυμάτων που δέχεται τόσο από τα επιμέρους δίκτυα ακαθάρτων των περιοχών που εξυπηρετεί όσο και από ανάντη αντλιοστάσια.

Πριν από χρόνια, τα περισσότερα αντλιοστάσια είχαν 24 βάρδια από χειριστές - τεχνικούς και λειτουργούσαν είτε χειροκίνητα από τους χειριστές είτε με τοπικούς συμβατικούς αυτοματισμούς όπου κατασκευάζονταν με διάφορους εμπειρικούς αυτοσχέδιους τρόπους. Ανάλογος ήταν και ο τρόπος μέτρησης των λυμάτων των δεξαμενών.

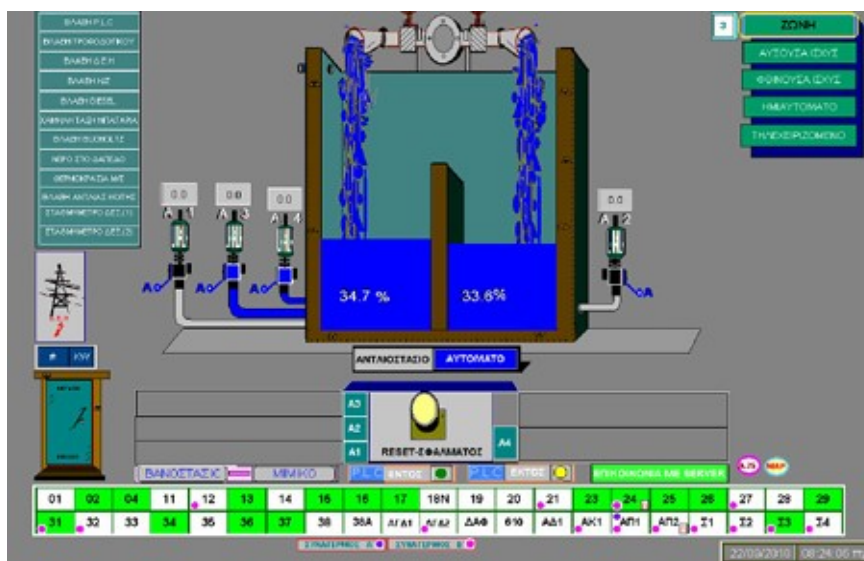
Εκτός από την επάνδρωση αντλιοστασίων με χειριστές χρειαζόταν και περιοδική επίβλεψη από συνεργείο τεχνικών όπου σε όλη τη διάρκεια του 24ώρου και ανά τακτά χρονικά διαστήματα έπρεπε να υπάρχει ολοκληρωμένος εποπτικός έλεγχος για το σύνολο των αντλιοστασίων.

Αργότερα αντικαταστάθηκε όλο αυτό, με Σύστημα Τηλέλεγχου Τηλεχειρισμού (σύστημα SCADA) με την εγκατάσταση σε κάθε αντλιοστάσιο ενός Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή (PLC) και τη διασύνδεση μέσω MODEM και τηλεφωνικής γραμμής τύπου DATA με το κεντρικό σύστημα που ονομάζουμε παραπάνω Κέντρο Τηλέλεγχου Τηλεχειρισμού (ΚΤΤ).



Σχήμα 19 Παρακολούθηση αλυσίδας Αντλιοστασιών

Με τις δυνατότητες της νέας τεχνολογίας του SCADA τα αντλιοστάσια έχουν σαν αποτέλεσμα να λειτουργούν αδιάλειπτα εκπληρώνοντας το βασικό τους ρόλο που είναι η αποτροπή των υπερχειλίσεων, εκπλήρωση που αποδεικνύεται από την ελαχιστοποίηση των υπερχειλίσεων των δεξαμενών σε σχέση με το παρελθόν. Παρέχεται η δυνατότητα της συνεχούς παρακολούθησης της στάθμης των δεξαμενών και της παρέμβασης μέσω τηλεχειρισμών για τη θέση σε λειτουργία των αντλιών με ισορροπημένο τρόπο (ομοιόμορφη καταπόνηση) με σκοπό την αποτροπή υπερχειλίσεων. Παρακολουθείται συνεχώς η λειτουργία των αντλιών, καταγράφονται και αξιολογούνται οι τυχόν εμφανιζόμενες βλάβες με ταυτόχρονη ενημέρωση των αρμόδιων Υπηρεσιών για τη γρήγορη αποκατάστασή τους.



Σχήμα 20 Εικόνα λειτουργίας ενός Αντλιοστασίου

Παράλληλα παρέχεται η δυνατότητα της εξαγωγής πολύτιμων συμπερασμάτων από την επεξεργασία των στατιστικών στοιχείων και ενός ιστορικού αρχείου συνεχής ενημέρωσης. Ακόμη και σε περίπτωση απώλειας της τροφοδοσίας ρεύματος στα αντλιοστάσια υπάρχουν οι δικλίδες ασφαλείας μέσα από εγκατεστημένα ζεύγη και αδιάλειπτο σύστημα τροφοδοσίας με μπαταρίες ώστε να υπάρχει συνεχής λειτουργία του Συστήματος.

Με τη λειτουργία αυτού του Συστήματος η λειτουργία του συνόλου των αντλιοστασίων γίνεται αποκλειστικά μέσω του KTT ενώ η επάνδρωση των αντλιοστασίων μπορεί να μηδενιστεί από τυχόν έλλειψης προσωπικού ή τη διάθεσή του σε άλλες πιο κρίσιμες δραστηριότητες (Σχήμα 21).



Σχήμα 21 Χώρος αντλιών ενός Αντλιοστασίου

4.6.1 Οι βασικές λειτουργίες του συστήματος Scada

Το Σύστημα Τηλέλεγχου Τηλεχειρισμού (SCADA – σύστημα εποπτικού ελέγχου και συγκέντρωσης πληροφοριών), που είναι το Σύστημα Ελέγχου αποτελείται από τον Κεντρικό Σταθμό Ελέγχου (ΚΣΕ) τον διασυνδεδεμένο μέσω Δικτύου Επικοινωνιών (ακτινικές συνδέσεις μέσω μισθωμένων γραμμών DATA ενός παρόχου τηλεφωνίας) με περιφερειακούς Τοπικούς Σταθμούς (ΤΣ), δηλαδή με τα PLC's που έχουν εγκατασταθεί σε αντλιοστάσια του αποχετευτικού δικτύου και επιτελεί τις παρακάτω βασικές λειτουργίες:

- Συλλογή πληροφοριών από το Ελεγχόμενο Σύστημα που στην προκειμένη περίπτωση είναι τα αντλιοστάσια του αποχετευτικού δικτύου.
- Αυτοματισμός του Ελεγχόμενου Συστήματος, δηλαδή των αντλιοστασίων.
- Αποστολή και εκτέλεση εντολών.
- Επεξεργασία στατιστικών στοιχείων.

4.6.1.1 Υποσυστήματα του Συστήματος Ελέγχου (scada) :

i) Τοπικοί Σταθμοί

Το απαραίτητο υλικό (HARDWARE) και λογισμικό (SOFTWARE) των αντλιοστασίων. Διατάξεις τροφοδοτικού για την εξασφάλιση της λειτουργίας σε περίπτωση βλάβης στο δίκτυο τροφοδοσίας .

ii) Κεντρικός Σταθμός Ελέγχου:

- HARDWARE και SOFTWARE για την συγκέντρωση πληροφοριών, τον εποπτικό έλεγχο και τηλεχειρισμό του συστήματος.
- Διάταξη τροφοδοτικού για την εξασφάλιση αδιάλειπτης λειτουργίας.
- Εξοπλισμός της αίθουσας ελέγχου του Κεντρικού Συστήματος (κεντρική οθόνη, εξοπλισμός για την διαμόρφωση των θέσεων εργασίας κ.λπ.)

iii) Δίκτυο Επικοινωνιών

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για την εξυπηρέτηση των αναγκών της ασφαλούς επικοινωνίας του ΚΣΕ με τους ΤΣ (MODEM' s κ.λπ.).

4.6.1.1.2 Τοπικοί Σταθμοί

Οι λειτουργικές απαιτήσεις από τους Τοπικούς Σταθμούς ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Συνεχής συλλογή πληροφοριών από το Ελεγχόμενο Σύστημα που όπως προαναφέραμε είναι τα αντλιοστάσια του αποχετευτικού δικτύου.
- Μετάδοση των συλλεγομένων αυτών πληροφοριών στον ΚΣΕ (Τηλέελεγχος).
- Αποδοχή και εκτέλεση εντολών του ΚΣΕ (Τηλεχειρισμός).
- Αυτόνομη λειτουργία του αντλιοστασίου.
- Αυτόματος έλεγχος HARDWARE - SOFTWARE

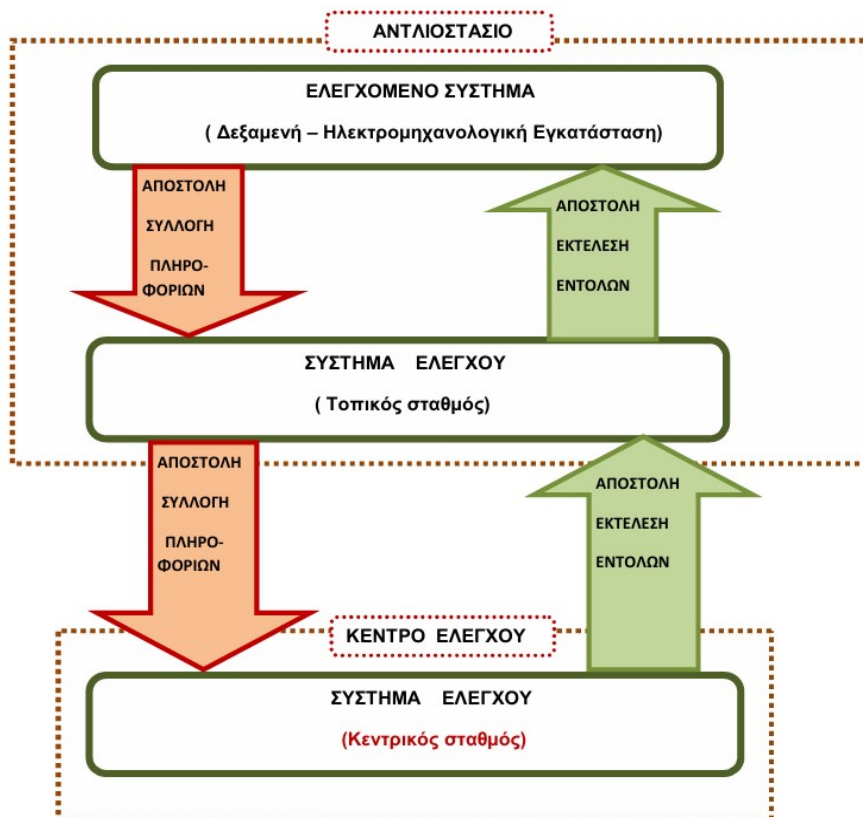
Γενική περιγραφή ενός τοπικού σταθμού

Ο Τοπικός Σταθμός βρίσκεται στο αντλιοστάσιο και επομένως είναι το υποσύστημα του Συστήματος Ελέγχου που έχει την άμεση επαφή με το Ελεγχόμενο Σύστημα με το οποίο και συνεργάζεται για την εκτέλεση των βασικών λειτουργιών που όπως προαναφέραμε είναι:

- Αποστολή / Συλλογή Πληροφοριών.
- Αποστολή / Εκτέλεση Εντολών.
- Επεξεργασία Στατιστικών Στοιχείων

Στο Σχήμα 22 παρουσιάζεται μια εικόνα της γενικής ιδέας αυτής της συνεργασίας του Ελεγχόμενου Συστήματος και του Συστήματος Ελέγχου.

**ΜΠΛΟΚ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ SCADA ΤΩΝ
ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΩΝ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ**



Σχήμα 22 Διάγραμμα Λειτουργίας Συστήματος Scada Αντλιοστασίων Αποχέτευσης

Ο Τοπικός Σταθμός είναι εκείνο το τμήμα του Συστήματος Ελέγχου το οποίο βρίσκεται σε μόνιμη και άμεση επαφή με το Ελεγχόμενο Σύστημα, προκειμένου να επιτελούνται οι βασικές λειτουργίες που προαναφέραμε.

4.6.1.3 Τμήματα Τοπικού Σταθμού

Ο Τοπικός Σταθμός αποτελείται από :

- Τα αισθητήρια όργανα.
- Τον Βοηθητικό Πίνακα Αυτοματισμού.
- Τον Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή (αναφέρεται και σαν PLC ή σαν Προγραμματιζόμενος Ελεγκτής Λογικής) στον οποίο θεωρούμε ότι συμπεριλαμβάνεται και το MODEM.

Στη συνέχεια περιγράφουμε, γενικά και πολύ σύντομα, το κάθε ένα από τα παραπάνω «τμήματα» του Τοπικού σταθμού.

4.6.1.3.α Αισθητήρια Όργανα

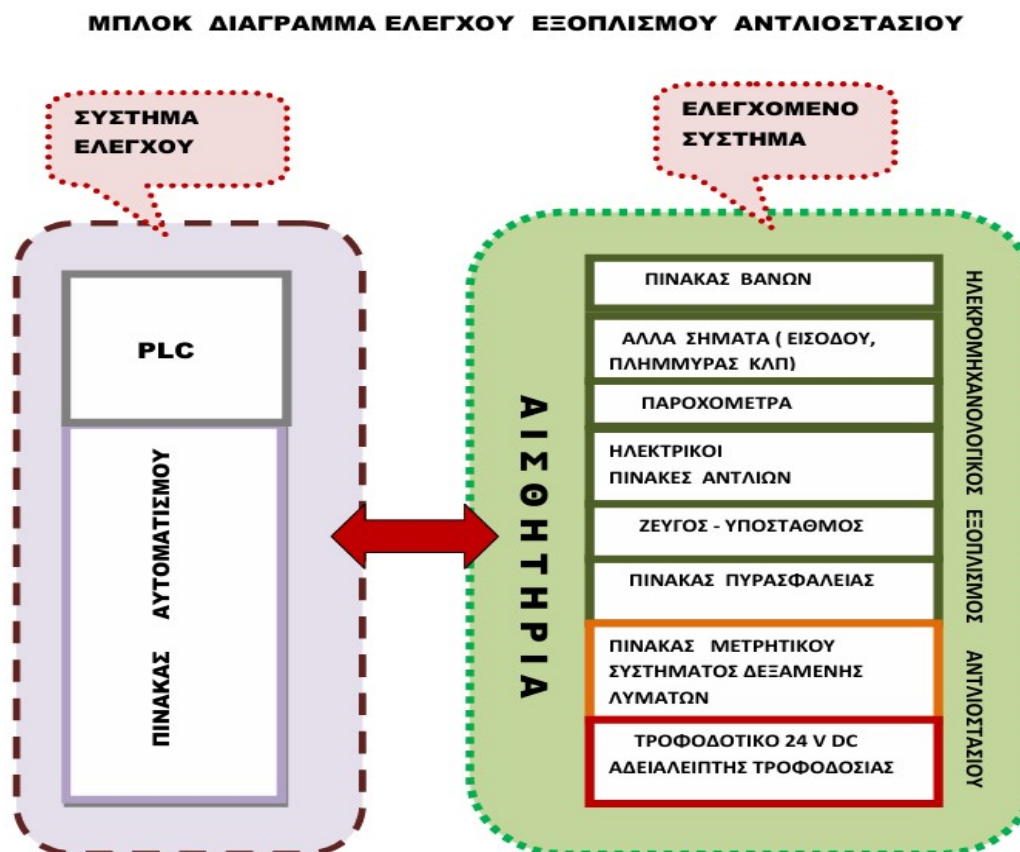
Οι «πληροφορίες» που συλλέγονται από τον Τοπικό Σταθμό του Συστήματος Ελέγχου και αποστέλλονται στον Κεντρικό Σταθμό για περαιτέρω επεξεργασία, αφορούν στη λειτουργική κατάσταση των διαφόρων μονάδων του Ελεγχόμενου Συστήματος και ‘ανιχνεύονται’ από ειδικά όργανα (διακόπτης - επιλογέας, μετρητής στάθμης , θερμικό, κινητήρα, διακόπτης κλαπέ, επιτηρητής τάσης, βάνες, παροχόμετρα, κ.λπ.) τα οποία ονομάζονται και «ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ» δεδομένου του ρόλου τους, που είναι το να αποτελούν της ‘αισθήσεις’ του Συστήματος Ελέγχου λόγω του ότι μέσω αυτών αντιλαμβάνεται σε τί κατάσταση βρίσκεται το Ελεγχόμενο Σύστημα .

Το αποτέλεσμα της «ανίχνευσης» είναι :

- Ένα αναλογικό σήμα (π.χ. το αισθητήριο μέτρησης στάθμης των λυμάτων στη δεξαμενή έχει σαν έξοδο ένα αναλογικό σήμα 0-20 mA), ή
- Ένα ψηφιακό σήμα (πληροφορία τύπου ON/OFF) δηλαδή η αλλαγή της κατάστασης μιας επαφής η οποία ανοίγει (ή κλείνει) όταν ‘δημιουργηθεί’ η πληροφορία (Π.Χ ο επιτηρητής τάσης όταν ‘ανιχνεύσει’ πρόβλημα στο δίκτυο κλείνει μια επαφή , την οποία και Αξιοποιούμε για να οπλίσουμε ένα ρελέ στο Ελεγχόμενο Σύστημα.

4.6.1.3.β Βοηθητικός Πίνακας Αυτοματισμού

Ο Βοηθητικός Πίνακας Αυτοματισμού αποτελεί ένα αναγκαίο ‘ενδιάμεσο’ μέσο από το οποίο διέρχονται, τόσο οι πληροφορίες τύπου ON/OFF που κατευθύνονται από το Ελεγχόμενο Σύστημα προς το Σύστημα Ελέγχου, όσο και οι Εντολές τύπου ON/OFF που κατευθύνονται αντίστροφα, δηλαδή από το Σύστημα Ελέγχου προς το Ελεγχόμενο Σύστημα. Εκτός όμως από τον προαναφερθέντα ρόλο του ‘ενδιάμεσου’ μέσου, ο Βοηθητικός Πίνακας Αυτοματισμού, επιτελεί την ΗΜΙΑΥΤΟΜΑΤΗ λειτουργία του αντλιοστασίου και επιπλέον εξασφαλίζει ορισμένες προστασίες (Σχήμα 23).



Σχήμα 23 Διάγραμμα Ελέγχου Εξοπλισμού Αντλιοστασίου

Σε αυτό το διάγραμμα περιγράφουμε τον μέσω των αισθητηρίων οργάνων, έλεγχο που επιτελεί το Σύστημα Ελέγχου του Αντλιοστασίου (Βοηθητικός Πίνακας Αυτοματισμού – PLC) στο Ελεγχόμενο Σύστημα που είναι ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός του αντλιοστασίου. Τα αισθητήρια όργανα ‘ανιχνεύουν’ από όλα τα τμήματα του Ελεγχόμενου Συστήματος πληροφορίες τις οποίες και διαβιβάζουν στο Σύστημα Ελέγχου

4.6.1.3.γ Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC)

Η τεχνική του αυτοματισμού πριν την εμφάνιση των PLC's βασιζόταν στο μεγαλύτερο μέρος της, στα συστήματα συρματωμένης λογικής. Δηλαδή η λειτουργία του αυτοματισμού βασιζόταν στην συρμάτωση ανάμεσα στα διάφορα στοιχεία (π.χ. επαφές , πηνία , ρελέ , χρονικά, κ.λπ. για αυτοματισμούς με ρελέ , είτε πύλες AND, OR κ.λπ. για αυτοματισμούς με ηλεκτρονικές πλακέτες). Επομένως ένας πίνακας αυτοματισμού μπορούσε να κατασκευαστεί μόνον όταν είχε τελειώσει τελείως η μελέτη (δηλαδή το συνδεσμολογικό σχέδιο). Επί πλέον,

κάθε αλλαγή στη συνέχεια, είχε σαν αποτέλεσμα αντίστοιχη αλλαγή στη συρμάτωση (δηλαδή τροποποίηση του πίνακα) με το γνωστό πρόβλημα του αν φτάνουν ή όχι οι ελεύθερες επαφές των ρελέ , αν υπάρχει χώρος για προσθήκη νέου υλικού κ.λπ.

Στα συστήματα προγραμματιζόμενης λογικής, η κατασκευή και συρμάτωση του πίνακα είναι ανεξάρτητη από την λειτουργία που πρόκειται να εκτελέσει ο αυτοματισμός, δηλαδή η μελέτη δεν αποτελεί προϋπόθεση. Πάνω στις κλέμες του PLC συνδέονται όλα τα στοιχεία που δίνουν εντολές (τερματικοί διακόπτες, μπουτόν κ.λπ.) καθώς και όλα τα στοιχεία που δέχονται εντολές (πηνία, ρελέ ισχύος κινητήρων , κ.λπ.). Η λειτουργία του αυτοματισμού προγραμματίζεται στη μνήμη του PLC, ακόμα και την τελευταία στιγμή , δηλαδή πριν από τη θέση σε λειτουργία. Επομένως η μελέτη (= πρόγραμμα) μπορεί να γίνεται παράλληλα με την επιλογή του υλικού και την κατασκευή του πίνακα.

Αν στη συνέχεια χρειαστεί να γίνουν αλλαγές στη λειτουργία όπως συμβαίνει κατά κανόνα σε κάθε εγκατάσταση αυτοματισμού, τότε αυτές γίνονται πολύ απλά ‘διορθώνοντας’ το πρόγραμμα χωρίς να χρειαστεί να παρέμβουμε στη συρμάτωση του πίνακα.

Από τα αναφερόμενα ανωτέρω και κυρίως από τη μέχρι τώρα εμπειρία του SCADA, καταλαβαίνουμε ότι το PLC είναι ένα “εργαλείο” που αντικαθιστά τον οποιαδήποτε «συμβατικό» αυτοματισμό (δηλαδή τον κλασικό αυτοματισμό με ρελέ που όλοι μας ξέρουμε και επί πλέον επιτελεί λειτουργίες που ο «συμβατικός» αυτοματισμός είναι πρακτικά αδύνατον ή και εντελώς αδύνατον να επιτελέσει (π.χ. αποστολή πληροφοριών σε κεντρικό σημείο) (Σχήμα 24).



Σχήμα 24 Πρόσωση ενός «νέου» PLC Αντλιοστασίου

4.6.1.4 Δίκτυο Επικοινωνιών

Όπως αναφέρθηκε, το PLC επικοινωνεί μέσω MODEM και ευθείες ενός παρόχου τηλεφωνίας με τον Κεντρικό Σύστημα. Το PLC βρίσκεται σε συνεχή επικοινωνία με το Κεντρικό Σύστημα στέλνοντας τα δεδομένα του αντλιοστασίου αλλά και λαμβάνοντας εντολές προς εκτέλεση. Κάθε τύπος PLC (παλαιός ή νέος) συνδέεται με διαφορετικό τρόπο και έχει δικές του ρυθμίσεις αλλά και πρωτόκολλο επικοινωνίας.

4.6.1.1.4.α Modem Επικοινωνίας

Σε κάθε PLC έχουμε ένα modem. Στο Κέντρο Ελέγχου είναι εγκατεστημένο το αντίστοιχο modem με το οποίο επικοινωνεί μέσω μισθωμένης δισύρματης ευθείας DATA ενός παρόχου τηλεφωνίας. Το κάθε αντλιοστάσιο έχει τον δικό του κωδικό αριθμό ευθείας ο οποίος και χρησιμεύει για την συνεννόηση με τον πάροχο.

Τα MODEM έχουν και αυτά διαφορετικές ρυθμίσεις που καθορίζονται από (Σχήμα 25):

- Σε τι τύπο PLC τοποθετούνται («παλαιό» αν υπάρχει ή «νέο»).
- Τον τύπο τους.
- Που τοποθετούνται (στο PLC ή στο «κέντρο»).



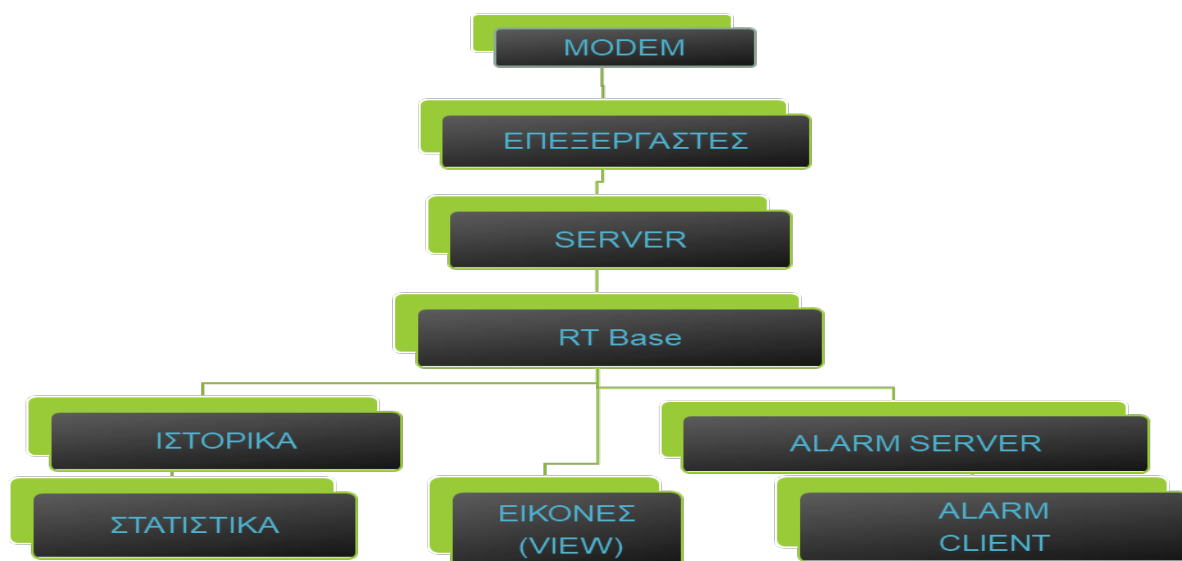
Σχήμα 25 Τύπος modem

4.6.1.5 Κέντρο Ελέγχου

Η επικοινωνία μεταξύ των τερματικών μονάδων των αντλιοστασίων (PLC) και του Κέντρου Ελέγχου γίνεται από την πλευρά του PLC με την προσθήκη ενός Ελεγκτή Επικοινωνιών ο οποίος συνδέεται με MODEM δισύρματης μισθωμένης γραμμής DATA παρόχου τηλεφωνίας.

Στην πλευρά του κέντρου ελέγχου υπάρχει αντίστοιχο modem το οποίο συνδέεται με δύο Επεξεργαστές Επικοινωνιών. Αυτοί με την σειρά τους μεταφέρουν τα νέα εισερχόμενα δεδομένα Πραγματικού Χρόνου (Real Time Data) προς τον Κεντρικό Υπολογιστή (Server) και συγκεκριμένα σε Εφαρμογή η οποία με την σειρά της τα μεταφέρει προς την εφαρμογή Βάσης πραγματικού χρόνου που είναι και η θεμελιώδης εφαρμογή του συστήματος. Η σχέση της εφαρμογής Βάσης πραγματικού χρόνου με την εφαρμογή του Κεντρικού Υπολογιστή είναι αμφίδρομη γιατί στέλνει και αυτή λειτουργίες τηλεχειρισμού προς τον Server

Στη συνέχεια από την εφαρμογή Βάσης πραγματικού χρόνου τα δεδομένα μοιράζονται σε δύο εφαρμογές. Η μία είναι υπεύθυνη για την παραγωγή των συναγερμών και συμβάντων καθώς και για την εκτύπωση τους ενώ παράλληλα οι πληροφορίες ρέουν προς μία ενδιαμέση εφαρμογή η οποία επεξεργάζεται και τροφοδοτεί την εφαρμογή (Data Historian) για να αρχειοθετήσει τα δεδομένα στην Βάση Δεδομένων (Σχήμα 26).



Σχήμα 26 Διάγραμμα ροής προγραμμάτων Κέντρου Ελέγχου

4.7 Τεχνολογία AI (Drones)

Εσωτερικές επιθεωρήσεις δικτύων

Οι εσωτερικές επιθεωρήσεις γίνονται σε μεγάλης διαμέτρου αγωγούς και φρεάτια για ρωγμές και εμφράξεις με 3D απεικόνιση. Τα πλεονεκτήματα των εσωτερικών επιθεωρήσεων με drones είναι τα εξής:

- Γρήγορη και ακριβής επιθεώρηση των δικτύων.
- Κοντινή απεικόνιση με 4K και θερμική κάμερα.
- Χαμηλό λειτουργικό κόστος.

Για την εκτέλεση μιας πτήσης drones σε εσωτερικούς χώρους (αγωγοί δικτύων) χρησιμοποιούνται ειδικά drones με ειδικούς αισθητήρες (sensors) οι οποίοι αντικαθιστούν το σήμα από δορυφόρους, που παίρνει ένα drone που εκτελεί πτήσεις σε εξωτερικό χώρο για να προσδιορίσει κάθε ώρα και στιγμή τη θέση του στους τρεις άξονες x,y,z.

Αυτό είναι ζωτικής σημασίας διότι το Drone δεν στηρίζεται σε σύστημα προσδιορισμού θέσης (GPS) και έτσι η πλοήγηση γίνεται με τη βοήθεια καμερών και αισθητήρων κίνησης

(motion sensors) ώστε να γίνεται σε πραγματικό χρόνο η αναγνώριση και αποφυγή εμποδίων και να μετακινείται το drone με ασφάλεια στον εσωτερικό χώρο (Σχήμα 27).



ASIO Pro

Flight time: 24 min



Elios 3

Flight time: 10-12 min

Σχήμα 27 Εικόνα Drones

Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν αυτοί οι αισθητήρες, πολλές φορές ο χειριστής λόγω ειδικών συνθηκών χρειάζεται να τους απενεργοποιήσει και να εκτελέσει την πτήση χειροκίνητα (manual flight) με πολύ λεπτούς χειρισμούς (Σχήμα 28).



Σχήμα 28 Εικόνα Εσωτερικής Επιθεώρησης

5. Μελέτη Περιπτώσεων

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξεταστούν μία μελέτη εγκατάστασης έξυπνων υδρομετρητών από πιλοτικό έργο της ΕΥΔΑΠ και μία μελέτη δικτύου Αποχέτευσης

5.1 Πιλοτικό έργο Ευφύων Μετρητών

5.1.1 Χαρακτηριστικά και προδιαγραφές των Ευφύων Μετρητών στο πιλοτικό έργο

Το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ έχει αρκετές δυσκολίες κατά την μετατροπή του σε «έξυπνο». Η σύνδεση των έξυπνων μετρητών με τα δημόσια δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, ώστε να υπάρχει ένα ολοκληρωμένο σύστημα παρακολούθησης, είναι ένα αρκετά σύνθετο έργο. Αυτό συμβαίνει γιατί πολλοί υδρομετρητές βρίσκονται σε σημεία όπου το σήμα δεν είναι καλό, αλλά και επειδή οι περιοχές που καλύπτει η ΕΥΔΑΠ διαφέρουν πολύ μεταξύ τους σε δομή και πληθυσμό.

Επιπλέον, χρειάζεται συνεργασία με τη ΔΕΔΔΗΕ για να εξασφαλιστεί ότι οι συσκευές των μετρητών θα έχουν συνεχώς ρεύμα. Επειδή όμως οι έξυπνοι μετρητές τοποθετούνται μέσα σε φρεάτια, πρέπει να λειτουργούν αυτόνομα με μπαταρία και να γίνεται σωστή συντήρηση, ώστε να μην παρουσιάζονται προβλήματα. Ταυτόχρονα, πρέπει να υπάρχει αξιόπιστη σύνδεση με τα δίκτυα επικοινωνίας, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα τεχνολογικά μέσα.

Τέλος, σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να χρειαστεί να κατασκευαστούν νέα φρεάτια, κάτι που δεν είναι εύκολο λόγω περιορισμένου χώρου στα πεζοδρόμια. Για όλους αυτούς τους λόγους, επιλέχθηκαν συγκεκριμένοι τύποι μετρητών που λειτουργούν με μπαταρία και δεν χρειάζονται εξωτερική παροχή ρεύματος.

Έτσι, έπειτα από ενδελεχή μελέτη αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν οι μετρητές iPERL της Sensus και οι μετρητές MULTICAL 21 & flowIQ 2101 της Kamstrup. Οι μετρητές λειτουργούν με μπαταρία και δεν επιδέχονται εξωτερικές συνδέσεις.

Sensus iPERL

Η Sensus έχει δημιουργήσει το σύστημα επικοινωνίας FlexNet™, ένα ασύρματο δίκτυο μεγάλης εμβέλειας που επιτρέπει τη συλλογή και μεταφορά δεδομένων από πολλά σημεία του δικτύου σε κεντρικά συστήματα διαχείρισης. Οι μετρητές της εταιρείας προσφέρουν υψηλή ακρίβεια, ενώ σε συνδυασμό με συστήματα αυτόματης καταμέτρησης (AMI) δίνουν τη δυνατότητα για αυτοματοποιημένη ανάγνωση και τιμολόγηση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα

τη μείωση του λειτουργικού κόστους και τη βελτίωση της συνολικής διαχείρισης του δικτύου. Ο μετρητής iPERL της εταιρείας Sensus Metering Systems είναι ένας υδρομετρητής υψηλής επίδοσης, χωρίς κινητά μέρη και είναι της ακόλουθης μορφής (Σχήμα 29):



Σχήμα 29 Μετρητής Sensus Iperl

Ο μετρητής iPERL, σε συνδυασμό με ένα σταθερό δίκτυο επικοινωνίας AMI, όπως το FlexNet™, μπορεί να εντοπίζει γρήγορα προβλήματα στο δίκτυο, όπως διαρροές, επιτρέποντας την άμεση αντιμετώπισή τους. Αυτό οδηγεί σε εξοικονόμηση χρόνου και κόστους, καλύτερη οργάνωση των συνεργειών και βελτιωμένη εξυπηρέτηση των καταναλωτών.

Παράλληλα, προσφέρει υψηλή και σταθερή ακρίβεια μέτρησης για πολλά χρόνια (περίπου 15 έτη), λειτουργώντας αξιόπιστα σε ευρύ φάσμα συνθηκών, όπως διαφορετικές θερμοκρασίες, πιέσεις και ποιότητα νερού. Η λειτουργία του βασίζεται σε σύγχρονη τεχνολογία μαγνητικού πεδίου, η οποία επιτρέπει ακριβείς μετρήσεις ακόμη και σε πολύ χαμηλές ροές, χωρίς μεγάλη κατανάλωση ενέργειας. Έτσι, καταγράφει τη ροή του νερού με μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με τους παραδοσιακούς μηχανικούς μετρητές, φτάνοντας να ανιχνεύει ακόμη και μικρότερες καταναλώσεις.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται ορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά του μετρητή iPERL σε σύγκριση με το αντίστοιχο μέγεθός του:

Κανονικό Μέγεθος	DN		DN (mm)				
			15	20	25	32	40
Μόνιμη παροχή	Q_3	m^3/h	2.5	4	6.3	10	16
Αρχική παροχή		l/h	1.6	2.5	4.0	6.4	10.0
Λόγος R	Q_3/Q_1	R	800				
Μέγιστη παροχή	Q_4	m^3/h	3.125	5	7.875	12.5	20
Ελάχιστη παροχή	Q_1	l/h	3.13	5	7.88	12.5	20
Μεταβατική παροχή	Q_2	l/h	5	8	12.6	20	32

Πίνακας 1 Τεχνικά χαρακτηριστικά μετρητή iPERL

Ο μετρητής iPERL πληροί βασικά ευρωπαϊκά και διεθνή πρότυπα και διαθέτει πιστοποιήσεις που διασφαλίζουν την καταλληλότητά του για χρήση σε πόσιμο νερό σε διάφορες χώρες. Παρέχει αξιόπιστη και σταθερή ακρίβεια μέτρησης σε διαφορετικές συνθήκες εγκατάστασης και μπορεί να τοποθετηθεί εύκολα, χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις στον τρόπο σύνδεσης των σωλήνων ή στον προσανατολισμό του.

Επιπλέον, διαθέτει δυνατότητα ανίχνευσης της κατεύθυνσης ροής, κάτι που διευκολύνει ακόμη περισσότερο την εγκατάστασή του. Ο μετρητής ενσωματώνει ασύρματη τεχνολογία χαμηλής κατανάλωσης, επιτρέποντας τη συλλογή δεδομένων είτε με επιτόπια διέλευση (walk-by) είτε με όχημα (drive-by). Παράλληλα, υποστηρίζει μελλοντική αναβάθμιση σε πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα απομακρυσμένης καταγραφής, χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης.

Kamstrup MULTICAL® 21/flowIQ® 2101

Ο μετρητής MULTICAL® 21 / flowIQ® 2101 της Kamstrup είναι ένας υπερηχητικός υδρομετρητής που προσφέρει υψηλή ακρίβεια και μεγάλη αντοχή, καθώς δεν διαθέτει κινούμενα μέρη και έτσι δεν φθείρεται εύκολα ούτε επηρεάζεται από ακαθαρσίες στο νερό.

Παράλληλα, μπορεί να μετρά τόσο τη θερμοκρασία του νερού όσο και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, ενώ διαθέτει και σύστημα ανίχνευσης διαρροών, επιτρέποντας τον έγκαιρο εντοπισμό ακόμη και μικρών απωλειών. Η ασύρματη επικοινωνία που ενσωματώνει συμβάλλει στη μείωση του λειτουργικού κόστους, διευκολύνοντας τη συλλογή δεδομένων.

Επιπλέον, είναι εύκολος στην εγκατάσταση, ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό των σωληνώσεων, και διαθέτει στεγανή κατασκευή που προστατεύει τα ηλεκτρονικά του μέρη από την υγρασία, εξασφαλίζοντας αξιόπιστη λειτουργία για μεγάλο χρονικό διάστημα (Σχήμα 30)..

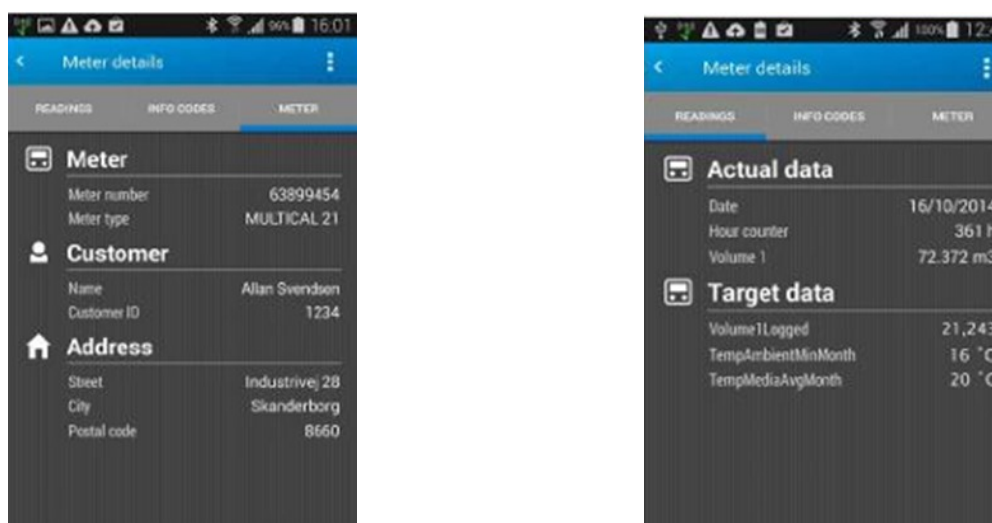


Σχήμα 30 Μετρητής Kamstrup MULTICAL® 21/flowIQ® 2101

Ο μετρητής MULTICAL® 21 / flowIQ® 2101 είναι κατάλληλος για πόσιμο νερό και έχει εγκριθεί σε πολλές χώρες, καθώς είναι κατασκευασμένος από υλικά χωρίς μόλυβδο ή άλλα επιβλαβή μέταλλα. Παράλληλα, θεωρείται φιλικός προς το περιβάλλον, με χαμηλή επίπτωση και υψηλή δυνατότητα ανακύκλωσης. Διατίθεται σε εκδόσεις για κρύο και ζεστό νερό και μπορεί να προσαρμοστεί εύκολα σε διαφορετικά μήκη σωληνώσεων.

Ενσωματώνει σύγχρονη ασύρματη τεχνολογία (Wireless M-Bus), που επιτρέπει εύκολη και γρήγορη ανάγνωση των δεδομένων είτε από κοντινή απόσταση είτε με όχημα. Μεταδίδει δεδομένα σε τακτά χρονικά διαστήματα, διατηρώντας χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και εξασφαλίζοντας μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, που φτάνει περίπου τα 16 χρόνια.

Επιπλέον, εκτός από τη συνολική κατανάλωση νερού, αποθηκεύει και άλλες χρήσιμες πληροφορίες, όπως μηνιαίες και ημερήσιες μετρήσεις ροής και θερμοκρασίες. Η ανάγνωση των δεδομένων μπορεί να γίνει και μέσω ειδικής εφαρμογής σε κινητό τηλέφωνο, διευκολύνοντας ακόμη περισσότερο τη διαδικασία καταγραφής (Σχήμα 31).



Σχήμα 31 Εφαρμογή READy της Kamstrup

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται ορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά του μετρητή MULTICAL® 21/flowIQ® 2101 σε σύγκριση με το αντίστοιχο μέγεθός του και προεπισκοπήσεις του τρόπου εμφάνισης μιας ανάγνωσης στο έξυπνο τηλέφωνο του χρήστη

Αριθμός τύπου μετρητή			021- YY- C0A- 8XX	021- YY- C0D- 8XX	021- YY- C0G- 8XX	021- YY- C0H- 8XX	021- YY- C0E- 8XX	021- YY- C0L- 8XX	021- YY- C0N- 8XX
Ονομαστική παροχή	Q ₃	m ³ /h	1.6	2.5	2.5	2.5	2.5	4.0	4.0
Ελάχιστη παροχή	Q ₁	l/h	10	10	10	10	10	16	16
Μέγιστη παροχή	Q ₄	m ³ /h	2.0	3.1	3.1	3.1	3.1	5	5
Δυναμικό εύρος	Q ₃ /Q ₁		160	250	250	250	250	250	250
Ελάχιστη τιμή αποκοπής		l/h	2	2	2	2	2	3.2	3.2
Μέγιστη τιμή αποκοπής		m ³ /h	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	8.5	8.5
Απώλεια πίεσης	Δρ στη Q ₃	bar	0.25	0.55	0.55	0.55	0.55	0.38	0.38
Σύνδεση στο μετρητή			G3/4B	G3/4B	G1B	G1B	G1B	G1B	G1B
Μήκος		mm	110	110	105	130	190	130	190

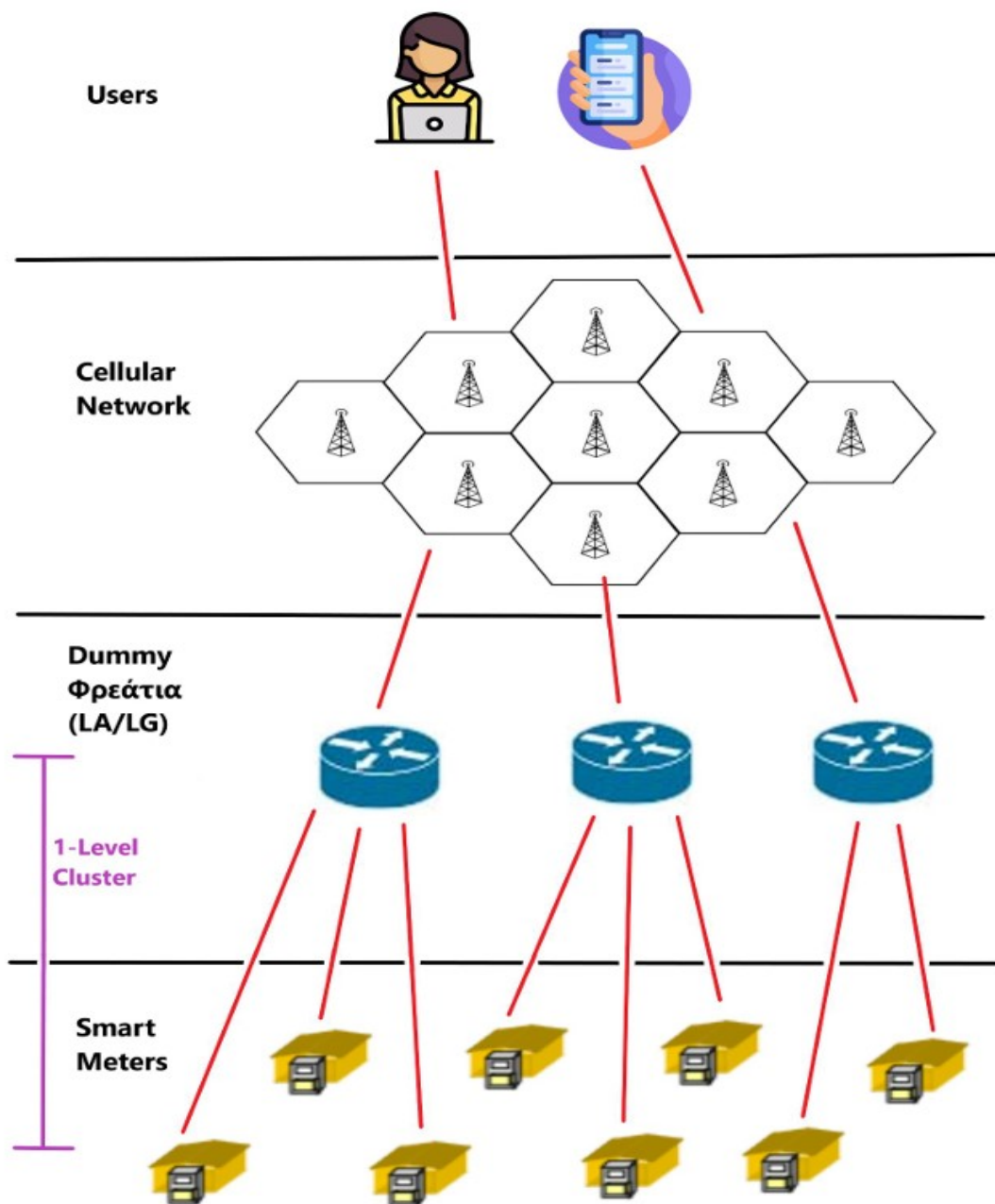
Πίνακας 2 Τεχνικά χαρακτηριστικών μετρητή Kamstrup MULTICAL® 21 / flowIQ® 2101

5.1.2 Λειτουργία του έργου

Το δίκτυο ύδρευσης της ΕΥΔΑΠ καλύπτει μεγάλη έκταση και περιλαμβάνει περιοχές με διαφορετική δομή, γι' αυτό δεν έχει την ίδια μορφή παντού αλλά προσαρμόζεται στα χαρακτηριστικά κάθε περιοχής. Για να είναι δυνατή η επικοινωνία των μετρητών, προτείνεται να οργανώνονται σε μικρές ομάδες γύρω από συγκεκριμένα σημεία (φρεάτια) του δικτύου. Σε αυτά τα φρεάτια συγκεντρώνονται τα δεδομένα από τους κοντινούς μετρητές και στη συνέχεια αποστέλλονται στο κεντρικό σύστημα. Με αυτόν τον τρόπο διευκολύνεται η συλλογή και η μεταφορά των μετρήσεων, κάνοντας τη συνολική λειτουργία πιο απλή και αποτελεσματική.

Η πρώτη κατηγορία αρχιτεκτονικής του δικτύου ύδρευσης αφορά περιοχές με λίγα σπίτια και μικρή πυκνότητα κατοικίας. Σε αυτές τις περιοχές, τα δεδομένα κατανάλωσης νερού από τους μετρητές κάθε γειτονιάς συγκεντρώνονται αρχικά σε ειδικές τοπικές μονάδες συλλογής δεδομένων. Οι μονάδες αυτές τοποθετούνται σε προστατευμένα φρεάτια και λειτουργούν ως ενδιάμεσοι σταθμοί που λαμβάνουν πληροφορίες από τους μετρητές και τις στέλνουν ασύρματα προς το κεντρικό σύστημα παρακολούθησης.

Η επικοινωνία γίνεται μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας, ώστε τα δεδομένα να μεταφέρονται εύκολα και σε μεγάλες αποστάσεις. Ανάλογα με το πόσο καλή είναι η κάλυψη δικτύου στην κάθε περιοχή, οι μονάδες αυτές τροφοδοτούνται είτε από μπαταρίες μεγάλης διάρκειας είτε από συνδυασμό μικρής γεννήτριας νερού και επαναφορτιζόμενης μπαταρίας. Η συγκεκριμένη δομή ονομάζεται αρχιτεκτονική ενός επιπέδου, επειδή όλα τα δεδομένα συγκεντρώνονται πρώτα σε μία τοπική μονάδα πριν σταλούν στο κεντρικό σύστημα (Σχήμα 32).

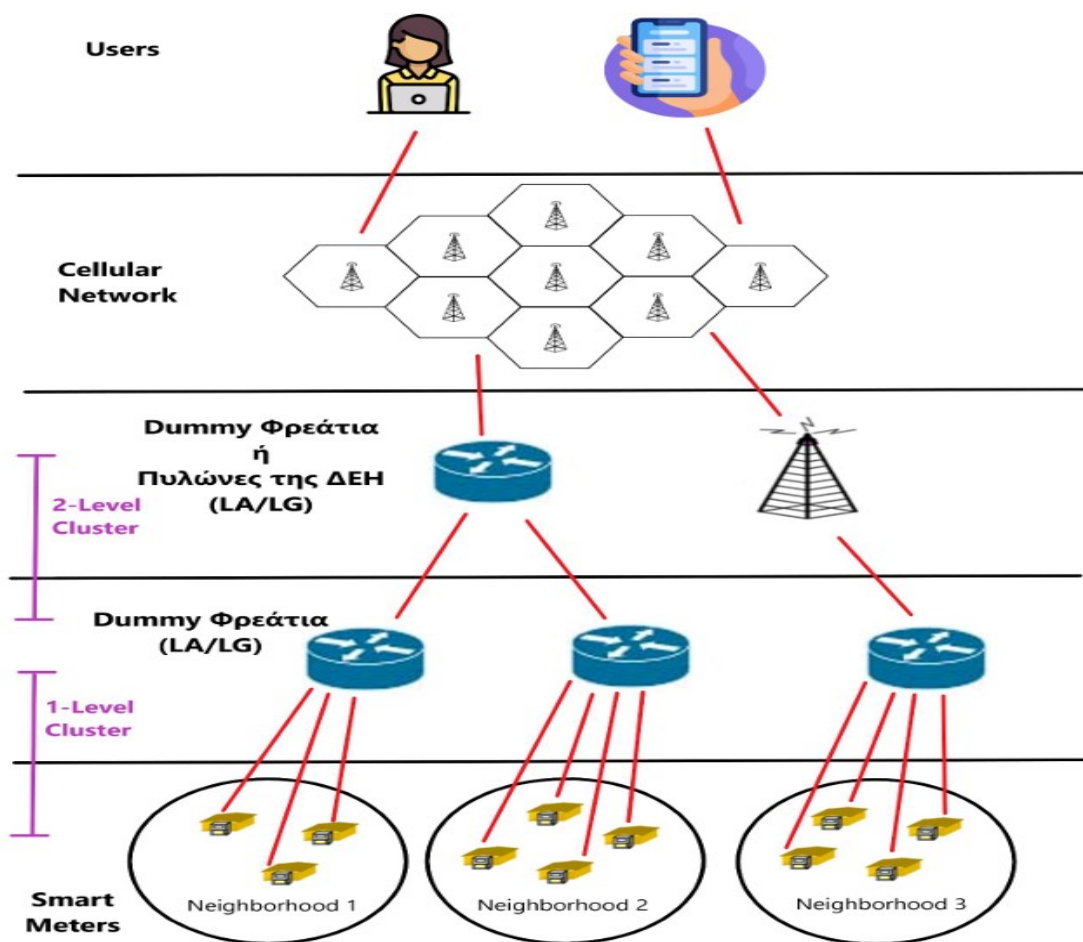


Σχήμα 32 Αρχιτεκτονική δομή δικτύου ΕΥΔΑΠ για αραιοκατοικημένες περιοχές (1-level clustering).

Η δεύτερη κατηγορία αρχιτεκτονικής του δικτύου ύδρευσης αφορά περιοχές με πολλά σπίτια και μεγάλη πυκνότητα κατοικίας. Σε αυτές τις περιοχές, τα δεδομένα κατανάλωσης νερού από τους μετρητές κάθε γειτονιάς συγκεντρώνονται αρχικά σε τοπικές μονάδες συλλογής δεδομένων, οι οποίες τοποθετούνται σε προστατευμένα φρεάτια.

Στη συνέχεια, οι τοπικές αυτές μονάδες στέλνουν τα δεδομένα σε μεγαλύτερους σταθμούς συλλογής που καλύπτουν περισσότερες γειτονιές. Από εκεί, οι πληροφορίες μεταφέρονται μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας στο κεντρικό σύστημα παρακολούθησης. Οι μικρότερες τοπικές μονάδες λειτουργούν με μπαταρίες μεγάλης διάρκειας, ενώ οι μεγαλύτεροι σταθμοί μπορούν να τροφοδοτούνται είτε από το ηλεκτρικό δίκτυο είτε από συνδυασμό μικρής γεννήτριας νερού και επαναφορτιζόμενης μπαταρίας.

Η συγκεκριμένη δομή ονομάζεται αρχιτεκτονική δύο επιπέδων, επειδή τα δεδομένα περνούν πρώτα από μία τοπική μονάδα συλλογής και έπειτα από έναν κεντρικότερο σταθμό πριν φτάσουν στο κεντρικό (Σχήμα 33).



Σχήμα 33 Αρχιτεκτονική δομή δικτύου ΕΥΔΑΠ για πυκνοκατοικημένες περιοχές (2-level clustering).

Η τρίτη κατηγορία αρχιτεκτονικής αφορά την περίπτωση όπου οι έξυπνοι μετρητές νερού σχεδιάζονται και κατασκευάζονται από την αρχή ώστε να υποστηρίζουν άμεσα ασύρματη επικοινωνία μεγάλων αποστάσεων.

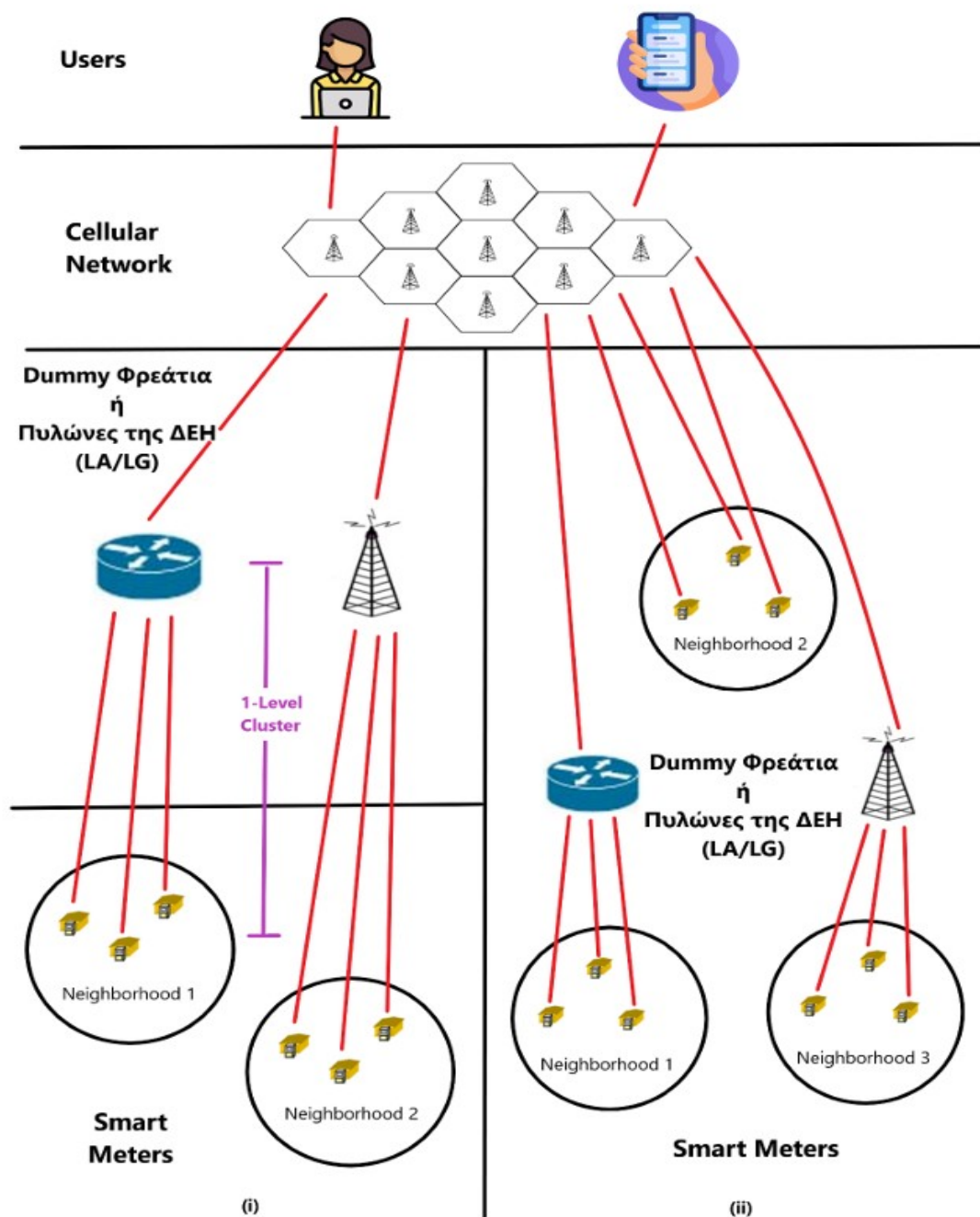
Στην πρώτη υποκατηγορία, οι μετρητές κάθε γειτονιάς στέλνουν τα δεδομένα τους σε τοπικούς σταθμούς συλλογής, οι οποίοι καλύπτουν μεγαλύτερη περιοχή σε σχέση με τις προηγούμενες κατηγορίες. Έτσι απαιτούνται λιγότεροι σταθμοί συλλογής, επειδή η επικοινωνία μπορεί να γίνεται σε μεγαλύτερες αποστάσεις.

Οι σταθμοί αυτοί τοποθετούνται είτε σε προστατευμένα φρεάτια είτε σε κολώνες ηλεκτρικού ρεύματος. Στη συνέχεια, στέλνουν τα δεδομένα μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας στο κεντρικό σύστημα παρακολούθησης. Η τροφοδοσία τους με ηλεκτρική ενέργεια γίνεται είτε με μπαταρίες μεγάλης διάρκειας, είτε με συνδυασμό μικρής γεννήτριας νερού και επαναφορτιζόμενης μπαταρίας, ενώ όταν βρίσκονται σε κολώνες ηλεκτρικού ρεύματος μπορούν να συνδέονται απευθείας με το ηλεκτρικό δίκτυο.

Η συγκεκριμένη δομή θεωρείται αρχιτεκτονική ενός επιπέδου, επειδή τα δεδομένα μεταφέρονται πρώτα σε έναν τοπικό σταθμό και στη συνέχεια στο κεντρικό σύστημα.

Στη δεύτερη υποκατηγορία, οι έξυπνοι μετρητές νερού μπορούν να στέλνουν τα δεδομένα τους ασύρματα απευθείας στο κεντρικό σύστημα παρακολούθησης μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να υπάρχει και ένας ενδιάμεσος σταθμός συλλογής δεδομένων, ο οποίος λαμβάνει τις πληροφορίες από τους μετρητές και τις προωθεί στο κεντρικό σύστημα. Οι σταθμοί αυτοί μπορούν να τοποθετούνται είτε σε προστατευμένα φρεάτια είτε σε κολώνες ηλεκτρικού ρεύματος.

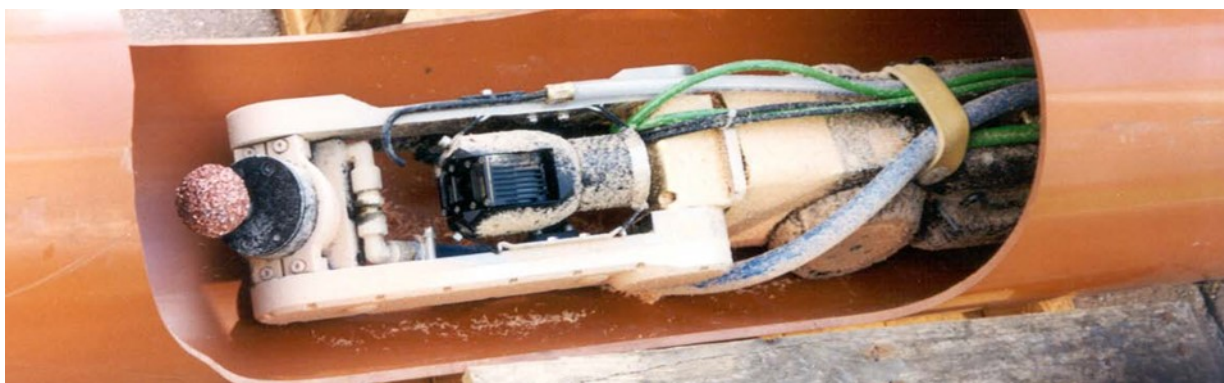
Η τροφοδοσία των μετρητών και των σταθμών γίνεται είτε με μπαταρίες μεγάλης διάρκειας είτε με συνδυασμό μικρής γεννήτριας νερού και επαναφορτιζόμενης μπαταρίας. Όταν οι σταθμοί βρίσκονται σε κολώνες ηλεκτρικού ρεύματος, μπορούν να τροφοδοτούνται απευθείας από το ηλεκτρικό δίκτυο.



Σχήμα 34 Αρχιτεκτονική δομή δικτύου ΕΥΔΑΠ για εξαρχής σχεδίαση και κατασκευή των ευφών μετρητών.

5.2 Κοπή Εμποδίων με κάμερα ROBOT CCTV

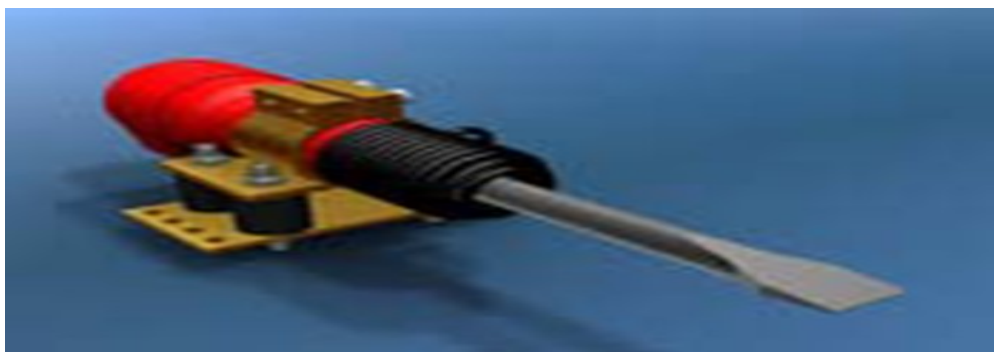
Το ρομποτικό μηχάνημα κοπής εμποδίων, εισέρχεται στο φρεάτιο επίσκεψης και με τηλεχειρισμό κατευθύνεται στο σημείο επισκευής . Με κατάλληλη ειδική κεφαλή κοπής μέσω αεροκινητήρα εκτελείται η κοπή, θρυμματίζοντας το εμπόδιο και αποκαθιστώντας τη λειτουργία του αγωγού (Σχήματα 35-39)..



Σχήμα 35 Ρομποτικό Μηχάνημα Talpra 2060 κοπής εμποδίων



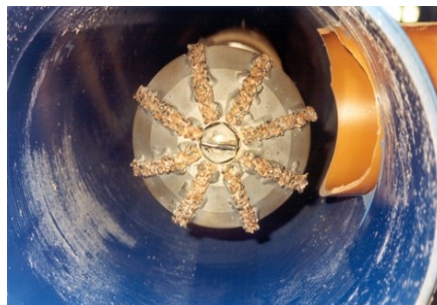
Σχήμα 36 Κεφαλή κοπής μη μεταλλικών εμποδίων PVC-Ρίζες φυτών



Σχήμα 37 Κρουστικό εργαλείο κοπής για μπετόν – πέτρες



Σχήμα 38 Κεφαλή κοπής τσιμέντου αργίλου



Σχήμα 39 Επισκευή – κοπή σύνδεσης με Robot CCTV

5.3 Επισκευή αγωγών με την μέθοδο inlining

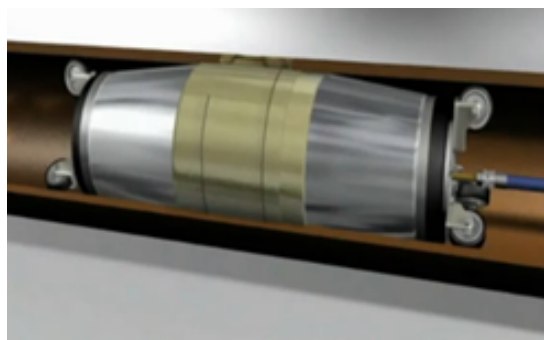
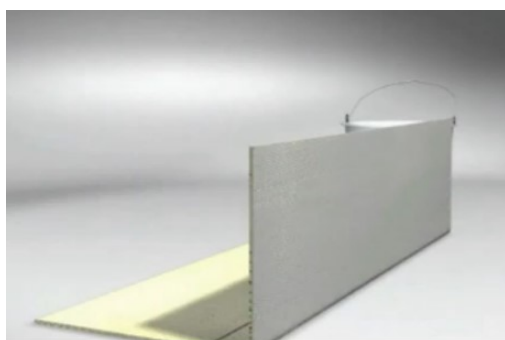
Η μέθοδος της επισκευής αγωγού με inlining χρησιμοποιείται επιτυχώς σε αγωγούς αποχέτευσης από τσιμέντο, μπετόν, κεραμικούς και πλαστικούς διατομής Φ200 – Φ600 mm. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται μέσω των φρεατίων επίσκεψης του αγωγού και δεν απαιτείται εκσκαφή. Εισάγουμε στον αγωγό ένα μπαλόνι επισκευής από το φρεάτιο επίσκεψης που κατευθύνεται στο προκαθορισμένο σημείο επισκευής. Με την εφαρμογή εμποτισμένου με ρητίνες υψηλής αντοχής δύο συστατικών υαλόπανου επιστρωμένου περιμετρικά του μπαλονιού και αφού το φουσκώσουμε αυτό συμπιέζεται ανάμεσα στο μπαλόνι και τον αγωγό και αφού παρέλθουν περίπου δύο ώρες στερεοποιείται και αποκαθίσταται η βλάβη.

Κατά τη διάρκεια των εργασιών επισκευής, ο αγωγός υπολειτουργεί και τίθεται σε πλήρη λειτουργία σε διάστημα δύο ωρών από την επέμβαση. Επίσης, μπορεί να εφαρμοσθεί όταν υπάρχει στον αγωγό εισροή εξωτερικών υδάτων, ακόμα και με πίεση. Η διαδικασία είναι η παρακάτω:

- Καθαρισμός αγωγού από βυτιοφόρο ανακύκλωσης.
- Τηλεοπτική επιθεώρηση μέσω CCTV του αγωγού.
- Εντοπισμός της βλάβης και ακριβής προσδιορισμός του σημείου επέμβασης.
- Απομάκρυνση φορέα κάμερας.
- Προετοιμασία του φορέα επισκευής (κυλινδρικό μπαλόνι)
- Προετοιμασία και εφαρμογή της ρητίνης στο υαλόπανο (εμποτισμός).
- Επίστρωση εμποτισμένου υαλόπανου στο φορέα επισκευής (μπαλόνι).
- Τοποθέτηση του φορέα επισκευής (μπαλόνι) στον αγωγό από το φρεάτιο.
- Προώθησή του προς το σημείο επισκευής.
- Παροχή αέρα χαμηλής πίεσης (max 2,1bar).
- Διοχέτευση αέρα στο φορέα επισκευής και συμπίεση του υλικού επισκευής επί 1,5-2,0 ώρες με σταθερή πίεση αέρα 1,60 bar, ώστε να επιτευχθεί η στερεοποίησή του.
- Εκτόνωση του αέρα από το φορέα επισκευής.
- Απομάκρυνση του φορέα επισκευής (μπαλόνι) από τον αγωγό.
- Τηλεοπτική επιθεώρηση μέσω CCTV του σημείου που έγινε η επισκευή.



Σχήμα 40 Φορέας Επισκευής



Σχήμα 41 Διαδικασία επισκευής με εσωτερική επικάλυψη (μέθοδος inlining)

6. Συμπεράσματα-Προτάσεις

6.1 Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία έδειξε πόσο σημαντικά είναι τα ηλεκτρονικά διαγνωστικά μέσα για τον έλεγχο και τη σωστή διαχείριση των αστικών δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης. Μέσα από τη μελέτη της βιβλιογραφίας και των σύγχρονων τεχνολογιών, φάνηκε ότι οι αισθητήρες, τα συστήματα τηλεμετρίας και οι αυτοματισμοί προσφέρουν καλύτερη και πιο γρήγορη παρακολούθηση των δικτύων σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους.

Βασικό συμπέρασμα της εργασίας είναι ότι τα συστήματα SCADA, οι τεχνολογίες IoT και τα δίκτυα αισθητήρων βοηθούν στον συνεχή έλεγχο των υποδομών, στην έγκαιρη ανίχνευση βλαβών και στη μείωση των απωλειών νερού. Παράλληλα, συμβάλλουν στη σωστή λειτουργία των δικτύων και στη βελτίωση της διαχείρισης των υδάτινων πόρων.

Από την ανάλυση προέκυψαν τα παρακάτω βασικά συμπεράσματα:

1. Τα ηλεκτρονικά διαγνωστικά μέσα βοηθούν τις υπηρεσίες ύδρευσης και αποχέτευσης να λειτουργούν πιο αποτελεσματικά και με μικρότερο κόστος συντήρησης.
2. Η σωστή λειτουργία και συντήρηση των αισθητήρων είναι πολύ σημαντική, ώστε τα δεδομένα και οι μετρήσεις να είναι αξιόπιστα.
3. Η χρήση συστημάτων όπως SCADA και IoT διευκολύνει τη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων και βοηθά στη λήψη σωστών αποφάσεων.
4. Οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να προσαρμοστούν στις ανάγκες κάθε δήμου ή οργανισμού, όμως απαιτούν επενδύσεις σε εξοπλισμό και εκπαίδευση προσωπικού.
5. Η χρήση ηλεκτρονικών διαγνωστικών εργαλείων συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος, αφού μειώνει τη σπατάλη νερού, την κατανάλωση ενέργειας και την μείωση ρυπογόνων ουσιών.
6. Ελαχιστοποιείται η έκθεση των εργαζομένων σε δύσκολες συνθήκες εργασίας.

Συνολικά, η εργασία δείχνει ότι τα ηλεκτρονικά διαγνωστικά μέσα αποτελούν μια σύγχρονη και αποτελεσματική λύση για τη βελτίωση της λειτουργίας των αστικών δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης, συμβάλλοντας παράλληλα στη βιώσιμη ανάπτυξη και την καλύτερη διαχείριση των φυσικών πόρων.

6.2 Προτάσεις

Με βάση τα αποτελέσματα της εργασίας, προτείνονται τα παρακάτω για την καλύτερη εφαρμογή των ηλεκτρονικών διαγνωστικών μέσων στα δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης:

1. Σταδιακή εγκατάσταση συστημάτων παρακολούθησης:

Οι υπηρεσίες ύδρευσης και αποχέτευσης θα πρέπει να εφαρμόζουν σταδιακά συστήματα τηλεμετρίας και αυτοματισμού, ξεκινώντας από περιοχές όπου υπάρχουν συχνές βλάβες, μεγάλες απώλειες νερού ή παλιά δίκτυα.

2. Εκπαίδευση του προσωπικού:

Είναι σημαντικό το προσωπικό να έχει γνώσεις στη χρήση των νέων τεχνολογιών και των συστημάτων παρακολούθησης. Για αυτό χρειάζονται προγράμματα εκπαίδευσης και κατάρτισης.

3. Καλύτερη αξιοποίηση των δεδομένων:

Τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες πρέπει να χρησιμοποιούνται μέσω ειδικών λογισμικών ανάλυσης, ώστε να εντοπίζονται έγκαιρα προβλήματα και να διευκολύνεται η λήψη αποφάσεων.

4. Δημιουργία κοινών προτύπων λειτουργίας:

Χρειάζονται κοινά τεχνικά πρότυπα για τη σωστή συνεργασία των συστημάτων, των αισθητήρων και των λογισμικών, ώστε να υπάρχει καλύτερη οργάνωση και ασφάλεια δεδομένων.

5. Πιλοτικές εφαρμογές σε Δήμους:

Προτείνονται δοκιμαστικές εφαρμογές σε ορισμένους δήμους, ώστε να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα των συστημάτων πριν εφαρμοστούν σε μεγαλύτερη κλίμακα.

6. Σύνδεση με τις «έξυπνες πόλεις»:

Η χρήση ηλεκτρονικών διαγνωστικών μέσων πρέπει να αποτελεί μέρος των σχεδίων για τις «έξυπνες πόλεις», συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση νερού και ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Η χρήση ψηφιακών τεχνολογιών στα δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης αποτελεί σημαντικό βήμα για τη δημιουργία πιο σύγχρονων και βιώσιμων πόλεων. Για να εφαρμοστούν σωστά αυτές οι τεχνολογίες, χρειάζεται συνεργασία μεταξύ μηχανικών, υπηρεσιών, ερευνητών και κράτους, καθώς και συνεχής βελτίωση των υποδομών και των συστημάτων.

Βιβλιογραφία

- Καράμπελας, Η. (2023) *Παρουσιάσεις Σεμιναρίων Εκπαίδευσης*. Αθήνα: ΕΥΔΑΠ
- Λυμπέρης, Κ. (2023). *Περιγραφή Τηλεμετρικής Διάταξης στο Δίκτυο Ύδρευσης* Αθήνα: ΕΥΔΑΠ
- Μήτσιοι, Α. (2010). *Παρουσίαση Σεμιναρίου Εκπαίδευσης*. Αθήνα: ΕΥΔΑΠ
- Μπαλακέρα, Α. (2022). *Μελέτη συλλογής μετρήσεων από το δίκτυο ύδρευσης* (Διπλωματική Εργασία). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Alvisi, S. & Franchini, M. (2014). A short-term, pattern-based model for water-demand forecasting. *Journal of Hydroinformatics*, 16(3), pp. 654-667. doi: 10.2166/hydro.2006.016
- Angelakis, A.N. & Spyridakis, S.V. (2010). Ancient Greek aqueducts and water management. *Water Science & Technology: Water Supply*, 10(3), pp. 337-344. doi: 10.2166/ws.2010.105
- Bentley Systems (2020). *OpenFlows WaterGEMS User Guide*. Bentley Systems, Inc. Ανακτήθηκε από <https://www.bentley.com/software/openflows-water/>
- Boyer, S.A. (2004). *SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition*. Durham: International Society of Automation.
- Boyes, H. (2018). *Security, Privacy, and the IoT: A Practical Guide*. IET Publishing. Ανακτήθηκε από <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361517307285>
- Boulos, P.F., Karney, B.W. & Wood, D.J. (2015). *Comprehensive Water Distribution Systems Analysis Handbook for Engineers and Planners*. Pennsylvania State University
- Butler, D. & Davies, J.W. (2010). *Urban Drainage*. Oxfordshire: Spon Press.
- EPA (2022). *EPANET 2.2 User Manual*. U.S. Environmental Protection Agency. Ανακτήθηκε από https://19january2021snapshot.epa.gov/sites/static/files/2020-05/documents/epanet_userss_manual_2.2.0.pdf
- European Commission (2023). *Digital Twin Technologies in Critical Infrastructure Monitoring*. Brussels: EU Publications.
- Goodchild, M., & Li, L. (2020). Sensor webs for environmental monitoring. *International Journal of Digital Earth*, 13(8), pp. 1041-1059.

- Goubert, J.P. (1989). *The Conquest of Water: The Advent of Health in the Industrial Age*. Princeton: Princeton University Press.
- Hodge, A.T. (2002). *Roman Aqueducts & Water Supply*. Richmond: Duckworth Publishers.
- IEC 60870-5 & IEC 61850 Standards. Telecontrol Equipment and Systems–SCADA Communication Protocols. *International Electrotechnical Commission (IEC)*.
- Kaya, D. & Mutlu, F. (2021). Smart water management with IoT and SCADA integration. *Journal of Hydroinformatics*, 23(5), pp. 913–928.
- Khan, M.A. & Salah, K. (2018). IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges. *Future Generation Computer Systems*, 82, pp. 395-411. doi: /10.1016/j.future.2017.11.022
- Koutsoyiannis, D., Angelakis, A.N., & Tchobanoglous, G. (2008). Urban water management in Ancient Greece: Legacies and lessons. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 134(1), pp. 45-54. doi: 10.1061/ASCE0733-94962008134:145
- Perez-Garcia, R., Izquierdo, J. & Mora-Melia, D. (2021). Smart water systems: Integration of IoT and AI in hydraulic infrastructure. *Water*, 13(6), 789.
- Potharaju, S. et al. (2021). Applications of machine learning and IoT in smart hydropower plants. *Renewable Energy*, 176, pp. 879-890.
- Puust, R., Kapelan, Z., Savic, D.A. & Koppel, T. (2010). A review of methods for leakage management in pipe networks. *Urban Water Journal*, 7(1), pp. 25-45. doi: 0.1080/15730621003610878
- Tchobanoglous, G., Stensel, H.D., & Tsuchihashi, R. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. New York: McGraw-Hill Education.
- Younis, M., Akkari, N., & Abdelrahman, M. (2021). Smart water management: Technologies and applications. *Environmental Modelling & Software*, 143, 105118.
- Walski, T.W., Chase, D.V. & Savic, D.A. (2001). *Water Distribution Modeling*. Ανακτήθηκε από https://ecommons.udayton.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1014&context=cee_fac_pub
- Zhang, Y. & Wang, L. (2020). Simulation-based optimization for water distribution networks. *Water Resources Management*, 34, 345
<https://cyprustomorrow.gov.cy/cypresidency/kyprostoavrio.nsf/all/96ED302247392982C2258A6D0035D68F?opendoqument>

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.