



## ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΠΙΛΟΤΩΝ (ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4.2)

---

**Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**19 Σεπτεμβρίου 2019**



Συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΤΠΑ) και από Εθνικούς Πόρους της Ελλάδας και της Κύπρου

**Πληροφορίες Αρχείου:**

<b>Εκδότης :</b>	Παναγιώτης Χριστοδούλου (ΤΕΠΑΚ), Ανδρέας Ανδρέου (ΤΕΠΑΚ), Χριστόδουλος Χριστοδούλου (ΤΕΠΑΚ)
<b>Συνεισφορές :</b>	Σάββας Χ΄Χριστοφής (ΤΕΠΑΚ), Αντρέας Χριστοφόρου (ΤΕΠΑΚ), Παναγιώτης Χριστοδούλου (ΤΕΠΑΚ), Λάμπρος Οδυσσέως (ΤΕΠΑΚ), Χριστόδουλος Χριστοδούλου (ΤΕΠΑΚ), Σπύρος Λοίζου (ΤΕΠΑΚ), Μιχάλης Πίγγος (ΤΕΠΑΚ), Ευαγόρας Ευαγόρου (ΤΕΠΑΚ), Ανδρέας Ανδρέου (ΤΕΠΑΚ), Παναγιώτης Γιαννακού (ΤΕΠΑΚ), Σολωμός Χαραλάμπους (ΣΥΛ), Μανόλης Διαμαντάκης (ΙΤΕ), Πουλίκος Πραστάκος (ΙΤΕ), Γιάννης Δαφέρμος (ΙΤΕ), Γιάννης Καμαριανάκης (ΙΤΕ), Γιάννης Πανταζής (ΙΤΕ), Μανόλης Κοσμαδάκης (ΔΕΥΑΧ), Γιώργο Μακράκη (ΙΤΕ)
<b>Ημερομηνία:</b>	19 Σεπτεμβρίου 2019
<b>Έκδοση:</b>	5.0

**Ιστορικό Αρχείου:**

Έκδοση	Ημερομηνία	Συγγραφείς	Σχόλια
1.0	01/02/2019	Χριστόδουλος Χριστοδούλου (ΤΕΠΑΚ)	Αρχική έκδοση
2.0	13/02/2019	Παναγιώτης Χριστοδούλου (ΤΕΠΑΚ)	Διορθώσεις και επεκτάσεις
3.0	23/02/2019	Ανδρέας Ανδρέου (ΤΕΠΑΚ)	Τελικές διορθώσεις και επεκτάσεις
4.0	26/03/2019	Σολωμός Χαραλάμπους (ΣΥΛ), Μανόλης Διαμαντάκης (ΙΤΕ), Πουλίκος Πραστάκος (ΙΤΕ), Μανόλης Κοσμαδάκης (ΔΕΥΑΧ)	Τελική έκδοση 4.0
5.0	19/09/2019	Παναγιώτης Χριστοδούλου (ΤΕΠΑΚ)	Τελική έκδοση μετά την εγκατάσταση των αισθητήρων από ΔΕΥΑΧ

**Ακρωνύμια:**

ΤΕΠΑΚ: Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

ΣΥΛ: Συμβούλιο Υδατοπρομήθειας Λεμεσού

ΔΕΥΑΧ: Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Χερσονήσου (Κρήτης)

ΙΤΕ: Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας

## Περιεχόμενα

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>5</b>
<b>2. ΤΡΕΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ .....</b>	<b>6</b>
2.1 ΣΥΛ .....	6
2.2 ΔΕΥΑ Χερσονήσου .....	6
2.3 Συμπεράσματα .....	7
<b>3. ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ .....</b>	<b>7</b>
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	7
3.2 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ .....	7
3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΦΟΡΩΝ .....	8
<b>4. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ .....</b>	<b>9</b>
4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	9
4.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΕΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΙΣΘΗΤΗΤΩΝ .....	13
4.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΘΕΣΗΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ .....	15
4.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....	21
4.5 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ .....	21

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πράξη ΕΝΙΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΙΑΡΡΟΩΝ του Προγράμματος Συνεργασίας Interreg V-A «Ελλάδα-Κύπρος 2014-2020» συμβάλλει στην επίτευξη των ακόλουθων στόχων που καθορίζονται στο Πρόγραμμα Συνεργασίας:

- Βελτίωση της αποδοτικότητας χρήσης νερού και μείωση των απωλειών. Η πράξη εκσυγχρονίζει τον εξοπλισμό και την τεχνογνωσία των υπηρεσιών ύδρευσης παρέχοντας τους έργα υποδομής, αναγκαία για την εύρυθμη λειτουργία τους. Οι μειωμένες απώλειες συνεπάγονται εξοικονόμηση οικονομικών πόρων και συνδράμουν στην προστασία του περιβάλλοντος.
- Μεταφορά τεχνογνωσίας από τους ερευνητικούς φορείς στις υπηρεσίες ύδρευσης, χρήσιμη για τη βελτίωση της παροχής υπηρεσιών μέσω της μείωσης των απωλειών. Οι υπηρεσίες ύδρευσης εμπλουτίζουν τη φαρέτρα τους με σύγχρονους αισθητήρες και με την τεχνογνωσία αξιοποίησής τους.
- Ενσωμάτωση αποτελεσμάτων εφαρμοσμένης έρευνας σε εξειδικευμένο λογισμικό που αξιοποιούν οι υπηρεσίες ύδρευσης, το οποίο τους δίνει τη δυνατότητα να εποπτεύουν καλύτερα το δίκτυό τους. Το λογισμικό αυτό τους προσφέρει περιβάλλον επαυξημένης πραγματικότητας που θα τους επιτρέπει να εντοπίζουν την ακριβή θέση των αγωγών τους, μειώνοντας το χρόνο απόκρισης σε περίπτωση βλάβης και περιορίζοντας τις ζημιές σε άλλα δίκτυα.
- Συλλογή και αξιοποίηση πραγματικών δεδομένων από τους ερευνητικούς φορείς για την παραγωγή χρήσιμων εργαλείων τα οποία αποσκοπούν στο να αποτελέσουν τη βάση για την εισήγηση μεθοδολογίας ικανής να υιοθετηθεί από κάθε υπηρεσία ύδρευσης.

Στον παρόν έγγραφο περιγράφεται η διαδικασία προμήθειας εξειδικευμένων αισθητήρων θορύβου οι οποίοι θα εγκατασταθούν στο δίκτυο ύδρευσης, η οποία έγινε βάσει των συμπερασμάτων του Παραδοτέου 4.1 σε σχέση με τα τεχνικά χαρακτηριστικά που απαιτούνται. Το έγγραφο περιέχει επίσης σύντομη παρουσίαση της διαδικασίας εγκατάστασής τους στις πιλοτικές περιοχές στις οποίες τα σημεία εγκατάστασης των αισθητήρων επιλέγηκαν βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων που επεξηγούνται και αφού λήφθηκαν υπόψη τα αποτελέσματα της χρήσης αλγόριθμου εύρεσης της βέλτιστης θέσης για την τοποθέτηση των αισθητήρων.

## 2. ΤΡΕΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Κατά τις αρχικές συναντήσεις μεταξύ ΤΕΠΑΚ, ΙΤΕ, ΣΥΛ και ΔΕΥΑ Χερσονήσου διαπιστώθηκαν τα εξής για τους δύο οργανισμούς ύδρευσης:

### 2.1 ΣΥΛ

- Υπάρχει εμπειρία αρκετών χρόνων στον εντοπισμό αφανών διαρροών. Διαθέτει σύγχρονο εξοπλισμό με συσχετιστή, γαιώφωνο και απλούς αισθητήρες τους οποίους χρησιμοποιούν σε συνδυασμό τους μεθόδους Λήψης & Μετακίνησης και Drive-by.
- Διαθέτει εκπαιδευμένο προσωπικό.
- Το εσωτερικό δίκτυο του ΣΥΛ λειτουργεί με βαρύτητα, αλλά λόγω της μεγάλης διαφοράς υψομέτρου είναι χωρισμένο σε ζώνες πίεσεως και οι ζώνες πίεσεως αλλά και σε υποπεριοχές (DMAs) για την πιο εύκολη διαχείριση και εντοπισμό διαρροών.
- Το εσωτερικό δίκτυο του ΣΥΛ, αποτελείται κυρίως από αμιαντο-τσιμεντοσωλήνες και αγωγούς UPVC (unplasticized polyvinyl chloride).
- Η περιοχή ευθύνης αποτελείται από διαφορετικούς δήμους εντούτοις αποτελεί ένα συμπαγή αστικό χώρο.
- Ο μόνιμος πληθυσμός που εξυπηρετείται από το ΣΥΛ είναι 180,000 κάτοικοι.
- Το ΣΥΛ χρησιμοποιεί επεξεργασμένο νερό ή/και αφαλατωμένο νερό από τα κυβερνητικά σχέδια παραγωγής νερού.
- Τα τελευταία χρόνια το ΣΥΛ αντιμετωπίζει προβλήματα με τη μείωση του αριθμού του εργατοτεχνικού προσωπικού.

### 2.2 ΔΕΥΑ Χερσονήσου

- Δεν έχει εξοπλισμό εντοπισμού διαρροών, ούτε και εκπαιδευμένο προσωπικό.
- Η περιοχή ευθύνης αποτελείται από παραθαλάσσιες τουριστικές περιοχές και μικρούς οικισμούς στην ενδοχώρα.
- Το εσωτερικό δίκτυο της ΔΕΥΑΧ λειτουργεί με βαρύτητα αλλά δεν υπάρχει κάποιας μορφής δομή στο εσωτερικό δίκτυο ύδρευσης, όπως για παράδειγμα ζώνες πίεσεως και DMAs.
- Το εσωτερικό δίκτυο της ΔΕΥΑΧ αποτελείται κυρίως από πλαστικούς αγωγούς PE και UPVC.
- Ο μόνιμος πληθυσμός που εξυπηρετείται από τη ΔΕΥΑΧ είναι μικρός (28,000 κάτοικοι) και τριπλασιάζεται στην τουριστική περίοδο.
- Η ΔΕΥΑΧ χρησιμοποιεί νερό που προέρχεται κυρίως από γεωτρήσεις.

- Η ΔΕΥΑΧ αντιμετωπίζει πρόβλημα με τη μείωση του αριθμού του εργατοτεχνικού προσωπικού.

### 2.3 Συμπεράσματα

Και οι δύο οργανισμοί χρειάζονται ένα σύστημα εντοπισμού διαρροών το οποίο:

- Να είναι αξιόπιστο και εύχρηστο
- Να καθιστά εύκολη την εγκατάσταση των αισθητήρων
- Να είναι υψηλής ακρίβειας
- Να μπορεί να παραμένει μόνιμα σε μια περιοχή αλλά ταυτόχρονα οι αισθητήρες να μπορούν να μετακινηθούν εύκολα
- Να μεταδίδει αυτόματα δεδομένα σε καθημερινή βάση
- Να είναι αποδοτικό τόσο σε μεταλλικούς αγωγούς και αγωγούς αμιάντου, όσο και σε πλαστικούς αγωγούς (PE, UPVC)
- Και οι δύο οργανισμοί σκοπεύουν να χρησιμοποιήσουν τους αισθητήρες για μόνιμη εγκατάσταση σε προβληματικές περιοχές και θα τους μετακινούν μόνον εφόσον περιοριστούν οι απώλειες και μειωθεί ο ρυθμός δημιουργίας νέων διαρροών

## 3. ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ

### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μια από τις κύριες παραμέτρους είναι η όσο το δυνατόν πιο αποδοτική λειτουργία του συστήματος σε συνδυασμό με την όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματική χρήση του χρόνου του προσωπικού. Στην παράγραφο 3.2 περιγράφονται οι προδιαγραφές βάσει των οποίων έγινε η προμήθεια των αισθητήρων.

### 3.2 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

Οι προδιαγραφές των αισθητήρων βασίστηκαν στα συμπεράσματα της παραγράφου 2.3 του παραδοτέου 4.1 για το σύστημα καταγραφής

- Να είναι αξιόπιστο, εύχρηστο και να είναι εύκολη η εγκατάσταση των αισθητήρων.
- Να είναι υψηλής ακρίβειας.
- Να μπορεί να παραμένει μόνιμα σε μια περιοχή αλλά ταυτόχρονα οι αισθητήρες να μπορούν να μετακινηθούν εύκολα.
- Να μεταδίδει αυτόματα δεδομένα σε καθημερινή βάση.

- Να είναι αποδοτικό τόσο σε μεταλλικούς αγωγούς και αγωγούς αμιάντου, όσο και σε πλαστικούς αγωγούς (PE, UPVC).

και στις λειτουργικές ανάγκες όπως περιγράφονται στη παράγραφο 3.0 του παραδοτέου 4.1.

- Εύκολη τοποθέτηση.
- Εύκολη μετακίνηση.
- Αξιόπιστη λειτουργία χωρίς παρεμβολές.
- Αυτόματη λήψη μετρήσεων κάθε πρωί.
- Σχεδόν άμεσος εντοπισμός μιας διαρροής.
- Οι οργανισμοί δεν θα επενδύσουν στη δημιουργία, λειτουργία και συντήρηση υποδομής επικοινωνιακού δικτύου, θα χρησιμοποιήσουν τα υφιστάμενα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας.
- Αν για κάποιο λόγο είναι επιτακτική ανάγκη για μια γρήγορη διερεύνηση μιας περιοχής, τότε οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τη μέθοδο Ανάλυση & Μετακίνηση.
- Η δυνατότητα συσχέτισμού επιτρέπει την εκτέλεση διαφορετικών σεναρίων ώστε ειδικά σε δύσκολες περιπτώσεις να έχουμε όσο το δυνατό πιο ακριβή εντοπισμό της διαρροής από το γραφείο, προτού σταλεί προσωπικό για την ακριβή επιβεβαίωση.
- Η δυνατότητα συσχέτισμού θα επιτρέψει την πολύ πιο αποδοτική εργασία του εξειδικευμένου προσωπικού, με μικρότερο κόστος εντοπισμού, εφόσον θα καθοδηγείται στο σημείο της διαρροής για επιβεβαίωση σε αντίθεση με τη εξαρχής διερεύνηση.

### 3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΦΟΡΩΝ

Οι εταίροι της πράξης ΣΥΛ και ΔΕΥΑΧ βγήκαν σε ανοιχτό διαγωνισμό για δημόσιες προσφορές όπου μπορούσαν οι ενδιαφερόμενοι οι οποίοι πληρούσαν τα κριτήρια να καταθέσουν τις προσφορές τους.

Αφού παραλήφθηκαν οι προσφορές έγιναν όλες οι προβλεπόμενες από τον νόμο και τους εσωτερικούς κανονισμούς του ΣΥΛ και της ΔΕΥΑΧ διαδικασίες για την αξιολόγησή τους με βάση τεχνικά και οικονομικά κριτήρια. Στη συνέχεια κατακυρώθηκαν οι διαγωνισμοί στις εταιρείες οι οποίες πληρούσαν όλα τα κριτήρια και ήταν σε θέση να παρέχουν τον εξοπλισμό βασιζόμενες στις προδιαγραφές που τέθηκαν από την αρχή.



## 4. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Η διαδικασία επιλογής της περιοχής πιλότου καθώς και η επιλογή των σημείων εγκατάστασης των αισθητήρων, όπως και η όλη διαδικασία εγκατάστασης, διεκπεραιώθηκε στην Κύπρο από το ΣΥΛ σε συνεργασία με το ΤΕΠΑΚ και στην Ελλάδα από την ΔΕΥΑΧ σε συνεργασία με το ΙΤΕ. Εδώ αξίζει να αναφερθεί ότι για την επιλογή της βέλτιστης θέσης εγκατάστασης των αισθητήρων στις περιοχές αυτές χρησιμοποιήθηκε ένας έξυπνος αλγόριθμος ο οποίος λάμβανε υπόψιν του μια σειρά από κριτήρια. Τόσο τα κριτήρια όσο και η μεθοδολογία του αλγορίθμου περιγράφονται στην συνέχεια.

### 4.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Για την επιλογή της περιοχής πιλότου λήφθηκαν υπόψη τα εξής κριτήρια:

- Η περιοχή πιλότος θα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτική της γενικής εικόνας του δικτύου ύδρευσης του οργανισμού, σε σχέση με:
  - Τα υλικά κατασκευής των αγωγών
  - Το ποσοστό χρήσης αυτών των υλικών στο δίκτυο.
  - Τις ηλικίες των αγωγών
  - Το συνολικό μήκος του δικτύου καθώς και τα ποσοστά χρήσης διαφορετικών υλικών κατασκευής των αγωγών

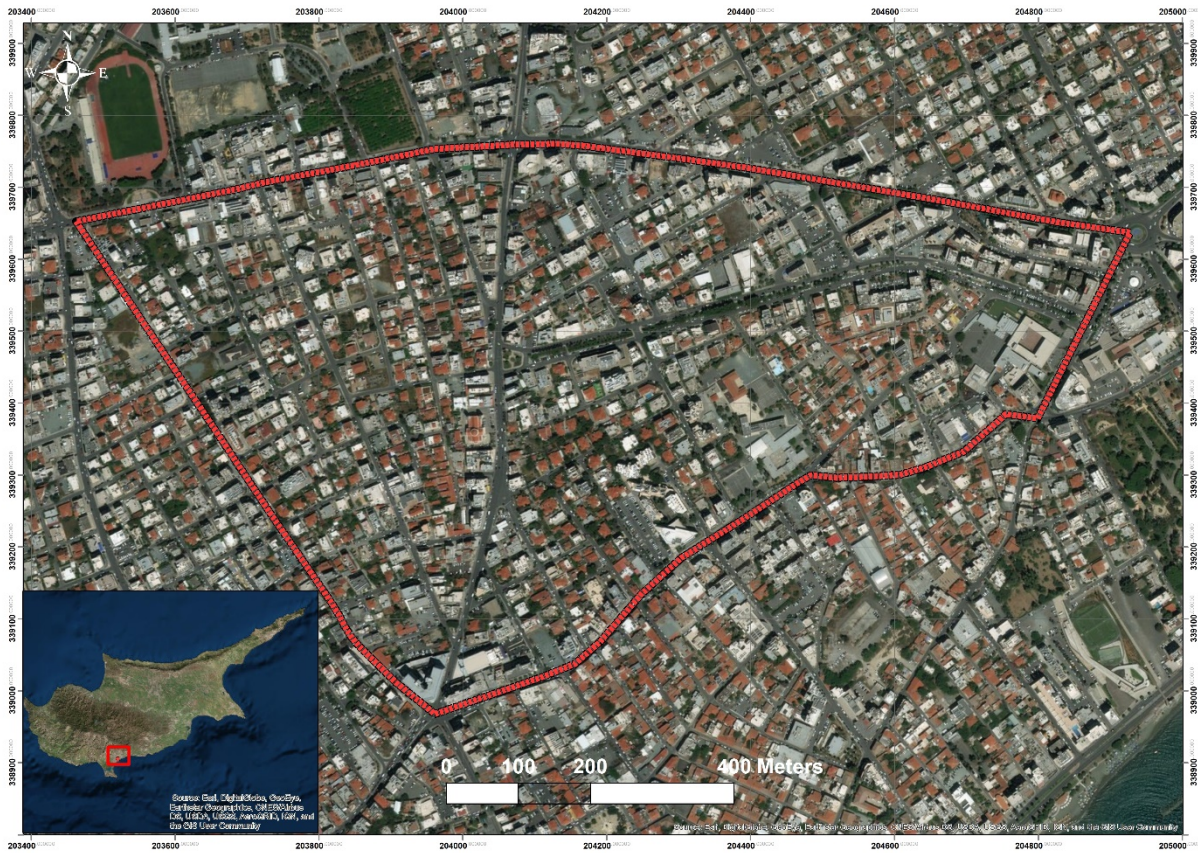
#### ΣΗΜΕΙΩΣΗ.

Για το ΣΥΛ Λεμεσού το πιο πάνω κριτήριο δεν ακολουθήθηκε πλήρως, κατόπιν αιτήματος από το ΣΥΛ Λεμεσού. Το ΣΥΛ ζήτησε να χρησιμοποιηθεί η συγκεκριμένη περιοχή λόγω των προβλημάτων που αντιμετωπίζει με διαρροές στη συγκεκριμένη περιοχή.

- Να υπάρχει ιστορικό διαρροών.
- Να υπάρχουν αρκετά σημεία πρόσβασης στους αγωγούς, βαλβίδες και κρουνοί.
- Να είναι αστική περιοχή με κυρίως οικιστική χρήση νερού.
- Να υπάρχει επαρκής κάλυψη της περιοχής πιλότου χρησιμοποιώντας τον αριθμό των αισθητήρων που σχεδιάστηκε να προμηθευτεί ο οργανισμός.

Η εικόνα 1 δείχνει την περιοχή που έχει επιλεγεί σαν περιοχή πιλότος για την Λεμεσό. Η περιοχή αυτή βρίσκεται νότια της Κύπρου στην επαρχία Λεμεσού με την έκταση της ανέρχεται στα 0.669 km<sup>2</sup>. Η έκταση των γεωγραφικών συντεταγμένων με βάση το Κυπριακό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (ΓΣΑ'93) είναι 203400m,339800m - 205000m,339000m. Η περιοχή πιλότος περικλείεται από τις οδούς Θεσσαλονίκης, Αρχ. Μακαρίου Γ', Γρίβα Διγενή και Γλάδστωνος. Το υλικό κατασκευής οι διαμέτροι, το μήκος σε μέτρα και η ηλικία των αγωγών που χρησιμοποιούνται στη περιοχή πιλότο φαίνεται στο πιο κάτω πίνακα. Σε σχέση με την ηλικία των αγωγών, λόγω του ότι δεν υπάρχουν ακριβή δεδομένα, οι ηλικίες που αναφέρονται στο πιο κάτω πίνακα είναι κατά προσέγγιση, όπως έχουν δοθεί από το ΣΥΛ Λεμεσού.

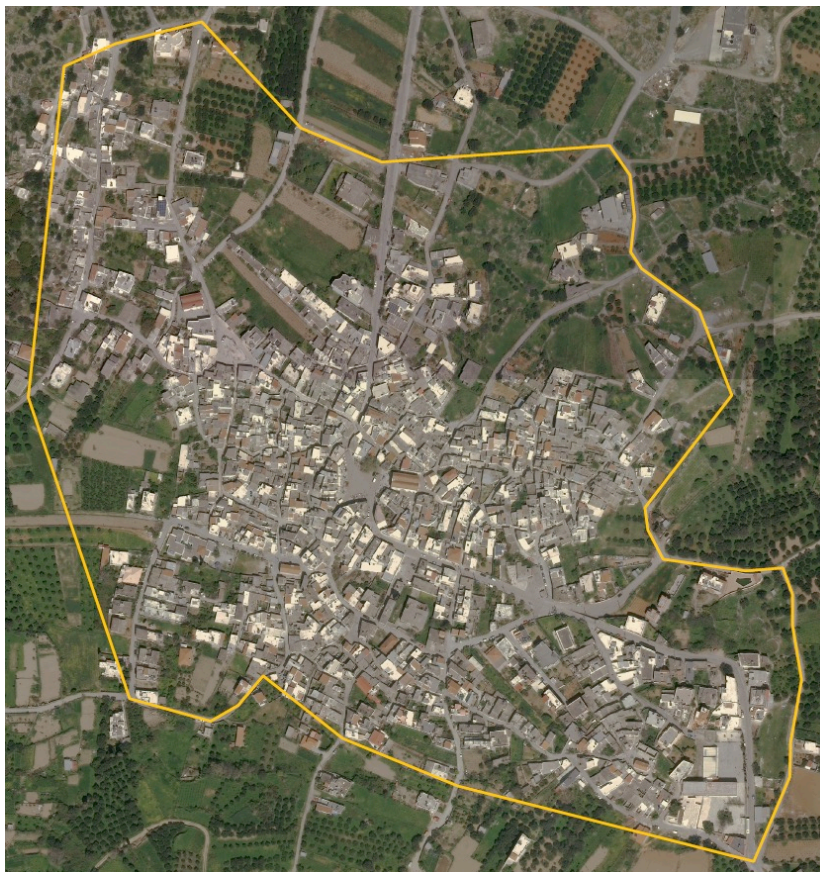
Διάμετρος	Υλικό	Μήκος σε μέτρα	Ηλικία
100	Αμιαντοσιμεντοσωλήνας	12306,58	
150	Αμιαντοσιμεντοσωλήνας	1971,53	
200	Αμιαντοσιμεντοσωλήνας	732,22	
250	Αμιαντοσιμεντοσωλήνας	98,31	
300	Αμιαντοσιμεντοσωλήνας	7,96	
450	Αμιαντοσιμεντοσωλήνας	448,26	
200	Ελατό Χυτοσίδηρο	35,68	
250	Ελατό Χυτοσίδηρο	414,72	
300	Ελατό Χυτοσίδηρο	940,24	
100	UPVC Pipe	927,47	
<b>Συνολικό μήκος αγωγών περιοχής πιλότου</b>		<b>17882,98</b>	



Εικόνα 1 - Πιλοτική Περιοχή Λεμεσού



Η εικόνα 2 δείχνει την περιοχή που έχει επιλεγεί σαν περιοχή πιλότος για την Χερσόνησο. Η περιοχή αυτή είναι ο οικισμός Μοχού που βρίσκεται στο Νομό Ηρακλείου, στην πρώην επαρχία Πεδιάδος και ανήκει στο Δήμο Χερσονήσου. Βρίσκεται σε απόσταση περίπου 46 Km ανατολικά του Ηρακλείου. Το μέσο υψόμετρο του οικισμού είναι 400 μέτρα. Ο οικισμός Μοχού είναι προυφιστάμενος του 1923. Ετσι αναπτύχθηκε χωρίς ρυμοτομικό σχέδιο όπως όλοι οι παρόμοιοι οικισμοί. Με το από 24-4-1985 ΠΔ (ΦΕΚ 181Δ/3-5-1985) «Περί τρόπου καθορισμού ορίων οικισμών της χώρας κατηγορίες αυτών και καθορισμός όρων και περιορισμών δόμησης» έγινε επέκταση των ορίων του οικισμού σε συνολική έκταση 1250 στρεμμάτων περίπου. Από αυτά σήμερα είναι πυκνοδομημένα τα 235 στρέμματα και αποτελούν το συνεκτικό τμήμα του οικισμού. Στο μεγαλύτερο συνεκτικό τμήμα του οικισμού τα οικοδομικά τετράγωνα είναι μικρά και παράγωνα, οι δρόμοι στενοί (περίπου 4 μ) και τα κτίσματα είναι παλαιά και νεότερα ισόγεια και δώροφα. Έξω από το συνεκτικό τμήμα έχουν κατασκευαστεί αρκετά νέα κτίσματα και υπάρχουν τάσεις επέκτασης του οικισμού.



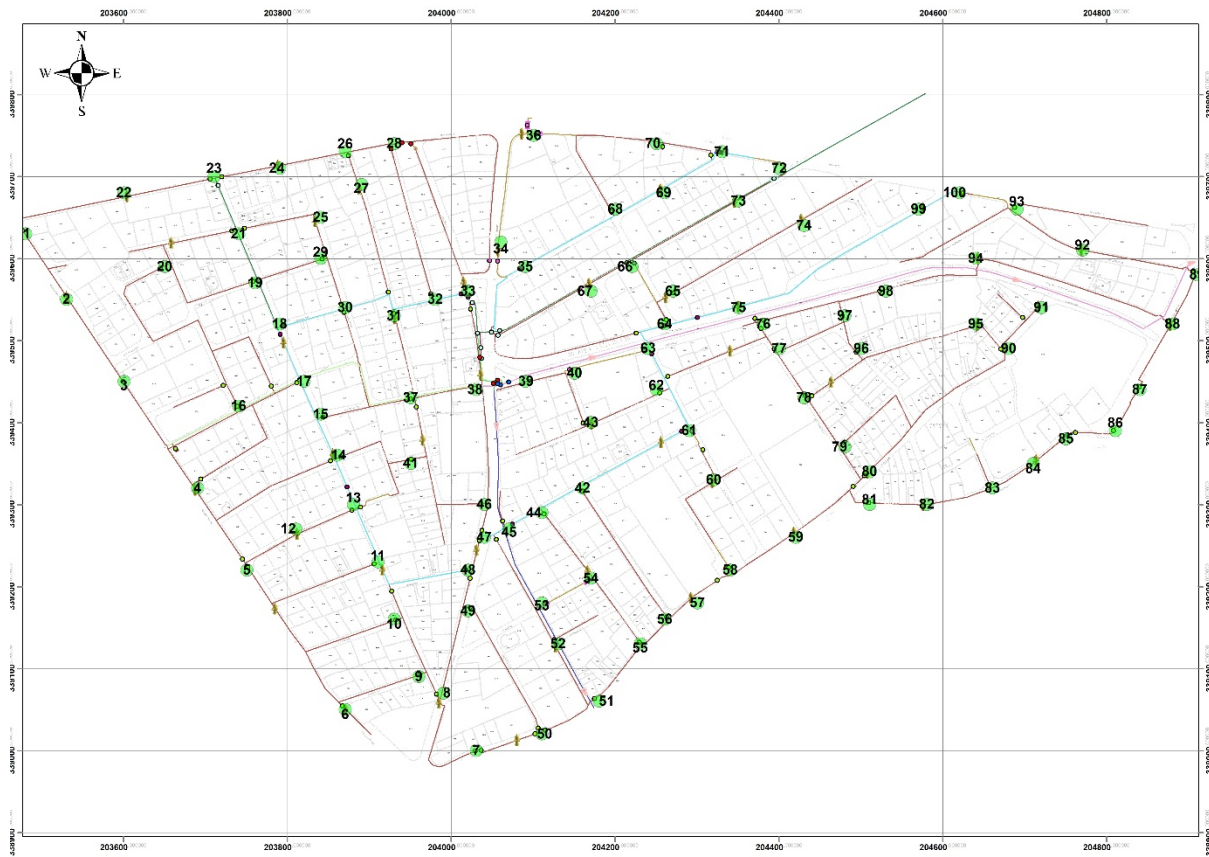
Εικόνα 2 - Πιλοτική Περιοχή Χερσονήσου

## 4.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΕΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Η επιλογή των θέσεων εγκατάστασης των αισθητήρων έγινε μετά από μελέτη του δικτύου ύδρευσης της κάθε περιοχής πιλότου. Η μελέτη έγινε από το ΣΥΛ και το ΤΕΠΑΚ με χρήση και ενός έξυπνου αλγορίθμου που περιγράφεται στο παραδοτέο έγγραφο 4.3. Για την επιλογή των θέσεων εγκατάστασης λήφθηκαν υπόψη τα ακόλουθα κριτήρια:

- Αποφυγή σημείων όπου υπάρχει θόρυβος περιβάλλοντος που ενδεχομένως να προκαλέσει παρεμβολές στη καταγραφή των αισθητήρων.
- Οι συνιστώμενες από τον κατασκευαστή των αισθητήρων μέγιστες αποστάσεις μεταξύ των αισθητήρων.
- Η πυκνότητα των σημείων πρόσβασης (βαλβίδες και κρουνοί πυρόσβεσης).
- Τα αποτελέσματα από την εκτέλεση του ειδικού αλγόριθμου

Η εικόνα 3 αντικατοπτρίζει την επιλογή των τελικών θέσεων εγκατάστασης αισθητήρων στην περιοχή πιλότο για την Λεμεσό.



Εικόνα 3 – Επιλογή θέσεων των αισθητήρων για Λεμεσό



Συνολικά 100 αισθητήρες προβλέφθηκε να εγκατασταθούν στο δίκτυο του ΣΥΛ. Οι αισθητήρες αυτοί αναφέρονται στην εικόνα 2 αριθμητικά με βάση το χάρτη των τεμαχίων.

Η εικόνα 4 αντικατοπτρίζει την επιλογή των τελικών θέσεων εγκατάστασης αισθητήρων στην περιοχή πιλότο για την Χερσόνησο. Συνολικά 70 αισθητήρες προβλέφθηκε να εγκατασταθούν στο δίκτυο της Δ.Ε.Υ.Α. Χερσονήσου. Οι αισθητήρες αυτοί αναφέρονται στην εικόνα 2 αριθμητικά με βάση το χάρτη των τεμαχίων.



Εικόνα 4 – Επιλογή θέσεων των αισθητήρων για Χερσόνησο

### 4.3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΘΕΣΗΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Θεωρούμε μια ομάδα αισθητήρων οι οποίοι θα τοποθετηθούν στην περιοχή πιλότο. Οι αισθητήρες πρέπει να τοποθετηθούν σε τέτοια σημεία έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι εξής συνθήκες:

- Να έχουν τοποθετηθεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να είναι σε θέση να εντοπίζουν με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια τη θέση της/των διαρροής/διαρροών
- Να καλύπτεται το σύνολο της περιοχής πιλότου
- Να απαιτείται το ελάχιστο κόστος εγκατάστασης αυτών

Στην διάθεση μας έχουμε:

- Ιστορικά καταγραφές απωλειών
- Τύπο και ηλικία των αγωγών
- Χαρακτηριστικά του αισθητήρα
- Στοιχεία σχετικά με την ροή του νερού

Δεδομένου ότι είναι αδύνατον να οριστεί αναλυτική συνάρτηση κόστους, εργαζόμαστε ως εξής: Χωρίζουμε την περιοχή πιλότο  $U$  σε  $n$  μη επικαλυπτόμενες περιοχές  $U_n$  ( $n=1..m$ ). Το μέγεθος της κάθε περιοχής ορίζει την ακρίβεια του μοντέλου που θέλουμε να καταλήξουμε. Για τις ανάγκες του προγράμματος, ορίσαμε κάθε υπό-περιοχή να είναι εμβαδού 1 τετραγωνικού μέτρου.

Κάθε αισθητήρας συμβολίζεται ως  $NR$ , με το  $R$  να είναι ίσο με το πλήθος των διαθέσιμων αισθητήρων. Στόχος είναι η εγκατάσταση των αισθητήρων στις κατάλληλες (και επιτρεπτές θέσεις) έτσι ώστε, σε όποια θέση  $U_n$  εμφανιστεί η απώλεια, αυτή να είναι εντοπίσιμη με αποδεκτό βαθμό βεβαιότητας. Ο βαθμός βεβαιότητας καθορίζεται από τις προδιαγραφές του αισθητήρα και σχετίζεται με την απόσταση εμφάνισης αυτής σε σχέση με τους αισθητήρες που την εντόπισαν.

Για κάθε πιθανή θέση των αισθητήρων, προσομοιώνεται η ύπαρξη απώλειας σε κάθε περιοχή  $U_n$ . Το σενάριο επαναλαμβάνεται για απώλειες διαφορετικής έντασης, αλλά και για ταυτόχρονες εμφανίσεις πολλαπλών απωλειών σε διαφορετικά  $U_n$ . Για κάθε απώλεια που εντοπίζεται υπολογίζεται ο βαθμός βεβαιότητας. Η συνάρτηση κόστους, για κάθε θέση των αισθητήρων, μεγιστοποιείται όταν σε κάθε θέση  $U_n$  εντοπίζονται οι απώλειες με μέγιστο βαθμό βεβαιότητας (ιδανικό σενάριο). Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε πιθανή θέση των αισθητήρων. Επιπλέον, το μοντέλο, σε σημεία που έχουν καταγραφεί ιστορικά περισσότερες απώλειες, αλλά και σε σημεία που ο τύπος και ηλικία των αγωγών το επιβάλει, αυξάνει την πιθανότητα τοποθέτησης αισθητήρων.

## **Μέθοδοι Εύρεσης θέσης εγκατάστασης:**

### **Εξαντλητική αναζήτηση**

Η εξαντλητική αναζήτηση είναι θεωρητικά η βέλτιστη λύση σε οποιοδήποτε πρόβλημα βελτιστοποίησης. Η εξαντλητική αναζήτηση αποτελείται από την συστηματική απαρίθμηση όλων των δυνατών καταστάσεων για τη λύση και έλεγχο για το αν κάθε δυνατή κατάσταση ικανοποιεί τους περιορισμούς του προβλήματος. Τελικά από τις δυνατές καταστάσεις που ικανοποιούν τους περιορισμούς επιλέγουμε αυτήν που ελαχιστοποιεί την εκάστοτε συνάρτηση κόστους.

Η εξαντλητική αναζήτηση είναι πολύ απλή στην υλοποίηση και εγγυάται πάντα να καταλήξει σε μια λύση αν υπάρχει. Παρόλα αυτά το κόστος ανάπτυξης της είναι ανάλογο του αριθμού των υποψήφιας λύσεων το οποίο σε πολλές πρακτικές εφαρμογές τείνει να κλιμακώνεται πολύ γρήγορα καθώς το μέγεθος του προβλήματος μεγαλώνει. Για αυτό το λόγο η εξαντλητική αναζήτηση χρησιμοποιείται όταν το μέγεθος του προβλήματος είναι περιορισμένο ή υπάρχουν διάφορα χαρακτηριστικά που αφορούν το συγκεκριμένο πρόβλημα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μειώσουν το σύνολο από τις πιθανές λύσεις σε ένα διαχειρίσιμο μέγεθος. Ακόμα, η μέθοδος θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε μεθόδους στις οποίες η απλότητα της υλοποίησης είναι σημαντικότερη από την ταχύτητα εκτέλεσης.

Η εξαντλητική αναζήτηση στην περίπτωσή μας είναι πρακτικά μη εφαρμόσιμη: Όπως εύκολα κάποιος μπορεί να αντιληφθεί, το πλήθος των απαιτούμενων προσομοιώσεων που απαιτείται είναι εξαιρετικά μεγάλος και απαιτεί τεράστιο υπολογιστικό κόστος και για την ολοκλήρωση του, χρειάζονται τουλάχιστο μήνες δοκιμών.

### **Τυχαία αναζήτηση**

Οι μέθοδοι τυχαίας αναζήτησης είναι πιθανόν οι απλούστερες μέθοδοι στοχαστικής βελτιστοποίησης και είναι γνωστές από τη δεκαετία του 1950. Η σχετική απλότητα που τις χαρακτηρίζει τις κάνει ιδιαίτερα «ελκυστικές» τόσο σε πρακτικό όσο και σε θεωρητικό επίπεδο ενώ συγχρόνως έχουν τη δυνατότητα να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές, κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, στην επίλυση διαφόρων προβλημάτων. Οι συγκεκριμένες άμεσα εφαρμόσιμες μέθοδοι παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις περισσότερες άλλες μεθόδους αναζήτησης. Κάποια από αυτά τα πλεονέκτημα είναι η σχετική ευκολία στον τομέα κωδικοποίησης και προγραμματισμού, η ικανοποιητική υπολογιστική αποδοτικότητα, η ευρεία εφαρμογή σε άγνωστες συναρτήσεις κόστους και το γεγονός ότι υποστηρίζονται από ένα ισχυρό θεωρητικό υπόβαθρο. Το μεγάλο μειονέκτημα αυτών των μεθόδων είναι ότι δεν εγγυούνται την εύρεση της βέλτιστης (ή σχεδόν βέλτιστης λύσης).



**CAO: Η προτεινόμενη μέθοδος**

Ο Βασισμένος σε γνώση Προσαρμοστική Βελτιστοποίηση (CAO) αλγόριθμος, είναι ένας αλγόριθμος στοχαστικής βελτιστοποίησης που έχει την δυνατότητα να αντιμετωπίζει προβλήματα στα οποία η αναλυτική μορφή της συνάρτησης βελτιστοποίησης δεν είναι διαθέσιμη, αλλά υπάρχουν διαθέσιμες σε κάθε “χρονική” στιγμή αριθμητικές τιμές της συνάρτησης του αλγορίθμου που θέλουμε να βελτιστοποιήσουμε. Σαν αποτέλεσμα, ταιριάζει πλήρως στην φύση του προβλήματος μας, όπου η αναλυτική μορφή της συνάρτησης κόστους είναι άγνωστη αλλά υπάρχουν διαθέσιμες τιμές μέσω των παρατηρήσεων από τους αισθητήρες σε κάθε βήμα εκτέλεσης του αλγορίθμου.

Ξεκινώντας την ανάλυση θεωρούμε ότι προφανώς το κριτήριο κόστους που θα προκύπτει σε κάθε επανάληψη θα είναι συνάρτηση των θέσεων των αισθητήρων, δηλαδή,

$$J_k = \mathcal{J}(x_k^{(1)}, \dots, x_k^{(N_R)}) \quad (1)$$

Όπου  $k = 0, 1, 2, \dots$  είναι το αντίστοιχο βήμα εκτέλεσης που βρισκόμαστε,  $J_k$  δηλώνει την τιμή του κριτηρίου κόστους για το  $k$ -th βήμα, και  $x_k^{(1)}, \dots, x_k^{(N_R)}$  δηλώνουν τις θέσεις των αισθητήρων  $1, \dots, N_R$ .

Η τρέχουσα τιμή της συνάρτησης κόστους μπορεί να υπολογιστεί από τις μετρήσεις (προσομοιώσεις) που παρέχουν οι αισθητήρες. Με άλλα λόγια, σε κάθε βήμα  $k$ , μια εκτίμηση της  $J_k$  είναι διαθέσιμη μέσω των μετρήσεων των αισθητήρων,

$$J_k^n = \mathcal{J}(x_k^{(1)}, \dots, x_k^{(N_R)}) + \xi_k \quad (2)$$

όπου  $J_k^n$  δηλώνει την εκτίμηση του  $J_k$  και  $\xi_k$  είναι ο θόρυβος που εισάγεται στις  $J_k$  εξαιτίας της παρουσίας θορύβου στους αισθητήρες.

Εκτός από το πρόβλημα του χειρισμού μιας συνάρτησης κόστους της οποίας η ακριβής μορφή δεν είναι διαθέσιμη παρά μόνο οι τρέχουσες μετρήσεις που περιέχουν θόρυβο, οι αποδοτικοί αλγόριθμοι έχουν ακόμα να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα του περιορισμού των θέσεων των αισθητήρων έτσι ώστε να ικανοποιούνται οι διάφοροι φυσικοί περιορισμοί. Με άλλα λόγια, σε κάθε βήμα  $k$ , τα διανύσματα  $x_k^{(i)}, i = 1, \dots, N_R$  πρέπει να ικανοποιούν ένα σετ από περιορισμούς, που γενικά, μπορούν να αναπαρασταθούν ως εξής:

$$\mathcal{C}(x_k^{(1)}, \dots, x_k^{(N_R)}) \leq 0 \quad (3)$$

Δοσμένης της μαθηματικής περιγραφής όπως περιγράφηκε παραπάνω, το πρόβλημα της τοποθέτησης των αισθητήρων μπορεί μαθηματικά να περιγραφεί ως η μετακίνηση των  $x_k^{(1)}, \dots, x_k^{(N_R)}$  σε ένα σετ από θέσεις το οποίο θα λύνει το ακόλουθο πρόβλημα βελτιστοποίησης με περιορισμούς:

$$\text{minimize equation (1), subject to equation (3)} \quad (4)$$

Όπως έχει ήδη επισημανθεί, η δυσκολία του προβλήματος βελτιστοποίησης με περιορισμούς έγκειται στο γεγονός ότι οι αναλυτικές μορφές των συναρτήσεων  $J$  και  $C$  δεν είναι διαθέσιμες (αν και στην περίπτωση μας το  $C$  ενδεχομένως να μπορεί να περιγραφεί). Για να αντιμετωπιστεί αυτή η δυσκολία, η CAO προσέγγιση, μετασχηματίζεται κατάλληλα ώστε να είναι εφαρμόσιμη στο συγκεκριμένο πρόβλημα. Αυτός ο αλγόριθμος είναι σε θέση να χειριστεί με αποδοτικό τρόπο προβλήματα βελτιστοποίησης στα οποία η συνάρτηση κόστους δεν είναι διαθέσιμη, αλλά θορυβώδεις εκτιμήσεις και μετρήσεις από αυτές τις συναρτήσεις είναι διαθέσιμες σε κάθε βήμα. Στην συνέχεια περιγράφουμε την CAO προσέγγιση όπως εφαρμόζεται σε προβλήματα εγκατάστασης πολλαπλών αισθητήρων.

Σαν πρώτο βήμα, η CAO προσέγγιση χρησιμοποιεί προσεγγιστές για την εκτίμηση της συνάρτησης κόστους  $J$  για κάθε βήμα  $k$  σύμφωνα με

$$\hat{J}_k(x_k^{(1)}, \dots, x_k^{(N_R)}) = \vartheta_k^T \phi(x_k^{(1)}, \dots, x_k^{(N_R)}) \quad (5)$$

Εδώ το  $\hat{J}_k(x_k^{(1)}, \dots, x_k^{(N_R)})$  δηλώνει την προσέγγιση/εκτίμηση του  $J$  που παράγεται στο  $k$ -th βήμα, το  $\phi$  δηλώνει το μη-γραμμικό διάνυσμα των  $L$  παραμέτρων παλινδρόμησης,  $\vartheta_k$  είναι το διάνυσμα των εκτιμήσεων των παραμέτρων το οποίο υπολογίζεται στο  $k$ -οστό βήμα και  $L$  είναι ένας θετικός ακέραιος ο οποίος επιλέγεται από τον χρήστη και καθορίζει το μέγεθος του εκτιμητή συνάρτησης (5). Το διάνυσμα  $\phi$  από τους όρους παλινδρόμησης πρέπει να επιλέγεται έτσι ώστε να έχει την «ιδιότητα καθολικής συναρτησιακής προσέγγισης» (Universal Approximation Property), όπως οι πολυωνυμικοί προσεγγιστές, κτλ.

Οι παράμετροι εκτίμησης  $\vartheta_k$  υπολογίζονται σύμφωνα με το:

$$\vartheta_k = \underset{\vartheta}{\operatorname{argmin}} \frac{1}{2} \sum_{\ell=\ell_k}^{k-1} \left( J_{\ell}^n - \vartheta^T \phi(x_{\ell}^{(1)}, \dots, x_{\ell}^{(N_R)}) \right)^2 \quad (6)$$

όπου  $\ell_k = \max \{0, k - L - T_h\}$  με  $T_h$  να είναι μια καθορισμένη από τον χρήστη μη-αρνητική τιμή. Τυποποιημένοι ελαχίστων τετραγώνων αλγόριθμοι βελτιστοποίησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να λυθεί η (6). Μόλις κατασκευάσουμε το  $\hat{J}_k$  το καινούργιο διάνυσμα κατάστασης επιλέγεται ως εξής:

Αρχικά, ένα σύνολο  $N$  υποψήφιων θέσεων των αισθητήρων δημιουργείται με τον εξής τρόπο:

$$x_k^{i,j} = x_k^{(i)} + a_k \zeta_k^{i,j}, \quad i \in \{1, \dots, N_R\}, \quad j \in \{1, \dots, N\} \quad (7)$$

Μπορούμε να επιλέξουμε το  $N$  να είναι οποιοσδήποτε ακέραιος που είναι μεγαλύτερος ή ίσος με  $2 \times$  [το αριθμό των μεταβλητών που θα βελτιστοποιηθούν από τον CAO]. Στην δικιά μας περίπτωση οι μεταβλητές που θα βελτιστοποιηθούν είναι οι θέσεις των αισθητήρων.

Στην εξίσωση (7)  $\zeta_k^{i,j}$  είναι ένα τυχαίο διάνυσμα μηδενικής μέσης τιμής και ίσων διαστάσεων με τις διαστάσεις του διανύσματος  $x_k^{(i)}$  ενώ  $a_k$  είναι μια πραγματική θετική σειρά για την οποία ισχύουν οι εξής προϋποθέσεις:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} a_k = 0, \quad \sum_{k=1}^{\infty} a_k = \infty, \quad \sum_{k=1}^{\infty} a_k^2 < \infty. \quad (8)$$

Από όλες τις  $N$  υποψήφιες νέες θέσεις  $x_k^{1,j}, \dots, x_k^{N_R,j}$ , εκείνες που αντιστοιχούν σε μη εφικτές θέσεις – για παράδειγμα, που παραβιάζουν του περιορισμούς στην εξίσωση (3) – δεν λαμβάνονται υπόψη και έτσι οι καινούργιες θέσεις των αισθητήρων υπολογίζονται όπως φαίνεται από:

$$[x_{k+1}^{(1)}, \dots, x_{k+1}^{(N_R)}] = \underset{j \in \{1, \dots, N\}}{\operatorname{argmin}} \quad \hat{J}_k(x_k^{1,j}, \dots, x_k^{N_R,j})$$

$x_k^{i,j}$  not neglected

Η παραπάνω λογική βασίζεται στην εξής απλή ιδέα: σε κάθε βήμα δημιουργείται ένα σύνολο πολλών υποψήφιων νέων θέσεων των αισθητήρων. Μια από αυτές τις υποψήφιες θέσεις επιλέγεται ως η νέα θέση την οποία θα αποκτήσουν οι αισθητήρες. Η θέση αυτή δεν ανήκει σε εκείνες οι οποίες δεν λαμβάνονται υπόψη και επιπλέον αντιστοιχεί στη καλύτερη εκτιμώμενη τιμή  $\hat{J}_k$ . Η τυχαία επιλογή των υποψήφιων θέσεων είναι σημαντική για την αποδοτικότητα του αλγορίθμου καθώς η επιλογή αυτή εξασφαλίζει ότι η τιμή  $\hat{J}_k$  που προκύπτει είναι μια ακριβής και αξιόπιστη εκτίμηση της άγνωστης συνάρτησης  $J$ . Επίσης, η επιλογή μιας σειράς  $a_k$  η οποία μειώνεται με αργό ρυθμό είναι σημαντική για το φιλτράρισμα των επιδράσεων της παραμέτρου θορύβου  $\xi_k$ . Το επόμενο θεώρημα συγκεντρώνει τις ιδιότητες του CAO αλγόριθμου όπως περιγράφηκε παραπάνω: Θεώρημα: Θεωρούμε ότι τα  $x^{1*}, \dots, x^{N_R*}$  δηλώνουν την βέλτιστη (τοπικά ελάχιστη) λύση του προβλήματος βελτιστοποίησης (4). Με  $N \geq 2 * N_R * \dim(x_k^{(i)})$  και, ακόμα, ότι το διάνυσμα  $\phi$  ικανοποιεί την «ιδιότητα καθολικής συναρτησιακής προσέγγισης». Θεωρώντας επιπρόσθετα ότι οι  $\mathcal{J}$  και  $\mathcal{C}$  είναι και οι δύο συνεχείς συναρτήσεις ή μη-συνεχείς με περιορισμένο αριθμό από ασυνέχειες. Τότε, ο CAO όπως περιγράφηκε παραπάνω εγγυάται ότι οι θέσεις των αισθητήρων  $x_k^{(1)}, \dots, x_k^{(N_R)}$  θα συγκλίνουν σε ένα τοπικό ελάχιστο  $x^{1*}, \dots, x^{N_R*}$  με μεγάλη σιγουριά, εξασφαλίζοντας ότι το μέγεθος του  $L$  από τους όρους παλινδρόμησης  $\phi$  είναι μεγαλύτερο από το κατώτερο όριο  $\bar{L}$ .

#### 4.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η διαδικασία εγκατάστασης ξεκίνησε με την επιθεώρηση από μέρους του ΣΥΛ και της ΔΕΥΑΧ των επιλεγμένων σημείων για να διαπιστωθεί ότι ήταν προσβάσιμα και μπορούσε να γίνει η τοποθέτηση των αισθητήρων σε αυτά. Για μερικά σημεία πρόσβασης χρειάστηκαν μικρές επιδιορθώσεις καθώς ήταν καλυμμένα με νέο οδόστρωμα, έτσι σε αυτά αποφασίστηκε να καθυστερήσει ελαφρώς η τοποθέτηση των αισθητήρων μέχρι να καταστεί δυνατή η αποκάλυψη των φρεατίων και η πρόσβαση σε αυτά.

#### 4.5 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

##### ΣΥΛ:

Στην εγκατάσταση των αισθητήρων στη Λεμεσό χρειάστηκαν στο σύνολο τέσσερα άτομα, τρία άτομα από το ΣΥΛ και ένα άτομο από το Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου (ΤΕΠΑΚ). Οι εργασίες κατανεμήθηκαν ως εξής:

- *Καταχώρηση των δεδομένων στην εφαρμογή των αισθητήρων (1 άτομο)*
- *Μεταφορά και εγκατάσταση των αισθητήρων (2 άτομα)*
- *Αποτύπωση των αισθητήρων ( 1 άτομο )*

Η δράση αυτή είχε προγραμματιστεί να υλοποιηθεί σε τέσσερις μέρες αλλά λόγω του γεγονότος της κάλυψης κάποιων σημείων πρόσβασης από νέο οδόστρωμα, χρειάστηκαν επιπρόσθετες μέρες. Στον πιο κάτω πίνακα φαίνονται οι ημερομηνίες εγκατάστασης και ο αριθμός των αισθητήρων.

A/A	Ημερομηνία	Αριθμός εγκατασταθέντων αισθητήρων
1	12/11/2018	29
2	13/11/2018	24
3	14/11/2016	30
4	16/11/2018	9
5	14/03/2019	7

Κατά την εγκατάσταση των αισθητήρων έχουν χαρτογραφηθεί οι θέσεις και τα υψόμετρα των αισθητήρων στην περιοχή μελέτης χρησιμοποιώντας τον γεωδαιτικό δέκτη Leica Viva GS15. Με τον συγκεκριμένο εξοπλισμό μπορέσαμε να προσδιορίσουμε τρισδιάστατες συντεταγμένες με ιδιαίτερα υψηλή ακρίβεια. Για κάθε θέση εγκατάστασης αισθητήρα λήφθηκαν υπόψιν δύο σημεία. Ένα σημείο πάνω στο κάλυμμα του φρεατίου και ένα στο τέλος του διακόπτη ύδρευσης έτσι ώστε να είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε την υψομετρική διαφορά του αγωγού από το οδόστρωμα ή το πεζοδρόμιο. Η αποτύπωση του υψομέτρου στο άνω μέρος των αγωγών στις περισσότερες περιπτώσεις δεν ήταν εφικτή λόγω του ότι οι περισσότεροι αγωγοί ήταν καλυμμένοι από χώμα. Βασικοί περιορισμοί και εμπόδια κατά την εγκατάσταση των αισθητήρων ήταν οι καιρικές συνθήκες καθώς επίσης και η στάθμευση οχημάτων στα σημεία πρόσβασης εγκατάστασης των αισθητήρων. Στόχος της αποτύπωσης αυτής ήταν ο σωστός σχεδιασμός και ο εμπλουτισμός των δεδομένων για το δίκτυο ύδρευσης. Τα δεδομένα θα εισαχθούν στην βάση δεδομένων της πράξης ΕΠΙΡΡΟΗΣ με σκοπό να διορθωθούν τα σχέδια των οργανισμών ύδρευσης και να αναβαθμιστούν με επιπρόσθετη πληροφορία.



Εικόνα 5 – Γεωδαιτικός δέκτης δορυφορικού εντοπισμού θέσης GPS



Εικόνα 6 – Αποτύπωση θέσεων αισθητήρων και εγκατάσταση



**Δ.Ε.Υ.Α. ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ:**

Η δράση αυτή είχε προγραμματιστεί να έχει αποπερατωθεί μέχρι το τέλος Δεκεμβρίου αλλά εξαιτίας καθυστερήσεων στη προμήθεια των αισθητήρων αλλά και στην τελική επιλογή των θέσεων εγκατάστασης η τοποθέτησή έχει γίνει αρχές Αυγούστου 2019 (Εικόνες 7,8).



Εικόνα 7 – Αποτύπωση θέσεων αισθητήρων ΔΕΥΑΧ

Στόχος της αποτύπωσης αυτής ήταν ο σωστός σχεδιασμός και ο εμπλουτισμός των δεδομένων για το δίκτυο ύδρευσης. Τα δεδομένα θα εισαχθούν στην βάση δεδομένων της πράξης ΕΠΙΡΡΟΗΣ με σκοπό να διορθωθούν τα σχέδια των οργανισμών ύδρευσης και να αναβαθμιστούν με επιπρόσθετη πληροφορία.



Εικόνα 8 – Εγκατάσταση αισθητήρων ΔΕΥΑΧ